

## STRATEGIES NUTRITIONELLES POUR REDUIRE LES AGENTS PATHOGENES CHEZ LA VOLAILLE

Van Immerseel Filip, De Buck Jeroen, Pasmans Frank, Haesebrouck Freddy, Ducatelle Richard

Département de Pathologie, Bactériologie en Médecine Aviaire, Faculté de Médecine Vétérinaire,  
Université de Gand, Salisburylan 133, B-9820 Merelbeke, Belgique

### Introduction

Les produits de volaille constituent une source importante d'agents pathogènes qui peuvent passer dans la chaîne alimentaire (Todd, 1997). Un grand nombre d'espèces de bactéries potentiellement pathogènes pour l'homme est retrouvé sur la viande de volaille (Van Immerseel et al., 2002a). Il s'agit entre autres de *Campylobacter* spp., *Listeria* spp. (Waldroup, 1996), *Helicobacter pullorum* (Corry et Attabay, 2001) et *Arcobacter butzleri* (Houf et al., 2001). La cause la plus importante d'infections humaines due à la consommation de denrées alimentaires d'origine avicole est *Salmonella* (Gomez et al., 1997). Des études épidémiologiques, comme celle récemment menée en Irlande (Crilly et al., 2001), démontrent que la volaille constitue une source très importante, voire la plus importante, d'infection par les Salmonelles pour l'homme. L'œuf et les denrées alimentaires préparées avec des œufs frais sont les sources les plus importantes d'infections humaines par *Salmonella* sérovar Enteritidis (Humphrey, 1999). Les autres sérovares de *Salmonella* sont rarement retrouvés dans l'œuf, sauf exception. La viande de volaille par contre peut être contaminée par différents sérovares. D'après la littérature, la contamination des carcasses de volaille ne peut pas être évitée même dans des systèmes d'abattage et de découpe optimales, si les poussins arrivant dans l'abattoir sont contaminés (Corry et al., 2002). Les sources de contamination pour la volaille sont nombreuses : les rongeurs, les oiseaux sauvages, les insectes, la poussière, la litière, l'eau de boisson, les aliments, etc.

Durant la dernière décennie, le grand public est devenu de plus en plus conscient du problème de la sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte que le conseil de la Communauté Européenne a établi la directive 92/117 qui demande aux pays membres de réaliser une surveillance permanente et de rapporter annuellement la prévalence des agents à potentiel zoonotique chez les animaux de rente. En particulier, la directive demande de spécifier les mesures qui sont prises pour réduire le risque d'introduction des Salmonelles dans les élevages ainsi que les mesures qui seront prises si l'on trouve une infection à *Salmonella* sérovar Enteritidis ou Typhimurium chez les poules parentales. Cette directive concernant la lutte contre les zoonoses en général et contre les

Salmonelles dans la filière avicole en particulier est actuellement en cours de révision. Il est clair que les mesures deviennent de plus en plus strictes, surtout en matière de *Salmonella*. Dans le cadre de cette législation européenne, un certain nombre de pays membres ont introduit un plan de surveillance et de lutte contre les Salmonelles dans la filière avicole. La législation ainsi que les plans de lutte prévoient des contrôles et des mesures très strictes au niveau des lignées grands-parentales et parentales, soit en amont de la filière. On espère que l'assainissement de l'amont de la filière se répercutera sur les troupeaux de production et sur les produits finis. Cette approche part donc du principe que les infections à Salmonelles chez la volaille sont transmises verticalement. On peut raisonnablement s'attendre à ce que cette transmission par l'œuf fécondé aie lieu avec des sérotypes de Salmonelles à caractère « invasif » chez la volaille. Ces bactéries ont la capacité de passer du tube digestif dans les organes et, par conséquent, dans l'appareil de reproduction, où elles peuvent être incorporées dans l'œuf. Cette capacité a été démontrée pour les sérovares Enteritidis, Typhimurium, Hadar (Desmidt et al., 1997 ; 1998) ainsi que pour un nombre restreint d'autres sérotypes. Les autres sérotypes ne peuvent être transmis verticalement que par la contamination externe de la coquille. L'expérience des 10 dernières années a démontré clairement que la transmission horizontale, c'est à dire l'animal qui est infecté par ses congénères ou par son environnement dans le sens large, est au moins aussi importante que la transmission verticale. Ceci explique en partie le succès jusqu'à présent limité d'un certain nombre de plans de lutte. Les progrès sont tellement lents, que les autorités responsables à différents niveaux ont été obligés de réviser à plusieurs reprises les objectifs ambitieux de leurs plans. On se rend compte maintenant qu'un plan de lutte efficace doit nécessairement inclure des mesures au niveau des troupeaux de production. Afin de ne pas trop perturber les activités économiques dans le secteur, la Commission envisage ici une démarche progressive, en commençant par les poules pondeuses. On s'est rendu compte également que la stratégie basée sur l'abattage de troupeaux infectés est inefficace. Par conséquent, on accepte maintenant que le secteur avicole mette en place des mesures préventives et curatives. Contrairement aux Etats-Unis, l'Europe continue à interdire la décontamination des carcasses. L'objectif est que la volaille entre à l'abattoir indemne

de Salmonelles et les œufs entrent dans le circuit commercial sauf de Salmonelles. Par conséquent, les producteurs ont la lourde tâche de prendre toutes les mesures nécessaires dans les élevages pour d'atteindre cet objectif. C'est dans ce contexte, que l'on voit apparaître sur le marché une large gamme de produits et de services destinés à réduire le risque de contrôles positifs. Puisque ces contrôles sont presque uniquement basés sur l'isolement de la bactérie à partir des fientes, on essaie de réduire l'excrétion de la bactérie dans les fèces. Les produits disponibles actuellement sont surtout des vaccins, des produits destinés à la désinfection de l'environnement, des produits pour la décontamination de l'eau de boisson, et des additifs pour les aliments. Dans cette synthèse, nous passerons en revue les différentes classes d'additifs ainsi que l'intérêt d'ajouter un produit anti-Salmonelles dans un plan de lutte intégré. Il est exclu, en effet, qu'un traitement simple ou unique résolve le problème de Salmonellose. L'apport du nutritionniste dans ce contexte a trop longtemps été sous-estimé. Des études récentes démontrent que les unités de production des aliments pour volaille sont une source non seulement de sérovars exotiques pouvant temporairement infecter la volaille, mais peuvent aussi constituer une source dominante de sérovars persistants, qui se transmettent par la phase vivante jusqu'à l'abattoir (Corry et al., 2002). Actuellement, les fabriques d'aliments volaille ont pour défi de produire un aliment composé indemne de Salmonelles, même si les matières premières sont presque toujours contaminées. Elles sont capables d'atteindre cet objectif grâce aux nouvelles technologies de production disponibles. En effet, il a été démontré de nombreuses fois que des techniques telles que la granulation et l'extrusion sont fortement décontaminantes sous l'effet de la température. Les additifs que nous passerons brièvement en revue dans cette synthèse ne sont pas destinés à décontaminer l'aliment composé. Ils sont destinés en premier lieu à un effet antibactérien dans le tractus digestif de l'animal. Ces produits peuvent être groupés en différentes classes, à savoir les prébiotiques, les probiotiques, les symbiotiques, les acides gras volatils et les antibiotiques.

## 1. Les prébiotiques

Les prébiotiques constituent la première classe importante d'additifs alimentaires volaille pour lesquels on revendique une activité anti-Salmonelles. Par définition, les prébiotiques sont des composantes des aliments indigestibles, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes déjà présentes dans le colon, ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal (Gibson et Roberfroid, 1995).

Par conséquent, un produit sera classé comme prébiotique dès qu'il répond aux trois conditions suivantes, définies par Russell (1998) :

1. Les prébiotiques sont des composantes de la ration indigestibles pour l'hôte et non-métabolisées quand elles passent le long de la partie supérieure du tractus digestif, de sorte qu'elles peuvent atteindre la flore au niveau des caeca et du colon.
2. Ces mêmes produits doivent nécessairement servir de substrat pour une ou plusieurs espèces bactériennes.
3. Tout ceci doit nécessairement induire une modification de la composition de la flore, améliorant ainsi l'état de santé de l'hôte.

Compte tenu de ces critères particuliers, on constate que la plupart des prébiotiques sont des hydrates de carbone non-digestibles pour l'hôte. Les acides gras volatils, ainsi qu'un bon nombre d'autres additifs tels que les anticorps administrés par voie orale et les antibiotiques ne répondent pas aux trois critères définis ci-dessus. Tous ces autres produits agissent, au moins en partie, directement sur les Salmonelles. Ils seront traités plus loin. Nous allons donc réserver le terme prébiotique pour les hydrates de carbone non-digestibles. On distingue différentes classes de prébiotiques, selon la taille de la molécule ou suivant leur origine, naturelle ou synthétique (Iji et Tivey, 1998) :

**1.1. Les hexoses**, telles que le fructose, glucose, galactose et mannose, et les pentoses telles que le ribose, xylose et arabinose sont les monosaccharides prébiotiques les plus importants. Néanmoins, le glucose et le fructose sont digestibles en tant que monomères, de sorte qu'ils ne remplissent pas les critères de Russell (1998). Le galactose est disponible sous forme de disaccharide tel que le lactose. Cependant, le monosaccharide le plus couramment utilisé comme prébiotique est certainement le mannose (Allen et al., 1997). Un effet favorable du mannose sur le portage de Salmonelles chez le poulet a été rapporté à plusieurs reprises (Cauwerts et al., in press). Ces monosaccharides peuvent également être employés pour produire des oligosaccharides ou des polysaccharides par voie enzymatique.

**1.2. Les disaccharides naturels** les plus couramment utilisés sont le sucrose, le lactose et le maltose. On emploie également leurs produits d'isomérisation tel que le lactulose. Le lactose n'est pas absorbé du contenu intestinal chez le poulet et on retrouve à peu près 50% du lactose ingéré dans les fientes. Le lactose passe donc effectivement dans les caeca et dans le colon, où il est hydrolysé partiellement par la flore (Tellez et al., 1993). Ceci peut induire une légère tendance à la diarrhée chez les poussins à l'engrais. Pour le lactose, Corrier et al. (1993) ont rapporté une réduction du comptage des bactéries dans les organes

après infection expérimentale de poussins avec *Salmonella enteritidis*.

**1.3. Les oligosaccharides** sont produits la plupart du temps par synthèse ou par hydrolyse enzymatique, soit à partir des hexoses monosaccharidiques, soit à partir de la paroi de cellules microbiennes, ou par fermentation de polysaccharides (Iji et Tivey, 1998). Parmi les oligosaccharides, les fructo-oligosaccharides (FOS) occupent certainement une place importante. Les FOS sont constitués de courts polymères de fructose (liés en  $\beta$  1-2). Ils sont produits par hydrolyse d'inuline ou par synthèse à partir de sucrose ou de lactose (Le Blay et al., 1999). On a démontré que les FOS réduisent la colonisation de l'intestin par *Salmonella* (Fukata et al., 1999), d'autant qu'une flore de compétition est donnée en même temps (Bailey et al., 1991). L'administration de FOS dans les aliments pour volaille semble également réduire la colonisation de l'intestin par *Campylobacter* (Schoeni et Wong, 1994).

Les galacto-oligosaccharides sont produits par hydrolyse à l'aide de  $\beta$ -galactosidases, mais ces produits n'ont pas encore été testés chez la volaille (Durst, 1996).

Les Mannane-oligosaccharides (MOS) par contre ont bien été testés avec succès chez la volaille. Les MOS sont des constituants naturels de la paroi des levures et des gommés naturelles. Un tel produit actuellement disponible sur le marché spécialement pour la volaille est constitué d'un lysat centrifugé de *Saccharomyces cerevisiae* (Spring et al., 2000). L'administration de ces MOS à une concentration de 4000 ppm dans l'aliment de poussins de 3 jours a entraîné une réduction de la concentration de Salmonelles dans les caeca après challenge de *Salmonella typhimurium* et de *Salmonella dublin* (Spring et al., 2000). On a démontré également que le contenu cæcal des poules recevant des MOS dans les aliments, administré à des poussins, protégeait ces poussins contre un challenge avec *Salmonella* Enteritidis (Fernandez et al., 2000).

**1.4. Les polysaccharides**, peu de données sont disponibles, sauf pour la gomme de guar obtenue par traitement enzymatique des fèves de *Cyanopsis tetragonolobus*. Le traitement à l'endo- $\beta$ -D-mannanase permet de cliver la chaîne centrale de mannose de la gomme. On obtient ainsi un mélange de galactomannanes que l'on appelle gomme de guar partiellement hydrolysée. Inclus dans l'aliment pour poule pondeuse à une concentration de 250ppm cette gomme de guar partiellement hydrolysée a permis de protéger les poules contre un challenge assez sévère de *Salmonella* Enteritidis, et en plus, la coquille des œufs ainsi que le blanc et le jaune des œufs étaient significativement moins contaminés (Ishihara et al., 2000).

Compte tenu de la définition de Gibson et Roberfroid (1995), on peut considérer que les prébiotiques agissent en modifiant la composition de l'équilibre de

la flore intestinale. Il est couramment accepté que la flore soit modifiée en faveur d'espèces utilisant les prébiotiques pour leur propre métabolisme. Ces espèces produiraient alors des métabolites ayant un effet inhibiteur sur les Salmonelles et d'autres espèces bactériennes potentiellement pathogènes. Parmi ces métabolites, on compte le lactate ainsi que les acides gras volatils (voir plus loin) (Cummings, 1981), mais également des polyamines et des bactériocines. Néanmoins, l'inclusion de MOS dans les aliments pour poussins n'induit pas de modification des concentrations d'acides gras volatils dans les caeca (Spring et al., 2000).

Etant donné que ces prébiotiques sont utilisés par certaines espèces de la flore intestinale pour leur propre métabolisme, on suggère que ceci soit corrélé avec une plus forte multiplication de cette partie de la flore, par exclusion compétitive. On a en effet démontré *in vitro* une plus forte croissance de certaines espèces bactériennes telles que *Enterococcus faecium* en présence de FOS. Ce mode d'action des prébiotiques n'a cependant pas encore été confirmé *in vivo*.

On a suggéré aussi une action directe de certains prébiotiques sur les Salmonelles et autres bactéries entéropathogènes. En effet, le mannose, ainsi que les autres hydrates de carbone indigestibles contenant du mannose disponible, pourraient bloquer les fimbriae de type 1 (Finucane et al., 1999). Ces fimbriae de type 1 sont exprimés par toute une série de bactéries entéropathogènes y compris *Salmonella* (Oyofe et al., 1989). Les fimbriae de type 1 permettent à la bactérie de s'attacher aux résidus de mannose présents dans les glycoprotéines couvrant la surface de la muqueuse intestinale. Ainsi, les MOS induisent l'agglutination de 51% des souches d'*Escherichia coli* et 53% des souches de Salmonelles. Parmi les Salmonelles, 80% des souches de sérotype Enteritidis et 67% des souches du serotype Typhimurium sont agglutinés (Finucane et al., 1999).

## 2. Les acides gras volatils

On a vu que les prébiotiques entraîneraient une augmentation de la production d'acides gras volatils (AGV) par certaines espèces de la flore intestinale. Barnes et al. (1980) ont trouvé que la concentration des AGV dans les caeca est un indicateur d'une fermentation anaérobie. Les concentrations des AGV dans les caeca sont corrélés à la protection contre une infection à *Salmonella* Typhimurium (Nisbet et al., 1994 ; Corrier et al., 1995). Des études ont également été faites sur l'incorporation directe d'AGV dans les aliments.

Les acides formiques, acétique, propionique et butyrique sont des produits du métabolisme normal de la flore intestinale anaérobie (Mead, 2000). On a démontré effectivement déjà il y a plus de 20 ans qu'il

était possible, dans des modèles expérimentaux, de stimuler la production de ces AGV par l'inclusion de prébiotiques dans les aliments (Cummings, 1981). Les AGV inclus directement dans les aliments auraient un effet antibactérien direct dans le jabot (Hinton et Linton, 1988). Malheureusement, dans les expériences où l'on a inclus un AGV simple dans la ration, l'effet de protection contre un challenge de *Salmonella* n'a pas été mis en évidence (Izat et al., 1990). Par contre, Thompson et Hinton (1997) ont démontré une réduction de l'excrétion après infection expérimentale des poussins avec *Salmonella* Kedougou chez les groupes recevant un mélange des acides propionique et formique dans leurs rations. Des produits commerciaux contenant ce même mélange sont sur le marché à l'heure actuelle. On a démontré une bonne efficacité surtout quand les mélanges d'acides sont protégés par micro-encapsulation (Iba et Berchieri, 1995). Cette micro-encapsulation permettrait aux AGV de passer la barrière gastrique et de descendre jusqu'aux caeca.

L'intérêt pour les AGV a été suscité surtout après les observations *in vitro*, où les AGV sont bactériostatiques voire même bactéricides dans des conditions qui sont favorables à la présence de l'acide sous forme non-dissociée, si le contact bactérie-acide, est prolongé (Thompson et Hinton, 1997). Ces conditions sont remplis à un pH suffisamment bas. Dans ces conditions-là, on a effectivement démontré une réduction du taux de croissance chez *Salmonella* Typhimurium *in vitro* (Durant et al., 2000). On estime que les AGV, sous forme non-dissociée, peuvent diffuser vers l'intérieur de la cellule bactérienne. Une fois à l'intérieur, il y aurait dissociation, baisse du pH intracellulaire et accumulation d'anions (van der Wielen et al., 2000). On a démontré chez *Escherichia coli* que des concentrations d'AGV inhibent la croissance de la bactérie en réduisant la synthèse d'ARN, d'ADN, des protéines, des lipides ainsi que de la paroi cellulaire (Cherrington et al., 1990). Ces résultats *in vitro* n'ont été confirmés que partiellement *in vivo*. En effet, l'incorporation de 1% d'un mélange d'acide formique – acide propionique dans la ration provoque une baisse de pH du contenu caecal (Waldroup et al., 1995), ce qui peut augmenter la fraction non-dissociée des AGV.

Il y a encore d'autres observations *in vitro* qui ont stimulées les efforts de recherche dans ce domaine. En effet, on a démontré sur cultures de lignées cellulaires épithéliales type CaCo, que les AGV augmentent la différenciation des cellules et réduisent leurs taux de croissance (Siavoshian et al., 1997). En revanche, *Salmonella Enteritidis* s'attache plus facilement aux cellules les plus différenciées (Desmidt et al., 1998, Van Immerseel et al., 2002b). Les AGV peuvent augmenter la résistance aux acides chez *Salmonella* Typhimurium (Kwon et Rieke, 1998). On estime que des Salmonelles ayant été en contact avec des AGV avant ingestion pourraient ainsi plus facilement passer la barrière acide de l'estomac.

En plus, après phagocytose par les macrophages, les Salmonelles pourraient plus facilement survivre sous l'effet de l'acidification du phagosome (Kwon et Rieke, 1998).

Des études *in vitro* ont également permis de démontrer que le contact avec les AGV pourrait augmenter l'invasion des Salmonelles : le contact de *Salmonella* Typhimurium avec les AGV augmente les taux d'invasion de la bactérie dans les cellules Hep2 (Durant et al., 1999). Durant et al. (2000) ont essayé d'expliquer le phénomène en montrant que le contact avec les AGV à pH 6 induit l'expression des gènes *hlyA* et *invF*, régulateurs de la transcription de l'île de pathogénicité 1, qui joue un rôle pivotant dans l'invasion des tissus de l'hôte. Cette induction des gènes *spv* a été démontrée également pour *Salmonella* Dublin (El Gedaily et al., 1997).

Tous ces résultats indiquent que les AGV peuvent effectivement influencer une infection à *Salmonella*, mais cette influence peut aller dans un sens ou dans l'autre. En effet, compte tenu des effets observés *in vitro* sur l'expression des gènes de virulence mentionnés ci-dessus, il est tout à fait possible que le contact avec les AGV pousse les bactéries à pénétrer dans les cellules intestinales. L'invasion et la survie intracellulaire peuvent augmenter le risque que l'animal devienne porteur asymptomatique.

Nous avons récemment étudié plus en détail les différences entre les différents AGV : dans un modèle *in vitro* sur lignée de cellule épithéliale de poulet, le contact des Salmonelles avec l'acide acétique augmente l'invasion, tandis que le contact avec l'acide butyrique réduit fortement cette invasion (Van Immerseel et al., sous presse B). Ces différents AGV ont ensuite été testés *in vivo*, après micro-encapsulation. On a trouvé que l'acide formique et l'acide acétique augmentaient la colonisation des caeca, du foie et de la rate après challenge avec *Salmonella* Enteritidis, tandis que l'acide butyrique réduisait fortement cette même colonisation (Van Immerseel et al., résultats non-publiés). Le parallélisme remarquable entre les résultats *in vitro* et *in vivo*, nous incite à croire que tout d'abord le choix et le mode de présentation de l'AGV sont importants, et que l'invasion dans les cellules épithéliales peut jouer un rôle très important dans l'infection à *Salmonella* chez la volaille.

Par conséquent, il semble bien que les AGV constituent un outil très valable dans la lutte contre les Salmonelles et même contre les agents pathogènes intestinaux en général, mais il y a certainement besoin d'affiner leur application.

### 3. Les probiotiques

Selon la définition de Fuller (1989), un probiotique est un additif de la ration contenant des micro-organismes vivants, qui a un effet favorable sur

l'animal hôte par le biais d'une amélioration de l'équilibre de la microflore intestinale. Il y a déjà presque un siècle, Metchnikoff (1907) a trouvé que boire du lait a un effet favorable sur la santé humaine et que cet effet est lié à la présence de lactobacilles dans le contenu intestinal. Encore selon Fuller (1999) l'avis de la commission de Schwann de 1969 pour réduire l'utilisation d'antibiotiques dans les aliments pour animaux a fortement stimulé le développement de produits de substitution tels que les probiotiques. Dans le secteur de la volaille, l'emploi des probiotiques est toujours basé sur les observations originales de Nurmi et Rantala (1973) qui ont observé que l'administration d'une suspension de contenu cæcal provenant de poules adultes peut protéger les poussins contre une infection à *Salmonella*. Ce concept de Nurmi est basé sur l'exclusion des bactéries pathogènes par ce que l'on appelle une flore compétitive. Le concept de Nurmi a été appliqué dans plusieurs produits commerciaux depuis plus de dix ans. L'application à grande échelle néanmoins se heurte au coût de production et au fait que la flore présente est « non-définie ». C'est ainsi que, pendant des années, plusieurs équipes de chercheurs ont fait des efforts énormes pour identifier les espèces et les souches de bactéries dans cette flore, responsables de ce phénomène d'exclusion.

C'est ainsi que l'on a développé le concept de la flore définie. Les Lactobacilles sont de loin les espèces les plus étudiées. On a trouvé que les Lactobacilles sont capables d'inhiber la croissance de *Salmonella enteritidis* (Jin et al., 1996a). On a trouvé également que ces Lactobacilles inhibent l'attachement de *Salmonella Pullorum* et *Typhimurium* aux cellules intestinales de poulet *in vitro*, mais qu'il n'y avait pas d'inhibition de l'attachement de *Salmonella Enteritidis* (Jin et al., 1996b). En revanche, l'administration simultanée de *Salmonella Enteritidis* et *Lactobacillus salivarius* souche CTC2197 par voie orale à des poussins d'un jour a permis une élimination complète des Salmonelles après 21 jours (Pascual et al., 1999). Cette souche peut être incorporée dans l'aliment, mais elle semble assez sensible aux températures élevées pendant l'entreposage des aliments et pendant la fabrication des granulés. Une autre espèce de Lactobacille d'intérêt particulier est certainement *Lactobacillus reuteri*. Cette bactérie produit la reutéline, un métabolite intermédiaire ayant une activité antimicrobienne agissant en même temps contre les Salmonelles, les *Escherichia coli* et les *Campylobacter* (Mulder et al., 1997). Il s'est avéré possible d'injecter *in ovo* la bactérie sans affecter le taux d'éclosion et obtenir une réduction de la colonisation et de la mortalité après contact avec *Escherichia coli* et *Salmonella*. On peut même injecter simultanément, si ce n'est que dans des compartiments différents de l'œuf, de la gentamicine et du *Lactobacillus reuteri* (Edens et al., 1997). *Lactobacillus plantarum* est également une espèce

ayant un intérêt potentiel, puisqu'elle possède des récepteurs sensibles au mannose, caractéristique très rare parmi les bactéries gram positives, ce qui lui permet d'entrer en compétition avec les Salmonelles et les autres pathogènes gram-négatifs - qui possèdent des fimbriae sensibles au mannose - pour les sites d'adhésion dans l'intestin (Bengmark, 1998). Pour d'autres lactobacilles ainsi que pour des extraits de ces bactéries, on a démontré un effet d'immunostimulation après administration par voie orale. Tel est le cas pour des extraits de *Bifidobacterium thermophilum* pour lesquels on a démontré un effet temporaire de protection vis-à-vis d'une infection expérimentale par *Escherichia coli* même au niveau du poumon (Kobayashi et al., 2002). D'autres bactéries que les Lactobacilles ont un effet probiotique. Tel est le cas d'*Enterococcus faecium* souche J96, isolé de l'intestin d'une poule provenant d'un parcours extérieur. Cette souche réduit les taux de croissance de *Salmonella Pullorum*, *Gallinarum*, *Typhimurium* et *Enteritidis in vitro* (Audisio et al., 1999). L'administration de  $10^9$  ufc de cette souche à des poussins de 30h permet aux poussins de survivre à un challenge 24h plus tard avec  $10^5$  ufc de *Salmonella Pullorum* (Audisio et al., 2000).

*Saccharomyces boulardii* est une levure non-pathogène utilisée souvent en médecine humaine pour le traitement oral de patients souffrant de diarrhée. Dans un essai sur poussins d'un jour, on a trouvé une très forte réduction de la colonisation après challenge à l'âge de quatre jours avec  $3,2 \cdot 10^8$  ufc de *Salmonella Typhimurium* (Line et al., 1998). Il y a également des rapports concernant l'emploi de mélanges de différentes souches. On connaît depuis longtemps le principe des cultures semi-définies, pour lesquelles on a identifié une partie des souches présentes. Plus récemment par contre, on commence à découvrir certains avantages de la combinaison de deux ou plusieurs souches bien caractérisées. Ainsi, il a été rapporté récemment que la croissance de *Salmonella Enteritidis* était fortement réduite *in vitro* en présence d'un mélange de *Lactobacillus crispatus* et de *Clostridium lactatifermentans* à pH 5,8 (Van Der Wielen et al., 2002). Les analyses du milieu de culture ont permis de démontrer que l'effet inhibiteur était dû à la production de taux élevés d'acide acétique et d'acide propionique sous forme non-dissociée, ce qui nous ramène à un effet des AGV.

#### 4. Les symbiotiques

Un symbiotique est tout simplement une combinaison d'un probiotique et d'un prébiotique (Collins et Gibson, 1999). L'objectif est d'augmenter la durée de survie du micro-organisme probiotique en le fournissant un substrat pour sa fermentation. A nouveau, cette fermentation permet une production importante d'AGV. Certaines combinaisons

symbiotiques ont été assez bien étudiées, tels que les FOS et les Bifidobactéries, et le Lactitol et les Lactobacilles (Collins et Gibson, 1999). Chez la volaille, on a déjà testé la combinaison de FOS avec une flore de compétition et on a vu que les poussins traités avec cette combinaison étaient mieux protégés contre les Salmonelles que ceux traités avec les composantes simples (Bailey et al., 1991).

## 5. Les antibiotiques

Certains antibiotiques ont été employés depuis des années comme promoteurs de croissance. Les doses incorporées dans les aliments sont beaucoup plus faibles que les doses thérapeutiques. Il est généralement accepté que ces promoteurs de croissance agissent par modification de la flore intestinale, réduisant la population gram-positif, que l'on croit généralement responsable de performances médiocres (Bedford, 2000). Cette flore gram-positif réduit les taux de croissance des poussins à cause de la compétition avec l'hôte pour les nutriments dans le tube digestif, de la dégradation des enzymes sécrétées par l'hôte et de l'induction d'une réponse immunitaire qui en soi réduit l'appétit et induit un catabolisme protéique (Bedford, 2000). Ce catabolisme protéique serait lié à la production de TNF- $\alpha$  (tumor necrosis factor alpha). La flore ciblée par les antibiotiques facteurs de croissance contient par exemple des bactéries opportunistes voire facultativement pathogènes telles que *Clostridium perfringens* (Hofacre et al., 1998). Les soucis concernant le développement de souches multirésistantes aux antibiotiques suite à l'emploi de ces produits à grande échelle dans les aliments pour animaux de rente a eu pour conséquence que la Communauté Européenne a interdit l'emploi de la majorité des antibiotiques comme promoteurs de croissance depuis fin juin 1999.

Pour les quelques antibiotiques encore disponibles à l'heure actuelle comme additifs dans les aliments, les effets sur la colonisation, l'excrétion et l'invasion des Salmonelles sont variables :

Les ionophores sont employés surtout pour leurs effets coccidiostatiques et comme promoteurs de croissance. Le monensin est un ionophore monovalent qui a été testé pour son effet anti-*Salmonella Enteritidis*. Il s'est avéré que le monensin n'a pas d'effet sur la colonisation ni sur l'invasion après infection de poussins de sept jours avec  $10^6$  ufc de *Salmonella Enteritidis* (Manning et al., 1994). Pour le Salinomycine, un autre ionophore monovalent, on n'a pas vu d'effet sur l'excrétion ni sur l'invasion après infection de poussins de trois jours avec *Salmonella Typhimurium* (Ford et al., 1981), par contre on a bien vu une réduction du nombre de poussins excréant la bactérie à l'âge de six semaines, après infection avec  $10^8$  ufc de *Salmonella Enteritidis* à 11 et 12 jours

(Bolder et al., 1999). Le Narasin est également un ionophore monovalent. Pour le narasin, on n'a pas trouvé d'effet sur la croissance ni sur la survie d'une souche vaccinale vivante de *Salmonella in vitro* (Martin et Meyer, 1994).

La flavomycine appartient à la classe des antibiotiques glycolipides. Dans les concentrations utilisées comme promoteur de croissance, la flavomycine n'a pas d'effet sur la colonisation des caeca après inoculation de poussins de deux jours avec  $10^5$  ufc de *Salmonella Typhimurium* (Humbert et al., 1991). En revanche, Bolder et al. (1999) ont observé une réduction du nombre de poussins excréant la bactérie après infection à l'âge de 10 et de 11 jours avec  $10^8$  de *Salmonella Enteritidis*.

Enfin, l'avilamycine est un antibiotique oligosaccharide disponible comme promoteur de croissance pour lequel on a trouvé une réduction du nombre de poussins excréant les Salmonelles seulement quand leurs aliments étaient contaminés avec une dose faible (5 ufc/g) de *Salmonella Kedougou* et non pas quand les aliments contenaient un taux élevé de la même bactérie (Hinton, 1988).

## 6. Les anticorps et autres additifs

Chez le veau et chez le porcelet, bon nombre d'études ont montré un effet favorable d'une incorporation d'anticorps voire même de plasma complet dans les aliments. Chez les poussins par contre, il semblerait que, vu le transfert efficace des anticorps maternels par le blanc (IgA) et le jaune d'œuf (IgY) un tel traitement n'aurait aucun intérêt. En effet, nous avons encore confirmé récemment que la vaccination des parentales permet le transfert efficace d'anticorps aux poussins, qui sont à leur tour partiellement protégés contre une infection expérimentale grâce à ces anticorps maternels (résultats non-publiés). Néanmoins on a récemment trouvé chez le canard que l'administration d'anticorps IgY anti-*Salmonella Enteritidis* dans l'eau de boisson donne une protection partielle contre une infection à *Salmonella Enteritidis* (Fulton et al., 2002). Ces mêmes auteurs ont trouvé une synergie entre les probiotiques et les anticorps.

Il y a dans la littérature des informations fragmentaires concernant l'influence de différentes composantes de la ration ainsi que concernant différents additifs dits « naturels » sur la sensibilité des volailles pour une infection à *Salmonella*. On a signalé par exemple que l'augmentation de la concentration en tannins dans la ration jusqu'à 1,5% peut augmenter la concentration en AGV et plus particulièrement en acide propionique dans les caeca, une augmentation trop faible néanmoins pour réduire la colonisation par *Salmonella Typhimurium* (Kubena et al., 2001). La plupart des autres additifs et matières premières, pour lesquels un effet anti-*Salmonella* a été démontré, semble agir par le biais des AGV.

## 7. La Lutte intégrée

Le concept de la lutte intégrée provient du domaine de l'agrochimie et de la phytopharmacie. Il part du principe que le contrôle d'une maladie donnée nécessite une combinaison de plusieurs mesures et traitements préventifs qui contribuent tous à diminuer le risque. Ceci va à l'encontre de la prévention classique des maladies animales, où souvent un seul vaccin, administré une, deux ou trois fois, apporte la protection requise. En matière de salmonellose, on a vu ci-dessus que certains additifs peuvent diminuer le risque d'infection et, chez l'animal infecté, réduire les taux d'excrétion de la bactérie. Pour les vaccins anti-Salmonelles aussi, on revendique un effet de réduction des taux d'excrétion. Malheureusement, il n'y a actuellement aucun produit, ni aucun traitement garantissant une protection complète. Par conséquent, la lutte contre les infections à *Salmonella* devra nécessairement faire appel à une stratégie combinant judicieusement plusieurs mesures et traitements. Pour arriver à cela, il est impératif de savoir quelles sont les combinaisons donnant des effets additifs, voire synergiques. Dans la littérature, il n'y a que très peu de données concernant les traitements combinés. Nous avons récemment essayé d'étudier l'effet, dans un troupeau de poules pondeuses vaccinées, de l'ajout d'un prébiotique dans l'aliment et d'un désinfectant dans l'eau de boisson pour augmenter les taux de protection déjà acquis par la vaccination (Van Immerseel et al., données non publiées). Il s'avère en effet que ces traitements ont un effet additif, ce qui démontre la faisabilité d'une approche de type lutte intégrée. Le défi maintenant est de concilier un programme complet visant à couvrir tous les points critiques de la filière.

### Conclusions

A l'heure actuelle, une gamme impressionnante d'additifs et de matières premières pour l'alimentation des volailles sont disponibles pour lesquels on revendique un effet de réduction de l'excrétion des Salmonelles. Les résultats obtenus avec ces produits dans les expériences contrôlées sont souvent peu probants. Plusieurs explications peuvent être proposées :

1. Pour certains produits, l'activité a uniquement été démontrée *in vitro* sur cultures de la bactérie et ne se confirme tout simplement pas *in vivo*.
2. Dans les expériences de laboratoire, on utilise souvent des modèles d'infections expérimentales avec des doses d'inoculation très élevées, ce qui peut masquer l'effet protecteur du produit testé.
3. Nous avons démontré récemment que certains produits peuvent induire une modification du

phénotype des bactéries, caractérisée par une augmentation du caractère invasif, ce qui peut influencer de manière imprévisible l'excrétion de la bactérie : l'effet antibactérien peut être anéanti ou même inversé par la présence et la réplication des Salmonelles dans les tissus de l'hôte.

Il semble bien que les AGV présents dans les caeca jouent un rôle pivot dans la suppression de l'infection à *Salmonella*. Les effets des AGV cependant semblent être beaucoup plus complexes qu'on ne le croyait.

Le contrôle des Salmonelles dans le secteur avicole devra nécessairement faire appel à tous les partenaires du secteur, réunis dans un plan de lutte intégral, incluant des mesures hygiéniques, des vaccinations, un choix très sélectif de matières premières et d'additifs pour les aliments ainsi qu'une vigilance permanente.

### Références bibliographiques

- Allen V.M., Fernandez F., Hinton M.H., 1997. Brit. Poultry Sci. 38, 485-488.
- Audisio M., Oliver G., Apella M.C., 1999. J. Food Protect. 62, 751-755.
- Audisio M., Oliver G., Apella M.C., 2000. J. Food Protect. 63, 1333-1337.
- Bailey J.S., Blankenship L.C., Cox N.A., 1991. Poultry Sci. 70, 2433-2438.
- Bedford M., 2000. World's Poultry Sci. J. 56, 347-354.
- Bengmark S., 1998. Nut. 14, 585-594.
- Bolder N.M., Wagenaar J.A., Putirulan F.F., Veldman K.T., Sommer M., 1999. Poultry Sci. 78, 1681-1689.
- Cauwerts K. et al., in press.
- Cherrington C.A., Hinton M., Chopra I., 1990. J. Appl. Bacteriol. 68, 69-74.
- Collins M.D., Gibson R., 1999. Am. J. Clin. Nut. 69, 1052S-1057S.
- Corrier D.E., Hargis B.M., Hinton A.J., DeLoach J.R., 1993. Avian Dis. 37, 47-52.
- Corrier D.E., Nisbet D.J., Scanlan C.M., Hollister A.G., DeLoach, J.R., 1995. Poultry Sci. 74, 916-924.
- Corry J.E., Atabay H.I., 2001. Soc. Appl. Microbiol. Symp. Ser. 30., 96S-114S.
- Corry J.E., Allen V.M., Hudson W.R., Breslin M.F., Davies R.H., 2002. J. Appl. Microbiol. 92., 424-432.
- Crilly J., Power E.P., Cowman H.J., Cryan B., Buckley J.F., 2001. Irish J. Agr. Food Res. 40., 215-226.
- Cummings J.H., 1981. Gut 22, 763-779.
- Desmidt M., Ducatelle R., Haesebrouck F., 1997. Vet. Microbiol. 56., 99-109.
- Desmidt M., Ducatelle R., Haesebrouck F., 1998. Vet. Microbiol. 60, 259-269.
- Durant J.A., Corrier D.E., Ricke S.C., 2000. J. Food Protect. 63, 573-578.

- Durant J.A., Lowry V.K., Nisbet D.J., Stanker L.H., Corrier D.E., Ricke S.C., 1999. *J. Environ. Sci. Health (B)* 34, 1083-1099.
- Durst L., 1996. *Arch. Geflügelk.* 60, 160-164.
- Fernandez F., Hinton M., Van Gils B., 2000. *Avian Pathol.* 29, 575-581.
- Edens F.W., Parkhurst C.R., Casas I.A., Dobrogorz W.J., 1997. *Poultry Sci.* 76, 179-196.
- El Gedailly A., Paesold G., Chen C.Y., Guiney D.G., Krause M., 1997. *J. Bacteriol.* 179, 1409-1412.
- Finucane M., Spring P., Newman K., 1999. *Abstr. 88<sup>th</sup> Ann. Meeting Poultry Sci. Assoc.* 139.
- Ford A.M., Fagerberg D.J., Quarles C.L., George B.A., Mckinley G.A., 1981. *Poultry Sci.* 60, 2441-2453.
- Fukata T., Sasai K., Miyamoto T., Baba E., 1999. *J. Food Protect.* 62, 229-233.
- Fuller R., 1989. *J. Appl. Bacteriol.* 66, 365-378.
- Fuller R., 1999. *Probiotics. A critical review (Tannock G.W. éd.)*, Horizon Scientific Press, Norfolk, 15-22.
- Fulton R.M., Nersessian B.N., Reed W.M., 2002. *Poultry Sci.* 81, 34-40.
- Gibson G.R., Roberfroid M.B., 1995. *J. Nut.* 125, 1401.
- Gomez T.M., Motarjemi Y., Miyagawa S., Käferstein F.K., Stöhr K., 1997. *World Health Quart.* 50., 81-89.
- Hinton M., 1988. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 11, 269-275.
- Hinton M., Linton A.H., 1988. *Vet. Rec.* 123, 416.
- Hofacre C.L., Froyman R., Gautrais B., George B., Goodwin M.A., Brown J., 1998. *Avian Dis.* 42, 579-584.
- Houf K., Devriese L.A., De Zutter L., Van Hoof J., Van Damme P., 2001. *Int. J. Food Microbiol.* 71., 189-196.
- Humbert F., Lalande F., L'hospitalier R., Salvat G., Bennejean G., 1991. *Avian Pathol.* 20, 577-584.
- Humphrey T.J., 1999. In: *Salmonella enterica serovar Enteritidis in humans and animals: epidemiology, pathogenesis and control (Saeed, Gast, Potter, Wall edits.) Iowa State University, Ames, pp183-192.*
- Iba A.M., Berchieri A., 1995. *Avian Pathol.* 24, 303-311.
- Iji P.A., Tivey D.R., 1998. *World's Poultry Sci. J.* 54, 129-143.
- Ishihara N., Chu D.C., Akachi S., Jujena L.R., 2000. *Poultry Sci.* 79, 689-697.
- Izat A.L., Tidwell N.M., Thomas R.A., Reiber M.A., Adams M.H., Colberg M., Waldroup P.M., 1990. *Poultry Sci.* 69, 1876-1882.
- Jin L.Z., Ho Y.W., Abdullah N., Ali M.A., Jalaludin S., 1996a. *Let. Appl. Microbiol.* 23, 67-71.
- Jin L.Z., Ho Y.W., Abdullah N., Ali M.A., Jalaludin S., 1996b. *J. Appl. Bacteriol.* 81, 201-206.
- Kobayashi C., Yokohama H., Nguyen S.V., Hashi T., Kuroki M., Kodama Y., 2002. *Avian Dis.* 46, 542-546.
- Kubena L.F., Byrd J.A., Young C.R., Corrier D.E., 2001. *Poultry Sci.* 80, 1293-1298.
- Kwon Y.M., Ricke S.C., 1998. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 3458-3464.
- Le Blay G., Michel C., Blottière H.M., Cherbut C., 1999. *J. Nut.* 129, 2231-2235.
- Line J.E., Bailey S., Cox N.A., Stern N.J., Tompkins T., 1998. *Poultry Sci.* 77, 405-410.
- Manning J.G., Hargis B.M., Hinton A.J.R., Corrier D.E., Deloach J.R., Creger C.R., 1994. *Avian Dis.* 38, 256-261.
- Martin G., Meyer H., 1994. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 107, 382-384.
- Mead G.C., 2000. *Vet. J.* 159, 111-123.
- Metchnikoff E., 1907. *The prolongation of life*, Heinemann, London.
- Mulder R.W.A.W., Havenaar R., Huis in 't Veldt J.H.J., 1997. *Probiotics 2 : Applications and Practical Aspects (R. Fuller Ed.)*, Chapman & Hall, London, 187-207.
- Nisbet D.J., Ricke S.C., Scanlan C.M., Corrier D.E., Hollister A.G., DeLoach J.R., 1994. *J. Food Prot.* 57, 12-15.
- Nurmi E., Rantala M., 1973. *Nature* 241, 210-211.
- Oyofe B.A., Deloach J.R., Corrier D.E., Norman J.O., Ziprin R.L., Mollenhauer H.H., 1989. *Poultry Sci.* 68, 1357-1360.
- Pascual M., Hugas M., Badiola J.I., Monfort J.M., Garriga M., 1999. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 4981-4986.
- Russell T.J., 1998. *Friskies R&D Center*, Missouri, USA.
- Siavoshian S., Blottière H.M., Le Foll E., Kaeffler B., Cherbut C., Galmiche J.P., 1997. *Cell Biol. Int.* 21, 281-287.
- Spring P., Wenk C., Dawson K.A., Newman K.E., 2000. *Poultry Sci.* 79, 205-211.
- Tellez G., Dean C.E., Corrier D.E., Deloach J.R., Jaeger L., Hargis B.M., 1993. *Poultry Sci.* 72, 636-642.
- Thompson J.L., Hinton M., 1997. *Brit. Poult. Sci.* 38, 59-65.
- Todd E.C.D., 1997. *World Health Quart.*, 50., 29-50.
- Van Der Wielen P.W., Biesterveld S., Notermans S., Hofstra H., Urlings B.A., Van Knapen F., 2000. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 2536-2540.
- Van Der Wielen P.W., Lipman L.J., Van Knapen F., Biesterveld S., 2002. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 555-559.
- Van Immerseel F., Cauwerts K., Devriese L.A., Haesebrouck F., Ducatelle R., 2002a. *World's Poultry Sci. J.*, 58, 431-443.
- Van Immerseel F., De Buck J., Pasmans F., Velge P., Botreau E., Fievez V., Haesebrouck F., Ducatelle R. *Int. J. Food Microbiol. (sous presse).*
- Van Immerseel F., De Smet I., De Buck J., Meulemans G., Velge P., Botreau P., Haesebrouck F., Ducatelle R., 2002. *I.S.S.S., Ploufragan*, 231-232.
- Waldroup A., Kaniawati S., Mauromoustakos A., 1995. *J. Food Protect.* 58, 482-489.

# LA MICROFLORE DIGESTIVE : UNE COMPOSANTE OUBLIEE DE LA NUTRITION DES VOLAILLES

Gabriel Irène, Mallet Serge, Lessire Michel

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37 380 Nouzilly, France

## Résumé

Chez les oiseaux la flore intestinale du jabot à l'intestin est composée principalement de lactobacilles, alors que les caeca hébergent surtout des anaérobies strictes. La microflore varie en fonction de l'âge de l'animal, de son environnement, du stress et de l'alimentation. Elle entraîne des changements de la structure et du fonctionnement du tube digestif. Elle entraîne des modifications de la digestion des aliments, ainsi qu'une augmentation des besoins énergétiques. La flore indigène a des conséquences sur la santé de l'animal du fait de la production de différents métabolites. Ainsi, elle peut avoir un effet protecteur vis-à-vis des micro-organismes néfastes et est responsable en partie du développement du système immunitaire intestinal. Tous ces effets de la microflore ont des conséquences sur la croissance de l'animal, ainsi que sur la composition et la qualité organoleptique de la viande et de l'œuf. Cela montre qu'une connaissance plus approfondie de la microflore et de ses conséquences sont nécessaires pour essayer de l'orienter dans un but bénéfique à l'animal et au producteur.

## Introduction

Jusqu'à présent la microflore intestinale des oiseaux et ses variations étaient contrôlées par les antibiotiques facteurs de croissance. Avec leur suppression annoncée en Europe pour 2006, des alternatives devront être développées pour maîtriser la microflore car toute modification même légère de celle-ci peut avoir des conséquences économiques importantes. Il est donc nécessaire de mieux connaître la microflore ainsi que ses effets afin d'éviter des conséquences néfastes voir de l'orienter dans un but bénéfique.

La microflore de l'oiseau et ses effets ont été étudiés principalement chez le poulet, en comparant des animaux conventionnels à des animaux axéniques. Par ailleurs d'autres études, effectuées en comparant des animaux avec et sans prébiotiques, probiotiques ou antibiotiques, montrent l'effet d'une modification de la flore. Les travaux effectués chez les mammifères sont plus nombreux, mais les résultats ne sont pas forcément transposables aux oiseaux du fait de différences anatomiques et physiologiques (colon très développé; élargissement du cæcum des rongeurs axéniques).

Nous présentons dans le texte qui suit l'état actuel des connaissances sur la microflore digestive des volailles. Après une description de la microflore du tube digestif, nous nous intéresserons à ses effets sur la physiologie digestive, son influence sur la valeur nutritionnelle de l'aliment, son rôle sur la santé et ses conséquences sur l'animal.

## 1. Caractérisation de la flore digestive du poulet

Tous les micro-organismes ne peuvent pas être mis en évidence par les méthodes de culture conventionnelle. De plus, les problèmes techniques liés à l'isolement et à la culture de la flore anaérobie font que la plupart des études ne prennent en compte que la flore aérobie ou anaérobie facultative. Pour résoudre ces problèmes, les techniques de biologie moléculaire se sont développées. Elles permettent de mettre en évidence tous les micro-organismes présents mêmes s'ils ne sont pas viables dans les conditions de laboratoire, grâce à leur ADN. Mais dans le cas des oiseaux, ces techniques n'en sont qu'à leur début (Knarreborg et al., 2002). La plupart des études décrivant la flore intestinale sont anciennes et utilisent les méthodes de culture conventionnelle. A l'heure actuelle, la flore digestive reste donc incomplètement décrite.

### 1.1. Description et localisation dans le tractus digestif

La flore digestive peut se trouver dans la lumière intestinale ou adhérer à la muqueuse digestive. La flore luminale dépend des nutriments disponibles, de la vitesse de transit et de la présence ou non de substances antimicrobiennes. La flore des muqueuses dépend de l'expression par l'hôte de sites d'adhésion spécifiques sur les membranes des entérocytes, de la vitesse de production de mucus, de la production d'anticorps (Ig) sécrétoires, et de l'extrusion de matériel cellulaire de la membrane.

La flore digestive comprend des bactéries et des champignons. Chez le poulet, 29 genres bactériens ont été identifiés (Fuller, 1984). Chaque genre serait

représenté par 3 à 4 espèces, et chaque espèce par 3 à 4 types métaboliques différents, ce qui ferait plus de 200 types différents, sachant que seulement 25% des souches seraient identifiées. Le tube digestif contient donc une large population bactérienne de différents types métaboliques et morphologiques. Ainsi, le nombre total de cellules bactériennes est plus important que le nombre de cellules eucaryotes constituant le corps de l'hôte.

**TABLEAU :** Nombre de bactéries viables (log<sub>10</sub> / g de contenu) des groupes majoritaires dans le tube digestif du poulet (d'après Smith, 1965)

log <sub>10</sub>	Jabot	Gésier	Duodénum	Iléon	Caeca
Lactobacilles	8.7	7.3	8.0	8.6	8.7
Enterocoques	4.0	3.7	4.0	4.2	6.7
Coliformes	1.7	-	2.0	2.7	5.6
Levures	2.7	-	1.7	-	2.0
Clostridies	-	-	(-)	(-)	9.0
Anaérobies obligatoirement non sporulant	-	-	-	-	10.0
Streptocoque anaérobies	-	-	-	-	10.0

- : log < 1 ; (-) : pas toujours présent

Chez le poulet, les deux sites principaux d'activité bactérienne sont le jabot et les caeca. Globalement, la flore du jabot à l'iléon terminal est composée principalement d'anaérobies facultatives alors que les caeca contiennent en plus des anaérobies strictes, ces derniers étant dominants (Fuller, 1984). Dans le jabot, on trouve principalement des lactobacilles qui peuvent être attachés à l'épithélium en formant presque une couche complète. On trouve aussi des entérocoques, des coliformes, et des levures. Dans le gésier et le proventricule, le faible pH fait chuter la population bactérienne. Dans le duodénum, le nombre important d'enzymes, la forte pression en oxygène et la présence de fortes concentrations de composés antimicrobiens tels que les sels biliaires limitent la croissance bactérienne. On trouve principalement des lactobacilles ainsi que des entérocoques et des coliformes. Plus loin dans l'intestin, l'environnement devient plus favorable à la croissance bactérienne à cause de la plus faible pression d'oxygène, la faible concentration en enzymes et sels biliaires (réabsorption et dégradation en partie par la microflore). Si les aliments sont bien digestibles, par manque de substrat, la flore est limitée. Dans l'iléon, on trouve principalement des lactobacilles attachés aux entérocytes, des entérocoques et des coliformes. Dans les caeca, on trouve une large population de types morphologiques variés, enfouie dans la couche de mucus et attachée à l'épithélium. En effet, le contenu de cet organe étant rarement renouvelé (1 à 2 fois/jour), cela le rend favorable au développement des bactéries. On trouve en majorité des anaérobies strictes comme les *Eubacterium*, des bifidobactéries ou des clostridies. On trouve aussi des anaérobies

facultatives comme des lactobacilles, des entérocoques, et des coliformes.

## 1.2. Variation en fonction de l'âge, de l'environnement, du stress, de l'alimentation et de l'individu

A l'éclosion, le tube digestif est stérile. La flore qui va s'installer dépend de l'environnement de l'œuf au moment de l'éclosion qui définit l'ordre dans lequel les animaux sont exposés aux micro-organismes et de leur aptitude à coloniser l'intestin. Les coliformes, les streptocoques et les clostridies colonisent rapidement l'intestin, dès le premier jour, alors que les lactobacilles ne sont pas trouvés avant trois jours et les bactéroïdes pas avant cinq jours. La colonisation par les lactobacilles est retardée dans les milieux propres. Au contraire, on peut trouver des lactobacilles dans le tube digestif de poussins mis en contact à l'éclosion avec des lactobacilles (Fuller, 1984). Par ailleurs, des antagonismes entre bactéries peuvent limiter le développement d'une espèce par rapport à une autre. Le poulet développe une flore bactérienne stable en deux semaines au niveau de son intestin, mais il lui faut quatre à six semaines pour que celle de ses caeca se stabilise.

Selon le milieu d'élevage, le développement de la microflore est différent. Ainsi, on note des populations plus élevées chez des animaux élevés au sol sur litière propre ou litière contaminée par une bande précédente par rapport à des animaux élevés en cage individuelle (Mallet et al., 2001).

Au cours de leur élevage, les poulets sont soumis à de nombreux stress tels que la densité d'élevage, les conditions de température ou des parasites intestinaux comme les coccidies qui modifient la flore intestinale (Kimura et al., 1976 ; Suzuki et al., 1989).

La flore est modifiée par l'alimentation. Ainsi, le type de céréales en particulier la présence de polysaccharides non amylacés hydrosolubles (Mathlouti et al., 2002) ou leur mode de présentation (Gabriel et al., 2002) entraînent des changements de flore. De même, les matières grasses (Knarreborg et al., 2002) ou le type d'amidon peuvent avoir un effet (Weurding, 2002).

Il est à noter aussi qu'il existe une forte variabilité entre individus probablement due à l'effet de ces différents facteurs.

## 2. Impact sur la physiologie digestive

La microflore et la muqueuse digestive ont des relations à la fois symbiotiques et compétitives qui entraînent des modifications de la structure et du fonctionnement du tube digestif.

## 2.1. Modifications anatomiques et physiologiques

Par rapport à des poulets axéniques, les animaux conventionnels, ont un intestin plus lourd et plus long, ainsi qu'une paroi plus épaisse (Coates, 1980 ; Furuse et Okumura, 1994). Cet épaississement est dû principalement aux tissus connectifs en particulier la lamina propria, et au tissu lymphoïde. Les villosités sont plus hautes et de formes irrégulières, et les cryptes plus profondes. Cependant, les microvillosités sont plus petites ce qui conduit à une surface intestinale plus faible. Le renouvellement de la muqueuse intestinale est plus rapide conduisant à des entérocytes immatures, avec moins d'enzymes et de transporteurs (Palmer et Rolls, 1983).

Les différents métabolites produits par les bactéries tels que les acides gras volatils, l'ammoniaque et les amines, seraient responsables du développement plus important des tissus intestinaux (Muramatsu, 1990 ; Furuse et al., 1991).

## 2.2. Production et hydrolyse du mucus

Alors que certains micro-organismes s'attachent à l'épithélium du tube digestif, certains colonisent les mucines de l'iléon, des caeca et du colon du poulet. Le gel formé par le mucus pourrait servir à stabiliser la communauté microbienne. Celle-ci modifie le fonctionnement des cellules en gobelet et la composition chimique du mucus intestinal directement en libérant localement des facteurs bio actifs ou indirectement par l'activation des cellules immunitaires de l'hôte (Deplancke et Gaskins, 2001). Par ailleurs les mucines pourraient être utilisées comme source de carbone et d'énergie par certaines bactéries grâce à leurs activités glycosidiques.

## 2.3. Modification du transit, activité motrice intestinale

Chez l'oiseau la flore ne semble pas modifier la vitesse de transit (Coates, 1973). Cependant, selon le type de flore l'effet peut être différent comme le montre l'effet de l'ajout de lactobacilles selon le type de régime (donc de flore initiale) sur le transit de la poule : absence d'effet avec un régime maïs/soja, augmentation de la vitesse de transit avec un régime orge/maïs/soja (Nahashon et al., 1994b).

## 3. Influence sur la valeur nutritionnelle de l'aliment

### 3.1. Digestion des aliments

L'épaississement de la paroi intestinale en présence de la microflore étant lié principalement à l'augmentation des tissus connectifs, ne peut pas avoir d'influence sur l'absorption. Cependant, celle-ci pourrait être diminuée du fait de la réduction de la

surface intestinale par unité de longueur. Mais la longueur plus importante de l'intestin pourrait compenser cet effet négatif. Par ailleurs, le renouvellement rapide des entérocytes et donc leur maturité plus faible conduit à une réduction des activités enzymatiques. Ainsi, l'activité de certaines enzymes impliquées dans le métabolisme, l'absorption et l'incorporation par les entérocytes de composants alimentaires pourraient être modifiée (Whitt et Savage, 1988).

Les aliments peu digestibles constituent un substrat pour la microflore. Ils subissent ainsi une fermentation bactérienne plus importante que les aliments hautement digestibles ; en conséquence, la flore a plus d'effet sur ce type d'aliment.

Les micro-organismes du tube digestif sont en compétition avec l'hôte. D'une part, ils possèdent un très grand nombre d'enzymes par rapport à leur hôte, d'autre part pour ceux qui se trouvent dans la lumière intestinale ils peuvent utiliser les constituants alimentaires avant l'hôte. Ils pourraient, cependant, avoir un effet positif en libérant des nutriments absorbables par l'hôte. Ainsi, la suppression d'antibiotiques peut entraîner une augmentation de la digestibilité de la matière sèche (Raharjo et Farrell, 1984).

### 3.1.1. Digestion des protéines

La microflore n'entraîne pas de différences d'activité trypsique dans l'intestin (Philips et Fuller, 1983) ou de différence d'absorption de la méthionine au niveau du jéjunum (Yokota et Coates, 1982). L'effet de la microflore sur la digestibilité des protéines conduit selon les études à des résultats variables, probablement dus aux différences de composition des régimes alimentaires. Ainsi, alors que Salter et Fuller (1974) n'observent pas de différence de digestibilité fécale apparente entre des animaux axéniques et conventionnels, Kussaibati et al. (1982 a) observent une digestibilité plus faible chez les conventionnels. D'après Salter (1973), la microflore aurait un effet positif sur la digestion des protéines dans le cas des protéines de mauvaise qualité qui sont mal hydrolysées par l'hôte et pourraient être hydrolysées par la microflore. Dans le cas de protéines trop sévèrement modifiées par la chaleur, même la microflore ne pourrait les hydrolyser. Par ailleurs, la microflore pourrait avoir un rôle sur la digestibilité apparente dans la mesure où elle augmente la production de protéines endogènes (mucus, débris cellulaire, biomasse microbienne) (Kussaibati et al., 1982 a), mais elle utilise aussi ces protéines, pouvant dans certains cas conduire à une excrétion endogène plus faible (Salter, 1973). Cependant, globalement, il semblerait que dans le cas d'une alimentation constituée de protéines de bonne qualité, la microflore ait peu d'effet.

### 3.1.2. Digestion des lipides

Chez le jeune poulet de moins de trois semaines, la flore diminue la digestibilité fécale des lipides de 2 points dans un régime contenant des matières grasses végétales à 10 points avec des matières grasses animales (Boyd et Edwards, 1967 ; Kussaibati et al., 1982 a). Ceci provient de la faible concentration en sels biliaires conjugués, elle-même due à leur déconjugaison par la microflore. Comme les sels biliaires conjugués servent à la formation des micelles, leur faible concentration réduit la solubilisation des lipides et donc leur absorption, en particulier ceux contenant des acides gras saturés à longue chaîne. Par conséquent, la digestibilité des acides gras insaturés tels que l'acide oléique et linoléique n'est pas modifiée par la présence de microflore, alors que la digestibilité des acides gras saturés tels que l'acide palmitique et stéarique est fortement diminuée.

### 3.1.3. Digestion des glucides

Parmi les glucides, on distingue deux types : ceux que l'oiseau peut digérer (amidon, dextrine, oligosaccharides et monosaccharides) et ceux qui ne peuvent être utilisés que par la microflore, les polysaccharides non amylacés (cellulose, hémicellulose, substances pectiques).

Dans le cas des glucides utilisables par l'hôte, la microflore ne semble pas intervenir. En effet, elle ne modifie pas l'activité des enzymes impliquées dans leur digestion, telles que l'amylase pancréatique (Lepkowsky et al., 1964) ou les dissaccharidases intestinales (Siddons et Coates, 1972), ni l'absorption du glucose (Yokota et Coates, 1982). Ainsi globalement la digestion de l'amidon de maïs n'est pas modifiée (Kussaibati et al., 1982 a) bien que des micro-organismes soient capables d'hydrolyser l'amidon en particulier dans le jabot.

En ce qui concerne les glucides que l'oiseau ne peut utiliser, ils sont fermentés par la microflore, dans le jabot et principalement au niveau des caeca.

### 3.1.4. Minéraux et vitamines

La microflore a un effet négatif sur la nutrition minérale. Ainsi, chez le poulet, elle diminue l'absorption du calcium et entraîne une augmentation des besoins en magnésium et en phosphore (Coates, 1980).

Les bactéries intestinales synthétisent des vitamines (B, K) mais elles seraient utilisées par elles-mêmes, sauf l'acide folique qui pourrait servir à l'animal (Coates, 1980). En présence de flore les besoins en vitamines seraient augmentés pour détoxifier les produits bactériens et répondre au stress physiologique. Par ailleurs, *in vitro* les vitamines B seraient moins bien absorbées par l'intestin de poulets conventionnels que de poulets axéniques (Ford et

Coates, 1971). Cependant, ces résultats n'ont pas été confirmés *in vivo*.

## 3.2. Métabolisme azoté et énergétique

A partir de l'urée et par désamination d'acides aminés les bactéries produisent de l'ammoniac. Cet ammoniac pourrait être utilisé par l'hôte pour synthétiser des acides aminés non essentiels (Furuse et Okumura, 1994). Mais les besoins en protéines sont plus importants chez les animaux conventionnels par rapport à des poulets axéniques. En effet, la synthèse protéique est augmentée au niveau du foie et de l'intestin (Furuse et Okumura, 1994). Par ailleurs, avec un régime pauvre en énergie (2 800 kcal/kg), la présence de microflore entraîne une diminution de l'efficacité d'utilisation des protéines.

L'effet de la microflore sur l'énergie métabolisable conduit à des résultats variables selon les études. Il a été rapporté aussi bien un effet négatif (Kussaibati et al., 1982 b) qu'un effet positif (Furuse et Okumura, 1994). Le type d'alimentation qui entraîne une modulation de la flore doit être à l'origine de ces différences de résultats. La flore peut avoir un effet négatif du fait de la diminution de la digestibilité des nutriments, en particulier des lipides, des pertes liées à la fermentation des glucides disponibles pour l'animal, et de l'augmentation des pertes endogènes. Elle peut par ailleurs avoir un effet bénéfique lié aux fermentations à la fois des glucides digestibles mais non utilisés par l'hôte et des glucides indigestibles produisant ainsi des acides gras volatils qui pourraient servir de source d'énergie pour l'animal.

Cependant, même si la microflore améliore l'énergie métabolisable, elle n'est pas utilisée pour augmenter les performances des animaux. En effet, bien que la flore entraîne parfois une plus faible température corporelle et production de chaleur à jeun, d'autres besoins énergétiques d'entretien sont augmentés (Furuse et Okumura, 1994). Bien que le métabolisme intestinal soit augmenté du fait de la plus importante synthèse protéique, cette perte énergétique est faible. Cette augmentation des besoins énergétiques s'expliquerait par un détournement de l'énergie alimentaire par les bactéries et une consommation d'énergie pour détoxifier les nombreuses substances produites par la microflore.

Globalement la flore entraîne donc une augmentation des besoins énergétiques et peut entraîner des pertes d'utilisation énergétique.

## 4. Rôle sur la santé de l'animal

### 4.1. Production de métabolites nuisibles ou utiles

Par fermentation des aliments, les bactéries produisent des métabolites qui dans certains cas peuvent être toxiques. Ainsi, le tryptophane est métabolisé en

indole et skatol, la cystéine en mercaptan d'éthyl et de méthyl. Les bactéries à Gram négatif produisent des endotoxines (lipopolysaccharides) libérées lors de la lyse de leurs parois cellulaires. Ces endotoxines entraînent de la fièvre et la libération de pyrogènes endogènes. D'autres toxines peuvent affecter la motricité intestinale entraînant des diarrhées. Certaines bactéries peuvent retoxifier des substances détoxifiées dans le foie, entraîner la formation de substances mutagènes et carcinogènes ou libérer des oligopeptides potentiellement inflammatoires (Broom et al., 1993).

Les bactéries produisent aussi des composants qui peuvent avoir un effet bénéfique, tels que des vitamines, des acides qui diminuent le pH intestinal et différentes substances antimicrobiennes.

La flore bactérienne produit des composants qui peuvent avoir un effet à la fois bénéfique et néfaste. Ainsi, elle produit des acides gras volatils qui ont un rôle dans le phénomène appelé 'effet barrière' détaillé plus loin. Ils sont aussi une source d'énergie et interviennent dans la physiologie du tube digestif. Cependant, les acides gras volatils ont aussi des effets indésirables liés à cet effet bénéfique sur les bactéries pathogènes. Ainsi, la résistance à l'acidité de *Salmonella Typhimurium* est augmentée par l'exposition à des acides gras volatils (Kwon et Ricke, 1998). Les bactéries produisent de l'ammoniac qui pourrait être utilisé par l'hôte pour la synthèse d'acides aminés non essentiels, mais qui est aussi néfaste pour la cellule et doit être détoxifié en acide urique. Les bactéries décarboxylent certains acides aminés conduisant à la formation d'amines. Ces amines qui stimulent la croissance de la muqueuse intestinale pourraient également avoir un effet négatif. Ainsi, l'histamine, bien qu'étant beaucoup moins efficace que les cytokines, est impliquée dans la réaction inflammatoire.

#### **4.2. Protection contre les micro-organismes néfastes**

La flore autochtone empêche l'implantation de la flore pathogène. Ce phénomène, appelé 'effet barrière', se met en place avant la maturité complète du système immunitaire du tube digestif. Ainsi, les lactobacilles excluent les coliformes chez des animaux gnotobiotiques (Fuller, 1977). Cependant, chez des poulets conventionnels, l'effet est beaucoup moins important (Watkins et Kratzer, 1983), du fait probablement de la présence d'autres micro-organismes qui empêchent ou réduisent l'action des lactobacilles.

Les mécanismes à la base de cet effet barrière sont variés. La flore naturelle du jabot, en particulier les lactobacilles, diminue le pH de cet organe autour de 4.5 conduisant à un effet bactéricide limitant la croissance des bactéries néfastes. La flore produit aussi des acides gras volatils, dont le type et la

quantité dépendent de la nature des bactéries et des substrats disponibles. Dans le jabot, on trouve principalement de l'acide lactique, et dans les caeca, principalement de l'acide acétique, en moins grande quantité de l'acide propionique et butyrique, et des traces d'autres acides. Ces acides gras organiques ont un effet bactéricide (Wielen et al., 2000).

L'effet barrière peut être dû à la production de substances antimicrobiennes par la flore autochtone. Ces composants peuvent soit inhiber soit tuer les pathogènes. Ainsi, les lactobacilles homofermentaires (dont *L. acidophilus*) produisent différents types de bactériocines qui ont un large spectre d'activité, ainsi que du peroxyde d'hydrogène.

La flore bénéfique peut aussi intervenir par l'utilisation compétitive de nutriments essentiels ou en modifiant des récepteurs utilisés par les bactéries ou leurs toxines empêchant ainsi leur développement dans le tube digestif.

#### **4.3. Stimulation du système immunitaire**

La flore intestinale participe au développement et au maintien d'un système immunitaire intestinal (SII) efficace. Lors de la colonisation du tube digestif par la microflore, celle-ci agit probablement à la fois comme source d'antigènes et d'immunomodulateurs non spécifiques (Salminen et al., 1998). Elle a donc deux types d'influence sur le système immunitaire. D'une part, elle est une source d'antigènes capables de déclencher la réponse immunitaire spécifique systémique et locale, d'autre part, elle influence le nombre et la distribution des populations cellulaires du SII et joue un rôle dans la régulation de la réponse immunitaire.

Au niveau de la réponse immunitaire systémique, la flore serait responsable de l'évolution de la production d'IgM en IgG (Sato et al., 1986), ces derniers étant les anticorps les plus importants quantitativement.

La flore digestive est le stimulus antigénique majeur responsable de la migration et de la maturation des cellules lymphoïdes précurseurs présentes dans les plaques de Peyer. Ainsi, elle agit sur le développement et la maturation des plasmocytes producteurs d'IgA sécrétoires, ces derniers ayant comme fonction principale d'empêcher la fixation des pathogènes sur la muqueuse intestinale. La prolifération de ces cellules plasmiques est due à une réponse spécifique aux antigènes rencontrés, et à une stimulation mitogénique non spécifique, en partie due aux lipopolysaccharides des bactéries à Gram négatif (*E. coli*, *Bacteroides*, ..). Chez les oiseaux, bien que les plaques de Peyer recouvrent une surface beaucoup plus faible, la microflore est aussi à l'origine de l'infiltration de la muqueuse intestinale par des cellules productrices d'anticorps en particulier les IgA (Honjo et al., 1993). Ceux-ci faisant partie du système immunitaire des muqueuses, toute réponse

immunitaire initiée dans l'intestin peut affecter la réponse immunitaire des autres muqueuses.

Certaines bactéries stimulent l'immunité non spécifique en activant la fonction des macrophages (phagocytose, synthèse de cytokines) (Moreau et Gaboriau-Routhiau, 2000). Comme les phagocytes sont impliqués dans la production d'anticorps en tant que cellules présentatrices d'antigènes, il est possible que la stimulation de la production d'IgA intestinaux soit expliquée en partie par l'effet de la microflore sur les cellules phagocytaires. La production de cytokines pro et anti-inflammatoire par les lymphocytes intra-épithéliaux, régulent la réponse inflammatoire pour qu'elle soit fonctionnelle sans être excessive. Cependant, un mauvais équilibre de la flore peut conduire à des effets néfastes. Les cytokines peuvent modifier le métabolisme de l'animal et entraîner une augmentation du catabolisme protéique et une réduction de la masse musculaire. Elles détournent ainsi les acides aminés des muscles et de l'alimentation vers le foie pour synthétiser des protéines de la phase aiguë et la gluconéogenèse. Des acides aminés sont aussi utilisés pour la synthèse des différents composants du système immunitaire (cellules, Ig, cytokines). Les cytokines entraînent aussi une hyperlipidémie et affecte le métabolisme minéral.

La flore digestive module aussi la réponse immunitaire spécifique au niveau local et systémique (Salminen et al., 1998). Ainsi, elle permet la persistance de l'absence de réponse systémique à un antigène induit par la présence initiale du même antigène, c'est-à-dire la tolérance orale aux protéines alimentaires et bactériennes. Elle intervient aussi dans la modulation de la réponse immunitaire contre les pathogènes.

Les bactéries intestinales ayant des propriétés immunomodulatrices différentes suivant les espèces, les conséquences sur la réponse immunitaire de l'animal dépendent de la composition de la flore.

#### 4.4. Bien-être animal

Les interactions entre les micro-organismes et la muqueuse intestinale et leurs effets sur la santé de l'animal ont des conséquences sur le bien-être animal. Par ailleurs différents produits issus en particulier de la fermentation des acides aminés par les micro-organismes conduisent à des odeurs nauséabondes (ammoniac, mercaptan) qui peuvent provoquer un inconfort chez l'animal.

### 5. Conséquences pour l'animal

#### 5.1. Performances

Dans la plupart des cas, les animaux conventionnels ont une croissance moins bonne que les animaux axéniques tout en ayant une consommation similaire.

Ceci pourrait s'expliquer par plusieurs phénomènes comme on a pu le voir précédemment. Tout d'abord, chez les animaux conventionnels, la digestion est réduite, en particulier celle des lipides. De plus, les micro-organismes détournent des glucides et protéines de la ration pour satisfaire leurs propres besoins au détriment de l'hôte. Pour finir, l'augmentation du renouvellement des cellules intestinales et la stimulation du système immunitaire détournent des nutriments aux dépens des processus de production comme le dépôt musculaire.

Cet effet négatif sur la croissance pourrait être aussi lié à la présence de certains micro-organismes. Ainsi, deux types bactériens faisant partie de la flore courante des caeca ont été incriminés : *Streptococcus faecium* (ou *Enterococcus hirae*) et *Clostridium perfringens*. Cependant, ces bactéries ne seraient pas les seules responsables de la baisse de croissance des animaux conventionnels. Ainsi, un filtrat de fiente sans bactérie entraîne aussi une baisse de croissance. Il contiendrait un virus qui n'a cependant pas été identifié (Fuller, 1984).

#### 5.2. Qualités des produits animaux (viande, oeuf)

La microflore intestinale peut avoir des effets aussi bien sur la qualité bactériologique des produits que sur leur composition et qualités organoleptiques.

Suite à une contamination de la carcasse au moment de l'abattage, différentes bactéries intestinales peuvent avoir un effet négatif sur la qualité sanitaire des produits avicoles. Ces bactéries peuvent présenter un danger aussi bien pour l'animal que pour l'homme comme dans le cas des Salmonelles ou faire partie de la flore normale du poulet comme *Campylobacter jejuni*, chez qui, il ne crée pas de pathologie, alors que chez l'homme il entraîne des diarrhées.

Par ailleurs, différents effets peuvent être observés sur la composition et la qualité organoleptique de la viande et de l'œuf.

En ce qui concerne la viande, certains effets ont pu être observés sur sa qualité lorsque la flore intestinale est modifiée par l'utilisation d'antibiotique ou de probiotiques. Ainsi, l'utilisation de probiotiques peut diminuer la teneur en lipides de la carcasse dont le cholestérol (Wambeke et Peters, 1995 ; Haddadin et al., 1996). Les qualités organoleptiques de la viande peuvent aussi être modifiées. La viande de poulets conventionnels a une saveur poulet plus forte et plus caractéristique que celle de poulets axéniques (Harris et al., 1968). De même, la modification de la flore intestinale au moyen de l'alimentation entraîne une modification de la saveur de la viande (Mead et al., 1983), tout comme l'utilisation d'antibiotique (Sheldon et Essary, 1982). Dans le cas des volailles consommées après faisandage, ce mode de maturation de la viande entraîne le développement de saveurs qui seraient liées en partie à la microflore digestive (Barnes, 1979). Des composants des saveurs,

originaire de la flore intestinale, seraient transférés de l'intestin vers le muscle.

Dans le cas de l'œuf aussi bien sa coquille que l'intérieur peuvent être modifiés par les changements de microflore intestinale liés à l'utilisation d'antibiotiques ou de probiotiques. Ainsi, certains probiotiques peuvent augmenter l'épaisseur de la coquille (poids de l'œuf identique), sa teneur en calcium, ainsi que sa résistance (Mohan et al., 1995 ; Tortuero et Fernandez, 1995 ; Angelovicova et al., 1996 ; Panda et al., 2000). L'intérieur de l'œuf peut aussi être modifié pour plusieurs critères : sa composition, son aspect et son goût. Ainsi, la présence de flore entraîne une modification de la composition en acides gras du jaune d'œuf (Furuse et Okumura, 1994). La teneur en cholestérol du jaune peut être réduite par l'utilisation de probiotiques (Mohan et al., 1995). La qualité de l'albumen de l'œuf (rigidité du gel mesurée en unité Haugh) est améliorée par l'ajout de certains probiotiques (Nahashon et al., 1994a). La couleur du jaune de l'œuf peut être modifiée (Angelovicova et al., 1996). Le mauvais goût des jaunes des œufs bruns que l'on observe parfois même en l'absence des matières premières critiques (colza, farine de poisson) peut être supprimé par l'ajout de certains antibiotiques (Zentek et Kamphues, 2002). Ce mauvais goût est dû à des bactéries de la flore intestinale à Gram positif.

Bien que des effets positifs puissent être observés sur les produits animaux lors de la modification de la microflore par l'utilisation d'antibiotique ou de probiotique, certaines études ne montrent aucun effet ou même parfois un effet négatif (Zobac et al., 1996; Tarasewicz et al., 2000).

### **Conclusion et perspectives : contrôle de la microflore**

La flore intestinale a des effets sur l'animal à de nombreux niveaux. Elle peut avoir aussi bien des effets négatifs que positifs selon sa composition qui varie en fonction de nombreux paramètres. Il s'agit donc d'un équilibre complexe et difficile à maîtriser.

Dans le cadre de la recherche d'alternatives aux antibiotiques facteurs de croissance, de nombreuses solutions ont été proposées aussi bien au niveau de la gestion sanitaire et hygiénique des élevages, qu'au niveau de l'alimentation. Dans le premier cas, on peut limiter le développement de la microflore néfaste en gérant au mieux l'aménagement des bâtiments et en pratiquant le vide sanitaire ce qui est largement effectué en France.

Au niveau nutritionnel, de nombreuses alternatives ont été proposées (composition de l'aliment, traitements technologiques). En ce qui concerne les traitements technologiques, on peut d'une part stériliser les aliments en vue de limiter l'apport de flores exogènes, d'autre part utiliser un traitement technologique approprié pour augmenter la

digestibilité de l'aliment limitant ainsi les substrats disponibles pour la microflore. Ce dernier objectif peut aussi être atteint en équilibrant au mieux les formules alimentaires avec des acides aminés de synthèse pour correspondre le plus possible aux besoins de l'animal, ou en ajoutant des enzymes. Celles-ci peuvent hydrolyser les composants alimentaires pour les rendre plus facilement disponibles pour l'hôte, ou hydrolyser les composants peu digestibles utilisés comme substrats par les micro-organismes.

On peut chercher à protéger l'hôte contre l'action néfaste de certaines bactéries. Ainsi, des substances naturelles, comme la bêtaïne, peuvent être utilisées pour protéger la muqueuse intestinale. On peut aussi améliorer l'immunité intestinale par la voie alimentaire.

La microflore ou son action peuvent être contrôlées. Il serait par exemple possible d'utiliser des acides organiques qui auraient un effet toxique sur les bactéries ou bloquer l'activité d'enzymes microbiennes néfastes à l'hôte avec des inhibiteurs comme dans le cas des enzymes hydrolysant les acides biliaires. On peut orienter la microflore en utilisant des pro et des prébiotiques. De nombreux travaux ont été effectués ces dernières années dans ce domaine mais les résultats sont très variables. Les effets de la modification de la flore dépendent de très nombreux facteurs : type de bactéries et quantité utilisés, additifs présents dans le probiotique (acides aminés, vitamines), alimentation, type d'animaux cibles (espèce, souche, âge), conditions d'élevage (présence ou non de stress). Ainsi, bien que de nombreuses études concluent à un effet bénéfique, d'autres ne montrent aucun effet de la modification de la microflore, voire des effets négatifs, sans oublier que les études publiées ne sont pas représentatives de l'ensemble des études effectuées. Par ailleurs, une modification de flore peut avoir à la fois des effets bénéfiques et des effets néfastes. Il s'avère donc important de connaître les effets des différents types de micro-organismes pour pouvoir à l'avenir orienter la flore dans un but bénéfique.

### **Références bibliographiques**

- Angelovicova, M., 1996. *Zivocisna Vyroba*, 41, 391-395.
- Barnes, E. M., 1979. *J.Appl.Bacteriol.*, 46,407-419.
- Boyd, F. M., Edwards, H. M., 1967. *Poult.Sci.*, 46, 1481-1483.
- Broom, M. F., Sherriff, R. M., Ferry, D. M., Chadwick, V. S., 1993. *Biochem.J.* 291, 895-900.
- Coates, M. E., 1973. *Proc.Nutr.Soc.*, 32, 53-58.
- Coates, M. E., 1980. In : *Growth in animals* (Lawrence edit) Butterworths, London, pp175-188.
- Deplancke, B., Gaskins, H. R., 2001. *Am.J.Clin.Nutr.*, 73, 1131-1141 S.

- Ford, D. J., Coates, M. E., 1971. *Proc.Nutr.Soc.*, 30, 10A-11A.
- Fuller, R., 1977. *Br.Poult.Sci.*, 18, 85-94.
- Fuller, R., 1984. *Proc.,Nutr.,Soc.*, 43, 55-61.
- Furuse, M., Okumura, J., 1994. *Comp.Biochem. Physiol.*, 109A, 547-556.
- Furuse, M., Yang, S. I., Niwa, N., Okumura, J., 1991. *Br.Poult.Sci.*, 32, 159-165.
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Fort, G., Naciri, M., 2002. *Arch.Geflügelkd.*, 66, 179.
- Haddadin, M. S. Y., Abdulrahim, S. M., Hashlamoun, E. A. R., Robinson, R. K., 1996. *Poult.Sci.*, 75, 491-494.
- Harris, N. D., Strong, D. H., Sunde, M. L., 1968. *J. Food Sci.*, 33, 543-547.
- Honjo, K., Hagiwara, T., Itoh, K., Takahashi, E., Hirota, Y., 1993. *J.Vet.Med.Sci.*, 55, 1031-1034.
- Kimura, N., Mimura, F., Nishida, S., Kobayashi, A., Mitsuoka, T., 1976. *Poult.Sci.*, 55, 1375-1383.
- Knarreborg, A., Simon, M. A., Engberg, R. M., Jensen, B. B., Tannock, G. W., 2002. *Appl. Environ.Microbiol.*, 68, 5918-5924.
- Kussaibati, R., Guillaume, J., Leclercq, B., 1982 a. *Ann. Zootech.*, 483-488.
- Kussaibati, R., Guillaume, J., Leclercq, B., and Lafont, J. P., 1982 b. *Arch.Geflügelkd.*, 46, 42-46.
- Kwon, Y. M., Ricke, S. C., 1998. *Appl.Environ. Microbiol.*, 64, 3458-3463.
- Lepkovsky, S., Wagner, M., Furuta, F., Ozine, K., Koike, T., 1964. *Poult.,Sci.*, 43, 722-726.
- Mallet, S., Bouvarel, I., Lessire, M., 2001. In : *Quatrièmes Journées de la Recherche Avicoles*, pp 159-164.
- Mathlouthi, N., Mallet, S., Saulnier, L., Quemener, B., Larbier, M., 2002. *Anim.Res.*, 51, 395-406.
- Mead, G. C., Griffiths, N. M., Impey C. S., Coplestone, J. C., 1983. *Br. Poult. Sci.*, 24, 261-272.
- Mohan, B., Kadirvel, R., Bhaskaran, M., Natarajan, A., 1995. *Br. Poult. Sci.*, 36, 799-803.
- Moreau, M. C., Gaboriau-Routhiau, V., 2000. In : *Probiotics (Fuller et Perdigon edit.) Kluwer academic publishers*, pp 69-114.
- Muramatsu, T., 1990. *Int.J.Biochem.*, 22, 793-800.
- Nahashon, S. N., Nakaue, H. S., Mirosh, L. W., 1994a. *Poult. Sci.*, 73, 1699-1711.
- Nahashon, S. N., Nakaue, H. S., Snyder, S. P., Mirosh, L. W., 1994b. *Poult.Sci.*, 73, 1712-1723.
- Palmer, M. F., Rolls, B. A., 1983. *Br.J.Nutr.*, 50, 783-790.
- Panda, A. K., Reddy, M. R., Ramarao, S. V., Praharaj, N. K., 2000. *Indian J. Poult. Sci.*, 35, 102-104.
- Philips, S. M., Fuller, R. 1983. *Br.Poult.Sci.*, 24, 115-121.
- Raharjo, Y. C., Farrell, D. J., 1984. *Aust.J.Exp. Agric.Anim.Husb.*, 24, 516-521.
- Salminen, S., Bouley, C., Boutron-Ruault, M. C., Cummings, J. H., Franck, A., Gibson, G. R., Isolauri, E., Moreau, M. C., Roberfroid, M., Rowland, I., 1998. *Br.J.Nutr.*, 80, S147-171.
- Salter, D. N., 1973. *Proc.Nutr.Soc.*, 32, 65-71.
- Salter, D. N., Fulford, R. J., 1974. *Br.J.Nutr.*, 32, 625-637.
- Sato, K., Nagai, H., Kai, O., 1986. *Jpn.Poult.Sci.*, 23, 91-96.
- Sheldon, B. W., Essary, E. O., 1982. *Poult. Sci.*, 61, 280-287.
- Siddons, R. C., Coates, M. E., 1972. *Br.J.Nutr.*, 27, 101-112.
- Smith, H. W., 1965b. *J.Pathol.Bacteriol.*, 89, 95-122.
- Suzuki, K., Kodam, Y., Mitsuoka, T., 1989. *Bifidobacteria Microflora*, 8, 23-38.
- Tarasewicz, Z., Danczak, A., Szczerbinska, D., Romaniszyn, K., Ligocki, M., 2000. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 19, 385-393.
- Tortuero, F., Fernandez, E., 1995. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 53, 255-265.
- Wambeke, F. v., Peeters, J., 1995. *Arch. Geflugelkd.*, 59, 125-129.
- Watkins, B. A., Kratzer, F. H., 1983. *Poult.Sci.*, 62, 2088-2094.
- Weurding, R. E., 2002. *Thesis, Wageningen*, 155 p.
- Whitt, D. D., Savage, D. C., 1988. *Appl.Environ. Microbiol.*, 54, 2405-2410.
- Wielen, P. W. J. J. van der, Biesterveld, S., Notermans, S., Hofstra, H., Urlings, B. A. P., Knapen, F. van, 2000. *Appl. Environ.Microbiol.*, 66, 2536-2540.
- Yokota, H., Coates, M. E., 1982. *Br.J.Nutr.*, 47, 349-356.
- Zentek, J., Kamphues, J., 2002. *Wiener Tierarztliche Monatsschrift*, 89, 100-106.
- Zobac, P., Kumprecht, I., Jelinek, P., Doskocil, J., Suchy, P., 1996. *Zivocisna Vyroba*, 41, 407-412.

# EFFETS DE LA GOMME DE GUAR, DU TAUROCHOLATE ET DE LA MICROFLORE SUR LA MORPHOMÉTRIE ET L'HISTOLOGIE DU TRACTUS DIGESTIF DU POULET.

Carré Bernard<sup>1</sup>, Maisonnier Séverine<sup>2</sup>, Brée Annie<sup>3</sup>, Berri Cécile<sup>1</sup>, Baéza Elisabeth<sup>1</sup>, Gomez Joëlle<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

<sup>2</sup>ADISSEO, 03600 Commentry

<sup>3</sup> INRA, Unité BioAgresseurs, Santé et Environnement, 37380 Nouzilly

## Résumé

Une expérience analysant l'effet de la gomme de guar, du taurocholate et de la microflore sur la morphométrie et les caractéristiques tissulaires du tractus digestif du poulet a été conduite selon un arrangement factoriel de type 2x2x2. La gomme de guar et le taurocholate ont été testés avec deux niveaux d'introduction (0 *versus* 0,5%, et 0 *versus* 0,3%, respectivement) dans un régime "maïs-soja" distribué à partir de l'âge de 7 jours. La microflore a été testée en comparant des animaux conventionnels à des animaux élevés en isolateurs en conditions stériles. Les animaux ont été abattus à l'âge de 22 jours. Les compartiments digestifs ont été vidés, puis leur poids et leur longueur ont été mesurés. Des fragments de duodénum et d'iléon ont été immédiatement prélevés et congelés à l'azote liquide, puis conservés à -80°C. Des coupes ont ensuite été réalisées pour l'examen histologique.

On retrouve l'effet classique de l'élevage en condition axénique qui entraîne une réduction de l'appareil digestif dans tous ses aspects, poids et longueur des compartiments, mais aussi longueur des villosités et épaisseur de la couche musculuse. L'addition des sels biliaires entraîne également la réduction des compartiments digestifs. La gomme de guar présente des effets inverses, en augmentant d'une part les compartiments digestifs et d'autre part, la hauteur des villosités et l'épaisseur de la couche musculuse de l'iléon. Les effets interactifs sont le plus souvent non significatifs, ce qui suggère que les trois facteurs agissent d'une manière relativement indépendante. Cependant, la gomme de guar a un effet sur l'épaisseur de la musculuse de l'iléon qui est beaucoup moins prononcée chez les animaux conventionnels.

Par ailleurs, au vu des relations observées avec les performances, les variations de morphométrie et de structure tissulaire ressemblent à des réactions adaptatives qui tentent de s'opposer aux défauts de performance digestive.

## Introduction

Cette étude constitue un complément de celle qui avait été présentée en 2001 (expérience 3, cf Maisonnier et al., 2001) concernant l'effet de l'état de la microflore, des sels biliaires alimentaires et de la gomme de guar sur la digestibilité des lipides. Les animaux de cette expérience avaient été sacrifiés afin de mesurer les caractères histo-morphologiques de leur tractus digestif. Ce sont les résultats de ces mesures qui sont rapportées ici. Ces paramètres ont été mesurés pour tenter de comprendre les mécanismes impliqués dans les phénomènes induits par la viscosité intestinale. En effet, il a souvent été émis comme hypothèse que les effets interactifs de la microflore et de la viscosité sur les processus de digestion pouvaient s'effectuer via l'effet de la microflore sur l'histo-morphologie du tractus digestif (Langhout et al., 1999).

## 1. Matériels et méthodes

Après la période de bilan digestif (Maisonnier et al., 2001), les animaux ont été nourris de nouveau pendant 24 h puis sacrifiés par une injection intracardiaque de 1 ml de pentobarbital. Les compartiments digestifs ont été ensuite immédiatement prélevés. Des fragments de 2 cm ont été coupés en fin de duodénum et en milieu d'iléon, ouverts longitudinalement, fixés sur une plaque de caoutchouc rigide pour éviter une rétraction au froid et plongés dans de l'isopentane refroidi par de l'azote liquide. Ils ont ensuite été conservés à -80°C jusqu'à l'examen histologique. Après ces prélèvements de 2 cm, les compartiments ont été vidés par pression manuelle, puis mesurés pour leur poids et longueur. Les données ont été corrigées pour les 2 cm prélevés. Les coupes de 25 µm ont été réalisées à -25°C, colorées à température ambiante à l'hématoxyline et l'éosine, puis observées au microscope photonique en s'aidant d'un logiciel d'analyse d'image (Visilog 4.0, Noésis, Courtaboeuf) pour les mesures de longueur villositaire et celles de l'épaisseur de la couche musculuse. Une coupe par animal et par segment a été observée. Dix mesures distribuées au hasard ont été réalisées par coupe observée. Les valeurs moyennes attribuées à chaque animal ont servi de données de base dans les calculs statistiques. Les

nombre de répétition étaient de 15 individus pour les animaux à flore conventionnelle et de 10 ou 11 pour les animaux à flore limitée.

## 2. Résultats et discussion

Les moyennes par traitement et le résultat de l'analyse statistique par analyse de variance sont présentés en Tableau 1. On retrouve l'effet classique de l'élevage en condition axénique qui entraîne une réduction de l'appareil digestif dans tous ses aspects, poids et longueur des compartiments, mais aussi réduction de la longueur des villosités et de l'épaisseur de la couche musculuse. L'addition des sels biliaries entraîne également la réduction des compartiments digestifs. La gomme de guar présente des effets inverses, en augmentant d'une part les compartiments digestifs et d'autre part, la hauteur des villosités et l'épaisseur de la couche musculuse de l'iléon. Les effets interactifs sont le plus souvent non significatifs, ce qui suggère que les trois facteurs agissent d'une manière relativement indépendante. Cependant, la gomme de guar a un effet sur l'épaisseur de la musculuse de l'iléon qui est beaucoup moins prononcée chez les animaux conventionnels.

Le fait que la gomme de guar entraîne une augmentation de la longueur des villosités est en apparente contradiction avec les données antérieures (Viveros et al., 1994; Langhout et al., 1999). Cependant, dans ces deux dernières études, la viscosité a conduit à une réduction significative ( $P < 0,05$ ) du poids des animaux, ce qui n'était pas le cas dans la présente étude. Or, dans la présente expérience, lorsque l'on analyse la hauteur des villosités du duodénum comme une fonction des traitements et du poids des animaux (analyse de covariance), on observe une relation positive

significative ( $P < 0,05$ ) entre les hauteurs villositaires et le poids des animaux. Le résultat des études précédentes (Viveros et al., 1994; Langhout et al., 1999) peut donc être une conséquence de la réduction du poids vif et non une conséquence de la viscosité intestinale.

Par ailleurs, au vu des relations négatives observées avec les performances (Tableau 2, Figure 1), les variations de morphométrie et de structure tissulaire ressemblent à des réactions adaptatives qui tentent de s'opposer aux défauts de performance digestive.

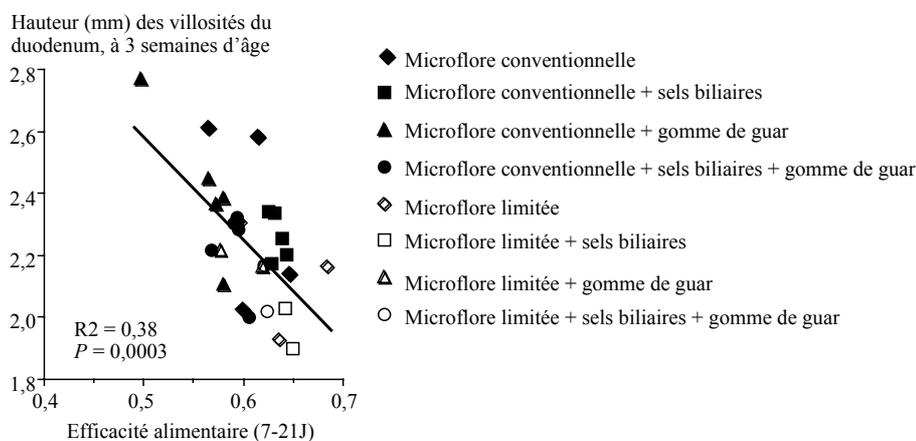
## Conclusion

Le sens des variations observées dans les données histo-morphologiques du tractus digestif suggère plutôt qu'elles sont des réactions adaptatives. Elles seraient donc des conséquences des défauts de digestion et non des causes, ce qui infirme l'hypothèse selon laquelle les conséquences digestives négatives induites par la viscosité intestinale se font en partie par l'intermédiaire d'une modification de l'histomorphologie du tractus digestif.

## Références bibliographiques

Langhout D.J., Schutte J.B., Van Leeuwen P., Wiebenga J., Tamminga S. 1999. *Br. Poult. Sci.*, 40, 340-347. Maisonnier S., Gomez J., Carré, B. 2001. *In* : 4èmes Journées de la Recherche Avicole; Nantes (FRA); 2001/03/27-29, 139-142. ITAVI, Paris (FRA). Viveros A., Brenes A., Pizarro M., Castano M.. 1994. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 48, 237-251.

**FIGURE 1** : Relation entre les hauteurs villositaires du duodénum et l'efficacité alimentaire, chez le poulet en croissance



Un point représente une moyenne par cage, avec 3 (microflore conventionnelle) ou 5-6 poulets (microflore limitée) par cage.

**TABLEAU 1 : Effets de la microflore intestinale, de la gomme de guar et des sels biliaires alimentaires sur l'histo-morphologie du tractus digestif, chez le poulet de 3 semaines<sup>1</sup>**

Microflore (F): Sels biliaires alimentaires (B): Gomme de guar alimentaire (G):	Conventionnelle				Limitée				ETR <sup>2</sup>	
	0%		0,3%		0%		0,3%			
	0%	0,5%	0%	0,5%	0%	0,5%	0%	0,5%		
<b>Gésier</b>										
Poids (g/kg Pds corp.)	32,6	32,7	28,8	31,6	33,1	31,4	27,7	27,5	2,95	
<b>Duodenum</b>										
Poids (g/kg Pds corp.)	16,6	20,2	14,4	18,3	13,6	14,1	10,4	12,4	2,25	
Longueur (cm/kg Pds corp.)	48,7	50,9	41,5	48,4	38,6	40,8	36,9	40,9	4,68	
Poids/longueur (g/cm)	0,34	0,40	0,35	0,38	0,35	0,35	0,28	0,30	0,042	
Hauteur villositaire (mm)	2,36	2,41	2,26	2,23	2,06	2,19	1,97	2,10	0,244	
Epaisseur de la musculature (µm)	200	208	187	193	177	190	193	159	40,3	
<b>Jejunum</b>										
Poids (g/kg Pds corp.)	27,8	31,3	24,0	27,2	18,4	20,5	15,0	17,0	3,13	
Longueur (cm/kg Pds corp.)	110	131	104	115	89	97	88	98	10,8	
Poids/longueur (g/cm)	0,26	0,24	0,23	0,24	0,21	0,21	0,17	0,17	0,036	
<b>Iléon</b>										
Poids (g/kg Pds corp.)	16,3	19,7	16,7	18,8	12,7	16,5	11,5	14,9	1,84	
Longueur (cm/kg Pds corp.)	105	119	96	112	90	97	97	99	12,28	
Poids/longueur (g/cm)	0,16	0,17	0,18	0,17	0,14	0,17	0,12	0,15	0,027	
Hauteur villositaire (mm)	0,79	0,86	0,79	0,84	0,67	0,78	0,71	0,87	0,101	
Epaisseur de la musculature (µm)	130	119	129	126	120	157	100	123	24,2	
<b>Caeca</b>										
Poids (g/kg Pds corp.)	5,14	6,08	4,96	6,08	5,52	5,60	4,08	5,10	1,18	
Longueur (cm/kg Pds corp.)	44,3	44,6	41,7	47,7	42,6	39,7	38,5	40,2	5,34	
Poids/longueur (g/cm)	0,12	0,14	0,12	0,13	0,13	0,14	0,11	0,13	0,023	
<b>Traitements</b>										
	F		B		G		FxG		BxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
							FxG		FxG	
							BxG		FxG	
					</					

**TABLEAU 2.** Corrélations (n = 28) entre les données histo-morphologiques du tractus digestif et les paramètres d'efficacité de croissance et de digestion ou la composition des digesta, chez le poulet de 3 semaines.

	Gésier			Duodenum			Jejunum			Iléon			Caeca	
	Poids	Longueur	Poids	Longueur	Hauteur villositaire	Épaisseur de la musculuse	Poids	Longueur	Poids	Longueur	Hauteur villositaire	Épaisseur de la musculuse	Poids	Longueur
Poids corporel	0,35	-0,21	-0,16	-0,09	0,13	-0,03	-0,06	0,12	-0,02	-0,22	0,07	-0,02	-0,02	0,20
Consommation 7-21 J	0,32	0,35	0,39*	0,47*	0,23	0,46*	0,42*	0,56**	0,38*	0,21	0,03	0,27	0,27	0,33
Gain/Consommation 7-21 J	0,04	-0,65***	-0,59***	-0,63***	-0,23	-0,59***	-0,58**	-0,52**	-0,45*	-0,49**	-0,00	-0,36	-0,36	-0,11
Digestibilité des lipides	-0,15	-0,61***	-0,50**	-0,45*	-0,52**	-0,57**	-0,59***	-0,38*	-0,39*	-0,40*	-0,06	-0,28	-0,28	0,08
Composition des digesta	-0,16	0,39*	0,25	0,18	-0,00	0,14	0,27	0,37	0,34	0,53**	0,07	0,43*	0,43*	-0,01
Viscosité intestinale	-0,35	-0,69***	-0,64***	-0,49**	-0,35	-0,71***	-0,55**	-0,53**	-0,31	-0,39*	-0,25	-0,47*	-0,47*	-0,25
Sels biliaires intestinaux totaux	0,30	0,69***	0,75***	0,29	0,46*	0,77***	0,80***	0,67***	0,55**	0,33	0,06	0,47*	0,47*	0,61***
Acide lactique intestinal	0,12	0,54**	0,62***	0,52**	0,38*	0,78***	0,63***	0,55**	0,30	0,28	0,08	0,21	0,21	0,44*
Acides gras volatils caecaux														

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

# EFFET DE LA DURETE DES BLES SUR LA DIGESTION DE LEUR AMIDON CHEZ LES POULETS DE 3 SEMAINES

Carré Bernard<sup>1</sup>, Muley Nitin<sup>1</sup>, Guillou David<sup>2</sup>, Signoret Cathy<sup>2</sup>, Oury François-Xavier<sup>3</sup>, Gomez Joëlle<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

<sup>2</sup> INZO°, BP 19, 02402 Château-Thierry

<sup>3</sup> INRA, UMR Amélioration et Santé des Plantes, 63039 Clermont-Ferrand

## Résumé

Quatorze échantillons de blé tendre (*Triticum aestivum*) se distinguant par leur origine variétale, et un échantillon de blé dur (*Triticum durum*) ont été testés. Les variétés de blé ont été choisies de manière à obtenir une variation importante et régulière des valeurs de dureté. Celles-ci variaient de 14 à 88 sur une échelle théorique allant de 0 à 100 (mesurées par spectrométrie infra-rouge). Les régimes granulés expérimentaux contenant 55% de blé et 5,5% d'huile ont été distribués à partir de 9 jours d'âge, avec 9 poulets de chair par régime. Les performances de croissance individuelles ont été enregistrées de 9 à 19J, puis des bilans digestifs individuels ont été conduits durant trois jours.

La dureté des blés était positivement corrélée à la taille moyenne des particules des blés broyés ( $P = 0,03$ ) et à la durabilité des granulés ( $P = 0,0002$ ). La digestibilité individuelle de l'amidon était négativement corrélée à la dureté des blés ( $P = 0,0001$ ) et à la taille moyenne des particules des blés broyés ( $P = 0,0001$ ). Le ratio [EMAn mesurée/EMAn calculée] était négativement corrélé à la dureté des blés ( $P = 0,02$ ) et à la taille moyenne des particules des blés broyés ( $P = 0,007$ ).

Le gain de poids individuel était lié à une relation comprenant la consommation (en positif), la durabilité des granulés (en positif), et la dureté des blés (en négatif) ou la granulométrie des blés broyés (en négatif).

Les viscosités *in vitro* ont été contrôlées et n'ont pas montré de relations significatives ( $P > 0,05$ ) avec les paramètres d'efficacité de croissance ou de digestion.

## Introduction

Les régimes à base de blé peuvent générer une grande variabilité de la digestion chez les poulets en croissance, à la fois entre les individus et entre les lots de blé. Les faibles niveaux de digestion sont préjudiciables à la santé des animaux, d'une part en favorisant les microorganismes intestinaux au détriment de l'hôte, d'autre part, en augmentant les substrats favorables aux développements microbiens des litières entraînant ainsi une dégradation des conditions sanitaires. Enfin, ces faibles digestions accroissent les rejets d'élevage dans l'environnement. Il a été clairement démontré qu'une grande partie de cette variabilité entre animaux était d'origine génétique (Mignon-Grasteau et col., 2003). Pour ce qui concerne la variation entre lots de blé, les effets dus à la génétique apparaissent également comme très importants (Oury et col., 1998; Carré et col., 2002). Dans une étude précédente (Carré et col., 2002), la dureté des blés, leur granulométrie après broyage et leur activité lipasique avaient été identifiées comme des facteurs négatifs sur les niveaux de digestion. Compte tenu du caractère nouveau de ces observations, il convenait de les répéter, ce qui est le principal objet de la présente étude.

## 1. Matériels et méthodes

Quatorze échantillons de blé tendre (*Triticum aestivum*) correspondant à 14 variétés différentes, et un blé dur (*Triticum durum*) ont été testés dans un même essai. Les régimes expérimentaux contenaient 55% de blé, 35,3% de tourteau de soja et 5,5% d'huile de colza. Avant incorporation dans les régimes, les différents blés ont été broyés de manière à réduire la corrélation attendue entre dureté et taille des particules. Les broyages ont été réalisés sur un broyeur à marteaux pilote FORPLEX dont les seuls paramètres modifiables étaient la vitesse du moteur (en révolutions par minute, rpm), le diamètre des perforations de la grille (en mm) et l'ouverture de l'alimentation. Les paramètres ont été modifiés de manière à obtenir des moutures dont le pic majeur des particules soit compris entre 700 et 900  $\mu\text{m}$ . Les paramètres ont été ajustés pour chaque blé, par essais pas à pas, effectués sur quelques kilogrammes, avec contrôle des répartitions granulométriques réalisé sur une série de 8 tamis. Au final, une variété de blé tendre (*Triticum aestivum*) "extra soft" a été broyée sur une grille de 5 mm à 3000 rpm ; la variété de blé dur (*Triticum durum*) et les autres variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) ont été broyées sur une même grille de 4 mm, mais avec des vitesses différentes : sept variétés à 3000 rpm, quatre variétés à 2250 rpm, deux à 2800 rpm et une à 2600 rpm.

Les régimes ont été granulés avec des paramètres de machine constants.

Les poulets de chair (Ross, 9 par régime) placés en cages individuelles ont reçu les aliments expérimentaux de 9 à 19J pour mesure des performances de croissance. Un bilan digestif à collecte totale a ensuite été conduit avec 56h d'alimentation *ad libitum* et des jeûnes de 14h avant et après l'alimentation.

Les méthodes analytiques étaient celles décrites précédemment (Carré et col., 2002). La durabilité des granulés a été mesurée à l'aide d'un durabilimètre (Sabe, Chauché).

## 2. Résultats et discussion

La variation de la dureté des blés (Figure 1) présentait une meilleure distribution que dans notre étude précédente (Carré et col., 2002). Comme déjà observé précédemment (Carré et col., 2002), l'activité lipasique des blés présentait une grande variation entre variétés (Tableau 1). Les viscosités *in vitro* présentaient une assez grande variation avec cependant une distribution beaucoup moins régulière (Figure 3) que dans notre étude précédente (Carré et col., 2002). La corrélation entre dureté et taille des particules, bien que significative, a pu être ramenée d'une valeur de R<sup>2</sup> de 40% (Carré et col., 2002) à une valeur plus faible de 29% (Figure 1), ce qui a permis d'entrer simultanément les deux paramètres dans certains calculs de régression multiple (Tableau 2). On remarque que la durabilité des granulés était très corrélée à la dureté des blés et beaucoup moins à la taille des particules (Figure 1).

Les présents résultats confirment d'une manière très nette que la dureté des blés et la taille de leurs particules sont des facteurs négatifs pour la digestion de l'amidon des blés (Figure 2). Ces deux paramètres rentrent également d'une manière négative dans les prédictions du ratio [EMAn mesurée/EMAn calculée] (Tableau 2) et dans celles de l'efficacité alimentaire (Tableau 3). L'activité lipasique montrait des relations positives, mais peu puissantes, avec la digestion de l'amidon et le ratio [EMAn mesurée/EMAn calculée] (Tableau 2), ce qui va à l'inverse de nos observations antérieures (Carré et col., 2002). Il semble donc que la part du hasard soit importante dans ces observations concernant l'activité lipasique. Jusqu'à plus amples informations, ce paramètre ne peut donc plus être considéré comme pertinent pour ce qui concerne la prédiction des digestions du blé.

Le facteur "durabilité" qui apparaît en positif dans l'efficacité alimentaire (Tableau 3), ce qui est contradictoire avec sa liaison à la dureté, pourrait être lié à l'activité de l'animal dépensée pour la prise

alimentaire. Cette observation demanderait confirmation.

La viscosité s'est révélée ici non significative dans ses effets (Figure 3), ce qui n'est pas vraiment surprenant compte tenu, d'une part, de la mauvaise distribution des valeurs de viscosité et, d'autre part, des lipides alimentaires de bonne qualité et ajoutés à faible concentration. On retrouve cependant la hiérarchie classique entre les pentes des régressions donnant les digestibilités en fonction de la viscosité, avec la pente la plus faible pour les lipides, la moins faible pour l'amidon et l'intermédiaire pour les protéines.

Le régime contenant l'échantillon de blé dur (*Triticum durum*) présentait une valeur énergétique (EMAn) qui ne se distinguait pas significativement de la moyenne obtenue avec les blés tendres (*Triticum aestivum*). Cependant, la digestibilité de son amidon (91,6%) était légèrement plus faible ( $P < 0,05$ ) que celle des blés tendres (*Triticum aestivum*).

## Conclusion

Cette étude confirme sans ambiguïté l'effet négatif de la dureté et de la taille des particules des blés sur la digestibilité de leur amidon. Elle infirme la pertinence du paramètre "activité lipasique" des blés comme prédicteur des digestions. Elle montre une relation positive forte entre durabilité des granulés et dureté des blés. Un effet positif de la durabilité est observé sur l'efficacité alimentaire, indépendamment des digestions.

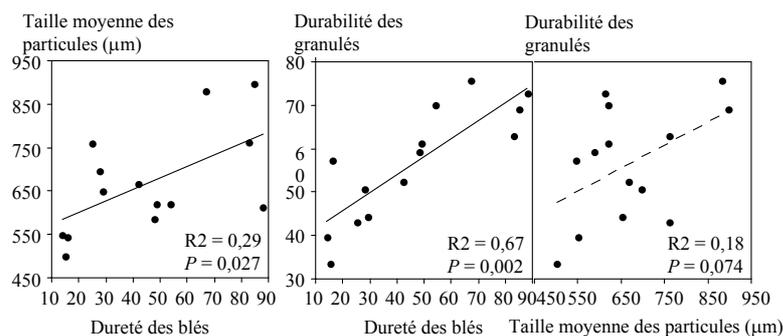
## Remerciements

Nous remercions Tecaliman (Nantes) qui a eu l'amabilité de mettre à notre disposition le matériel nécessaire aux broyages.

## Références bibliographiques

- Carré B., Brillouet J.M., 1989. J.A.O.A.C., 72, 463-467.
- Carré B., Idi A., Maisonnier S., Melcion J.P., Oury F.X., Gomez J., Pluchard P., 2002. Brit. Poult. Sci., 43, 403-415.
- Mignon-Grasteau S., Muley N., Bastianelli D., Gomez J., Hallouis J.-M., Besnard J., Millet N., Carré B., 2003. 5èmes Journées de la Recherche Avicole.
- Oury F.X., Carré B., Pluchard P., Bérard P., Nys Y., Leclercq B., 1998. Agronomie, 18, 139-150.

**FIGURE 1 :** Relations entre la dureté des blés (*Triticum aestivum*), leur granulométrie en sortie de broyeur à marteau (broyage à conditions variables) et la durabilité des granulés (paramètres de machine constants)



**TABLEAU 1 :** Domaine de variation de la composition des blés, rapportée à la matière sèche

	N x 6,25 (%)	Amidon (%)	Parois hydro-insolubles (%)	VUP (ml/g)	VUR (ml/g)	Dureté	Taille moyenne des particules de blé (µm)	Activité lipasique
<i>14 Triticum aestivum</i>	10,6-14,6	66,4-73,2	10,3-13,0	1,96-5,63	1,01-3,86	14-88	502-898	1,9-24,9
<i>1 Triticum durum</i>	14,7	69,8	10,1	2,13	1,59	•	772	2,5

**TABLEAU 2 :** Coefficients des régressions linéaires multiples prédisant les valeurs de Y pour les régimes à base de blé (*Triticum aestivum*) donnés à des poulets de chair (J20-J23). Les calculs sont conduits sur les données individuelles, sans tenir compte des données statistiquement en dehors des relations observées

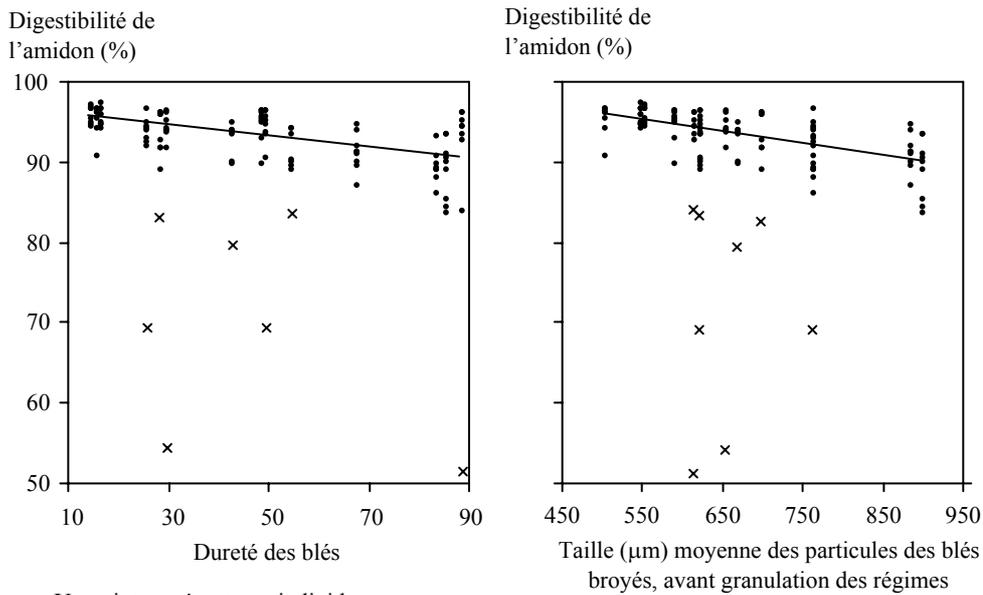
Y	Taille moyenne des particules de blé (µm)	Dureté des blés	Protéines des blés (%/MS)	Activité lipasique des blés	Cte	R <sup>2</sup>	P	n
Digestibilité de l'amidon (%)	-0,0153				104,0	0,38	0,0001	114
		-0,0652			96,7	0,31	0,0001	114
				0,123	92,2	0,066	0,0034	114
		-0,0108	-0,0340		102,6	0,43	0,0001	114
		-0,0196		0,689	98,5	0,44	0,0001	114
			-0,0618		0,0844	95,5	0,34	0,0001
EMAn mesurée / EMAn prédite <sup>1</sup>	-9,05 x 10 <sup>-5</sup>		7,35 x 10 <sup>-3</sup>		0,871	0,056	0,015	114
		-3,19 x 10 <sup>-4</sup>	5,22 x 10 <sup>-3</sup>		0,851	0,039	0,042	114
				1,14 x 10 <sup>-3</sup>	0,887	0,036	0,024	114

<sup>1</sup>EMAn prédite (kcal/kgMS) = 0,9362 EB - 15,38 Prot. (%MS) - 25,16 PAR (%/MS)<sup>1,2</sup> (Carré, Brillouet, 1989)

**TABLEAU 3 :** Coefficients des régressions linéaires multiples prédisant le gain de poids individuel (J9-J19)

Conso.(g MS)	Conso. (g MS) <sup>2</sup>	Durabilité des granulés	Dureté du blé	Taille moyenne des particules de la farine de blé (µm)	Cte	R <sup>2</sup>	P
3,10	-0,00174	1,00	-0,367		-860	0,72	0,0001
3,16	-0,00180	0,668		-0,0514	-839	0,76	0,0001

**FIGURE 2** : Relation entre la digestibilité (%) de l'amidon et la dureté ou la granulométrie des blés (*Triticum aestivum*) introduits à 55% dans des régimes granulés, chez les poulets de 3 semaines.



Un point représente un individu.

× Point statistiquement en dehors de la relation observée

Calcul sans les points en dehors de la relation observée :

$$y = 96,9 - 0,0690 x \quad R^2 = 0,33 \quad ETR = 2,5 \quad P = 0,0001 \quad n = 115 \quad ; \text{ pour } x = \text{dureté}$$

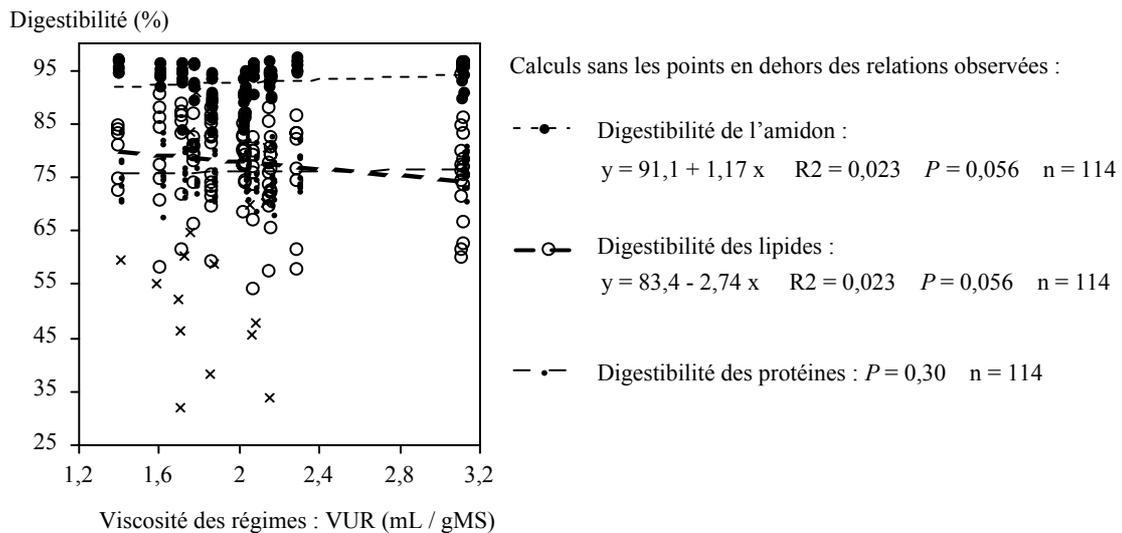
$$y = 104 - 0,0153 x \quad R^2 = 0,38 \quad ETR = 2,3 \quad P = 0,0001 \quad n = 114 \quad ; \text{ pour } x = \text{taille particulaire}$$

Calcul avec tous les points :

$$y = 95,7 - 0,0726x \quad R^2 = 0,07 \quad ETR = 6,6 \quad P = 0,0026 \quad n = 122 \quad ; \text{ pour } x = \text{dureté}$$

$$y = 101 - 0,0130x \quad R^2 = 0,04 \quad ETR = 6,5 \quad P = 0,0096 \quad n = 122 \quad ; \text{ pour } x = \text{taille particulaire}$$

**FIGURE3** : Relations entre la viscosité des régimes et les digestibilités (%) chez les poulets de 3 semaines nourris avec des régimes granulés à 55% de blé (*Triticum aestivum*).



Calculs sans les points en dehors des relations observées :

---•--- Digestibilité de l'amidon :  
 $y = 91,1 + 1,17 x \quad R^2 = 0,023 \quad P = 0,056 \quad n = 114$

—○— Digestibilité des lipides :  
 $y = 83,4 - 2,74 x \quad R^2 = 0,023 \quad P = 0,056 \quad n = 114$

---•--- Digestibilité des protéines :  $P = 0,30 \quad n = 114$

Un point représente un individu.

× Point statistiquement en dehors des relations observées

# INFLUENCE DE DIFFERENTES COMPOSITIONS ALIMENTAIRES SUR LA MICROFLORE INTESTINALE DU POULET DE CHAIR

S. Mallet<sup>1</sup>, A.M. Elie<sup>2</sup>, M. Lessire<sup>1</sup>, I. Bouvarel<sup>3</sup> M.C. Urdaci<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Station de Recherches Avicoles, INRA, 37380 NOUZILLY France

<sup>2</sup> Laboratoire de Microbiologie, ENITA Bordeaux, 1, cours du Général de Gaulle, 33175 GRADIGNAN, France.

<sup>3</sup> ITAVI 28 rue du Rocher 75008 PARIS France

*Travail financé par l'aide au développement technologique de l'OFIVAL et par l'ANDA*

## Résumé

Différents régimes alimentaires comprenant des matières premières comme le maïs le pois ou le blé, normal ou riche en polysaccharides non amylacés hydrosolubles ont été testés sur le poulet de chair. L'effet de l'addition d'enzymes (xylanases et  $\beta$ -glucanases) et de différents anticoccidiens (salinomycine et diclazuril) a également été analysé. L'analyse de l'indice de consommation et du gain du poids a été réalisée pour les différents régimes. L'analyse microbiologique des fientes des poulets âgés de 22 jours a été effectuée par une numération de la flore mésophile totale, des coliformes et de la flore lactique. Pour cette dernière, une identification au niveau de l'espèce a été effectuée par des techniques de biologie moléculaire. Bien que des différences au niveau des gains de poids et des indices de consommations aient pu être notées entre les régimes, aucune différence significative n'a été observée pour les numérations des flores bactériennes étudiées. Toutefois des différences ont été observées dans l'analyse qualitative de la flore lactique.

## Introduction

La Commission Européenne a décidé en 1998 l'interdiction, par mesure de précaution face au développement des phénomènes d'antibiorésistance, de quatre antibiotiques utilisés comme facteurs de croissance dans l'alimentation du poulet de chair. Cette interdiction et la suppression, programmée pour janvier 2006, des dernières molécules encore autorisées ont suscité de nombreuses réactions et inquiétudes de la part de la profession.

Le rôle principal des antibiotiques facteurs de croissance était une amélioration des performances des animaux grâce à une action régulatrice sur la microflore intestinale des poulets (Thomke et Elwinger, 1998). La recherche d'alternatives et une meilleure connaissance des facteurs de variation de la microflore intestinale est devenue incontournable.

Le rôle des facteurs liés à l'alimentation sur l'équilibre de la microflore est encore mal connu chez les volailles (Engberg *et al.*, 2000 ; Jones et Taylor, 2001 ; Kocher *et al.*, 2002). Pour mieux apprécier la variabilité de la microflore chez le poulet de chair, nous avons donc étudié l'influence de la composition de l'aliment et testé différents régimes comprenant des matières premières comme le maïs, le pois ou le blé, normal ou riche en polysaccharides non amylacés hydrosolubles (PNAS) et ajouté broyé ou entier avant granulation. L'effet de l'addition d'une préparation enzymatique contenant entre autres des activités

enzymatiques xylanases et  $\beta$ -glucanases ainsi que celui de deux anticoccidiens : le diclazuril, produit de synthèse (Clinacox) et la salinomycine, ionophore (Sacox) ont également été analysés. La flore anaérobie facultative fécale (mésophile totale, coliformes et flore lactique) a été dénombrée et la flore lactique identifiée au niveau spécifique.

## 1. Matériels et méthodes

Deux expérimentations successives ont été réalisées dans le même poulailler comprenant 24 parquets de 3 m<sup>2</sup> et en suivant un protocole d'élevage classique. Chaque traitement expérimental est testé sur 6 parquets de 40 poulets mâles Ross. Les animaux sont pesés individuellement le jour de leur arrivée (J1) et à la fin de l'essai (J23). Sur la période de J1 à J23, la consommation de chaque parquet est mesurée afin de calculer l'indice de consommation moyen des animaux.

Les aliments expérimentaux sont formulés pour avoir la même énergie métabolisable (EM) et être isonutritionnels. Ils ne diffèrent que par les matières premières ou les additifs utilisés (Tableau 1). Dans le premier essai, on compare à un aliment témoin maïs-soja (A), un aliment blé-pois-soja (B) et l'on mesure l'effet spécifique d'un blé riche en PNAS supplémenté (D) ou pas (C) en enzyme. Dans le deuxième essai, on étudie le rôle d'un anticoccidien

ionophore et la forme de présentation du blé. Le blé utilisé est un blé de type Sideral sauf dans les lots C et D où du blé Rialto à forte teneur en PNAS a été utilisé.

A J22, un pool de fientes est prélevé sur une période de 1h sur 10 animaux isolés par parquet et conservé à  $-80^{\circ}\text{C}$  dans l'attente des analyses bactériologiques. Pour les numérations bactériennes, après décongélation, homogénéisation et dilutions successives au  $1/10^{\text{ème}}$  dans du NaCl 0.9%, 0.1 ml de chaque dilution sont ensemencés en surface sur différents milieux : BHIA pour les bactéries totales, Drigalski pour les coliformes et MRS pour les lactobacilles. L'incubation est effectuée à  $37^{\circ}\text{C}$  en aérobiose pour une durée respective de 48, 24 et 48 heures. Les résultats sont exprimés en Log10 des Unités Formant Colonies (UFC)/g de fientes.

Pour la flore lactique, une identification précise des espèces présentes sur le milieu MRS est effectuée par des techniques de biologie moléculaire : RAPD et séquençage partiel des ADN ribosomiaux 16S (Weisburg *et al*, 2002).

Les moyennes obtenues pour chaque traitement expérimental ont été analysées, pour chaque expérimentation, par analyse de variance en utilisant le test de Fischer ( $p < 0.05$ ).

## 2. Résultats et discussion

Pour la première expérimentation (Figures 1 et 2, lots A, B, C, D), on observe à J23 une amélioration significative de 6% du poids vif des animaux du lot B (pois-blé) par rapport au lot A (aliment standard maïs soja). Cette amélioration peut être liée à l'augmentation significative de la consommation d'aliment mais aussi au taux de matières azotées totales (MAT) plus faible observé dans l'aliment A (201 au lieu de 220 g/kg) par rapport à la valeur calculée. Les indices de consommation des différents aliments ne sont pas différents statistiquement. On ne note aucun effet négatif lié à l'incorporation de blé à forte teneur en polysaccharides non amyliques hydrosolubles (PNAS) dans l'aliment C et par conséquent aucun effet de l'enzyme rajoutée dans le régime D.

Pour la seconde expérimentation (Figures 1 et 2, lots E, F, G, H), la suppression de l'anticoccidien dans le lot F s'est traduit, par rapport au lot E (aliment standard de même composition) par un gain de poids significativement inférieur de 4%. La consommation d'aliment n'étant pas significativement différente entre les deux lots, le lot F a donc un moins bon indice de consommation. C'est le lot G qui, avec un indice de consommation identique à celui du lot F, a le meilleur gain de poids grâce à une consommation d'aliment significativement plus élevée. La présence de grains de blé entiers dans les granulés du lot H induit par rapport au lot G, dans lequel tout le blé est

fourni broyé, une diminution significative de 3% du gain de poids.

Il est intéressant de remarquer que l'anticoccidien salinomycine (Sacox) de la famille des ionophores semble se comporter comme un facteur de croissance en améliorant le gain de poids et l'indice de consommation. Une amélioration similaire de l'indice de consommation a déjà été notée pour les anticoccidiens ionophores chez les bovins (Costa *et al*, 1984). Chez les volailles, l'impact de ces molécules sur la microflore intestinale est mal connu et leur action sur les performances des animaux n'est pas clairement démontrée (Engberg *et al*, 2000 ; Bolder *et al*, 1999).

Les numérations bactériennes effectuées sur les fientes à J22 (Figure 3) n'ont permis de mettre en évidence aucune différence entre les lots pour les bactéries testées. Cependant, des différences ont été observées au niveau de la composition de la flore lactique. Les pourcentages relatifs des espèces les plus représentatives qui ont été retrouvées sur le milieu MRS pour chaque régime analysé sont présentées dans la Figure 4. Les bactéries les plus représentées sont *Lactobacillus acidophilus* et *Lb. reuteri* suivis de *Lb. salivarius*, d'enterocoques (*E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*) et de *Streptococcus alactolyticus*.

Dans le régime comprenant du blé à forte teneur en PNAS (Rialto) sans addition d'enzymes on a constaté l'absence de *Lb. salivarius*, la disparition presque totale de *Lb. reuteri* et la présence de deux autres espèces : *Lb. pontis* et *Lb. vaginalis*. L'ajout d'enzymes dans ce régime annihile ces différences par rapport au témoin. Les poulets consommant le régime à base de pois et blé ont présenté une plus forte quantité de *Lb. salivarius* et une augmentation de la quantité de *Lb. reuteri*.

La plus forte présence de *Lb. Reuteri* a été observée dans le régime G (à base de blé broyé).

En ce qui concerne l'ajout d'anticoccidiens, l'incorporation de Clinacox (diclazuril), comparé au Sacox (salinomycine) ou à l'absence d'anticoccidien, semble avoir une influence se traduisant par une diminution de la quantité des Staphylocoques. D'autre part l'ajout de Clinacox a un effet sur les enterocoques et sur *Strep. alactolyticus* (forte diminution ou absence de ces dernières).

On ne peut cependant pas exclure un possible effet "expérimentation" car on observe pour l'expérimentation 2 (lots E, F, G, H) des numérations bactériennes plus élevées qui peuvent expliquer en partie la variabilité observée au niveau des populations bactériennes.

## Conclusion

Ces résultats ont montré que les populations bactériennes à J22 sont numériquement stables et peu sensibles à des variations de la composition en

matières premières de l'aliment. En revanche, des variations qualitatives sont mesurées au niveau de la flore lactique et pourraient peut-être être impliquées dans l'amélioration des performances des animaux observées avec certains régimes et notamment en fonction de l'anticoccidien utilisé. Cependant, la flore intestinale est complexe et d'autres groupes de bactéries (anaérobies par exemple) non étudiées ici pourraient également contribuer aux performances zootechniques (Lan *et al*, 2002). D'autres études seront nécessaires avant de pouvoir relier directement la microflore intestinale et les performances des animaux.

## Références bibliographiques

- Bolder N.M. *et al*, 1999. *Poult Sci.*, 78, 1681-1685.  
 Costa N. D. *et al*, 1984. *Vet Rec.*, 114, 227-228.  
 Engberg R.M., *et al*, 2000. *Poult Sci.*, 79, 1311-1319.  
 Jones G.P. & Taylor R.D., 2001. *Br. Poult Sci.*, 42, 477-483.  
 Kocher A. *et al*, 2002. *Br. Poult Sci.*, 43, 54-63  
 Lan P.T. *et al*, 2002. *Microbiol Immunol.*, 46, 371-382.  
 Thomke, S. & Elwinger K., 1998. *Ann. Zootech.*, 47, 153-167.  
 Weisburg W.G. *et al*, 2002. *J. Bacteriol.*, 173, 697-703.

TABLEAU 1 : Composition et caractéristiques des différents aliments testés

	<i>Expérimentation 1</i>				<i>Expérimentation 2</i>			
	A (témoin)	B (Pois)	C blé "Rialto"	D blé "Rialto" enzyme +	E (témoin)	F (témoin) anticocc. -	G blé "broyé"	H blé 50% entier
<b>maïs</b>	55,9				55,9	55,9		
<b>blé</b>		45,3	56,3	56,3			55,1	55,1
<b>pois</b>		20,0						
<b>Tourteau de soja 48</b>	36,1	24,6	34,9	34,9	36,1	36,1	35,9	35,9
<b>gluten de maïs</b>		2,4						
<b>huile de colza</b>	3,6	3,5	4,7	4,7	3,6	3,6	4,8	4,8
<b>méthionine DL</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>thréonine</b>							0,02	0,02
<b>CMV</b>	4,2	4,1	4,0	4,0	4,2	4,2	4,0	4,0
<b>anticoccidien</b>	Clinacox	Clinacox	Clinacox	Clinacox	Sacox	-	Sacox	Sacox
<b>enzyme xylanases et <math>\beta</math>-glucanases</b>				oui			oui	oui
<i>Caractéristiques calculées</i>								
<b>EM Coq (Kcal/Kg)</b>	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
<b>MAT (g/Kg)</b>	220	220	220	220	220	220	220	220

FIGURE 1 : Gain de poids des animaux sur la période J1 à J23, moyenne  $\pm$  Ecart type de 240 poulets. Les lots présentant des lettres différentes (exp1 : a,b ; exp2 : A, B, C) sont statistiquement différents au seuil de 5%

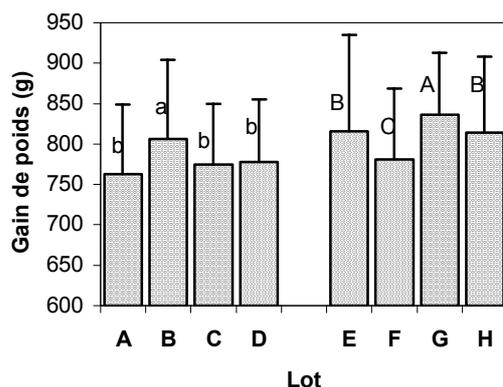
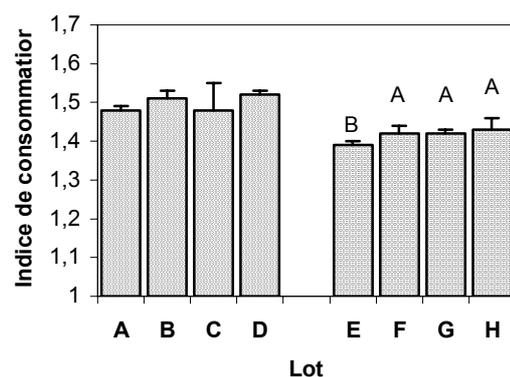
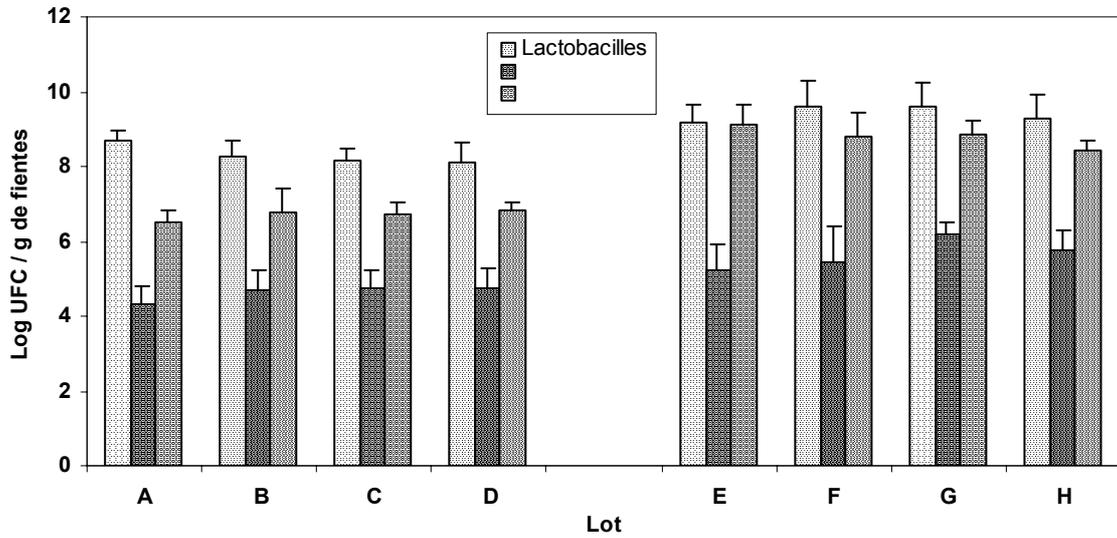


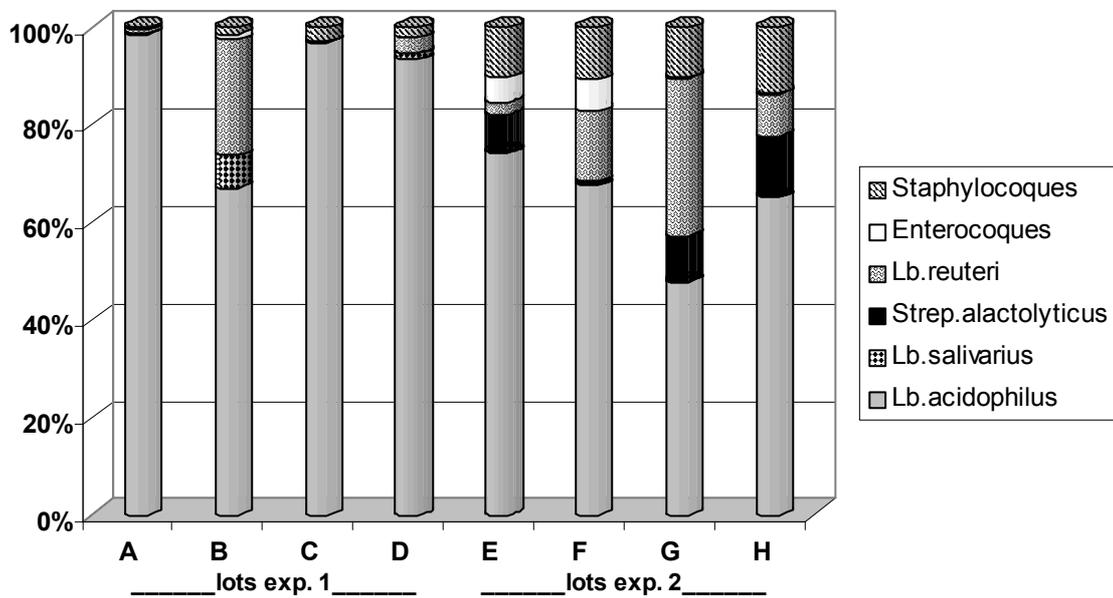
FIGURE 2 : Indice de consommation des animaux sur la période J1 à J23, moyenne  $\pm$  Ecart type de 6 parquets de 40 poulets. Les lots présentant des lettres différentes sont statistiquement différents au seuil de 5%



**FIGURE 3 :** Populations bactériennes dans les fientes des poulets âgés de 22 jours. Log. des Unités formant colonies (UFC) par gramme de fientes, moyennes  $\pm$  écart type de 6 parquets (pool de 5 animaux/parquet)



**FIGURE 4 :** Pourcentages relatifs, des espèces de bactéries lactiques les plus représentées, des *Strep. alactolyticus* et des *Staphylocoques*



# EFFET IN VITRO DES ENZYMES SUR LA VISCOSITE ET LES POLYSACCHARIDES NON AMYLACES DE L'ORGE

Alloui-Lombarkia O. <sup>1</sup>, Zemmouri F. <sup>1</sup>, Smulikowska S. <sup>2</sup>, Alloui N. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département d'Agronomie, Université de Batna, 05000, Algérie

<sup>2</sup>Institut de Physiologie et de Nutrition Animale, Jablonna, 05-110, Pologne

## Résumé

Les besoins de l'Algérie pour la fabrication des aliments destinés aux volailles sont couverts pour plus de 85 % par l'importation de matières premières (soja, maïs, additifs divers...). Pour diminuer l'importation du maïs, certaines variétés d'orge cultivées en Algérie peuvent en partie substituer le maïs dans les rations alimentaires des volailles.

L'évaluation nutritive de l'orge et son introduction dans les régimes est actuellement possible grâce à l'apport de préparations enzymatiques hydrolysant les polysaccharides non amylacés. Pour cela, un essai *in vitro* a été réalisé sur trois variétés d'orge locale (Saïda 183, Tichedrett et Robur) pour déterminer la viscosité ainsi que les fractions ADF et NDF avec ou sans addition de préparations multi-enzymatiques (Quatrazyme HP, Nutri-Tomen, France).

Les résultats ont montré que l'addition de 1 % ou 2 % d'enzymes diminue d'environ 50 % la fraction NDF et de 25 % la fraction ADF. La viscosité a aussi été diminuée de 65 % sous l'action des enzymes exogènes, probablement par la diminution de la teneur des  $\beta$  glucanes.

## Introduction

Certaines variétés d'orge cultivées en Algérie peuvent substituer le maïs dans les rations alimentaires des volailles. Cependant, leur faible valeur énergétique due à leur taux élevé en polysaccharides non amylacés (PNA) et la présence de  $\beta$ -glucanes, exclues l'orge de la formulation des rations destinées aux volailles. En plus, les  $\beta$ -glucanes augmentent la viscosité du contenu du tube digestif chez les oiseaux, et entravent les performances de production (Campbell et al, 1989 ; Dänicke et al, 1999).

Grâce à la fabrication de préparations enzymatiques capables d'hydrolyser les PNA, dans certains pays, l'introduction de l'orge est devenue presque exclusive comme composant céréalier (en substitution du maïs) des rations des poulets de chair et des pondeuses.

Plusieurs auteurs ont montré une amélioration de la croissance des oiseaux due à une réduction de la viscosité et une augmentation de la digestibilité des nutriments et de l'EMA<sub>N</sub> (Fuente et al, 1995 ; Huyghebaert et De Groot, 1995).

Le but de cette étude est la détermination *in vitro* de la viscosité et l'hydrolyse des fractions ADF et NDF de l'orge locale par un complexe multi-enzymatique.

variétés d'orge locale à six rangs employées en alimentation animale : Saïda 183, Tichedrett et Robur. Le complexe enzymatique (Quatrazyme HP, Nutri-Tomen, France) utilisé pour cet essai contient deux enzymes principales (xylanase et  $\beta$ -glucanase) et d'autres enzymes à activités secondaires (cellulase, glucosidase, galactosidase, arabino-furanosidase et xylosidase).

La composition chimique de l'orge a été déterminée par la méthode conventionnelle. Les fractions ADF, NDF et cellulose selon Van Soest (1963, 1972).

La viscosité a été mesurée selon Carré et al. (1994). La méthode consiste à incuber *in vitro*, pendant 1 heure à 20°C, des échantillons dans une solution tampon d'acétate de sodium (0.2 M, pH 4.5) sans ou avec enzymes. Puis ces échantillons subissent une centrifugation suivie d'une filtration sous vide à travers une toile de nylon. La viscosité a été mesurée sur la solution aqueuse à 20°C à l'aide d'un Viscosimeter Brookfield Model DV – II +.

L'hydrolyse des fractions ADF et NDF a été réalisée selon Alloui et al. (1994). L'incubation des échantillons a été effectuée dans un tampon d'acétate de sodium (0.1 M, pH 5.2) à 39°C pendant 3 et 5 heures sans ou avec enzymes. Les teneurs en ADF et NDF ont été déterminées dans les échantillons lyophilisés.

## 1. Matériels et méthodes

Deux tests *in vitro* ont été réalisés pour évaluer l'efficacité d'une préparation enzymatique sur trois

## 2. Résultats et discussion

La composition chimique moyenne de l'orge, résumée dans le Tableau 1, montre que les teneurs en

nutriments des trois variétés d'orge utilisées dans cet essai sont comparables. En effet, elles renferment des taux assez élevés en protéines totales (14.0 %) et en extractif non azoté (69.0 %). Plusieurs auteurs ont montré que les teneurs en protéines ont une relation directe avec la variété de l'orge (deux rangs ou six rangs) et peuvent renfermer des teneurs comprises entre 10.0 et 16.5 % (Benabdeljelil, 1996; Dänicke, et al. 1999).

L'ENA constitue la source énergétique principale de l'orge car c'est la part la plus importante après les protéines, elle est constituée d'amidon et d'une petite fraction de sucres (WPSA, 1989).

Les PNA estimés dans cette étude présentent des teneurs élevées notamment pour la cellulose (6.6 %) et la fraction NDF (17.0 %) qui renferme une grande partie des  $\beta$ -glucanes solubles, principaux facteurs antinutritionnels de l'orge. Ces derniers augmentent la viscosité et diminuent la digestibilité des nutriments (Jeroch et al., 1995).

La viscosité des trois variétés locales étudiées est faible, elle est en moyenne de 2.8 cps. D'après certains auteurs, la viscosité des variétés à six rang cultivées en climat relativement chaud est faible et varie entre 4.0 et 3.6 cps (Fuente et al., 1997 ; Villamide et al., 1997).

Après 1 heure d'incubation *in vitro*, la viscosité de l'orge a été diminuée en moyenne de 20 %. L'addition de Quatrazyme (1 ou 2 %) diminue encore cette viscosité de 45 et 65 % respectivement par rapport à l'orge (Tableau 2).

L'hydrolyse de NDF et ADF augmente en présence d'enzymes après un temps plus long d'incubation *in vitro*, de 50 et 25 % respectivement (Tableaux 3 et 4).

Dans ce contexte, Smulikowska (1992), Bedford et Classen (1993), ont montré que dans les essais *in vitro*, 1 heure d'incubation en présence de préparations enzymatiques suffit pour diminuer la viscosité de certaines céréales, cependant l'hydrolyse des PNA insolubles en monosaccharides nécessite un temps plus long ou des taux d'enzymes plus élevés.

## Conclusion

Cet essai *in vitro* a montré que le complexe multi-enzymatique "Quatrazyme" a un effet positif aussi bien sur l'amélioration de la viscosité que sur l'hydrolyse des PNA même si ces trois variétés d'orge cultivées en Algérie sont considérées comme variétés à faible viscosité.

## Références bibliographiques

- Alloui O., Pastuszewska B., Smulikowska S., Chibowska M., 1994. J. Anim. Feed Sci., 3.215-227.
- Bedford M. R., Classen H. L., 1993. Poult. Sci., 72, 137-143.
- Benabdeljelil K., 1996. Bulg. J. Agric. Sci., 2, 605-616.
- Carré B., Gomez J., Melcion J. P., Giboulot B., 1994. INRA Prod. Anim., 7(5), 369-379.
- Campbell G. L., Rossnagel B. G., Classen H. L., Thacker P. A., 1989. Anim. Feed Sci. Technol., 26, 221-230.
- Dänick S., Jeroch H., Bedford M. R., 1999. J. Anim. Feed Sci., 8, 467-483.
- Fuente I. M., Perez De Ayala P., Flores A., Villamide M. J., 1997. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Poult. Nutr., august 24-28, Danemark, 331-332.
- Huyghebaert G., De Groote G. 1995. 10<sup>th</sup> Europ. Symp. Poult. Nutr., october 15-19, Turkey, 176-191.
- Jeroch H., Dänicke S., Brufau J., 1995. J. Anim. Feed Sci., 4, 263-285.
- Smulikowska S. 1992. J. Anim. Feed. Sci., 1, 65-70.
- Villamide M. J. Fuente J. M., Perez De Ayala P., Flores A., 1997. Poult. Sci., 76, 834-840.
- WPSA, 1989. European table energy values for poultry feedstuffs. Working group no. 2 (nutrition).

**Remerciements** au Docteur Benoit Siefert du groupe Nutri-Tomen de nous avoir fourni les enzymes

**TABLEAU 1 :** Composition des différentes variétés d'orge (%)

Variétés	Matière sèche	Cendres	Lipides	Protéines (Nx 6.25)	Cellulose brute	ADF	NDF	ENA
Saida 183	95.0	2.8	2.4	14.2	7.0	4.0	17	68.6
Tichedrett	95.1	2.9	2.8	13.9	6.5	3.5	17.5	69.0
Robur	95.3	2.7	2.4	14.3	6.4	3.7	17.3	69.5

**TABLEAU 2 :** Effet des enzymes *in vitro* sur la viscosité (cps) de l'orge (incubation 1 heure à 20°C)

Variétés	Non incubé	Enzyme (-)	Enzyme (1%)	Enzyme (2%)
Saïda 183	3.0	2.31	1.11	1.0
	100	77	55.5	33.3
Tichedrett	2.8	2.21	1.03	0.85
	100	79	57.2	30.3
Robur	2.6	2.24	1.20	1.08
	100	86	54.5	41.5

**TABLEAU 3:** Effet de l'incubation *in vitro* de 3 variétés d'orge sur l'hydrolyse des fractions ADF\*

Temps Enzymes (%)	0	3 heures		5 heures	
		1	2	1	2
Saïda 183	4.5	4.0	4.0	3.6	3.5
	100	88.9	88.9	80.0	77.7
Tichedrett	4.5	4.0	4.0	3.5	3.4
	100	88.9	88.9	77.7	75.5
Robur	3.5	3.0	3.0	2.6	2.5
	100	85.7	85.7	74.3	71.4

\*Teneur en fraction ADF après incubation et lyophilisation des échantillons (%)

**TABLEAU 4 :** Effet de l'incubation *in vitro* de 3 variétés d'orge sur l'hydrolyse des fractions NDF\*

Temps Enzymes (%)	0	3 heures		5 heures	
		1	2	1	2
Saïda 183	16.8	11.0	10.0	9.0	8.5
	100	65.4	59.5	53.5	50.6
Tichedrett	16.7	12.8	13.1	8.7	8.6
	100	76.6	78.4	52.1	51.5
Robur	16.5	10.5	13.5	8.6	8.3
	100	63.6	81.8	52.1	50.3

\*Teneur en fraction NDF après incubation et lyophilisation des échantillons (%)

# SPECIFICITE DES ACIDES GRAS DES SPERMATOZOÏDES CHEZ LE COQ ET LE DINDON - EFFETS DES ACIDES GRAS POLYINSATURES DE L'ALIMENT

Blesbois Elisabeth

S.R.A – I.N.R.A. 37380 Nouzilly France

## Résumé

A l'inverse de beaucoup d'autres espèces, les spermatozoïdes d'oiseaux domestiques contiennent de très faibles proportions d'acides gras poly-insaturés (AGPIs) n-3, et des proportions élevées d'acides gras n-6 associés ou non à des acides gras n-9. L'objectif de ce travail était d'observer si ces taux d'AGPIs n-3 sont spécifiques de ces espèces ou s'ils proviennent de carences alimentaires en acide gras n-3.

Pour cela, des mâles adultes coq et dindons ont été nourris avec des aliments standard (naturellement très riches en acides gras n-6) ou des aliments enrichis en acides gras n-3. La composition en acides gras des spermatozoïdes et la fertilité ont ensuite été mesurées dans les deux espèces. Tout en restant très riche en acides gras n-6 (et n-9 pour le dindon), les spermatozoïdes provenant de mâles nourris avec l'aliment enrichi en AGPIs n-3 ont été enrichis en AGPIs n-3 et leur fertilité améliorée dans les deux espèces.

En conclusion, les très faibles proportions d'acides gras n-3 présents dans les spermatozoïdes de coq et de dindon proviennent partiellement de l'effet du régime alimentaire carencé dans ce type d'acides gras. En revanche, les contenus élevés en acides gras n-6 (et n-9 pour le dindon) semblent spécifiques de ces espèces.

## Introduction

Les acides gras poly-insaturés (AGPI) sont les acides gras majoritaires des phospholipides des membranes cellulaires des spermatozoïdes. Ils sont probablement indispensables à la fluidité membranaire ainsi qu'à la régulation des mouvements cellulaires, du métabolisme lipidique et des capacités de fusion nécessaires aux mécanismes de fécondation (Stubbs et Smith, 1984).

Chez les volailles, ces acides gras sont majoritairement des acides gras n-6, accompagnés dans certaines espèces comme le dindon d'un fort taux d'acides gras n-9 (Surai et al, 1998 ; Douard et al, 2000). Ces derniers sont souvent considérés comme des acides gras de carence. Cette situation est singulière dans la mesure où chez la plupart des mammifères d'élevage, les spermatozoïdes comme la rétine et le cerveau sont au contraire très riches en AGPI n-3, pauvres en AGPI n-6 et ne contiennent pas d'AGPI n-9 (Poulos et al, 1973, Neuringer et al, 1986, Yamamoto et al, 1987). Nous nous sommes donc demandés si les taux élevés d'AGPI n-6 et n-9 et les taux très bas d'AGPI n-3 trouvés dans les spermatozoïdes de volailles étaient vraiment spécifiques de ces espèces ou s'ils provenaient de carence des aliments standard en AGPI n-3. En effet, ces AGPI sont des acides gras essentiels que l'animal ne peut fabriquer que si eux mêmes ou leurs précurseurs sont présents dans l'aliment (Cooks, 1996).

Pour cela, des mâles adultes de deux espèces aviaires d'importance économique forte, le coq et le dindon, et dont les AGPI des spermatozoïdes divergent

sensiblement (taux élevé d'AGPI n-9 chez le dindon, mais pas chez le coq) ont été nourris avec des aliments standard (naturellement très riches en acides gras n-6) ou des aliments iso énergétiques enrichis en acides gras n-3. La composition en acides gras des spermatozoïdes et la fertilité ont ensuite été mesurés dans les deux espèces.

## 1. Effets de régimes divergeant en AGPI sur la composition des acides gras des spermatozoïdes

Les acides gras de l'aliment conditionnent la composition des tissus chez toutes les espèces animales. Cependant, les effets de modifications alimentaires sont surtout marqués chez le jeune ou les différenciations et multiplications cellulaires ainsi que la croissance sont intenses. Par exemple, la sensibilité du cerveau de poulet aux manipulations d'AGPI n-3 de l'aliment est particulièrement marquée chez le poussin de 1 jour et l'est moins par la suite (Anderson et al, 1989, 1994). Par contraste, la spermatogenèse se produit exclusivement chez des animaux adultes et est un processus permanent tout au long de la période de reproduction ce qui peut impliquer des besoins particuliers en composants alimentaires.

Les aliments donnés aux mâles adultes chez les volailles sont principalement à base de maïs, blé et soja. Leur teneur en lipides est faible (6-7%) mais ils sont riches en acides gras insaturés avec une prédominance pour les acides gras mono-insaturés n-9 et les AGPI n-6 et donc un rapport AGPI n-6/n-3 très élevé.

Les AGPI retrouvés dans les spermatozoïdes sont principalement des AGPI à longue chaîne avec une prédominance des acides gras à 20 et 22 carbones. Dans nos expériences (Blesbois et al, 1997 ; 2003), nous avons comparé indépendamment chez le coq et le dindon adultes l'effet d'aliments iso énergétiques (11,7 Méga joules /kg chez le coq; 12,5 chez le dindon), iso lipidiques (7.1% chez le coq, 6.7% chez le dindon), iso protéiques (13,1% chez le coq, 10,4% chez le dindon) mais divergeant dans une même espèce sur leur composition en AGPI. Dans chaque espèce un des deux aliments testés correspondait au régime standard de l'espèce (aliment « Maïs ») et l'autre était enrichi en AGPI n-3 avec 5% d'huile de poisson ). Les animaux étaient rationnés à 110 g/jour chez le coq et ad libitum chez le dindon.

Chez le coq comme chez le dindon, le remplacement dans l'aliment d'une partie des lipides provenant du maïs et du soja par de l'huile de poisson (riche en AGPI n-3 à longue chaîne) a entraîné l'augmentation du taux d'AGPI n-3 dans les spermatozoïdes (Blesbois et al, 1997 ; 2003 ; Tableaux 1 et 2).

Cependant, l'efficacité de l'incorporation des AGPI n-3 est bien différente entre les deux espèces. Ainsi, chez le coq, les variations des taux d'AGPI n-3 de l'aliment étaient considérables (rapport n-3/n-6 de 0.02 à 0.89) mais les variations retrouvées dans les spermatozoïdes l'étaient beaucoup moins (rapport n-3/n-6 de 0.13 à 0.43) traduisant une certaine résistance des gamètes à l'incorporation des acides gras alimentaires. Par contre, chez le dindon, les variations des AGPI alimentaires étaient bien moins importantes (rapport n-3/n-6 variant de 0.1 à 0.3) et les variations de composition en acides gras des spermatozoïdes (rapport n-3/n-6 de 0.07 à 0.4) reflétaient bien celles des aliments. Ces différences entre les espèces peuvent avoir deux origines principales : soit chez le dindon, les variations d'AGPI proposées dans l'aliment étaient mieux ciblées par rapport aux besoins de la gamétogenèse que les variations proposées chez le coq ; soit les spermatozoïdes de dindon sont naturellement plus aptes à refléter les variations des acides gras alimentaires que ceux du coq.

Les taux d'AGPI n-9 des spermatozoïdes n'ont cependant pas été significativement modifiés par l'aliment. Cela suggère que, même chez le dindon ou le C22 :3n-9 est un AGPI majeur, les AGPI n-9 ne proviennent pas d'une carence alimentaire en AGPI n-3. Le taux élevé d'AGPI n-9 chez le dindon semble donc bien être spécifique de cette espèce.

Nous avons par ailleurs montré chez le dindon que la supplémentation en AGPI n-3 de l'aliment augmentait les taux d'AGPI n-3 chez les spermatozoïdes provenant d'animaux en phase optimale de reproduction, comme chez les mâles en fin de saison sexuelle (Blesbois et Hermier, 2003 ; Blesbois et al 2003. Ceci implique que les possibilités de transfert des acides gras de l'aliment vers les tissus de reproduction ne sont pas affectées par l'altération de

reproduction liée au vieillissement dans la saison sexuelle.

## 2. Effets de régimes divergeant en AGPI sur la fertilité

Les variations de composition de l'aliment en AGPI n'ont pas toujours donné les résultats espérés sur la fonction de reproduction des mâles en fonction des espèces. Ainsi, chez la truite arc en ciel, la fluidité membranaire des spermatozoïdes a pu être affectée, mais pas la fertilité (Labbé et al, 1995). Chez le porc en revanche la supplémentation conjointe de l'aliment en antioxydants (vitamine E et sélénium) et en AGPI n-3 a provoqué une amélioration de la fertilité des mâles, mais sans que l'on puisse savoir si le bénéfice provenait des antioxydants ou des AGPI n-3, ou les deux (Penny et al , 2000). Les résultats de fertilité obtenus chez le coq et le dindon avec de la semence inséminée fraîche (Tableau 3 ; Blesbois et al, 1997 ; Blesbois et al, 2003) ont clairement montré que l'augmentation du taux d'AGPI n-3 dans l'aliment améliore la fertilité des mâles reproducteurs même sans qu'il soit besoin d'augmenter l'apport habituel en antioxydants dans l'aliment. Et ceci est vrai même en fin de période de reproduction chez le dindon.

Ces résultats indiquent bien que chez le coq comme chez le dindon, les régimes standard des mâles adultes sont habituellement légèrement déficients en AGPI n-3 pour les besoins de la reproduction.

## Conclusion

Les proportions élevées d'AGPI n-6, et parfois n-9 des spermatozoïdes de volailles semblent bien spécifiques de ces espèces. Cependant, même si le besoin en AGPI n-3 semble moins important que dans d'autres espèces, une quantité significative de ces AGPI n-3 doit être apportée par l'aliment pour assurer de façon optimale la reproduction. Ces résultats doivent être pris en compte dans la formulation des aliments des volailles mâles adultes.

## Remerciements

Pour leur participation indispensable aux travaux du laboratoire: I Grasseau, D. Philippe, et bien sûr tous les nombreux coauteurs cités dans les références.

## Références bibliographiques

- Anderson, G.J.; Connor, W.E.; Corliss, J.D.; Lin, D.S., 1989. *J. Lipid Res*, 30; 433-441.
- Anderson, G.J. , 1994. *J. Lipid Res*, 35; 105-111.

- Blesbois E.; Lessire M.; Grasseau I.; Hallouis J.M.; Hermier D.,1997. *Biol. Reprod.* 56; 1216-1220.
- Blesbois E.; Douard, V.; Germain, M; Pellet, F.,2003. *Theriogenology*, submitted.
- Blesbois, E.; Hermier, D., 2003. In: Phospholipids and Male Fertility; De Vriese, S. (ed.), in press. American Oil Chemist's Society Press, Champaign (USA).
- Cook, H.W., 1996. In *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Biomembranes*, pp. 129-152. Vance, D.E. and Vance, J., Elsevier, Amsterdam.
- Douard V.; Hermier D.; Blesbois E., 2000. *Biol. Reprod.* 63; 1450-1456.
- Labbé, C.; Loir, M.; Kaushick, S.; Loir, M. ,1995. *Lipids* 30, 23-33.
- Neuringer, M.; Connor, W.; Lin, S.; Barstad, L.; Luck, S.J.,1986. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 83; 4021-4025.
- Penny, P.C.; Noble, R.C.; Maldjian, A.; Cerolini, S., 2000. *Pigs News Inf.* 21; 119-126.
- Poulos, A.; Darin Benett, A.; White, I.G.; Hoskin, D.O., 1973. *Comp. Biochem. Physiol.* 46; 541-549.
- Stubbs, C.D.; Smith, A.D.,1984. *Biochim. Biophys. Acta.* 779: 89-137.
- Surai, P.F.; Blesbois, E.; Garsseau, I.; Chalah, T.; Brillard, J.P.; Wishart, G.J.; Cerolini, S.; Sparks N.H.C., 1998. *Comp. Biochem. Physiol.* 120;527-533.
- Yamamoto, N.M.; Saitoh, A.; Moriuchi, A.; Nomura, M.; Okuyama, H.,1987. *Journal of Lipid Research* 28; 144-151.

**TABLEAU 1:** Effet de la supplémentation en AGPI n-3 de l'aliment sur la composition des spermatozoïdes de coq (35-40 semaines d'âge)

Acides gras (%)	Aliment		Spermatozoïdes	
	Maïs	poisson	Aliment maïs	Aliment Poisson
<i>Total saturés</i>	23.0	28.7	39.3 ± 2.2	39.6 ± 1.6
<i>mono-insaturés</i>	30.3	43.1	23.1 ± 0,80	* 27.4 ± 1.4
18:2n-6	45.8	15.0	3.3 ± 0.3	2.1 ± 0.3
20:4n-6			9.0 ± 0.5	* 5.3 ± 0.6
22:4n-6			21.0 ± 0.8	* 15.0 ± 1.2
<i>Total AGPI n-6</i>	<i>45.8</i>	<i>15.0</i>	<i>33.3 ± 1.0</i>	* <i>22.4 ± 2.0</i>
18:3-4 n-3		4.1		
20:5n-3		4.9		
22:5n-3		4.9	2.1 ± 1.0	* 4.10 ± 1.0
22:6n-3		4.2	2.2 ± 0.9	* 5.5 ± 1.0
<i>Total AGPI n-3</i>			<i>4.3 ± 2.0</i>	* <i>9.6 ± 1.9</i>
22:3n-9		1.4	1.1 ± 0.7	1.1 ± 0.6
Total AGPI	51.0	33.0	36.6 ± 2,1	* 22.4 ± 2,0
n-3/n-6	0.02	0.89	0.13 ± 0,04	* 0.43 ± 0,01

\* représentent les différences significatives ( $p < 0.05$ ) de composition des spermatozoïdes en fonction de l'aliment

**TABLEAU 2:** Effet de la supplémentation en AGPI n-3 de l'aliment sur la composition des spermatozoïdes de dindon (34 semaines d'âge)

Acides gras (%)	Aliment		Spermatozoïdes	
	Maïs	Huile de poisson	Aliment standard	Aliment poisson
<i>Total saturés</i>	14.6	16.8	35.9 ± 1.2	37.8 ± 1.6
<i>mono-insaturés</i>	33.4	33.4	21.4 ± 0,80 *	21.2 ± 1.4
18:2n-6	46.3	36.3	3.7 ± 0.3	3.1 ± 0.3
20:4n-6			11.5 ± 0.7 *	8.2 ± 0.7
22:4n-6			16.0 ± 0.8 *	9.5 ± 0.5
<i>Total AGPI n-6</i>	<i>46.3</i>	<i>36.4</i>	<i>31.2 ± 1.0</i> *	<i>20.7 ± 2.0</i>
18:3-4 n-3	5.4	4.4		
20:5n-3		3.5		
22:5n-3		1.0	0.6 ± 0.2 *	1.9 ± 0.3
22:6n-3		1.8	1.7 ± 0.2 *	6.5 ± 0.6
<i>Total AGPI n-3</i>	<i>5.4</i>	<i>10.6</i>	<i>2.3 ± 2.0</i> *	<i>9.6 ± 1.9</i>
22:3n-9		1.4	9.1 ± 3.8	11.5 ± 2.0
<i>Total AGPI</i>	<i>51.0</i>	<i>33.0</i>	<i>42.7 ± 2.1</i>	<i>41.8 ± 2,0</i>
n-3/n-6	0.02	0.89	0.07 ± 0,01 *	0.40 ± 0,01

\* représentent les différences significatives ( $p < 0.05$ ) de composition des spermatozoïdes en fonction de l'aliment

**TABLEAU 3 :** Amélioration des taux de fertilité et d'éclosivité après supplémentation de l'aliment des mâles reproducteurs en AGPI n-3

	% œufs fertiles/incubés	% œufs éclos/incubés
Coqs (40-45 semaines d'âge)	+ 3* points de fertilité	—
Dindons (32-45 semaines d'âge)	+ 0.68	+ 1.53
Dindons (49-58 semaines d'âge)	+ 1.00	+ 1.90

\* chaque valeur indique le nombre de point d'amélioration significative des taux de fertilité ou d'éclosivité ( $p < 0.05$ ) obtenus avec les mâles dont l'aliment est supplémenté en AGPI n-3 par rapport à la situation standard.

# CARACTERISATION DU GENE DE LA GLUCOKINASE HEPATIQUE CHEZ LE POULET ET LE CANARD

Berradi Hanaâ<sup>1</sup>, Cassy Sandrine<sup>1</sup>, Taouis Mohammed<sup>2</sup>, Rideau Nicole<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

<sup>2</sup> INRA, Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire, 78352 Jouy-en-Josas

## Résumé

Pour être utilisé par la cellule, le glucose doit être phosphorylé en glucose-6-phosphate (G6P). Dans le foie et le pancréas, cette réaction est catalysée par l'hexokinase-D (ou plus communément glucokinase, GK), enzyme clé de l'équilibre glucidique. A l'heure actuelle, la présence de GK chez les oiseaux est controversée, pourtant elle pourrait expliquer certaines particularités de leur métabolisme énergétique ainsi que l'engraissement excessif de certaines souches de poulet ou de canards. Le travail présenté concerne la mise en évidence d'une GK hépatique aviaire. Par RT-PCR sur des ARN de foie de poulet et de canard, nous avons obtenu un cDNA partiel dont la séquence est apparentée au fragment de gène correspondant à la GK de mammifère. Par ailleurs, un Western blot réalisé avec un anticorps dirigé contre la GK humaine confirme la présence d'une protéine de type GK dans les foies de poulet et de canard. La poursuite de la caractérisation de cet enzyme et l'étude de sa régulation permettront de mieux comprendre la régulation du métabolisme glucidique aviaire.

## Introduction

L'amidon apporté par les céréales couvre environ 50 pour cent des besoins énergétiques des volailles. Les molécules de glucose libérées dans le tube digestif au cours de la digestion de l'amidon sont transférées au foie pour être utilisées et/ou stockées sous forme de glycogène ou d'acide gras. L'utilisation hépatique du glucose est soumise à une régulation très fine mettant en jeu non seulement les hormones pancréatiques (insuline et glucagon) mais encore l'équipement enzymatique présent au niveau du pancréas et du foie. Dans un rapport précédent, nous avons montré à l'aide d'exemples observés dans différentes situations d'élevage, comment l'insuline intervient dans l'orientation du métabolisme, dans la croissance et dans la composition corporelle des poulets (Rideau, 1997). Dans ce travail, nous nous intéressons à une enzyme intracellulaire particulière, la glucokinase : des travaux récents réalisés chez les mammifères mettent en lumière son rôle fondamental dans la régulation de l'homéostasie glucidique (Girard et al., 1997, Kahn, 1998).

La glucokinase est la première enzyme impliquée dans la transformation du glucose (en glucose-6-phosphate, G6P) au niveau du foie et du pancréas. Sa présence en quantité limitée dans les deux tissus en fait un élément clé contrôlant l'utilisation du glucose. En effet, dans le foie, la glucokinase sensible aux variations de la glycémie et aux conditions nutritionnelles (Matsuda *et al.*, 1990), régule la production de G6P qui sera orienté selon les besoins de l'organisme vers la synthèse de lipides, de glycogène ou encore la création d'énergie

métabolique par la glycolyse et le cycle de Krebs. En outre, on a récemment montré que la glucokinase est nécessaire à la transcription des gènes impliqués dans l'utilisation hépatique du glucose (gènes de la glycolyse et de la lipogénèse, Girard *et al.*, 1997 ; Kahn, 1998 ; Lemaire et Rousseau., 1994). Dans le pancréas la glucokinase agissant comme détecteur du taux de glucose circulant, est une enzyme régulatrice clé de la sécrétion d'insuline (Matchinsky, 1996).

Les informations concernant la glucokinase aviaire manquent actuellement : sa présence chez les oiseaux est encore contestée et les travaux n'ont porté jusqu'à présent que sur la mise en évidence d'une activité enzymatique de type glucokinase et uniquement dans le foie de diverses espèces aviaires (Cardenas *et al.*, 1998). L'existence de glucokinase chez les oiseaux est une question pourtant essentielle étant donné les implications multiples de l'enzyme (rapportées ci dessus chez les mammifères). Il faut toutefois rappeler que les oiseaux ont un métabolisme original. On peut citer ici leur glycémie basale deux fois plus élevée que celle des mammifères, une insensibilité relative du pancréas endocrine au glucose ainsi qu'une lipogénèse d'origine hépatique contrairement aux mammifères (où la biosynthèse des lipides est réalisée par le tissu adipeux). Il est donc possible que des modifications adaptatives spécifiques aux oiseaux, aient rendu difficile la mise en évidence de la glucokinase.

L'objectif du travail est de rechercher, à l'aide des techniques de la biologie moléculaire et de la

biochimie, l'expression du gène et l'existence d'une protéine de type glucokinase dans le foie de deux espèces aviaires : le poulet et le canard. Pour cela un fragment de cDNA a été amplifié par RT PCR et séquencé et la présence de la protéine a été testée par Western-blot à l'aide d'un anticorps anti-GK humaine.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Les animaux

Les expériences ont été réalisées sur des poulets de type chair mâle et de croisement commercial (Shaver : poids vif de 1250g) âgés de 4 semaines. Les animaux ont reçu une alimentation équilibrée à base de maïs et de soja (12,6 MJ d'énergie métabolisable/kg contenant 20% de protéines).

Des canards mâles de 13 semaines (poids vif 4000g) issus du croisement d'un canard Barbarie et d'une cane Pékin (croisement MMG x PKL, Grimaud sélection) ont été utilisés. Ils ont été élevés à la station d'Artiguères (SEFPG, INRA, France). Les canards ont reçu un aliment commercial. (11,5 MJ d'énergie métabolisable /kg contenant 15,5% de protéines).

L'aliment et l'eau ont été distribués à volonté.

Les poulets tués par dislocation cervicale et les canards étourdis par électroanesthésie ont été saignés par section des carotides et des jugulaires à la base de la tête. Dans les deux cas le foie est rapidement prélevé dans l'azote liquide et stocké à  $-80^{\circ}\text{C}$  jusqu'au moment de l'essai.

### 1.2. Caractérisation du gène

#### *Extraction des ARN*

Les ARN totaux ont été extraits du foie de poulet et de canard par la méthode de Chomczynski et Sacchi (1987). Les cDNA ont été obtenus par transcription inverse (RT) : 5  $\mu\text{g}$  d'ARN totaux dénaturés sont hybridés avec des amorces aléatoires (random primer) et incubés en présence de la transcriptase inverse Superscript II (Invitrogen, Cergy Pontoise).

#### *Choix des amorces*

Les séquences des ADNc des glucokinases humaine (accession gi15967158), murine (accession gi886343) et téléostéennes (truite accession gi7662682 et daurade accession gi7662680) ont été comparées à l'aide d'un logiciel d'alignement multiple (multalin, Corpet, 1988). Des amorces de PCR ont été choisies dans des domaines conservés. Ces domaines codent pour des régions qui comportent les sites fonctionnels de l'enzyme (sites de liaison au glucose et à l'ATP) (Figure 1).

#### *Amplification (PCR) et purification de l'ADNc*

Les ADNc (2  $\mu\text{l}$ ) ont été amplifiés par PCR avec 5 pmol des amorces dégénérées dans un mélange

réactionnel de 50  $\mu\text{l}$  contenant 0.5 mM dNTP et 2.5 U Taq polymérase (Promega). Trente cinq cycles de PCR (dénaturation 30 sec à  $95^{\circ}\text{C}$ , hybridation 30 sec à  $58^{\circ}\text{C}$ ; élongation 30 sec à  $72^{\circ}\text{C}$ ) ont été réalisés. Les produits de PCR ont été analysés par électrophorèse sur gel d'agarose 1% en présence de *vistra green*<sup>®</sup>. Les fragments de taille attendue ont été purifiés (QIAquick gel extraction kit, QIAGEN).

#### *Clonage et séquençage des produits PCR*

Les fragments d'ADN purifiés ont été clonés dans un plasmide pCR<sup>®</sup>2.1-TOPO (Invitrogen, Cergy-Pontoise, France). Des bactéries *E.Coli* (One Shot<sup>®</sup>, Invitrogen) ont été transformées par ces constructions. Les clones positifs ont été analysés par digestion enzymatique (*EcoRI*) du plasmide purifié. Les plasmides contenant l'insert ont été séquencés.

#### *Analyse des séquences*

Les séquences des cDNA obtenus ont été comparées avec celles contenues dans les différentes banques de données grâce au logiciel de recherche et d'alignement BLAST (Atschul et al, 1990). Les alignements de séquence et les pourcentages d'identité ont été vérifiés à l'aide du logiciel d'alignement multiple Clustal W (Higgins et Sharp, 1989) en comparant les séquences aviaires clonées avec les séquences du gène GK de différentes espèces.

### 1.3. Caractérisation de la protéine

#### *Solubilisation des tissus*

500 mg de foie ont été homogénéisés sur la glace dans 3 ml de tampon de solubilisation à l'aide d'un Ultraturax puis traités comme décrit précédemment (Dupont *et al.*, 1998). Les protéines des surnageants ont été dosées par la méthode de Bradford avec un réactif Bio-Rad (Bradford, 1976) en utilisant l'albumine sérique bovine comme protéine étalon

#### *Détection immunologique (Western blot)*

La présence de protéine de type glucokinase dans le foie de poulet et de canard a été mise en évidence par Western blot. Pour cela, les protéines solubilisées (dénaturées à  $100^{\circ}\text{C}$  dans du tampon de Laemmli contenant du dithiothréitol, DTT, 80 mM) ont été séparées par électrophorèse sur gel de polyacrylamide (12 %, SDS-PAGE) puis transférées sur une membrane de nitrocellulose par électrotransfert (100 Volts, 90 min). Après incubations successives de la membrane avec un anticorps de lapin dirigé spécifiquement contre la glucokinase humaine (Santa Cruz, Biotechnology, CA.) et un anticorps secondaire anti-IgG de lapin couplé à la peroxydase, les bandes spécifiques ont été révélées par chemiluminescence à l'aide du réactif ECL (Enhanced Chemiluminescence Amersham, France).

## 2. Résultats

### 2.1. Identification de séquences aviaires de type GK

Les séquences de l'ADNc de la GK hépatique de l'homme, de la souris, de la truite et de la daurade ont été comparées pour déterminer les régions les plus conservées entre ces espèces : les séquences les plus conservées s'étendent de l'exon 5 à l'exon 7. Des amorces de PCR ont été choisies dans ces régions. Elles ont permis d'amplifier par RT-PCR un fragment d'ADNc de 230 paires de bases à partir des ARN totaux de foie de poulet et de canard (Figure 1). Ces fragments ont été purifiés, clonés et séquencés. Les séquences nucléotidiques des deux espèces aviaires obtenues présentent 82 à 88% d'homologie avec les séquences correspondantes de glucokinase de mammifères et de poissons. Ceci a permis de caractériser le fragment d'ADNc comme le cDNA partiel de la glucokinase aviaire.

Pour les deux oiseaux, la séquence du fragment est plus proche de celle des mammifères que des espèces appartenant à d'autres classes.

### 2.2. Détection d'une protéine homologue de la glucokinase dans les foies de poulet et de canard

L'anticorps utilisé pour le Western blot reconnaît dans les homogénats protéiques de foie de poulet, de canard et de rat une protéine de même poids moléculaire (50 kDa) que la glucokinase de mammifère (Figure 3). La spécificité de la réaction est confirmée par la mise en évidence d'un effet proportionnel à la dose de protéine hépatique appliquée sur la membrane.

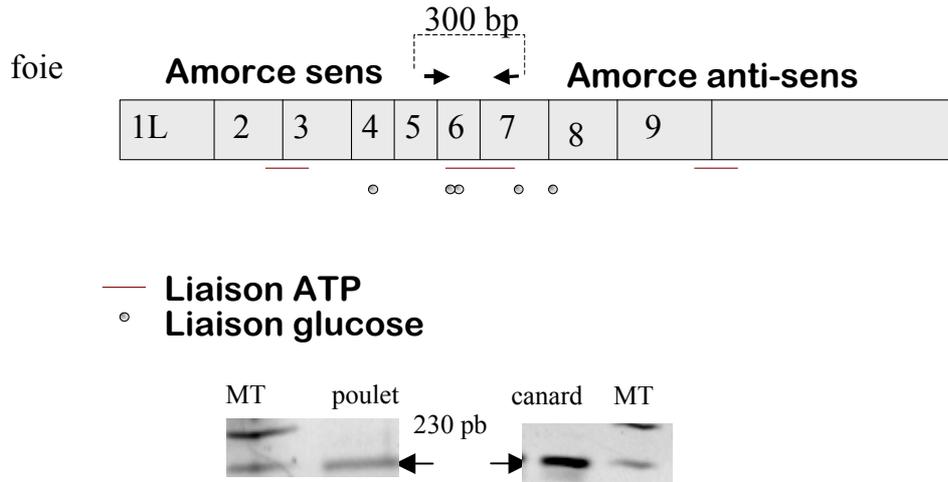
## Conclusion

Dans le présent travail, nous démontrons pour la première fois l'existence d'une protéine homologue à la glucokinase de mammifère dans le foie de poulet et celui de canard. La caractérisation du gène de la glucokinase dans le foie de poulet et de canard apporte un argument décisif démontrant l'existence de l'enzyme chez les oiseaux. Le cDNA partiel obtenu est un outil important pour poursuivre les investigations concernant la régulation du métabolisme glucidique des oiseaux et comprendre en particulier les mécanismes qui orientent l'utilisation hépatique du glucose vers la synthèse du glycogène et/ou d'acides gras. Actuellement, nous recherchons s'il existe des relations entre le niveau d'expression de la glucokinase, l'activité de l'enzyme et l'état nutritionnel des animaux.

## Références bibliographiques

- Altschul SF, Madden TL, Schaffer AA, Zhang J, Zhang Z, Miller W, Lipman DJ. *Nucleic Acids Res.* 1990;18(12):3413-34. Review.
- Cardenas ML, Cornish-Bowden A, Ureta T. *Biochim Biophys Acta.* 1998;1401(3):242-64. Review.
- Chomczynsky P, Sacchi N. *Analytical Biochem.* 1987;162:156-159.
- Corpet F. *Nucl. Acids Res.* 1988; 16 (22); 10881-10890.
- Girard J., Ferré P. and Foufelle F. *Ann. Rev. Nutr.* 1997, 17, 325-352.
- Higgins DG, Sharp PM. *Comput Appl Biosci.* 1989;5(2):151-3.
- Inedjian PB. *Biochem J.* 1993;293:1-13.
- Kahn A. C.R. Soc. Biol. 1998, 192, 813-827.
- Lemaire FP, Rousseau GG. *Biochem. J.* 1994, 303, 1-14.
- Matschinski FM. *Diabetes.* 1996;223-241.
- Matsuda T, Noguchi T, Yamada K. *J Biochem* 1990; 108 :778-784.
- Myers MR, Klasing KC. *J Nutr.* 1999;129(10):1896-904.
- Rideau N. *Ann N Y Acad Sci.* 1998 ;839:162-5. Review.
- Rideau N., 1997, 2èmes Journées de la Recherche Avicole; Tours (FRA) 1997/04/0/-10, Vol.1; 107-110. ITAVI, Paris (FRA).
- Stanley JC, Dohm GL, McManus BS, Newsholme EA. *Biochem J.* 1984;224(2):667-71.

**FIGURE 1:** Représentation schématique des ARNm de la glucokinase dans le foie et le pancréas de mammifère. Les flèches montrent les positions des amorces choisies pour la PCR. Ces amorces ont permis l'amplification d'un fragment de 230 paires de base (pb) visualisé sur un gel d'agarose 1% coloré au Vistrat green® (MT = marqueur de taille)



**FIGURE 2:** Comparaison des séquences nucléiques partielles de la GK aviaire avec celle d'autres espèces. (a) alignement obtenu avec le logiciel Clustal W (P, poulet; C, canard; H, homme; S, souris; R, rat; T, truite; D, daurade, dans l'ordre). La séquence U représente une séquence consensus déduite d'après les degrés d'identités entre les séquences («.» ≥20% «:» ≥40% «+» ≥60% «\*» ≥80% et le caractère lui-même s'il est identique pour l'ensemble des séquences). Les régions surlignées sont les zones où les séquences de l'ensemble des espèces sont identiques. (b) pourcentages d'identités entre les séquences nucléotidiques des espèces comparées (calculées par le logiciel BLASTn).

(a)

```

P GAGGGGACTTCGAGATGGAGCTGGTGGCCATGGTGAACGACACCGTCGCCACCATGATCTCCTGCTACTACGAGGACCACCGCCGGAGSTCGGCATGATCGTGGGACGGGCTGCAACG 120
C GAGGGGACTTCGAGATGGAGCTGGTGGCCATGGTGAACGACACCGTCGCCACCATGATCTCCTGCTACTACGAGGACCACCGCCGGAGSTCGGCATGATCGTGGGACGGGCTGCAACG 120
H GAGGGGACTTTGAAATGGATGTGGTGGCAATGGTGAATGACACGGTGGCCACGATGATCTCCTGCTACTACGAGGACCACCGCCGGAGSTCGGCATGATCGTGGGACGGGCTGCAATG 120
S GAGGGGACTTTGAGATGGATGTGGTGGCAATGGTGAATGACACGGTGGCCACGATGATCTCCTGCTACTATGAAGACCGCAATGTGAGSTCGGCATGATCGTGGGACGGGCTGCAACG 120
R GAGGGGACTTTGAGATGGATGTGGTGGCAATGGTGAACGACACAGTGGCCACAATGATCTCCTGCTACTATGAAGACCGCAATGTGAGSTCGGCATGATCGTGGGACGGGCTGCAATG 120
T GAGGGGACTTTGAGATGGAGCTCGTGGTGGCCATGGTGAACGATACAGTTGCCACCATGATATCTGTTACTATGAGGACCGCAGCTCGGAAGTGGGAATGATTTGGGTACTGGGTGTAACG 120
D GAGGGGACTTCGAGATGGATGTGGTGGCCATGGTGAACGACACAGTAGCCACCATGATTTCTGCTATTATGAAGATCGCAGCTGTGAAGTGGGATGATTTGGTACTGGTGTAAATG 120
U GAGGGGACTT : GA *ATGGA : GT *GT +GC : ATGGTGAA +GA *AC : GT : GCCAC : ATGAT +TCCTG *TA *TA : GA : GA *C : * : : *G : GA +GT *GG +ATGAT : GT *GG : AC : GG +TG +AA : G
    
```

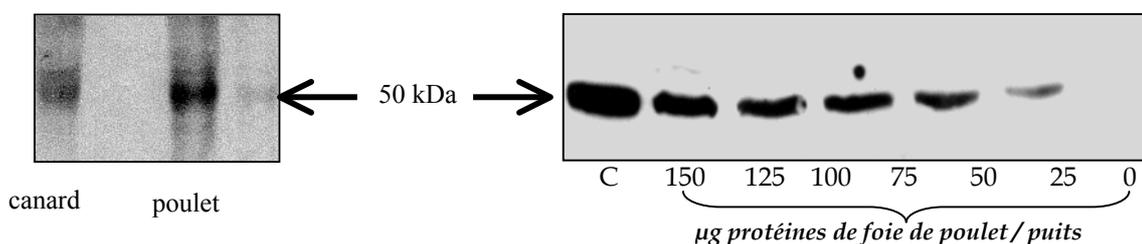
(b)

```

P CCTGTTACATGGAGGAGATGCACAACCTGGAGCTGGTGGAGGGCGACGAGGGCCGCATGT -GTGTGAACACGGAGTGG--GGCGCATTGGG-GCGTCGGGGG-----AGCTGGA--CGAGTT 232
C TCTGTTACATGGAGGAGATGCACAACCTGGAGCTGGTGGAGGGCGACGAGGGCCGCATGT -GTGTGAACACGGAA-AG--GGCGAATTCACACACATGGCGCCGTTACTAG-TGGATCCGAGCT 230
H CCTGCTACATGGAGGAGATGCAGAATGTGGAGCTGGTGGAGGGGACGAGGGCCGCATGT -GCGTCAATACCGAGTGG--GGCGCTTCGGGACTCCGGCG-----AGCTGGA--CGAGTT 226
S CCTGCTACATGGAGGAGATGCAGAATGTGGAGCTGGTGGAGGGCGATGAGGGGCGCATGT -GTGTCAACACAGAGTGG--GGCGCTTCGGGAACTCCGGTG-----AGCTGGA--CGAGTT 232
R CCTGCTACATGGAGGAAATGCAGAATGTGGAGCTGGTGGAGGGGATGAGGGACGCATGT -GCGTCAACACGGAGTGG--GGCGCTTCGGGAACTCCGGCG-----AGCTGGA--TGAGTT 232
T CTTGCTACATGGAGGAGATGCGGACAGTGGAGCTGGTGGAGGGGAGAGGGGAGGATGT -GTGTGAACACAGAGTGG--GGCGCTTTGG-----AGCTGGA--TGAGTT 208
D CGTGTTACATGGAGGAGATGAGGACCGTGGAGCTGGTGAAGGGCGAGGAGGGCCGCATGTCTGTTA-CATGGAGGAGATGAGGACCGTGGAGCTGGTAGAAGGGCGAGGAGGGCCGGAT----GT- 240
U *+TG : TACATGGAGGA *ATG *++A+ : GTGGAGCTGGT *GA : GG : GA : GAGGG : *G+ G+GT : A**A* : GA**+G G*+G+*** : ** : : : : : : : . . ***** : +****
    
```

GK	Homme	Souris	Daurade	Xénope
Poulet	87%	86%	83%	85%
Canard	87%	85%	83%	84%

**FIGURE 3 :** Caractérisation de la glucokinase dans le foie de poulet et de canard par Western blot. (a) Protéines de foie de canard et protéines de foie de poulets. (b) Effet de la quantité de protéines de foie de poulet déposées. C : contrôle positif (extraits protéiques de foie de rat, Santa Cruz)



a

b

# VALEUR ALIMENTAIRE ET UTILISATION DE DIFFERENTS TYPES DE FEVEROLES CHEZ LE POULET ET LE COQ ADULTE

Métayer Jean Paul<sup>1</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>1</sup>, Skiba Fabien<sup>2</sup>, Crépon Katell<sup>3</sup>,  
Bouvarel Isabelle<sup>4</sup>, Marget Pascal<sup>5</sup>, Duc Gérard<sup>5</sup>, Lessire Michel<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS-Institut du végétal, 91720 Boigneville, <sup>2</sup> ARVALIS-Institut du végétal, Pouligne, 41100 Villers-Bois

<sup>3</sup> UNIP, 12 avenue George V, 75008 Paris, <sup>4</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris

<sup>5</sup> Laboratoire des légumineuses URGAP-INRA BP 86510, 21065 Dijon cedex

<sup>6</sup> INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

## Résumé

La valeur alimentaire de 3 variétés de féveroles, Gloria (sans tannins et avec vicine-convicine), Divine (avec tannins et faible teneur en vicine-convicine) et EE0T0V (sans tannins et faible teneur en vicine-convicine, dite double zéro) a été mesurée et comparée à un lot de pois Athos, chez le poulet de chair et le coq adulte. Les variétés Gloria et Divine ont ensuite été testées dans des aliments sans soja et présentés en granulés, en comparaison avec un aliment témoin contenant du tourteau de soja. Les performances ont alors été mesurées sur des poulets de type intermédiaire de 1 à 56 jours.

L'EMAn des 3 lots de féveroles est respectivement de 2855, 2945 et 3040 kcal/kg MS pour Gloria, Divine et EE0T0V chez le poulet et de 2895, 2815 et 3005 kcal/kg MS chez le coq adulte. La digestibilité apparente des protéines de Divine est inférieure chez le poulet et le coq confirmant l'effet négatif des tannins sur ce critère. La digestibilité de l'amidon est élevée et homogène entre les féveroles, que ce soit chez le poulet ou le coq (97.3%).

Les performances de croissance obtenues avec les aliments à base de Gloria ou Divine sont au moins équivalentes à celles obtenues avec les aliments contenant du soja. D'autre part, on observe peu de différence entre les aliments à base de féverole colorée avec tannins ou de féverole blanche sans tannins.

## Introduction

Les volailles présentent des besoins importants en protéines dans leur alimentation. Aussi, la France importe chaque année plus de 3 millions de tonnes de tourteau de soja incorporés en partie dans les aliments volailles. La question se pose de savoir comment s'affranchir du tourteau de soja dans l'alimentation des volailles. La féverole, matière première produite en France, peut partiellement se substituer au tourteau de soja mais peu de références sur la valeur énergétique mesurée chez le jeune poulet sont disponibles sur la féverole. Nous avons donc souhaité mesurer la valeur énergétique ainsi que la digestibilité de l'amidon et des protéines de 3 lots de féveroles contrastés par leurs teneurs en facteurs antinutritionnels (FAN), chez le poulet de chair et le coq adulte, ceci en comparaison à un lot de pois.

Les performances de croissance obtenues avec des aliments à base de féverole blanche ou de féverole colorée ont ensuite été mesurées chez des poulets de type intermédiaire (souche JA957 issue du croisement de souches standard et label) élevés jusqu'à 56 jours.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Valeur alimentaire

La valeur alimentaire de 3 lots de féveroles et d'un lot de pois a été étudiée. Deux lots sont des variétés de printemps cultivées en France : Gloria variété à fleurs blanches (sans tannins) avec vicine-convicine (T-V+) et Divine variété à fleurs colorées (avec tannins) à faible teneur en vicine-convicine (T+V-). Le 3ème lot EE0T0V est un génotype expérimental produit par l'INRA, de printemps, à fleurs blanches (sans tannins) et à faible teneur en vicine-convicine (T-V-). Le lot de pois est de variété Athos, pois lisse de printemps à fleurs blanches.

Pour les mesures de digestibilité sur poulets et coqs, 2 types d'aliments ont été fabriqués : un aliment témoin, constitué de 95,6 % d'aliment dit complémentaire (composé de 31,9% de maïs, 31,0% de tourteau de soja 48, 29,9% de blé et 2,8% d'huile de soja) et 4,4 % de prémix (mélange minéral, vitaminique et acides aminés). Les aliments contenant un des protéagineux à étudier sont constitués de 50,0% de celui-ci, 45,6% de complémentaire et de 4,4% de prémix. Toutes les matières premières sont broyées à l'aide d'un broyeur à marteaux FAO type TITAN 2000 (3000 tr/min, 64m.s-1) à la grille de diamètre 2 mm. Les aliments sont ensuite granulés à la vapeur à l'aide d'une presse La Meccanica, type CLM200, filière de 2,5 mm x 35

mm. La valeur alimentaire du pois et des fèves a été calculée par différence avec celle de l'aliment témoin.

L'essai chez le poulet de chair a été réalisé avec des animaux mâles Vedette ISA JV15 (10 répétitions de 2 animaux par aliment). Le bilan digestif a été effectué de J20 à J24 (17 heures de jeûne, 55 heures d'alimentation à volonté, 17 heures de jeûne) avec une collecte journalière des excréta lors des 72 dernières heures.

L'essai chez le coq adulte a été réalisé avec des coqs intacts de souche ISA BROWN (10 répétitions par aliment). Le bilan digestif (24 heures de jeûne, 48 heures d'alimentation à volonté, 24 heures de jeûne) a été réalisé avec une collecte journalière des excréta lors des 72 dernières heures.

La correction de l'EMA en EMAN a été effectuée à partir de la rétention azotée (N ingéré moins N excrété) pendant le bilan digestif. La teneur en énergie brute des aliments et des excréta a été déterminée à l'aide d'un calorimètre isopéribole.

Les mesures de digestibilité de l'amidon (méthode enzymatique NF V 18-121) et des protéines (méthode de Terpstra et De Hart, 1974) ont été effectuées sur des regroupements des excréta d'un même traitement.

## 1.2. Performances de croissance

Dans l'essai de croissance chez le poulet, 2 variétés ont été étudiées : Gloria et Divine. Ces aliments ont été comparés à des aliments témoins "avec soja" et sans féverole. La composition des aliments figure dans le Tableau 3. Les aliments "avec soja" ou à base de féverole blanche ont été formulés de façon à être isoprotéiques, iso-acides aminés totaux et isoénergétiques (MAT = 21,5, 19,5 et 17,5% et EMAN = 2850, 2950 et 3000 kcal/kg respectivement en démarrage, croissance et finition). La formulation a été réalisée sur la base de l'EMAN mesurée sur coqs. La composition des aliments à base de féverole est isocentésimale (substitution de la féverole blanche par de la féverole colorée). Ils contiennent respectivement 25%, 20%, 25% de fèves pour les aliments démarrage, croissance et finition. Ils sont présentés en granulés de diamètre 2,5 mm. L'essai a été réalisé sur des poulets mâles de type intermédiaire JA 957 placés en cage (48 répétitions de 1 poulet par aliment). Ils ont reçu les aliments démarrage de J1 à J14, les aliments croissance de J15 à J35 et les aliments finition de J36 à J56.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Composition chimique des fèves et du pois

La composition chimique des 3 fèves et du pois est présentée dans le Tableau 1.

Les caractéristiques chimiques des fèves diffèrent par leurs teneurs en protéines (N x 6.25) et en amidon.

Le lot EE0T0V, a une teneur en protéines inférieure de 35 g/kg MS et une teneur en amidon supérieure de 44 g/kg MS aux 2 autres lots (Gloria et Divine). La teneur en parois insolubles dans l'eau du lot EE0T0V est légèrement inférieure à celles des 2 autres lots (166,9 vs 172,5 g/kg MS) confirmant les résultats de Duc et al. (1999). Par ailleurs, les fèves diffèrent fortement par leurs teneurs en tannins et en vicine-convicine, conformément à leur structure génétique.

Le lot de pois a une teneur en protéines nettement plus faible que celle des 3 lots de fèves (256,8 vs 322,3 g/kg MS) et inversement une teneur en amidon plus élevée (511,0 vs 414,1 g/kg MS).

### 2.2. Valeur alimentaire des fèves et du pois

La valeur alimentaire des 3 lots de féverole et du lot de pois obtenue chez le poulet et chez le coq adulte figure dans le Tableau 2.

Chez le poulet, l'EMAN de la féverole Divine (2945 kcal/kg MS), est supérieure aux valeurs citées par Lacassagne et al. (1988) et Sauvant et al. (2002) pour des fèves colorées : respectivement 2760 et 2775 kcal/kg MS dans des aliments présentés en granulés. L'EMAN des fèves Gloria et EE0T0V (respectivement 2855 et 3040 kcal/kg MS) est supérieure à celle citée par Lacassagne et al. (1988) mais proche de celle citée par Sauvant et al. (2002) pour des fèves blanches (respectivement 2850 et 2985 kcal/kg MS). Les 3 lots de fèves testés dans cet essai ont des EMAN significativement différentes les unes des autres (P<0.001). Gloria présente l'EMAN la plus faible et EE0T0V l'EMAN la plus élevée. La valeur énergétique du lot Divine est intermédiaire à celles des 2 autres lots. La plus faible valeur EMAN du lot Gloria est peut être liée à la présence de vicine-convicine et la valeur inférieure de Divine par rapport à EE0T0V est peut être liée à la présence de tannins. La valeur énergétique du pois obtenue dans cet essai chez le poulet est supérieure à celle des 3 lots de féverole (3205 vs 2945 kcal/kg MS), ainsi qu'à la valeur moyenne observée sur 39 lots de pois (2935 kcal/kg MS) par Barrier-Guillot et al. (1999).

Ces résultats nous montrent que les FAN présents chez certaines variétés de fèves (tannins et vicine-convicine) peuvent avoir un effet négatif sur la valeur énergétique des fèves chez le poulet de chair. En effet, le lot EE0T0V, dépourvu des FAN connus, conduit à l'EMAN la plus élevée. Ces résultats confirment ceux observés par Grosjean et al. (2000) avec la même variété chez le coq adulte.

La digestibilité apparente des protéines des fèves à fleurs blanches est supérieure à celle de la féverole à fleurs colorées (90,0 vs 82,6%). Ces résultats confirment la plus forte digestibilité des protéines des fèves à fleurs blanches observée par Lacassagne et al. (1988) chez le poulet et par Grosjean et al. (2000) chez le coq adulte. La digestibilité des protéines des 2

lots de fèves à fleurs blanches est même supérieure à celle du pois (90,0 vs 86,3%).

La digestibilité de l'amidon est élevée (digestibilité presque complète) et homogène entre les fèves et le pois. On peut noter une digestibilité de l'amidon légèrement plus faible pour le lot Gloria qui peut peut-être expliquer en partie sa plus faible EMAn.

Chez le coq adulte, l'EMAn de Divine (2815 kcal/kg MS), est proche de celle rapportée par Sauvant et al. (2002) qui mentionnent pour des fèves avec tannins et présentées en granulés, une EMAn de 2830 kcal/kg MS. Les EMAn de Gloria et EE0T0V (2895 et 3005 kcal/kg MS) sont supérieures à celles de Divine mais inférieures à celle citée par Sauvant et al. (2002) pour des fèves blanches (3055 kcal/kg MS). Les 3 lots de fèves testés dans cet essai ont des EMAn significativement différentes les unes des autres ( $P < 0,001$ ). Ainsi, Divine présente l'EMAn la plus faible et EE0T0V la plus élevée (respectivement 2815 vs 3005 kcal/kg MS). Ces résultats montrent l'effet négatif important des tannins sur la valeur énergétique de la fève chez le coq adulte et confirment ceux rapportés dans la synthèse de Carré (1997). La valeur énergétique du lot Gloria est intermédiaire à celles des 2 autres lots (2895 kcal/kg MS). La valeur énergétique du pois Athos obtenue dans cette étude, chez le coq adulte, est supérieure à celles des 3 lots de fève. Toutefois, l'écart est fortement réduit avec le lot EE0T0V sans tannins et faible en vicine-convicine.

Ces résultats confirment ceux publiés par Grosjean et al. (2000) qui montrent que les génotypes sans tannins ont une EMA légèrement plus élevée que les génotypes avec tannins et que la fève EE0T0V avec le génotype EE, sans tannins et faible en vicine-convicine présente la meilleure valeur énergétique.

### 2.3. Performances de croissance

Les performances de croissance obtenues avec les poulets figurent dans le Tableau 4.

Sur la période démarrage (1-14j), les aliments à base de fèves ont été légèrement plus consommés que l'aliment témoin à base de tourteau de soja. Le gain de poids quotidien le plus élevé est obtenu avec l'aliment à base de fève colorée faible en vicine-convicine et le plus faible avec l'aliment à base de soja ( $P < 0,05$ ). L'indice de consommation obtenu avec l'aliment à base de fève colorée est amélioré de 4,9% ( $P < 0,001$ ).

Sur la période croissance (15-35j), on n'observe pas de différence significative de la consommation et du gain de poids entre les traitements. Toutefois, on peut noter un gain de poids légèrement plus élevé avec les aliments à base de fèves. L'indice de consommation obtenu avec ces aliments est amélioré de 4,6% ( $P < 0,001$ ).

Sur la période finition (36-56j), on n'observe pas de différence importante entre les traitements, que ce soit

pour la consommation ou le gain de poids. Toutefois, l'indice de consommation obtenu avec l'aliment à base de fève colorée est légèrement plus élevé (2,36 vs 2,30).

Sur la période totale (1-56j), les performances des poulets alimentés avec les aliments à base de fèves blanches ou colorées, sont comparables à celles obtenues avec l'aliment à base de tourteau de soja.

Des mesures de valeur énergétique des aliments au cours des 3 périodes de l'essai croissance ont montré des valeurs EMAn des aliments à base de fève colorée légèrement supérieures à celles des aliments à base de fève blanche (respectivement +30, +35 et +25 kcal/kg MS en démarrage croissance et finition) Ceci corrobore les différences de valeurs EMAn mesurées chez le poulet en 4<sup>ème</sup> semaine d'âge.

### Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que la valeur énergétique de la fève, même sans tannins et faible en vicine-convicine, reste inférieure à celle du pois. D'autre part, chez la fève, ces résultats confirment l'effet bénéfique de l'absence de ces FAN sur la valeur énergétique.

L'utilisation de 20 à 25% de fèves blanches ou colorées comme source principale de protéines dans des aliments pour poulets de type intermédiaire permet des performances comparables à celles obtenues avec du tourteau de soja.

En conclusion, d'après les résultats de cet essai, l'utilisation d'aliments sans soja chez les volailles semble donc techniquement possible. La fève peut donc remplacer une partie du tourteau de soja importé, surtout lorsqu'elle a été sélectionnée pour ne plus présenter de facteurs antinutritionnels.

### Références bibliographiques

- Barrier-Guillot B., Grosjean F., Métayer J.P., Beaux M.F., Carrouée B., 1999. 3èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 23-25 mars 1999, 101-104.
- Carré B., 1997. 2èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 8-10 avril 1997, 27-32.
- Duc G., Marget P., Esnault R., Le Guen J., Bastianelli D., 1999. Journal of Agricultural Sci., 133, 185-196.
- Grosjean F., Bourdillon A., Rudeaux F., Bastianelli D., Peyronnet C., Duc G., Lacassagne L., 2000. Sciences et Techniques Avicoles, 32, 17-23.
- Lacassagne L., Francesch M., Carré B., Melcion J.P., 1988. Anim. Feed Sci. and Technol., 20, 59-68.
- Savant D., Perez J.M., Tran G., 2002. In : Tables de comp. et de valeur nutritive des mat. prem. destinées aux anim. d'élevage. INRA Ed., 304p.

**TABLEAU 1 : Caractéristiques chimiques du pois et des féveroles (g ou kcal/kg MS)**

Variété	Pois	Gloria	Divine	EE0T0V
Type	Athos	T-V+	T+V-	T-V-
Matières azotées totales	256,8	337,8	330,5	298,5
Cellulose brute	64,3	86,8	87,6	81,5
Parois insolubles	153,3	171,8	173,2	166,9
Amidon Ewers	511,0	408,0	391,0	443,2
Sucres totaux	51,2	38,6	34,9	35,3
Matières minérales	34,0	37,1	37,7	39,3
Matières grasses brutes	10,7	9,8	11,0	12,0
Energie brute	4490	4456	4475	4460
Tannins condensés	-	0,0	6,6	0,0
Vicine	-	3,8	0,4	0,3
Convicine	-	2,0	0,1	0,0

**TABLEAU 2 : Valeur alimentaire du pois et des féveroles chez le poulet de chair et le coq adulte (% ou kcal/kg MS)**

Poulet	Pois				Féverole				Coq adulte	Pois				Féverole			
	Athos	Gloria	Divine	EE0T0V	Athos	Gloria	Divine	EE0T0V		Athos	Gloria	Divine	EE0T0V	Athos	Gloria	Divine	EE0T0V
EMAn	3205 a	2855 d	2945 c	3040 b	3095 a	2895 c	2815 d	3005 b	EMAn	3095 a	2895 c	2815 d	3005 b	3095 a	2895 c	2815 d	3005 b
Dig. apparente protéines	86,3	90,6	82,6	89,3	87,1	90,6	81,4	89,0	Dig. apparente protéines	87,1	90,6	81,4	89,0	87,1	90,6	81,4	89,0
Dig. amidon	97,9	95,4	97,6	97,5	97,9	96,9	98,0	98,5	Dig. amidon	97,9	96,9	98,0	98,5	97,9	96,9	98,0	98,5

ETR de l'EMAn = 79 kcal/kg MS

ETR de l'EMAn = 75 kcal/kg MS

**TABLEAU 3 : Composition des aliments de l'essai de croissance (%)**

ALIMENT	D1	D2	D3	C1	C2	C3	F1	F2	F3
Blé Trémie	25.00	25.00	25.00	40.00	32.87	32.87	51.63	38.28	38.28
Maïs	26.71	15.00	15.00	14.66	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Pois Athos	10.00	8.00	8.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.00	8.00
Féverole Gloria	-	25.00	-	-	20.00	-	-	25.00	-
Féverole Divine	-	-	25.00	-	-	20.00	-	-	25.00
Tourteau soja 48	12.47	-	-	10.80	-	-	8.28	-	-
Tourteau colza	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	3.00	2.47	2.47
Tourteau tournesol	6.00	6.48	6.48	5.00	5.74	5.74	4.00	4.00	4.00
Gluten 60 maïs	7.90	7.54	7.54	5.64	5.22	5.22	4.65	2.34	2.34
Huile de palme	-	-	-	1.92	3.00	3.00	1.59	3.00	3.00
Huile de soja	2.58	3.46	3.46	2.83	2.90	2.90	2.96	2.90	2.90
AMV	4.34	4.52	4.52	4.15	4.27	4.27	3.89	4.01	4.01

**TABLEAU 4 : Performances de croissance des poulets**

	Témoin	Féverole		Proba Sous H0	ETR
	Avec soja	Gloria	Divine		
		T-V+	T+V-		
<b>Démarrage 1-15 j</b>					
Poids J15 (g)	332 b	344 ab	353 a	< 0,05	39
Consommation (g)	416	427	427	NS	51
I. C.	1,44 a	1,41 a	1,37 b	< 0,001	0.07
<b>Croissance 15-36 j</b>					
Poids J36 (g)	1486	1524	1551	NS	143
Consommation (g)	2077	2053	2068	NS	215
I. C.	1,81 a	1,74 b	1,72 b	< 0,001	0.10
<b>Finition 36-56 j</b>					
Poids J56 (g)	2961	2901	2942	NS	257
Consommation (g)	3326	3154	3239	NS	386
I. C.	2,30	2,30	2,36	NS	0.19
<b>Période totale 1-56 j</b>					
GMQ (g/j)	52.1	51.1	51.8	NS	4.6
Consommation (g)	5844	5635	5716	NS	565
I. C.	2,00	1,97	1,98	NS	0.09

## Remerciements

Les auteurs remercient l'ONIOL pour sa participation au financement de cette étude et les équipes techniques de ARVALIS – Institut du végétal pour la réalisation de ces essais.

# INFLUENCE DU PRÉLÈVEMENT DU CONTENU DE DIFFÉRENTES PARTIES DE L'ILEON SUR LES VALEURS DE DIGESTIBILITÉ ILÉALE APPARENTE CHEZ LE POULET DE CHAIR

Jallier Vincent, Buecheler Gaëlle, Aureli Raffaella et Klünter Anna-Maria

Roche Vitamines France, Centre de Recherche en Nutrition Animale (CRNA)  
B.P. 170, 68305 Saint-Louis Cedex

## Résumé

L'objectif de cette étude a été de déterminer l'influence de la partie d'iléon prélevée sur les valeurs de digestibilités iléales apparentes de différents nutriments obtenues chez le poulet de chair. Des animaux ont été élevés en cages pendant 3 semaines avec un aliment expérimental contenant de l'oxyde de titane comme marqueur indigestible. Pour la moitié des animaux, le contenu iléal total (partie comprise entre le diverticule de Meckel et 2 cm en amont de la jonction iléo-caecale) a été récolté. Pour l'autre moitié, les parties terminales (entre 17 et 2 cm en amont de la jonction iléo-caecale) et proximales (partie restante de l'iléon) ont été prélevées distinctement. Les digestibilités iléales apparentes des protéines, de la graisse, de l'énergie, du calcium et du phosphore ont été déterminées dans les 3 cas. Les résultats montrent qu'en fonction de la partie iléale considérée, les valeurs de digestibilités iléales apparentes obtenues pour les protéines, la graisse et l'énergie semblent être significativement modifiées.

## Introduction

La digestibilité iléale représente une cible de choix pour caractériser la digestion enzymatique d'un aliment chez les animaux monogastriques comme les volailles. En effet, la digestibilité basée sur la quantité de nutriments retrouvés à ce niveau implique que les nutriments digestibles sont largement absorbés en amont et que la fermentation caecale en aval n'a pas encore eu lieu.

En raison de différents facteurs comme par exemple la composition de l'aliment (Ravindran et al., 1999), les valeurs de digestibilités basées sur l'excréta peuvent varier plus ou moins significativement en comparaison avec celles basées sur le contenu de l'iléon. D'une manière générale, il semble exister une différence significative entre la digestibilité iléale et totale apparente pour certains nutriments comme par exemple les protéines (Ten Doeschate et al., 1993) ou la graisse (Ajuyah et al., 1996).

N'étant pas soumise à l'influence de la fermentation caecale ou à la sécrétion d'acide urique, la détermination de la digestibilité d'un nutriment basée sur le contenu iléal présente certains avantages par rapport à celle basée sur l'excréta.

Bien que considérée comme faible, l'absorption peut se poursuivre au niveau de l'iléon et ainsi influencer la valeur de digestibilité iléale apparente déterminée pour un nutriment. Dans ce cas, si un nutriment a atteint son seuil maximal d'absorption à la fin du jéjunum, quelle que soit la partie d'iléon considérée, sa valeur de digestibilité iléale apparente restera constante. En revanche, si il existe une absorption dudit nutriment le long de l'iléon comme c'est le cas

pour les acides aminés (Webb, 1990), la valeur de digestibilité iléale apparente sera fonction de la partie d'iléon considérée. Les méthodes utilisées pour déterminer la digestibilité iléale ne sont pas toujours standardisées quant à la partie d'iléon à considérer.

L'objectif du présent travail a donc été d'étudier l'influence de la méthodologie de prélèvement du contenu de différentes parties de l'iléon sur les valeurs de digestibilités iléales apparentes chez le poulet de chair de plusieurs nutriments (protéines, graisse, calcium et phosphore) et de l'énergie.

## 1. Matériels et méthodes

Un essai d'une durée de 3 semaines a été réalisé sur des poussins femelles (Ross PM3). Les animaux ont été élevés en salle climatisée dans des batteries de cages disposant d'un plancher grillagé. L'aliment et l'eau ont été administrés de façon *ad libitum*. Après huit jours d'élevage, les poussins ont été classés en fonction de leurs poids puis répartis en cage par groupes de 6 animaux (30 cages au total).

Les aliments expérimentaux à base de maïs (20 %), d'amidon de maïs (30.6 %) et de soja 44 (40.3 %) ont été formulés afin d'atteindre 20.5 % de protéines et une énergie métabolisable apparente (AME) de 12.4 MJ / kg. Pour déterminer la digestibilité iléale apparente des différents nutriments et de l'énergie, un marqueur indigestible (oxyde de titane, TiO<sub>2</sub>) a été introduit dans l'aliment à une teneur de 0.1 %.

Après 3 semaines (J29), les animaux ont été sacrifiés et les contenus iléaux prélevés de la façon suivante :

pour 15 cages, la partie d'intestin comprise entre le diverticule de Meckel et 2 cm en amont de la jonction iléo-caecale a été sectionnée, vidée puis aliquotée (1 échantillon par cage). Pour les 15 autres cages, les parties terminales (entre 17 et 2 cm en amont de la jonction iléo-caecale) et proximales (partie restante) de l'iléon ont été sectionnées, vidées et aliquotées distinctement (2 échantillons par cage). Les différents échantillons ont ensuite été congelés à  $-20^{\circ}\text{C}$  puis lyophilisés en vue des différents dosages.

Après estimation de la teneur en matière sèche et en cendres des différents échantillons lyophilisés, leurs teneurs en protéines ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl, en graisse par chromatographie en phase gazeuse après saponification, en calcium et en titane par spectrométrie d'absorption atomique, en phosphore par méthode colorimétrique et en énergie par calorimétrie. L'aliment distribué au cours de l'expérience a été caractérisé de la même manière que les contenus iléaux. Grâce au rapport oxyde de titane présent dans l'aliment et oxyde de titane retrouvé dans le contenu iléal au moment du prélèvement, les valeurs de digestibilités iléales apparentes des différents nutriments et de l'énergie ont pu être estimées.

$$\text{Digestibilité d'un nutriment X en \%} = 100 - 100 \times \left( \frac{[\text{TiO}_2 \text{ aliment}]}{[\text{TiO}_2 \text{ contenu iléal}]} \right) \times \left( \frac{[\text{X contenu iléal}]}{[\text{X aliment}]} \right)$$

où  $[\text{TiO}_2 \text{ aliment}]$  = concentration de l'aliment en titane (g / kg MS) ;  $[\text{TiO}_2 \text{ contenu iléal}]$  = concentration du contenu iléal en titane (g / kg MS) ;  $[\text{X aliment}]$  = concentration de l'aliment en nutriment X (g / kg MS) et  $[\text{X contenu iléal}]$  = concentration du contenu iléal en nutriment X (g / kg MS).

Le traitement statistique des résultats a été fait par analyse de variance à un facteur (F = méthode de prélèvement) pour les différentes valeurs de digestibilités iléales apparentes déterminées. Lorsqu'il a été démontré statistiquement que le facteur considéré avait une influence significative sur le paramètre mesuré ( $P < 0.05$ ), l'analyse de variance a été suivie du test de Newman – Keuls.

## 2. Résultats

La digestibilité iléale apparente des protéines calculée sur la partie terminale de l'iléon est environ 10 % plus élevée que celle basée sur le contenu de la partie proximale (Tableau 1). De même la valeur de digestibilité iléale apparente calculée pour le contenu iléal entier est comprise entre celles déterminées pour la partie proximale et terminale et est numériquement

environ égale à la moyenne des deux. Les tests statistiques effectués ont montré que la méthodologie de prélèvement influence significativement les valeurs de digestibilités iléales apparentes obtenues. Cette observation rejoint les travaux de Kadim et Moughan (1997) qui ont proposé que, même si les valeurs de digestibilités ne varient pas significativement pour les 25 derniers centimètres de l'iléon, il est préférable de ne prendre en compte que les 15 derniers centimètres.

Les digestibilités iléales apparentes de la graisse et de l'énergie n'ont pas évolué dans le même sens que les protéines bien que, dans le cas de l'énergie, la différence entre les digestibilités iléales basées sur les parties terminales et proximales de l'iléon n'est que de 5 % (Tableau 1).

Dans le cas des minéraux considérés (calcium et phosphore), la partie iléale prise en compte n'a pas influencé les valeurs de digestibilités apparentes déterminées (Tableau 2).

En analysant le contenu de la partie terminale de l'iléon, les digestibilités iléales apparentes obtenues pour l'énergie, les protéines et la graisse sont significativement plus élevées que les valeurs obtenues pour l'iléon dans sa totalité. Etant donné que l'aliment était le même pour tous les animaux, il peut être avancé que la méthodologie de prélèvement a significativement influencé les valeurs de digestibilités iléales apparentes calculables.

Pour le calcium et le phosphore, les résultats indiquent que la méthode de prélèvement du contenu iléal n'a pas influencé les valeurs obtenues pour les digestibilités apparentes du calcium et du phosphore. Le système d'absorption de ces minéraux est dépendant d'un dérivé de la vitamine D<sub>3</sub>, le 1,25-dihydrocholecalciférol (Larbier et Leclercq, 1992), qui a apparemment permis à ceux-ci d'atteindre leur maximum d'absorption avant d'arriver à l'iléon.

## Conclusion

Les résultats de la présente étude indiquent qu'en fonction du nutriment considéré, la méthodologie de prélèvement a influencé les valeurs de digestibilité iléales apparentes.

Une méthode de prélèvement adaptée pour exprimer la digestibilité iléale des nutriments comme les protéines et la graisse, et de l'énergie consisterait à ne considérer que la partie terminale de l'iléon (par exemple les 15 derniers centimètres). Ces résultats prouvent ainsi l'intérêt de standardiser les méthodes de détermination de la digestibilité iléale.

## Références bibliographiques

- Ajuyah A. O., D. Balnave, E. F. Annison, 1996. Anim. Feed Sci. Tech. 62 : 131-139
- Kadim I. T. et P. J. Moughan, 1997. Br. Poult. Sci., 38 : 89-95
- Larbier M. et B. Leclercq, 1992. In : Nutrition and Feeding of poultry (Nottingham University Press) INRA, France, p 108-113
- Ravindran V., L. I. Hew, G. Ravindran, W. L. Bryden., 1999. Br. Poult. Sci., 40 : 266-274
- Ten Doeschate R. A. H. M., C. W. Scheele, V. V. A. M. Schreurs et J. D. Van der Klis, 1993. Br. Poult. Sci., 34 :131-146
- Webb K. E. J. Anim. Sci., 6 : 3011-3022

**TABLEAU 1** : Valeurs moyennes des digestibilités iléales apparentes des protéines, de la graisse et de l'énergie exprimées pour les différentes parties iléales prélevées à J29 chez des poules. Dans la même ligne, les valeurs suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes (P<0.05)

	Partie iléale prélevée		
	entier	proximale	terminale
Digestibilité iléale apparente des protéines en %	80.3 <sup>B</sup> ± 0.5	75.3 <sup>C</sup> ± 0.5	83.9 <sup>A</sup> ± 0.3
Digestibilité iléale apparente de la graisse en %	87.9 <sup>B</sup> ± 0.9	81.0 <sup>C</sup> ± 1.3	91.3 <sup>A</sup> ± 0.4
Digestibilité iléale apparente de l'énergie en %	76.3 <sup>B</sup> ± 0.5	74.1 <sup>C</sup> ± 0.8	79.5 <sup>A</sup> ± 0.2

**TABLEAU 2** : Valeurs moyennes des digestibilités iléales apparentes du calcium et du phosphore exprimées pour les différentes parties iléales prélevées à J29 chez des poules. Dans la même ligne, les valeurs suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes (P<0.05)

	Partie iléale prélevée		
	entier	proximale	terminale
Digestibilité iléale apparente du phosphore en %	50.8 <sup>A</sup> ± 1.8	49.4 <sup>A</sup> ± 0.2	50.1 <sup>A</sup> ± 2.2
Digestibilité iléale apparente du calcium en %	39.8 <sup>A</sup> ± 2.0	37.2 <sup>A</sup> ± 2.2	39.4 <sup>A</sup> ± 1.9

# CONSEQUENCES D'UNE SUPPLEMENTATION EN VITAMINE E ET EN SELENIUM SUR LES PARAMETRES DE FERTILITE CHEZ LA POULE

Brègue Christelle, Brillard Jean-Pierre

INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

## Résumé

Cette étude comparative a été réalisée pour étudier l'effet d'une supplémentation alimentaire en sélénium (Se), vitamine E ou bien Se + vitamine E sur les paramètres de fertilité (% F, durée de période fertile, spermatozoïdes périvitellins) chez des poules pondeuses en début (28-34 sem) ou en fin de saison de reproduction (65-70 sem). Chez les jeunes poules, aucune modification significative des paramètres de fertilité n'a pu être mise en évidence après 3 semaines de traitement quelque soit le régime étudié ( $p > 0,05$ ). Cependant, chez les poules âgées, une augmentation significative de ces paramètres a été observée dans les lots supplémentés en Se et /ou en vitamine E. Ces résultats indiquent un effet favorable d'une supplémentation alimentaire en Se et en vitamine E sur les paramètres de fertilité chez des poules en fin de ponte qui peut s'expliquer par de meilleures conditions de stockage des spermatozoïdes dans les glandes utéro-vaginales en liaison avec une amélioration de l'efficacité de leur potentiel anti-oxydant.

## Introduction

Chez les oiseaux, la durée de survie des spermatozoïdes féconds dans l'oviducte peut atteindre plusieurs semaines. Ce phénomène est dû à l'existence de deux sites de stockage prolongé dont le plus important se situe au niveau de la jonction utéro-vaginale (glandes utéro-vaginales). A ce jour, les relations entre ces glandes et leurs cellules-hôtes restent mal connues (Bakst *et al.*, 1994). Cependant, la survie de spermatozoïdes féconds ne semble pouvoir en partie s'expliquer que par la présence d'un système anti-oxydant puissant capable de maintenir l'intégrité membranaire des spermatozoïdes à l'intérieur des glandes (Surai *et al.*, 1998).

De récents travaux effectués dans notre laboratoire ont révélé l'existence d'un système anti-oxydant complexe au niveau de ces structures. Nous avons également pu démontrer chez des poules vierges que l'efficacité de ce système anti-oxydant diminue avec l'âge et qu'il est aussi modulable par voie alimentaire (Vitamine E données non encore publiées).

L'objectif de la présente étude était d'analyser les conséquences d'une supplémentation alimentaire en vitamine E et/ou en sélénium sur l'efficacité du stockage des spermatozoïdes dans la jonction utéro-vaginale et par conséquent sur la durée de la période fertile de poules jeunes ou âgées (début ou fin de ponte).

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Animaux

Quatre vingt poules pondeuses (25 semaines, Isabrown) élevées en cage individuelle ont d'abord été alimentées *ad libitum* pendant 3 semaines avec un

aliment «pondeuse» à faible teneur initiale en sélénium (Se) et non supplémenté (pas d'apport de Se inorganique). A la fin de cette période pré-expérimentale, les poules ont été réparties en 4 lots homogènes en ponte ( $n=20$ ). Chaque lot a ensuite été soumis pendant 6 semaines (soit de 28 à 34 sem: Période I, jeunes poules) à l'un des 4 régimes expérimentaux reportés au Tableau 1 (dans les régimes supplémentés en Se, celui-ci a été apporté sous forme organique: Sel-Plex, Alltech, Inc.). Les lots ont ensuite été complétés à 30 individus (poules issues du même lot de naissance que celles utilisées pendant la Période I) puis chaque lot a été alimenté avec un régime normal jusqu'à 63 semaines avant d'être soumis pendant 3 semaines (64-66 semaines comprises) à un régime pondeuse à faible teneur initiale en Se puis pendant 6 semaines à l'un des régimes reportés au Tableau I (Période II, vieilles poules).

**TABLEAU 1:** Composition des différents régimes et suppléments en Se et en vit E dans chaque lot expérimental.

	Sélénium <sup>2</sup>	Vit. E
Lot 1: aliment standard <sup>1</sup>	-	-
Lot 2: aliment std + Se	0,4 ppm	-
Lot 3: aliment std + vit.E	-	100 ppm
Lot 4: aliment std + vit.E + Se	0,4 ppm	100 ppm

<sup>1</sup> Sélénium provenant uniquement des matières premières (pas de supplémentation).

<sup>2</sup> Sélénium sous forme organique (Sel-Plex)

A la fin de chaque période, 5 poules par traitement ont été abattues en vue de doser des activités enzymatiques ainsi que la teneur en Se dans différents tissus (non présentés ici).

## 1.2. Fertilité pour chaque série d'IA

Lors de chaque période expérimentale, des inséminations artificielles (IA) ont été réalisées en deux séries consécutives espacées de 3 semaines. Chaque série a consisté en deux inséminations pratiquées à 24h d'intervalle ( $100 \times 10^6$  spz/IA) en J-1 et en J0. Les œufs ont été ramassés puis incubés depuis le 2nd jour (J1) jusqu'au 21è jour (J21) compris suivant la première IA afin de pratiquer des tests de fertilité et de durée de période fertile (DPF).

## 1.3. Quantification des spermatozoïdes périvitellins

Une estimation de la population des spermatozoïdes présents dans la membrane périvitelline a été réalisée sur 12 œufs/ lot en J2 (Période I) et en J2 et J7 (Période II) après IA (Brillard et Bakst, 1990).

## 1.4. Analyses statistiques

Les pourcentages de fertilité ont été analysés à l'aide d'un test non paramétrique (Kruskal-Wallis) suivi, le cas échéant, par une comparaison des moyennes prises 2 à 2 (test de Man et Whitney). Les populations de spermatozoïdes périvitellins ont été analysées par ANOVA, après transformation des données en  $\log x$ . En cas d'effet significatif, les moyennes des lots ont été comparées par test t (Student Newman et Keuls). Les durées de périodes fertiles (DPF) ont également été analysées par ANOVA.

## 2. Résultats

### 2.1. Poules Jeunes (Période I)

Aucune différence significative de fertilité et de DPF n'a pu être mise en évidence entre les 4 traitements ( $p > 0,05$ ), et ce quelque soit la série d'IA considérée (début ou après 3 semaines de traitement, Tableau 2). De plus, le nombre de spermatozoïdes comptabilisés au niveau des membranes périvitellines en J2 n'a pas varié de manière significative avec les traitements (Figure 1). Des observations antérieures ont montré que la population de spermatozoïdes présents au niveau de la membrane périvitelline des œufs était hautement corrélée à la population de spermatozoïdes stockées dans les glandes utéro-vaginales (Brillard et Bakst, 1990 ; Brillard et Antoine, 1990 ; Brillard, 1993). Nos résultats indiquent donc que les différentes suppléments alimentaires testées n'ont modifié ni les paramètres de fertilité ni l'efficacité du stockage des glandes utéro-vaginales chez des jeunes poules.

A noter: les populations moyennes de spermatozoïdes retrouvées dans les membranes périvitellines sont, quelles que soient les lots, apparues nettement plus élevées après la première insémination par rapport à celles retrouvées après la seconde insémination.

### 2.2. Poules âgées (Période II)

Après 3 semaines de traitements (2<sup>ème</sup> série d'IA), nous avons observé une différence significative ( $p < 0,05$ ) de fertilité au cours de la 3<sup>ème</sup> semaine de ramassage (J15 à J21) qui est confirmée par des variations analogues de la DPF entre les lots (Tableau 3). La fertilité moyenne des lots 3 et 4 (11,11% et 12,38%) est significativement supérieure à celle des lots 2 et 1 (6,75% et 1,05%) tandis que la DPF des lots 3 et 4 est significativement supérieure à celle du lot 2, elle-même supérieure à celle du lot 1.

Bien qu'aucune différence significative de fertilité et de DPF n'ait été mise en évidence entre les traitements lors de la 1<sup>ère</sup> série d'inséminations (Tableau 3), la population de spermatozoïdes périvitellins en J7 est apparue significativement plus élevée ( $p < 0,05$ ) dans le Lot 2 que dans les lots "Témoin" (Lot 1) ou supplémentés Vit E (Lot 3; voir aussi Figure 2). Cette différence n'est cependant apparue significative avec le Lot 4 qu'au cours de la première IA. Notons aussi qu'au cours de cette période, les populations initiales (J2) de spermatozoïdes retrouvés dans les membranes périvitellines sont apparues nettement plus élevées dans les œufs issus de la seconde insémination.

Chez des poules plus âgées, la supplémentation en Se exerce donc un effet favorable à la fois sur l'efficacité de la conservation *in vivo* des spermatozoïdes disponibles pour la fécondation (spermatozoïdes périvitellins) et sur la fertilité.

Dans ce travail, nous n'avons pas pu révéler un effet favorable de la supplémentation en vitamine E chez des jeunes femelles. Par contre, cette supplémentation s'est avérée favorable à la conservation *in vivo* chez les femelles âgées alors qu'une association vitamine E + Se ne révèle pas d'effet additif sur le stockage des spermatozoïdes ou la fertilité.

Des travaux préliminaires conduits par ailleurs ont révélé l'existence d'un système antioxydant complet (vitamine E, vitamine C, GSH, GSH-Px, SOD...) et puissant au niveau des glandes utéro-vaginales, lieu privilégié de stockage des spermatozoïdes chez les oiseaux. Nous avons démontré que l'efficacité de ce système est optimale chez des jeunes poules et qu'il s'altère avec l'âge. Le présent travail confirme au plan pratique que l'alimentation de vieilles poules supplémentée en anti-oxydants permet de corriger partiellement les altérations d'efficacité du système anti-oxydant des glandes utéro-vaginales liées à l'âge.

## Conclusion

Une supplémentation alimentaire en Se ou en vitamine E exerce un effet favorable sur la conservation *in vivo* des spermatozoïdes et donc sur la fertilité chez des poules en fin de ponte. Cette supplémentation exerce probablement son effet au

niveau des glandes utéro-vaginales, lieu de stockage privilégié des spermatozoïdes chez les oiseaux. Il reste que notre travail ne permet pas pour l'instant de préciser la dose optimale de l'un ou l'autre des anti-oxydants testés.

### Références bibliographiques

Bakst M.R., Whishart G.J., Brillard J.P., 1994. Poultry Sci. Rev. 5, 117-143.

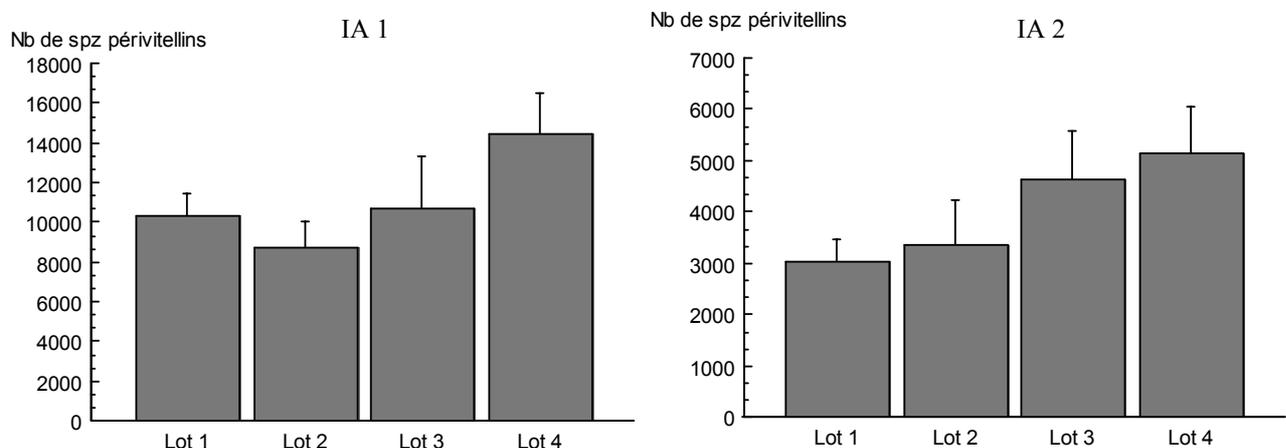
Brillard J.P., Antoine H., 1990. Br. Poultry Sci., 31, 635-644.  
 Brillard J.P., Bakst M.R., 1990. Biol. Reprod., 43, 271-275.  
 Brillard J.P., 1993. Poultry Sci., 72(5), 923-928  
 Surai P.F., Blesbois E., Grasseau I., Chalah T., Brillard J.P., Whishart G., Cerolini S., Sparks N.H.C., 1998. Comp. Biochem. Physiol. 120B, 527-533.

**TABLEAU 2 :** Evolution de la fertilité et de la durée de période fertile (DPF) selon le régime alimentaire chez des poules pondeuses jeunes (28-33 sem) inséminées deux jours consécutifs avec  $100 \times 10^6$  spz/poule. à 28 sem (IA 1) et à 31 sem (IA 2). Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  SEM.

	Traitements	Fertilité (%)			DPF (jours)
		J1-J7	J8-J14	J15-J21	
<b>IA 1</b> (28 sem)	Lot 1	98,9 $\pm$ 1,1	83,4 $\pm$ 3,4	28,9 $\pm$ 3,6	15,4 $\pm$ 0,6
	Lot 2	92,2 $\pm$ 2,4	86,7 $\pm$ 4,0	29,5 $\pm$ 4,5	16,3 $\pm$ 0,7
	Lot 3	95,2 $\pm$ 1,8	78,0 $\pm$ 5,7	27,0 $\pm$ 4,1	15,1 $\pm$ 0,9
	Lot 4	96,2 $\pm$ 2,2	73,1 $\pm$ 4,3	25,3 $\pm$ 2,9	15,2 $\pm$ 0,7
<b>IA 2</b> (31 sem)	Lot 1	95,7 $\pm$ 2,2	77,4 $\pm$ 5,8	15,0 $\pm$ 3,1	14,7 $\pm$ 0,7
	Lot 2	88,9 $\pm$ 2,5	64,6 $\pm$ 6,5	8,1 $\pm$ 4,4	13,6 $\pm$ 0,5
	Lot 3	85,3 $\pm$ 4,3	67,1 $\pm$ 7,5	12,1 $\pm$ 3,2	13,9 $\pm$ 0,6
	Lot 4	94,0 $\pm$ 3,2	73,3 $\pm$ 7,2	15,8 $\pm$ 5,0	14,5 $\pm$ 0,7

Lot 1: aliment standard (std); Lot 2: aliment std + 0,4 ppm Se (Sel-Plex); Lot 3: aliment std + 100ppm vit. E; Lot 4: aliment std + 0,4 ppm Se + 100 ppm vit. E.

**FIGURE 1 :** Comparaison du nombre de spermatozoïdes présents dans la membrane périvitelline des œufs pondus le 2<sup>nd</sup> jour de ramassage post IA (J2) chez des poules jeunes (IA1 : 28 sem; IA2: 31 sem) alimenté avec des régimes supplémentés ou non en sélénium et en vitamine E (cf Tableau 2). Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  SEM.

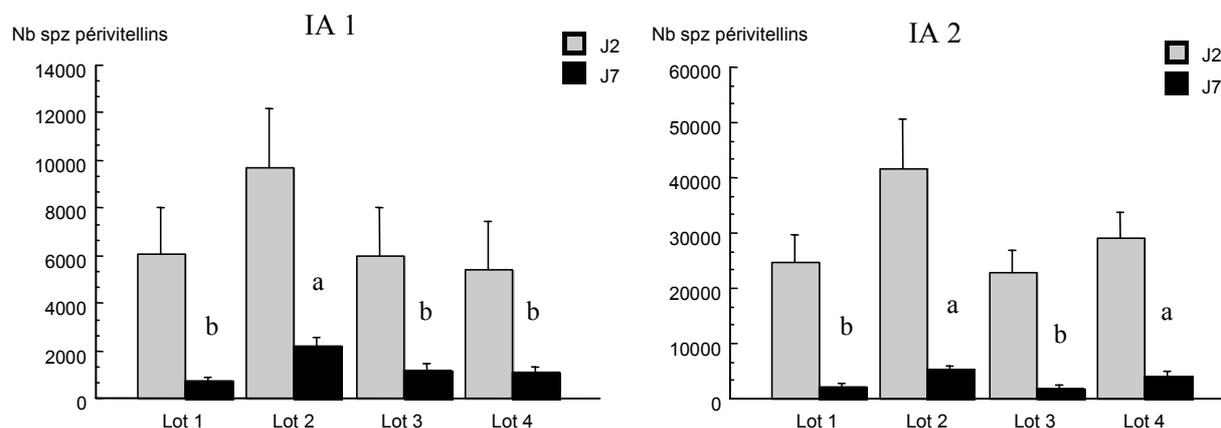


**TABLEAU 3 :** Evolution de la fertilité et de la durée de période fertile (DPF) selon le régime alimentaire chez des poules pondeuses âgées (67-72 sem) inséminées deux jours consécutifs avec  $100 \times 10^6$  spz/poule. à 67 sem: (IA 1) et à 70 sem (IA 2). Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  SEM. Les lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes ( $p < 0.05$ ).

Traitements	Fertilité (%)			DPF	
	J1-J7	J8-J14	J15-J21		
<b>IA 1</b> (67 sem)	Lot 1	74,9 $\pm$ 5,0	33,9 $\pm$ 6,1	0,7 $\pm$ 0,7	9,4 $\pm$ 0,5
	Lot 2	80,2 $\pm$ 5,3	42,2 $\pm$ 5,7	2,1 $\pm$ 1,1	11,1 $\pm$ 0,5
	Lot 3	71,5 $\pm$ 5,1	40,2 $\pm$ 5,7	4,5 $\pm$ 1,5	10,8 $\pm$ 0,6
	Lot 4	70,8 $\pm$ 6,7	27,3 $\pm$ 4,7	4,9 $\pm$ 2,9	10,9 $\pm$ 1,0
<b>IA 2</b> (70 sem)	Lot 1	95,8 $\pm$ 2,0	60,0 $\pm$ 5,1	1,0 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	10,5 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>
	Lot 2	95,5 $\pm$ 1,9	57,4 $\pm$ 5,9	6,7 $\pm$ 2,8 <sup>ab</sup>	11,9 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>
	Lot 3	95,9 $\pm$ 1,9	73,3 $\pm$ 3,8	11,1 $\pm$ 3,7 <sup>a</sup>	13,6 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>
	Lot 4	96,3 $\pm$ 2,2	59,0 $\pm$ 6,2	12,4 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	13,6 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>

Lot 1: aliment standard (std); Lot 2: aliment std + 0,4 ppm Se (Sel-Plex); Lot 3: aliment std + 100ppm vit. E; Lot 4: aliment std + 0,4 ppm Se + 100 ppm vit. E.

**FIGURE 2 :** Comparaison du nombre de spermatozoïdes présents dans la membrane périvitelline des œufs pondus le 2<sup>nd</sup> et le 7<sup>ème</sup> jour de ramassage post IA (J2 et J7) chez des poules âgées (IA1 : 67 sem; IA2: 70 sem) alimentées avec des régimes supplémentés ou non en sélénium et en vitamine E (cf Tableau 3). Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne  $\pm$  SEM. Les lettres différentes indiquent des moyennes significativement différentes ( $p < 0.05$ ).



# EFFETS ZOOTECHNIQUES D'UNE BAISSSE DE LA TENEUR EN PROTEINES DES REGIMES ALIMENTAIRES DINDES AVEC OU SANS ENRICHISSEMENT EN THREONINE

Chevalier Denis<sup>1</sup>, Gerfault Vincent<sup>1</sup>, Relandeau Claire<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MG2MIX, Zone de la Basse Haie, 35220 Chateaubourg

<sup>2</sup> AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S., 153, rue de Courcelles, 75817 Paris Cedex 17

## Résumé

La réduction de la teneur en protéine des aliments dindes vise à abaisser le coût de l'aliment, à réduire la dépendance vis-à-vis du soja, à améliorer la tenue des litières, et à diminuer les rejets azotés dans l'environnement. Par ailleurs, le besoin en thréonine des dindes est mal connu et l'apport dans les aliments à bas taux protéique pourrait être limitant. Un essai a été conduit afin de tester l'effet sur les performances des dindons d'une baisse de 1,5 points de protéines sans ou avec ajustement du ratio thréonine digestible sur lysine digestible (Thr/Lys) à 0,65. 1410 dindonneaux de souche BUT 9 sont répartis dans 30 cases pour les 3 traitements : le régime témoin (R1), le régime bas en protéine (R2) et le régime bas en protéine réajusté en thréonine (R3). A l'enlèvement, la baisse du taux protéique n'a pas affecté le poids des animaux mais tend à dégrader leur indice de consommation (0.04 point pour les femelles à 11 semaines, 0,03 point pour les mâles à 16 semaines). En comparant R2 et R3, il semble que l'impact de la baisse des protéines soit plus faible avec la supplémentation en L-thréonine sur les phases de démarrage. Ce résultat non statistiquement significatif serait à confirmer. Cet essai montre que la baisse de la protéine de 1,5 points, en maintenant les niveaux en acides aminés peut s'envisager sans dégradation significative des poids. Il reste toutefois à vérifier les conséquences sur le rendement en viande.

## Introduction

L'alimentation animale est confrontée ces dernières années à de nouvelles contraintes. L'interdiction des farines et graisses animales dans les formules dindes a conduit à une incorporation plus importante de tourteau de soja avec des conséquences non négligeables sur le prix de l'aliment et sur la tenue des litières.

L'autre fait marquant est la prise en compte de l'environnement. Plusieurs mesures ont déjà été mises en place, directive européenne 91/676/CEE, PMPOA, CORPEN. La possibilité de mise en place d'un système de taxation sur les rejets azotés incite les nutritionnistes à anticiper et à travailler le concept de protéine idéale (Summers et al., 1989 ; Leclercq, 1996).

En pratique, l'utilisation du concept de protéine idéale nécessite de connaître précisément les besoins minimums en acides aminés essentiels. Approcher l'équilibre idéal en acides aminés aboutit généralement à une réduction de la teneur en protéines de la ration par une diminution du tourteau de soja et par une utilisation des acides aminés de synthèse (Larbier et Leclercq, 1991). Les connaissances sur le besoin en thréonine (3<sup>ème</sup> acide aminé limitant) de la dinde sont limitées. En poulet, une carence en thréonine entraîne une dégradation de l'efficacité alimentaire et une augmentation de l'adiposité (Leclercq, 1997; Alleman et al., 1999).

Cet essai a été conduit afin de tester l'effet d'une baisse de 1,5 points de protéines sans ou avec ajustement du ratio Thr/Lys digestible à 0,65 sur les performances des dindons.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1 Animaux et conditions d'élevage

1410 dindonneaux de souche BUT9 ont été répartis le 18 décembre 2001, à l'âge d'un jour, en sexes séparés dans un bâtiment clair à ventilation statique. Chacune des 30 cases de 6 m<sup>2</sup> est équipée d'une trémie, d'un abreuvoir et d'un radiant. Le nombre d'animaux par case est de 47 dindonneaux soit 7,9 animaux/m<sup>2</sup>. Cet effectif a été ramené à 23 mâles par case après le départ des femelles à 91 jours.

Les vaccins RTI Aviffa ont été effectués à 1 jour et 18 jours en pulvérisation. Le vaccin Dindoral a été effectué en eau de boisson à 25 jours.

## 1.2 Programme alimentaire et régimes expérimentaux

Le programme alimentaire appliqué est le suivant :

**TABLEAU 1 :** Programme alimentaire

Gamme	Age de distribution jour	Quantité	Présentation
		g/sujet	
Démarrage	De 0 à 21	800	Miettes
Croissance 1	De 22 à 34	1 500	Miettes
Croissance 2	De 35 à 57	4 700	Granulés
Finition 1	De 58 à 77	5 000	Granulés
Finition 2	De 78 à abattage	7 à 9 000	Granulés

La formulation des aliments est réalisée avec des matières premières végétales (sur une base blé, maïs, tourteau de soja) sans facteur de croissance antibiotique, avec l'anticoccidien lasalocid sodium et l'antihistomonique nifursol sur les aliments démarrage et croissance. Deux régimes sont comparés à un régime témoin (R1) avec 10 répétitions : un régime (R2) bas en protéine (92% du témoin) et un régime (R3) bas en protéine (92% du témoin) réajusté en thréonine suivant le ratio Thr/Lys digestible de 0,65 (Tableau 2).

**TABLEAU 2 :** Formulation des aliments expérimentaux : minima de protéines brutes (PB) et de ratios Thr/Lys digestibles

PB% /thr/lys	R1	R2	R3
Démarrage	27%/0,59	25,5%/0,59	25,5%/0,65
Croissance 1	25%/0,59	23,5%/0,59	23,5%/0,65
Croissance 2	24%/0,61	22,5%/0,61	22,5%/0,65
Finition 1	21%/0,62	19,5%/0,62	19,5%/0,65
Finition 2	19%/0,64	17,5%/0,64	17,5%/0,65

**TABLEAU 3 :** Résultats d'analyses des aliments : protéines brutes en % et acides aminés totaux en g/kg d'aliment (lysine, méthionine et thréonine) des régimes R1, R2 et R3

Régimes	Protéines brutes			Lysine			Méthionine			Thréonine		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Démarrage	28,4	27,0	27,5	17,7	17,7	17,9	6,2	6,2	6,3	10,5	10,4	11,4
Croissance 1	23,8	22,6	24,0	14,2	14,3	15,0	5,2	5,3	5,4	8,9	8,2	9,4
Croissance 2	23,3	22,6	21,9	13,4	13,7	13,3	5,2	5,3	5,6	8,4	8,1	8,5
Finition 1	20,4	19,0	19,0	11,8	11,3	11,4	4,6	4,8	4,8	7,4	7,2	7,6
Finition 2	19,0	17,7	17,5	10,3	10,6	10,4	4,3	4,3	4,3	6,6	6,8	6,8

### 2.1 Les poids vifs

La baisse de la protéine de 1,5 points (92% du témoin) indépendamment du ratio Thr/Lys n'a pas pénalisé de façon significative le poids des mâles et des femelles quel que soit leur âge. On notera que sur les phases de démarrage et de croissance, les poids des animaux du régime 3 sont supérieurs ou égaux au témoin alors que ceux du régime 2 sont inférieurs. Cet écart, lié au réajustement en

Les teneurs en protéines brutes (méthode de Dumas : AFNOR NF V18180, mars 1997) et en acides aminés (méthode AFNOR XP V 18-113, janvier 1998) sont contrôlées sur les 15 aliments expérimentaux par le laboratoire d'AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S., Amiens.

### 1.3. Les données et traitements statistiques

Un suivi de la mortalité, du poids des morts, des températures et de la consommation d'eau est effectué quotidiennement. Les animaux, mis à jeun au moins 5 heures, ont été pesés à chaque transition alimentaire ainsi que les aliments consommés.

Les données recueillies ont été traitées par analyse de variance (ANOVA) par le logiciel SYSTAT version 5.0, suivi d'un test de comparaison multiple de Tukey.

## 2. Résultats

Les teneurs en protéines brutes des régimes expérimentaux (Tableau 3) sont proches des valeurs attendues, à l'exception des 3 aliments démarrage qui sont 1.5 points au-dessus. Les écarts attendus entre R1 et R2 et R3 (1,5 pt) sont toutefois respectés, sauf pour l'aliment croissance 1 du régime R3 (peu différent de R1). Les valeurs analysées pour les acides aminés sont proches des valeurs attendues.

Les performances zootechniques (Tableaux 4, 5, 6) obtenues sont globalement conformes aux standards de la souche BUT9 édition 1999 jusqu'à 77 jours. Pour des raisons de marché difficile en début d'année 2002, les femelles ont été abattues tardivement retardant le desserrage des mâles et pénalisant leur croissance.

thréonine, est probablement accentué par un niveau en protéines supérieur à celui attendu dans l'aliment croissance 1 du régime 3.

### 2.2. Les indices de consommation

En femelles, les indices de consommation intermédiaires et cumulés ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5 %, quelles que soient les périodes. Les régimes à bas niveau en protéines ont tendance à dégrader les IC de 0.04

points à 77 jours pour les femelles ( $p=0.09$  entre R1 et R2 et entre R1 et R3).

Pour les mâles, aucune différence n'est observée à 114 jours. A 21 jours, le régime 3 (enrichi en thréonine) a un IC proche du R1 et est différent du R2 ( $p=0.02$ ).

### 2.3. Les mortalités

Les mortalités sont faibles et limitées à quelques individus par régime. L'analyse des pourcentages de mortalité ne laisse pas apparaître de différences significatives.

### 3. Discussion

Dans cet essai, le poids des animaux n'est pas affecté par la réduction de la teneur en protéines à 92% du témoin. Ces résultats sont similaires à ceux de Kidd et al (1997) qui montraient qu'une baisse de la protéine à 92% du témoin avec ou sans supplémentation en thréonine n'affectait pas le poids des animaux.

Au niveau de l'efficacité alimentaire, cette baisse du taux protéique semble dégrader les indices de consommation (différence non significative). Cette dégradation ne se retrouve pas sur l'essai de Kidd et al (1997). Sur un précédent essai à la station MG2MIX (non publié, 2001), un régime à bas niveau en protéines avait dégradé les IC (différence non significative) de 0,03 points sur des mâles de poids équivalents à 105 jours.

Les résultats de cet essai laissent apparaître que l'apport de thréonine pour respecter le ratio Thr/Lys à 0,65 (recommandation NRC, 1994) n'a pas d'effet sur la croissance. Ce résultat rejoint ceux de Waibel et al (2000) qui ont montré que la supplémentation en thréonine et tryptophane a été sans effet sur le poids final des animaux.

Une tendance à l'amélioration des indices en mâles à 21 jours ( $p=0,02$ ) et 34 jours est observée sur le régime 3 par rapport au régime 2. Elle peut être attribuée au niveau plus élevé de thréonine mais aussi de protéines, l'aliment croissance 1 du traitement 3 s'étant révélé à l'analyse plus riche en protéines et ainsi proche du régime 1 pour ce critère.

Sur la durée totale de l'élevage, l'efficacité alimentaire n'est pas améliorée par l'ajustement en thréonine. Pour expliquer la dégradation de l'indice avec la réduction de la teneur en protéines des régimes, différentes hypothèses peuvent être émises. La thréonine n'a pas d'effet sur l'efficacité alimentaire au-delà de son effet sur la croissance d'après Lehmann et al. (1997). D'autre part, en supposant que les besoins sont couverts pour les premiers acides aminés limitants, lysine, méthionine et thréonine, il n'est pas exclu qu'ils ne

le soient pas pour les autres. Encore trop peu d'études sont disponibles sur les besoins en thréonine pour des animaux en finition et pourtant c'est à cet âge que la consommation est la plus forte (Leclercq, 1998). Le niveau de thréonine utilisé dans cet essai en finition n'était peut-être pas suffisant pour permettre l'efficacité alimentaire optimale. Cet essai ouvre la voie à d'autres expérimentations afin de répondre à ces interrogations.

### Conclusion

Dans le contexte actuel, la baisse de 1,5 points de protéines (92% du témoin) peut s'envisager sans dégradation du poids des animaux. Elle peut permettre de limiter les problèmes d'incorporation en soja, de coût de formulation, de tenue de litière et de rejets azotés (non mesurés dans cet essai). Par contre, cette réduction du taux protéique a tendance à dégrader l'efficacité alimentaire des femelles (résultat à confirmer). Il reste aussi à contrôler les effets éventuels sur les rendements en viande.

Dans cette étude, la supplémentation en L-thréonine n'a pas d'effet significatif sur les performances. En démarrage et en croissance, le ratio Thr/Lys digestible à 0,65 semble toutefois limiter la dégradation des indices. D'autres essais devront déterminer les ratios en acides aminés permettant de maintenir tous les critères de performances.

### Références bibliographiques

- Alleman F. & al., 1999. *Brit. Poult. Sci.*, 41, 214-218.
- Blair M.E. et al., 1987. *Poult. Sci.*, 66, 1813-1817.
- Kidd M.T. et al., 1997. *Poult. Sci.*, 76, 1392-1397.
- Larbier M. et Leclercq B. 1991. In : *Nutrition et alimentation des volailles*, INRA, Paris.
- Leclercq B., 1996. *INRA Prod. Anim.*, 9, 91-101.
- Leclercq B., 1997. *Poult. Sci.*, 77, 118-123.
- Leclercq B., 1998. *INRA Prod. Anim.*, 11, 263-272.
- Lehmann D. et al., 1997. *Poult. Sci.*, 76, 696-702.
- NRC, 1994. *Nutrient requirement for poultry*, National Research Council, 9<sup>th</sup> edition.
- Summers J.D. et al., 1989. *Poult. Sci.*, 68, 1547-1552.
- Waibel P.E. et al., 2000. *Poult. Sci.*, 79, 1290-1298.

**TABLEAU 4 :** Poids moyens (PM) et indices de consommation (IC) des dindes femelles : moyennes (écarts types) à 21, 34, 57 et 77 jours d'âge

	R1	R2	R3	Effet régime P=
PM à 21 j	557 (25)	546 (20)	559 (24)	NS
IC à 21j	1,340 (0,031)	1,361 (0,012)	1,346 (0,027)	NS
PM à 34 j	1277 (37)	1284 (27)	1296 (21)	NS
IC à 34 j	1,542 (0,015)	1,546 (0,014)	1,547 (0,017)	NS
PM à 57 j	3784 (77)	3767 (94)	3836 (64)	NS
IC à 57j	1,717 (0,06)	1,748 (0,02)	1,730 (0,016)	0,06
PM à 77 j	5934 (80)	5899 (114)	5920 (65)	NS
IC à 77 j	2,010 (0,026)	2,055 (0,033)	2,056 (0,034)	0,07

NS : non significatif ( $P > 0,1$ )

**TABLEAU 5 :** Poids moyens (PM) et indices de consommation (IC) des dindons mâles : moyennes (écarts types) à 21, 34, 57, 85, 91 et 114 jours d'âge

	R1	R2	R3	Effet régime P=
PM à 21 J	611 (14)	593 (13)	609 (12)	0,09
IC à 21J	1,313a (0,020)	1,343ab (0,018)	1,302ac (0,022)	0,02
PM à 34 J	1458 (17)	1434 (33)	1463 (31)	NS
IC à 34J	1,502 (0,017)	1,527 (0,018)	1,508 (0,010)	0,06
PM à 57 J	4466 (55)	4447 (69)	4455 (61)	NS
IC à 57J	1,662 (0,013)	1,678 (0,034)	1,687 (0,015)	NS
PM à 85 J	8379 (138)	8311 (173)	8196 (106)	NS
IC à 85J	1,996 (0,03)	2,033 (0,02)	2,037 (0,03)	0,06
PM à 91 J	9117 (149)	9040 (196)	8964 (136)	NS
IC à 91J	2,094 (0,021)	2,130 (0,025)	2,124 (0,028)	0,09
PM à 114	11839 (216)	11763 (234)	11633 (241)	NS
IC à 114J	2,415 (0,019)	2,454 (0,031)	2,441 (0,079)	NS

NS : non significatif ( $P > 0,1$ )

**TABLEAU 6 :** Poids moyen (PM) et indice de consommation (IC) finaux de la bande, mâles et femelles compris : moyennes (écarts types)

	R1	R2	R3	Effet régime P=
PM	8756 (88)	8772 (130)	8724 (118)	NS
IC	2,273 (0,019)	2,317 (0,025)	2,308 (0,057)	NS

NS : non significatif ( $P > 0,1$ )



# EFFETS DU NIVEAU DES VITAMINES DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR ET SUR LEUR DEPOT DANS LA VIANDE.

Pérez-Vendrell Anna Maria<sup>1</sup>, Hernández José M.<sup>2</sup>, Llauradó Lluís<sup>1</sup>, Brufau Joaquim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IRTA, Centre de Mas Bové, Apartat 415, 43280 Reus, Espagne.

<sup>2</sup>Roche Vitaminas, S.A., Mar Mediterráneo 5, 28850 San Fernando de Henares, Espagne

## Résumé

L'objectif de cet essai était d'étudier les effets du niveau de vitamines de l'aliment sur leur dépôt dans la viande et sur les performances des poulets de chair élevés ou non en condition de stress. L'essai a été réalisé sur 1920 poussins de la souche Ross 308 repartis dans les 4 traitements testés. Pour les traitements T-1 et T-2, les poulets ont été élevés à une densité faible alors que pour les traitements T-3 et T-4, la densité était plus haute (facteur de stress). Les poulets du T-1 et T-3 ont été nourris avec une supplémentation vitaminique standard (NRC), tandis que les volailles du traitements T-2 et T-4 consommaient une supplémentation vitaminique enrichie (OVN<sup>TM</sup>). La supplémentation OVN<sup>TM</sup> enrichie augmente statistiquement tous les paramètres de performance. La croissance des poulets élevés à plus haute densité est réduite significativement par rapport à des animaux élevés à densité basse ainsi que le gras abdominal et la proportion de muscles pectoraux. Les blancs de poulets nourris avec OVN<sup>TM</sup> montrent une oxydation lipidique plus faible que celles des oiseaux nourris avec la supplémentation standard, ce qui peut être mis en relation avec les plus hauts niveaux de vitamines E, B<sub>1</sub> et B<sub>3</sub> analysés sur les blancs.

## Introduction

Les besoins vitaminiques pour les poulets ont changé avec l'utilisation de nouveaux génotypes, et aussi avec les nouveaux systèmes de production. Pour cette raison, les recommandations de niveaux de vitamines dans les aliments doivent être révisées. La nutrition n'est optimale que si le poulet peut utiliser tous les nutriments de façon efficace pour la croissance, la santé et la reproduction. Les niveaux vitaminiques optimaux pour assurer une bonne santé et productivité pouvaient être plus hauts que ceux utilisés seulement pour prévenir des déficiences cliniques.

En plus, les niveaux vitaminiques optimaux peuvent assurer la consommation de vitamines en conditions de stress, qui peut limiter la croissance et la santé des animaux (Shawanany, 1988 ; Cravener et al., 1992).

L'objectif de cet essai était d'étudier les effets du niveau de vitamines de l'aliment sur leur dépôt dans la viande et sur les performances des poulets de chair élevés ou non dans des conditions de stress

## 1. Matériels et méthodes

L'essai a été réalisé sur 1920 poussins mâles de la souche Ross 308. Les animaux ont été pesés le premier jour et repartis dans 24 parquets. Quatre traitements ont été testés. Chaque traitement a été

répété sur 6 parquets. Pour les traitements T-1 et T-2, les poulets ont été élevés à une densité de 12.7 animaux/m<sup>2</sup> et pour les traitements T-3 et T-4, la densité était de 16.4 animaux/m<sup>2</sup> (facteur de stress). Les poulets des traitements T-1 et T-3 ont été nourris avec une supplémentation vitaminique selon les recommandations du NRC pour satisfaire les besoins des animaux, tandis que les volailles du traitements T-2 et T-4 ont été nourries avec une supplémentation vitaminique enrichie (OVN<sup>TM</sup>) (Tableau 1).

Pendant les 20 premiers jours, les poussins ont été nourris *ad libitum* avec un régime démarrage granulé (3000 kcal/kg, 22 % protéine), contenant du blé, de l'orge et du tourteau du soja, et de 20 à 40 jours, le régime a été formulé avec 20.5% protéines et 3050 kcal/kg d'énergie, avec les mêmes matières premières.

Les animaux ont été pesés au début de l'essai, au 20<sup>ème</sup> et au 40<sup>ème</sup> jour. La consommation alimentaire a été mesurée et les performances (gain de poids et indice de conversion) ont été calculées pour chaque période. A la fin de l'expérience, 5 poulets identifiés de chaque parquet ont été sacrifiés à l'abattoir, et après 24 h de réfrigération les foies et gras abdominaux ont été prélevés et pesés. La composition en acides gras des foies a été analysée par chromatographie gazeuse.

Les muscles pectoraux (sans la peau) ont été aussi prélevés, pesés et les valeurs ont été exprimées en proportion du poids vif. Le muscle gauche a été utilisé pour évaluer les pertes d'exsudation tandis que les

niveaux de vitamines et l'oxydation des lipides intramusculaires (TBARS) ont été mesurés sur le muscle pectoral droit (Botsoglou *et al.*, 1994).

Le traitement statistique des résultats a été fait par analyse de variance à deux facteurs (supplémentation vitaminique et densité d'élevage). A chaque fois que des différences statistiquement significatives ont été observées ( $P < 0.05$ ) l'analyse de variance a été suivie d'un test de Duncan.

## 2. Résultats

La supplémentation vitaminique enrichie (OVN<sup>TM</sup>) a augmenté la consommation (20-40 j) et a amélioré le gain de poids (0-20 j) et l'indice de conversion (0-20 j) de façon statistiquement significative ( $P < 0.05$ ) (Tableau 2). La consommation ( $P < 0.001$ ) et la croissance des poulets élevés à plus haute densité ont été réduites significativement ( $P < 0.02$ ) par rapport aux animaux élevés à densité plus faible et aussi la proportion de muscles pectoraux était statistiquement inférieure ( $P < 0.001$ ) (Tableau 3).

Les filets de poulets nourris avec la supplémentation OVN<sup>TM</sup> ont montré une oxydation lipidique plus faible que celle des animaux nourris avec la supplémentation vitaminique standard (0.27 vs 0.42) ( $P < 0.0001$ ) (Tableau 4), ce qui peut être lié aux plus hauts niveaux de vitamine E analysée dans les filets. L'oxydation lipidique a aussi été affectée par la densité. Les filets de poulets élevés à plus haute densité ont montré des valeurs plus basses de TBARS, ce qui peut être expliqué par la quantité plus faible de gras abdominal (en grammes) de ces poulets et donc de gras intramusculaire.

Les pertes par exsudation des blancs de poulets nourris avec OVN<sup>TM</sup> étaient numériquement plus basses mais non statistiquement.

Les concentrations de vitamines E, B<sub>1</sub> et d'acide pantothénique analysés dans la viande des poulets nourris avec la supplémentation OVN<sup>TM</sup> étaient statistiquement plus hautes que celles des animaux nourris avec la supplémentation vitaminique standard, pendant que les niveaux des autres vitamines analysées n'étaient pas modifiés (Tableau 4).

## Conclusions

Les performances des poulets nourris avec niveaux vitaminiques au-delà du besoin défini par le NRC, sont supérieures par rapport à celles des poulets nourris avec une supplémentation vitaminique standard. L'utilisation d'une supplémentation vitaminique enrichie augmente la stabilité de la viande à l'oxydation lipidique, ce qui peut être lié à la concentration plus haute de vitamine E trouvée dans la chair.

## Références bibliographiques

- Botsoglou N.A., Fletouris D.J., Papageorgiou G.E., Vassilopoulos V.N., Mantis A.J. and Trakettellis A.G., 1994. *J. Agric. Food Chem.*, 42; 1931-1937.
- Cravener T.L., Roush W.B. and Mashaly M.M., 1992. *Poultry Science*, 71(3); 427-433.
- Shanawany M.M., 1988. *British Poultry Science*, 29(1); 43-52.

**TABLEAU 1 : Composition des suppléments vitaminiques expérimentales**

VITAMINES	1: TEMOIN (mg/kg)	2: ENRICHIE (mg/kg)
A: Rétinol	13000 UI (26 g)	12500 UI (25 g)
D <sub>3</sub> : Cholécalférol	2600 UI (5.2 g)	4000 UI (8 g)
E: Tocophérol	18.90	225.00
K <sub>3</sub> : Ménadione	2.20	4.00
B <sub>1</sub> : Thiamine	1.40	3.00
B <sub>2</sub> : Riboflavine	6.20	9.00
B <sub>6</sub> : Pyridoxine	3.00	6.00
B <sub>12</sub> : Cobalamine (µg)	21.20	40.00
PP (B <sub>3</sub> ): Niacine	33.00	60.00
B <sub>5</sub> : Acide Pantothénique	10.40	15.00
M: Acide Folique	0.68	2.00
H: Biotine	0.07	0.25
C: Acide Ascorbique	0	100

**TABLEAU 2 : Performances des poulets (20 jours, 40 jours et période globale)**

Traitement	Vitamines	Densité (poulets/ parquet)	Gain du poids (0-20j) (g/j)	Consomm. (0-20 j) (g/j)	IC (0-20 j) (g/g)	Gain du poids (20-40j) (g/d)	Consomm. (20-40 j) (g/j)	IC (20-40 j) (g/g)	IC (0-40j) (g/g)	Poids vif (40 j) (g)
T-1	Témoin	70	29.19	41.62	1.427	82.23	151.99	1.864	1.746	2268.4
T-2	Enrichie	70	30.10	41.95	1.394	84.26	158.16	1.877	1.746	2341.4
T-3	Témoin	90	27.98	39.85	1.425	74.28	143.94	1.976	1.818	2058.6
T-4	Enrichie	90	29.10	40.45	1.390	74.97	145.55	1.966	1.801	2121.5
<b>Supplémentation vit.:</b>	Témoin		28.59 b	40.74	1.426 a	78.62	147.60 b	1.925	1.785	2163.5 b
	Enrichie		29.60 a	41.20	1.392 b	79.62	152.43 a	1.922	1.774	2221.5 a
		Pr>F	<b>0.0340</b>	<b>0.3037</b>	<b>0.0041</b>	<b>0.3108</b>	<b>0.0367</b>	<b>0.9462</b>	<b>0.6484</b>	<b>0.0433</b>
		St.Err.	0.32	0.31	0.007	0.95	1.22	0.020	0.013	22.7
<b>Densité:</b>	Faible		29.64 a	41.79 a	1.411	83.24 a	155.35 a	1.871 b	1.746 b	2301.6 a
	Élevée		28.54 b	40.15 b	1.407	74.66 b	144.67 b	1.972 a	1.810 a	2090.1 b
		Pr>F	<b>0.0228</b>	<b>0.0014</b>	<b>0.7616</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0015</b>	<b>0.0026</b>	<b>0.0001</b>
		St.Err.	0.32	0.31	0.007	0.95	1.22	0.020	0.013	22.7
<b>Interaction Vitamines * densité</b>			<b>0.8118</b>	<b>0.7632</b>	<b>0.9109</b>	<b>0.6173</b>	<b>0.2036</b>	<b>0.6776</b>	<b>0.6509</b>	<b>0.8736</b>

**TABEAU 3 :** Pourcentages de gras abdominal, foie et filet de poulets (L'évaluation statistique a été faite avec le poids vif comme covariable)

Traitement	Vitamines	Densité (poulets/parquet)	Gras abdominal		Foie (% sur poids vif)	Filet de poulets (% sur poids vif)
			(gr)	(% sur poids vif)		
T-1	Témoin	70	47.14	1.72	1.94	16.33
T-2	Enrichie	70	41.71	1.52	1.89	16.59
T-3	Témoin	90	35.72	1.42	1.99	15.61
T-4	Enrichie	90	41.91	1.62	2.05	15.84
<b>Supplémentation vitaminique:</b>						
	Témoin		41.53	1.58	1.97	15.97
	Enrichie		41.81	1.57	1.96	16.23
	Pr>F		<i>0.8874</i>	<i>0.9642</i>	<i>0.9954</i>	<i>0.3766</i>
	St.Err		<i>1.92</i>	<i>0.07</i>	<i>1.97</i>	<i>0.20</i>
<b>Densité</b>						
	Faible		44.42 a	1.62	1.92	16.46 a
	Élevée		38.70 b	1.52	2.02	15.72 b
	Pr>F		<b>0.0399</b>	<i>0.3199</i>	<i>0.0866</i>	<b>0.0097</b>
	St.Err.		<i>1.94</i>	<i>0.07</i>	<i>0.04</i>	<i>0.20</i>
<b>Interaction vitamines * densité</b>			<b>0.0334</b>	<b>0.0380</b>	<i>0.3983</i>	<i>0.9721</i>

**TABEAU 4 :** Oxydation lipidique (exprimée comme substances réactives à l'acide thiobarbiturique, TBARS), pertes par exsudation et contenus vitaminiques de blancs de poulets

Traitement	Vitamines	Densité (poulets/ parquet)	Pertes exsudation (% sur poids vif)	TBARS (nmol/g)	Contenus en vitamines (mg/kg)		
					Vitamine E	Vitamine B1	Acide Pantothénique
T-1	Témoin	70	6.79	0.51	1.78	0.67	13.85
T-2	Enrichie	70	5.76	0.28	11.15	0.69	13.22
T-3	Témoin	90	6.55	0.34	2.48	0.56	11.56
T-4	Enrichie	90	6.75	0.25	14.25	0.72	16.28
<b>Supplémentation vitaminique:</b>							
	Témoin		6.67	0.42 a	2.13 b	0.61 b	12.71 b
	Enrichie		6.25	0.27 b	12.70 a	0.70 a	14.75 a
	Pr>F		<i>0.2819</i>	<b>0.0001</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0013</b>
	St.Err		<i>0.29</i>	<i>0.02</i>	<i>1.42</i>	<i>0.01</i>	<i>0.34</i>
<b>Densité</b>							
	Faible		6.25	0.39 a	6.47	0.68 a	13.54
	Élevée		6.65	0.30 b	8.36	0.64 b	13.92
	Pr>F		<i>0.2835</i>	<b>0.0211</b>	<i>0.3645</i>	<b>0.0096</b>	<i>0.4494</i>
	St.Err.		<i>0.29</i>	<i>0.02</i>	<i>1.42</i>	<i>0.01</i>	<i>0.34</i>
<b>Interaction vitamines * densité</b>			<i>0.1870</i>	<b>0.0254</b>	<i>0.5607</i>	<b>0.0015</b>	<b>0.0001</b>

# IMPACT DE L'INTRODUCTION D'UN MELANGE D'HUILES ACIDES DANS L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES DES POULETS DE CHAIR

Etienne Laffitte, Pierre Arveux, David Guillou

INZO°, BP 19 Chierry, 02402 Château-Thierry Cedex

## Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact d'un mélange d'huiles acides (MDHA : palme, colza, tournesol) sur les performances zootechniques de poulets de 14 à 32 jours, ainsi que sur la digestibilité de la matière grasse. Deux régimes de base différents ont été utilisés, avec 40% ou 60% de blé, et 6% de matière grasse ont été ajoutés à raison de 4 niveaux d'huile de soja de 6, 4, 2 ou 0%, complétés respectivement par le MDHA à 0, 2, 4 et 6%, soit 8 traitements.

Le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDA) de la matière grasse diminue significativement, proportionnellement au taux d'incorporation du MDHA. Pour une substitution complète du MDHA à l'huile de soja, cette diminution est de 9,9%. Les CUDA sont significativement inférieurs pour le régime de base avec 60% de blé. L'indice de consommation est également affecté par le MDHA, avec une augmentation significative de 4,9%, sans effet significatif du régime de base. Aucun effet n'a été mis en évidence sur la consommation et sur la croissance.

## Introduction

Depuis les évolutions réglementaires sur l'usage des produits d'origine animale, les mélanges d'huiles acides (MDHA) ont été substitués aux graisses animales en raison de leurs qualités technologiques et de leurs prix similaires. Toutefois, la valeur nutritionnelle des MDHA fait l'objet de quelques incertitudes dont l'influence de l'origine du produit, la nature des mélanges, la conservation, etc.

Dans le cas des MDHA contenant une forte proportion d'huile de palme, les acides gras sont majoritairement libres et saturés. La digestibilité des matières grasses étant influencée par le degré de saturation des acides gras et par la présence d'acides gras libres (Wiseman et al., 1991), on peut attendre une moindre digestibilité de la matière grasse de ces produits, en comparaison avec une huile de soja, plutôt insaturée et constituée essentiellement de triglycérides.

Par ailleurs, les interactions avec les autres constituants de la ration, en particulier les fibres, peuvent entraîner des modifications de la digestibilité de la matière grasse (Smits, 1996).

Nous avons donc mis en place un essai, en station expérimentale, visant à vérifier l'impact des acides gras saturés et libres sur la digestibilité et les performances, mais également l'effet du régime de base et en particulier du taux de blé.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Animaux et logement

128 poulets mâles (souche Vedette) ont été élevés au sol jusqu'à 14 jours d'âge, puis mis en cages individuelles pour la première phase expérimentale (test de croissance) de 15 à 33 jours. La surface de chaque cage est de 1270 cm<sup>2</sup>.

64 poulets ont été conservés pour la seconde phase expérimentale, de 34 à 36 jours, pour les mesures de digestibilité apparente de la matière grasse.

### 1.2. Dispositif expérimental et régimes

Le dispositif expérimental suivait un schéma factoriel 4 × 2, soit 4 niveaux d'incorporation du mélange d'huiles acides (MDHA : 0, 2, 4 et 6%) et 2 régimes de base (A : 40% de blé et B : 60% de blé).

Les 2 régimes de base ont été formulés de façon à être iso nutritionnels. Le MDHA était apporté en substitution pondérale à l'huile de soja, pour obtenir un pourcentage de 6% de matière grasse ajoutée dans tous les aliments (Tableau 1).

Les aliments expérimentaux ont été fabriqués par l'atelier expérimental d'INZO°. Les huiles ont été ajoutées avant granulation dans la mélangeuse, après préchauffage pour le MDHA, la granulation est réalisée ensuite à 60°C. Les animaux ont reçu pendant la phase pré-expérimentale un aliment commercial unique contenant 1% d'huile de soja.

### 1.3. Mesures

La matière grasse des aliments comme des fientes a été analysée selon la méthode après hydrolyse acide (CEE directive 98/64). La composition en acides gras

des deux huiles a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse (méthode NF ISO 5508/5509).

L'analyse des performances zootechniques a été effectuée sur la première phase expérimentale. Les animaux ont été pesés individuellement en début (j15) et en fin de phase (j33). Un bilan de consommation d'aliment a été réalisé parallèlement. Le gain moyen quotidien (GMQ), la consommation moyenne journalière (CMJ) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés pour la période du test de croissance, soit de 15 à 33 jours.

Les animaux conservés après 33 jours ont fait l'objet d'une mesure du coefficient d'utilisation digestive

apparent (CUDA) de la matière grasse. La première phase expérimentale étant considérée comme la phase d'adaptation, la collecte totale des fientes est donc réalisée du 34 au 36<sup>ème</sup> jour, après un jeûne de 18 h.

#### 1.4. Analyses statistiques

La méthode d'analyse de la variance (procédure GLM de SAS 6.12) a été utilisée pour traiter les données zootechniques et les mesures de digestibilité. Le modèle d'analyse prenait en compte les effets « taux du MDHA » et « régime de base », ainsi que leur interaction.

**TABLEAU 1** : Composition et caractéristiques analytiques des aliments expérimentaux

MDHA %	Régime de base							
	A : 40% de blé				B : 60% de blé			
	0	2	4	6	0	2	4	6
Ingrédients %								
Blé	40.00	40.00	40.00	40.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Maïs	16.25	16.25	16.25	16.25	-	-	-	-
Son	2.75	2.75	2.75	2.75	-	-	-	-
T.Soja 48	32.00	32.00	32.00	32.00	31.00	31.00	31.00	31.00
Huile soja	6.00	4.00	2.00	-	6.00	4.00	2.00	-
MDHA	-	2.00	4.00	6.00	-	2.00	4.00	6.00
Carbonate	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.85
Phosphate	1.15	1.15	1.15	1.15	1.125	1.125	1.125	1.125
Sel	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Lysine 400	-	-	-	-	0.075	0.075	0.075	0.075
Méthionine 400	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Prémix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Nutriments analysés % brut								
Protéine	20.25	20.30	20.35	20.70	20.40	21.00	21.40	21.65
Mat.Grasse	7.30	7.90	7.90	7.80	7.40	7.30	6.90	7.40
Calcium	0.92	0.91	0.95	0.95	0.94	0.91	1.10	0.91
Nutriments calculés % brut								
EMAn kcal/kg	3135	-	-	-	3145	-	-	-
Lysine	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
Méthionine	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

## 2. Résultats

Les performances zootechniques obtenues au cours de la période 15-33 jours ainsi que les CUDA de la matière grasse à 36 jours sont rassemblés dans le Tableau 2.

Aucun effet du taux d'incorporation du MDHA ni du régime de base n'a été mis en évidence sur la consommation d'aliment, le gain de poids et le poids vif à 33 jours.

En revanche, l'indice de consommation est significativement affecté par le taux de MDHA. On constate une hausse de 4,9% pour une substitution totale de l'huile de soja par le MDHA, soit 0,09 point d'IC. Cet impact est linéaire en fonction du taux

croissant de MDHA (Figure 1). Cette variation de l'IC n'est pas aisément interprétable puisque d'une part la CMJ augmente et d'autre part le GMQ diminue avec l'incorporation de MDHA (effets numériques non significatifs).

Les résultats des mesures de digestibilité confirment les résultats zootechniques puisque la digestibilité de la matière grasse est affectée de façon significative par le taux du MDHA. L'incorporation des 6% de MDHA en substitution de l'huile de soja entraîne une baisse de digestibilité de la matière grasse de 8,2 points, soit une différence de 9,9%. Comme pour l'indice, la diminution du CUDA de la matière grasse est linéaire en fonction du taux d'incorporation du MDHA (Figure 2).

**TABLEAU 2** : Effet du taux de MDHA et du régime de base sur les performances zootechniques et la digestibilité de la matière grasse

	Taux de MDHA				Régime de base		Pr>F		
	0	2	4	6	A	B	MDHA	Régime	MDHA×Régime
PV 33j g	1835	1845	1811	1784	1825	1812	NS	NS	NS
CMJ g/j	137.6	140.5	140.5	139.1	140.3	138.6	NS	NS	NS
GMQ g/j	80.5	80.9	79.1	77.6	79.9	79.1	NS	NS	NS
IC	1.71 <sup>c</sup>	1.74 <sup>bc</sup>	1.78 <sup>ab</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.76	1.76	0.01	NS	NS
CUDaMG %	81.9 <sup>a</sup>	79.1 <sup>ab</sup>	76.4 <sup>bc</sup>	73.7 <sup>c</sup>	81.3 <sup>A</sup>	74.2 <sup>B</sup>	0.01	0.001	NS

Les valeurs de CUDa des lipides sont comparables à celles de Blanch et al. (1995) qui comparaient une huile de soja avec un mélange de graisse et d'huile acide de soja, ainsi qu'une huile de palme. Comme le suggèrent Wiseman et al. (1991), il est donc probable que la valeur énergétique de ces matières premières soit limitée en raison de la forte proportion d'acides gras libres (Tableau 3) qui limite la digestibilité des lipides.

L'indice de consommation n'a pas été affecté par le régime de base. En revanche, le CUDa de la matière grasse est inférieur, de façon significative, de 7,1 points pour le régime B (60% de blé) par rapport au régime A (40% de blé), soit une différence de 8,8%.

Veldman et Vahl (1994) obtenaient des effets faibles mais significatifs de l'augmentation de la teneur en blé des régimes sur les performances, qu'ils attribuaient à la viscosité. De manière intéressante, l'écart entre les CUDa des lipides des régimes de base que nous avons mesuré est équivalent à celui rapporté par Maisonnier et al. (2001) qui comparaient deux régimes à base de blé plus ou moins viscosants (Soissons vs. Rialto, 55% du régime et 8% d'huile de colza).

La contribution de la matière grasse ajoutée à la matière grasse totale des régimes s'élève à 80% en moyenne, on peut donc estimer le différentiel de digestibilité entre l'huile de soja et le MDHA à environ 10 points, soit une différence d'EM évaluée à 950 kcal/kg, avec l'hypothèse d'une valeur d'énergie brute de 9500 kcal/kg pour les lipides. Par ailleurs, les performances zootechniques et en particulier l'IC laissent supposer, en estimant le besoin d'entretien et l'efficacité du gain de poids (Laffitte, données non publiées), que la différence d'EM entre les régimes extrêmes est de l'ordre de 110 kcal/kg, soit pour un taux d'incorporation de 6%, une différence de 1800 kcal/kg entre l'huile de soja et le MDHA.

Deux éléments peuvent permettre d'expliquer cette différence. D'une part, les digestibilités sont mesurées sur des animaux plus âgés que les performances zootechniques, et l'évolution rapide de la digestion des lipides au cours des premières semaines peut expliquer en partie ce décalage. D'autre part, les différences de composition entre les deux huiles ont pu occasionner des différences d'utilisation métabolique des éléments digérés et induire un écart de performances supérieur à l'écart de digestibilité.

En effet, An et al. (1997) ont montré que les indicateurs du métabolisme des lipides variaient avec la source de lipides chez le poulet, notamment avec l'huile de palme. Sanz et al. (2000) ont montré que le degré de saturation pouvait avoir une influence sur l'efficacité métabolique de la matière grasse.

On peut également supposer que la présence d'une forte proportion d'acides gras libres entraîne l'utilisation d'une voie métabolique différente, la recombinaison de ces acides gras sous forme de triglycérides après l'absorption étant vraisemblablement limitée.

## Conclusion

La substitution de l'huile de soja par un mélange d'huiles acides, avec de fortes proportions d'acides gras saturés et libres, a entraîné une baisse de la digestibilité de la matière grasse, ainsi qu'une dégradation de l'indice de consommation.

Cet effet est indépendant du régime de base (40 ou 60% de blé). Confortés par la bibliographie, nos résultats suggèrent des écarts de valeur énergétique entre l'huile de soja et le MDHA supérieurs aux écarts de digestibilités de la matière grasse.

Afin de mieux tenir compte de la composition des diverses sources de matière grasse, il semble opportun de poursuivre l'étude des facteurs pouvant contribuer à réduire l'efficacité métabolique des acides gras ingérés.

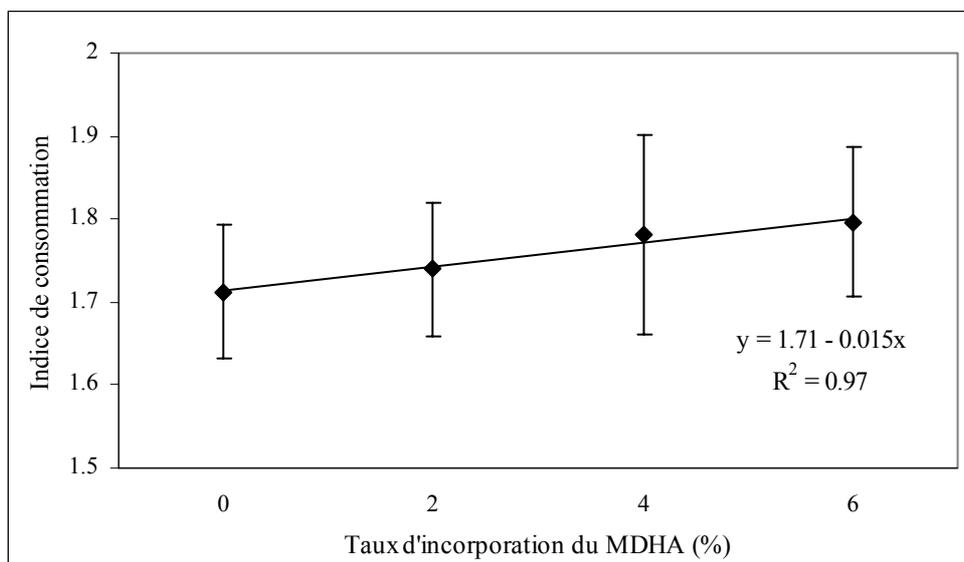
## Références bibliographiques

- An B.K., Banno C., Xia Z.S., Tanaka K., Ohtani S., 1997. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.*, 116, 119-125.
- Blanch A., Barroeta A.C., Baucells M.D., Puchal F., 1995. *Poult. Sci.*, 74, 1335-1440.
- Maisonnier S., Gomez J., Carré B., 2001. *Br. Poult. Sci.*, 42, 102-110
- Sanz M., Flores A., Lopez-Bote C.J., 2000. *Br. Poult. Sci.*, 41, 61-68.
- Smits C.H.M., 1996. Thèse, Université de Wageningen, pp.140.

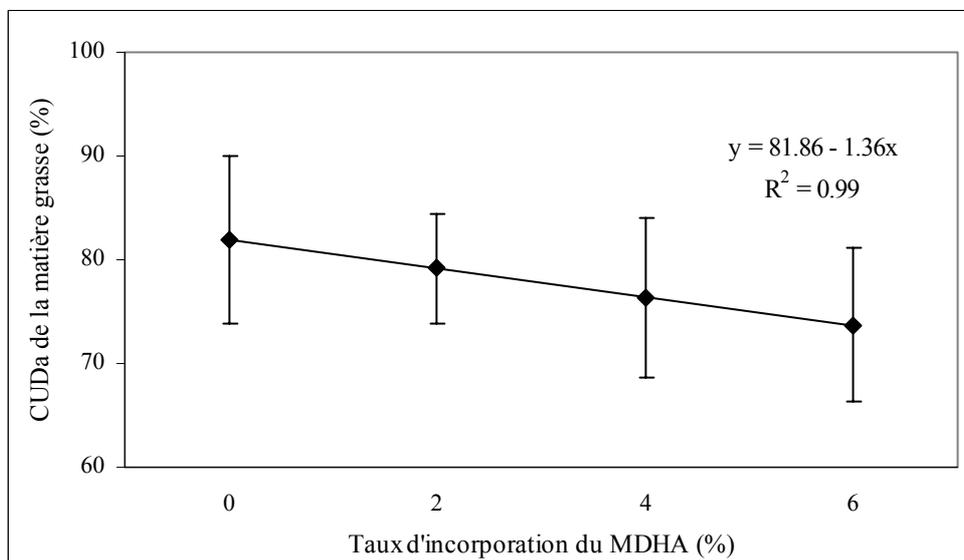
**TABLEAU 3** : Caractéristiques analytiques des huiles

	Huile de soja	MDHA
Acides gras en % des AG totaux		
C16:0	11.1	25.5
C18:0	3.9	3.3
C18:1	23.8	42.8
C18:2	52.4	21.6
C18:3	7.4	3.2
Autres	1.5	3.6
Monoinsaturés	24.2	44.0
Polyinsaturés	59.8	24.8
Saturés	16.0	31.2
Acides gras libres % en équivalent acide oléique	1.5	61.4

**FIGURE 1** : Effet du taux d'incorporation du MDHA sur l'indice de consommation



**FIGURE 2** : Effet du taux d'incorporation du MDHA sur le CUD apparent de la matière grasse



## VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DES BESOINS EN ACIDES AMINÉS DES VOLAILLES ?

Geraert Pierre-André<sup>1</sup>, Mansuy Eric<sup>2</sup>, Jakob Stefan<sup>1</sup>, Dalibard Pierre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ADISSEO France SAS, 42 Avenue Aristide Briand, 92160 ANTONY,

<sup>2</sup> Cybelia, 104 Avenue du Président Kennedy, 75781 PARIS Cedex 16.

### Résumé

L'estimation des besoins en acides aminés varie selon le paramètre à optimiser : gain de poids, indice de consommation ou proportion de filets et selon le modèle mathématique utilisé : modèle "broken-line" ou à plateau plus facile mais loin de la réalité physiologique, et modèle exponentiel ou curvilinéaire, plus proche de la réalité, mais avec lequel le besoin est plus difficile à établir. Les besoins en acides aminés sont le plus souvent exprimés par rapport à la lysine, premier facteur limitant. La protéine idéale contiendrait, pour chaque acide aminé essentiel, le niveau nécessaire aux besoins d'entretien et de croissance des animaux mais il existe autant de 'protéines idéales' que d'auteurs... A partir d'une analyse détaillée des expériences les plus récentes, nous proposons un nouveau mode d'expression des besoins en acides aminés qui permet d'adapter ces données à l'évolution des performances observées sur le terrain. Comparé aux données des années 90, ce modèle simplifié confirme l'augmentation des besoins en acides aminés du poulet de chair, particulièrement en démarrage.

### Introduction

La détermination des besoins en acides aminés des volailles de chair se fait de façon classique à partir de tests de croissance où des animaux sont nourris durant une période donnée avec des aliments contenant des niveaux croissants de l'acide aminé étudié. La concentration en acide aminé de l'aliment qui permet la meilleure croissance ou le meilleur indice de consommation est considéré comme le niveau optimal. Ces besoins sont déterminés sur une période de croissance relativement longue, par exemple de 20 à 40 jours pour un aliment poulet finition, ce qui représente approximativement la moitié du cycle de production de l'animal. Ces données ne permettent pas d'établir le besoin de l'animal à un âge plus précis.

#### 1. Besoins en acides aminés et performances

La réponse des différents paramètres de performance peut varier en fonction de l'acide aminé considéré. L'optimum obtenu sera différent si l'on cherche simplement à optimiser le gain de poids ou l'indice de consommation, ou si les paramètres de composition corporelle (rendement en filet ou graisse abdominale) sont également pris en compte. On estime ainsi que le besoin en lysine du poulet de chair est plus important pour maximiser le gain de poids, que pour minimiser

l'indice de consommation (Hurwitz et al., 1998). Au delà du gain de poids maximum, une supplémentation en lysine a des effets spécifiques et significatifs sur la composition corporelle : rendement en filet ou dépôt de graisse (Hickling et al., 1990). Ainsi, le besoin en lysine totale de poulets de chair mâles entre 20 et 40 jours a pu être estimé à 0,97, 1,08, 1,06 et 2,58% pour maximiser respectivement le gain de poids, l'efficacité alimentaire, le rendement en filet ou minimiser la graisse abdominale (Leclercq, 1998).

Tous les acides aminés n'ont pas la même influence sur les performances. Dans l'expérience citée précédemment, l'optimisation de l'indice de consommation demande des niveaux en lysine, arginine et acides aminés soufrés plus élevés que ceux nécessaires à l'optimisation de la croissance. Au contraire, les besoins en valine, isoleucine, thréonine varient peu selon le critère utilisé (Tableau 1).

**TABLEAU 1 :** Besoin en acides aminés en fonction du critère utilisé (Leclercq, 1997, 1998)

Acide aminé	Gain de poids	Indice IC	Rendement filet
Lysine	0,92	1,01	0,97
Arginine	0,98	1,20	0,98
AA Soufrés	0,70	0,78	0,66
Valine	0,77	0,73	0,73
Isoleucine	< 0,61	0,66	0,66
Thréonine	0,61	0,61	0,61
Tryptophane	< 0,15	< 0,15	< 0,15

## 2. Modélisation des besoins en acides aminés

Pour déterminer le besoin en un acide aminé, il est nécessaire de modéliser l'évolution des performances en fonction du niveau de cet acide aminé. Deux types de modèles peuvent être utilisés : un modèle exponentiel (curvilinéaire) ou un modèle de type linéaire à plateau (broken line). Le modèle « broken line » suppose une évolution linéaire des performances jusqu'à un plateau à partir duquel elles ne progressent plus. Ce type d'évolution est en fait peu réaliste et conduit souvent à sous-estimer le besoin. Le modèle exponentiel, plus largement utilisé, repose sur une évolution des performances selon la loi des rendements décroissants, atteignant à l'infini une valeur asymptotique. Dans ce cas, le besoin idéal est alors difficile à définir et est pris le plus souvent comme le niveau qui correspond à 95 ou 99 % de la réponse maximale observée.

Pour la plupart des acides aminés, les résultats du modèle « broken line » sont inférieurs à ceux du modèle exponentiel (Tableau 2). Par exemple, le besoin en lysine pour optimiser l'indice de consommation du poulet de chair peut être estimé à 8,9 g/kg sur la base du modèle « broken line » contre 11,5 g/kg d'aliment avec le modèle exponentiel. Pour la thréonine, Leclercq (1998) utilisant le modèle « broken line » obtient un besoin identique pour le gain de poids, l'efficacité alimentaire et le rendement en filet (0,61%). Par contre, avec le modèle curvilinéaire, les besoins estimés pour le gain de poids et l'efficacité alimentaire deviennent 0,59 et 0,63%. Dans la même expérience, pour la valine, quel que soit le modèle utilisé, le besoin pour le meilleur gain de poids est légèrement supérieur à celui estimé pour l'indice de consommation : 0,76 contre 0,74 %. L'optimum pour le rendement en filet est inférieur au besoin pour optimiser la croissance.

**TABLEAU 2 :** Variation du besoin en acides aminés en fonction du critère analysé et du modèle mathématique utilisé – poulet de chair 20-40 jours (Leclercq, 1997)

Acide aminé	Modèle Broken line	Modèle Exponentiel
Lysine	1,01	1,22
Arginine	1,20	1,61
Méth. + cystine	0,78	0,91
Valine	0,73	0,81
Isoleucine	0,66	0,64
Thréonine	0,61	0,65
Tryptophane	< 0,15	< 0,15

Enfin, l'approche économique suggère le plus souvent que le meilleur coût alimentaire est obtenu avec des concentrations en acides aminés plus proches des besoins obtenus avec le modèle exponentiel qu'avec le modèle « broken line ». Ainsi, Leclercq (1998)

suggère, pour le besoin en lysine, d'utiliser le modèle exponentiel, associé à une approche économique et de calculer les besoins des autres acides aminés à partir d'un profil idéal déterminé par le modèle « broken line ». L'optimum économique du besoin en lysine pour le gain de poids et le rendement en filet a ainsi été estimé à 1,087 et 1,142 %, niveaux nettement plus élevés que pour la seule performance : 0,924 et 0,975 % (Leclercq, 1998). Pack and Schutte, (1995) soulignent que le modèle doit prendre en compte les données de découpe (rendement en filet, ...) et la valorisation des produits. Dans cette optique les auteurs déterminent un besoin en acides aminés soufrés de 0,85% dans le cas d'une production de poulets entiers (entre 14 et 38 jours) et de 0,89% dans le cas d'une production sous forme de découpe, qui privilégie le rendement en filet.

## 3. Les facteurs de variation des besoins en acides aminés

### 3.1 Facteurs liés à l'animal

#### *Age*

Il est bien établi que les besoins en acides aminés diminuent avec l'âge pour les volailles de chair. En dinde par exemple, Lehmann et al. (1996) avec des BUT Big 6 concluent qu'un niveau plus élevé de lysine est nécessaire entre 8 et 12 semaines (1,20%) qu'entre 16 et 20 semaines (0,96%). De même, Hoehler et al. (2000) situent ce besoin pour la même souche à 1,48 % et 1,14 % de 5 à 8 semaines et de 13 à 16 semaines, respectivement pour obtenir 96% de la croissance maximum. Des observations analogues ont été faites sur les besoins en thréonine (Lehmann et al., 1997 ; Kidd et al., 1998). En poulet de chair, le besoin serait de 1,25 % entre 1 et 14 jours et 1,20 % entre 14 et 28 jours (Schutte et Smink, 1998).

#### *Génétique*

Les différences de performances entre souches ont-elles un impact sur les besoins en acides aminés ?

Une comparaison a été effectuée par Han et Baker (1993) entre 2 souches de poulet de chair, Hubbard et New Hampshire x Columbian, sur la période de 8 à 21 jours : au niveau du gain de poids et de l'efficacité alimentaire, les différences entre souches se situent entre 118 et 156 % pour le gain de poids, mais seulement de 0,5 à 10,5% pour l'indice de consommation, quel que soit le niveau de supplémentation en lysine (de 0,51 à 1,41 % en lysine disponible). La conclusion la plus intéressante est que la meilleure performance est obtenue à des niveaux différents pour chaque souche. Pour la souche à croissance lente, le niveau de lysine optimum est de 1,21 %, contre 1,31 % pour la souche à croissance rapide. Par contre, dans une expérience plus récente, Rosa et al. (2001a, 2001b) ont obtenus des besoins très voisins en thréonine et tryptophane pour 2

souches actuelles. Leurs recommandations situent les besoins en threonine et tryptophane à 0,71 et 0,16 % pour les 2 souches Arbor Acres, Classic ou High Yield, pour le gain de poids ou l'indice de consommation.

Avec 2 lignées génétiques sélectionnées durant des années sur leur composition corporelle, Leclercq et al., (1994) ont pu démontrer que les besoins de la lignée maigre sont plus élevés que ceux de la lignée grasse en ce qui concerne la méthionine, la lysine et l'arginine. Des conclusions similaires ont été obtenues par Alleman et al. (1999) concernant la thréonine. L'essentiel de cette différence proviendrait des différences d'ingéré alimentaire, les poulets de la lignée maigre consommant 10% moins d'aliment que ceux de la lignée grasse. Il est alors nécessaire de compenser cette faible consommation en augmentant la quantité de thréonine de l'aliment pour obtenir le même ingéré quotidien.

Il pourrait être donc nécessaire d'adapter les recommandations en acides aminés à chaque souche lorsqu'elles ne sont pas similaires génétiquement en tenant compte essentiellement de la consommation d'aliment.

### **Sexe**

Les besoins des mâles sont en général supérieurs à ceux des femelles, quel que soit l'âge ou le type d'acide aminé considéré (Han et Baker, 1993, 1994). On obtient des gains de poids très voisins pour les mâles et les femelles avec des aliments très carencés en lysine, mais avec des aliments correctement supplémentés en lysine, les mâles ont une croissance plus rapide (+12%) que les femelles. Cette évolution est liée à un ingéré quotidien plus important pour les mâles que pour les femelles. Les mâles ont des besoins en lysine alimentaire supérieurs à ceux des femelles, que ce soit pour maximiser leur croissance ou leur efficacité alimentaire. Dans cette expérience, les besoins des femelles en lysine digestible pour maximiser la croissance sont estimés à 90% de ceux des mâles. Des résultats similaires ont été obtenus pour l'arginine et le tryptophane par d'autres auteurs (Huncher et Thomas, 1976).

## **3.2. Facteurs externes**

### **Température**

Une température ambiante élevée est un facteur de stress majeur pour les animaux. Les changements métaboliques et physiologiques liés au stress peuvent réduire nettement les performances de croissance et affecter la composition corporelle (Veldkamp et al., 2000). Différentes approches ont été proposées pour compenser ce phénomène, dont une adaptation des niveaux en acides aminés. Par exemple, Rose et Salah Uddin (1997) ont observé une interaction significative entre lysine et température. Dans leur expérience, le changement du rapport lysine/protéine à 30°C permet de limiter l'impact de la température sur la croissance,

alors qu'il n'y a pas d'effet de ce ratio lysine/protéine à température normale.

L'effet de la température sur les besoins en lysine peut dépendre aussi du sexe. Il est ainsi plus important chez les femelles (Han et Baker, 1993). D'autres chercheurs, Balnave et Oliva (1990), ont obtenu un besoin en méthionine inférieur à température élevée et constante comparée à une variation cyclique de la température : 0,22 contre 0,26 g méthionine par MJ d'énergie. Une température élevée affecte aussi l'emplumement des animaux et donc probablement les besoins en méthionine et cystine.

Un mélange de différentes sources de protéines, associées avec des acides aminés de synthèse peut contribuer à restaurer les performances à température élevée. Dans une expérience récente, Alleman et Leclercq (1997) ont fait la comparaison entre un aliment standard en protéine (20 %) et un aliment à bas taux de protéine (16 %) mais rééquilibré par l'addition d'acides aminés de synthèse pour obtenir les niveaux des besoins en acides aminés obtenus dans des conditions de thermoneutralité. A température élevée, la croissance et l'efficacité alimentaire diminuent, de même que le rendement en filet alors que l'état d'engraissement augmente. Alors qu'à température proche de la thermoneutralité, les 2 aliments donnent les mêmes performances de croissance et de rendement en filet, à température élevée, le régime bas en protéines malgré un rééquilibrage en acides aminés essentiels donne des résultats inférieurs au niveau de la croissance comme au niveau de la proportion de filets.

Brake et Balnave (1995) ont également montré que l'accroissement du rapport Arg/Lys à température élevée (constante ou cyclique) permettait une amélioration significative de l'efficacité alimentaire sans affecter la croissance, et une meilleure viabilité en situation de stress thermique. Au contraire, Mendes et al. (1997) n'ont pas observé d'effet positif en augmentant aussi bien la lysine que le rapport Arg/Lys dans différentes conditions de température ambiante.

### **Protéine et énergie**

Le niveau d'énergie de l'aliment est un facteur important à prendre en considération dans la formulation des aliments, en raison de la capacité des volailles à ajuster leurs besoins en énergie. Ainsi, Leeson et al. (1996) démontrent que l'accroissement de l'énergie métabolisable de l'aliment de 2700 à 3300 kcal/kg n'affecte que peu la croissance ( $P > 0,05$ ) mais beaucoup plus la consommation d'aliment ( $P < 0,05$ ), pour finalement maintenir un niveau constant d'énergie ingérée par les animaux ( $P < 0,05$ ). L'influence des niveaux d'énergie et de lysine a été étudiée par Holsheimer and Ruesink (1993) sur des aliments croissance et finition. Durant la période de croissance, de 1 à 14 jours, 6 aliments différents ont été testés avec, soit le même rapport énergie/lysine, soit un rapport plus élevé. Les meilleures

performances en gain de poids et indice de consommation durant la période de croissance sont obtenues avec un régime de 3250 kcal EM/kg et 1,30% de lysine (niveau élevé). En finition, de 15 à 49 jours, on observe un phénomène intéressant, les meilleures performances étant obtenues avec les animaux recevant l'aliment basse énergie et teneur élevée en lysine.

## Conclusion

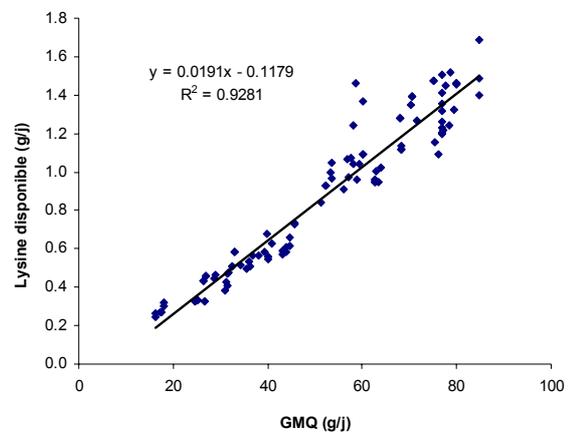
Les besoins en acides aminés des volailles de chair sont influencés par l'âge, le sexe ou le génotype des animaux, ainsi que par l'énergie ou le niveau de protéines des aliments. Il n'est donc pas possible de simuler toutes les combinaisons potentielles avec des expériences dose-réponse adaptées à chaque situation. Le concept de protéine idéale est une tentative de réponse à ce problème. En théorie, la protéine idéale doit contenir, sans excès, les 20 acides aminés nécessaires à la synthèse des protéines de l'animal. Plusieurs profils idéaux ont été proposés, avec toutefois des différences (Tableau 4).

**TABLEAU 4 :** Comparaison de différentes protéines idéales pour le poulet de chair (Lysine = 100)

Acide aminé	Baker Han 1994	Mack et al 1999	Lippens 1997	Gruber 1999	NRC 1994
Méthionine	75	75	70	70	82
Cystine					
Thréonine	70	63	66	66	73
Tryptophane		19		14	18
Isoleucine	67	71	70	63	73
Valine	77	81		81	82
Arginine	105		125	108	114

Pour une approche individuelle des besoins en chaque acide aminé, il paraît essentiel de prendre en compte les performances de croissance et la consommation des animaux pour adapter les recommandations aux résultats obtenus sur le terrain. L'analyse détaillée des résultats expérimentaux sur la lysine publiée depuis 1980 a permis de développer un modèle satisfaisant où le besoin du poulet de chair est exprimé en gramme de lysine disponible par rapport au gain de poids quotidien (Figure 1). Ce besoin peut être ensuite converti en % de l'aliment à partir de la consommation d'aliment. Les autres acides aminés essentiels ont été également pris en compte par cette méthode.

**FIGURE 1 :** Synthèse des besoins en lysine du poulet de chair en fonction des performances de croissance (données bibliographiques)



## Références bibliographiques

- Alleman F., Michel J., Chagneau A.M., Leclercq B., 1999. Br. Poult. Sci., 40, 485-490.
- Brake J., Balnave D., 1995. In Biokyowa Symp. XIIth Annual meeting, St Louis USA, pp 18.
- Han Y., Baker D.H., 1993. Poult. Sci., 72, 701-708.
- Han Y., Baker D.H., 1994. Poult. Sci., 73, 1739-1745.
- Hickling D., Guenter W., Jackson M.E., 1990. Can. J. Anim. Sci., 70, 673-678.
- Hoehler D., Mack S., Strobel E., Matzke W., Jeroch H. 2000. In : Proc. XXIth World's Poult. Congr., Montreal, Canada.
- Holsheimer J.P., Ruesink E.W., 1993. Poult. Sci., 72, 806-815
- Hunchar J.G., Thomas O.P., 1976. Poult. Sci., 55, 379-383.
- Kidd M.T., Ferket P.R., Garlich J.D., 1998. Poult. Sci., 77, 1550-1555.
- Leclercq B., 1998. Poult. Sci., 77, 118-123.
- Leclercq B., Chagneau A.M., Cochard T., Khoury J., 1994. Br. Poult. Sci., 35, 687-696.
- Leeson S., Caston L., Summers J.D., 1996. Poult. Sci. 75, 529-535.
- Lehmann D., Pack M., Jeroch H., 1997. Poult. Sci, 76, 696-702.
- NRC 1994. Ninth revised edition.
- Mendes A.A., Watkins S E., England J.A., Saleh E.A., Waldroup A.L., 1997. Poult. Sci., 76, 472-481.
- Pack M., Schutte J.B., 1995. Poult. Sci., 74, 488-493.
- Schutte J.B., Smink W., 1998. Arch Geflüg, 254-259.
- Rosa A. P., Pesti G. M., Edwards H. M., Bakalli R. I., 2001. Poult. Sci., 80, 1710-1717.
- Veldkamp T., Ferket P.R., Kwakkel R.P., Nixey C., Noordhuizen T.M., 2000. Poult. Sci., 79, 1472-1477.
- Waldroup P.W., Hellwig H.M., 1995. J. Appl. Poult. Res., 283-292.

# EFFET DES GRAINES ENTIÈRES DE BLE PRÉSENTÉES EN LIBRE CHOIX SUR LA RÉSISTANCE A LA COCCIDIOSE DUE A *E. TENELLA* CHEZ LE POULET LABEL

Gabriel Irène<sup>1</sup>, Mallet Serge<sup>1</sup>, Leconte Maryse<sup>1</sup>, Fort Geneviève<sup>2</sup>, Naciri Muriel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37 380 Nouzilly, France

<sup>2</sup> INRA, UR 86 Bio Agresseur Santé Environnement, 37 380 Nouzilly, France

## Résumé

L'effet d'un régime contenant des graines entières de blé (GE) et un concentré protéique est comparé avec le même régime broyé et granulé (S), lors d'une infection coccidienne expérimentale (*E. tenella*) à 22 jours chez le poulet Label. Les animaux GE ont une baisse de consommation et une dégradation de leur indice de consommation durant la première semaine post-infection (PI) conduisant à un poids plus faible. Durant la deuxième semaine PI, ces animaux ont un meilleur indice par rapport à leurs témoins non infectés. Cependant, à 35 jours, leur poids est toujours inférieur à celui des animaux S. Une augmentation de la population de coliformes est observée chez les poulets infectés GE par rapport aux animaux témoins. La production d'anticorps spécifiques anti-*E. tenella* 10 jours PI est supérieure chez les poulets GE. Ces derniers pourraient alors être mieux protégés vis-à-vis d'une infection secondaire. Ces effets sont semblables à ceux que nous avons observés chez le poulet à croissance rapide. Cette étude doit être confirmée dans des conditions de terrain.

## Introduction

La coccidiose est une pathologie digestive entraînant des pertes économiques importantes en aviculture. Elle peut être efficacement contrôlée par la vaccination ou l'utilisation d'anticoccidiens, produits de synthèse ou antibiotiques polyéthers ionophores incorporés à l'aliment. La suppression des antibiotiques comme additifs zootechniques en alimentation animale pose le problème du contrôle des coccidies en élevage avicole. En effet les anticoccidiens pourraient à leur tour être rejetés par les consommateurs bien qu'ils ne soient pas remis en cause actuellement par le législateur européen. Pour répondre à cette demande du consommateur, des alternatives doivent donc être trouvées. Une équipe australienne (Cumming, 1987) a montré un effet favorable de l'incorporation de graines entières de céréales sur le contrôle des coccidies, mais ces travaux ont été infirmés par de récentes études effectuées en Angleterre et en Suède (Waldenstedt et al., 1998 ; Banfield et al., 1999). En France, pour des raisons économiques et pour satisfaire le consommateur, le blé est de plus en plus introduit sous forme de graines entières dans les régimes des poulets à croissance lente. Nos travaux ont montré un effet négatif de ce mode d'alimentation lors de coccidioses chez des poulets à croissance rapide (Créviu-Gabriel et al., 2001 ; Gabriel et al., 2002). La réponse à une pathologie pouvant varier en fonction du patrimoine génétique de l'animal, l'effet de ce mode d'alimentation a été étudié chez des poulets à croissance lente (Label) infectés avec

*Eimeria tenella*, espèce pathogène très présente dans les élevages français.

## 1. Matériels et méthodes

Des poulets Label mâles d'un jour sont placés dans des cages (30 cm x 30 cm x 36 cm) sur grillage, dans une cellule thermostatée. Au départ, ils sont 4 par cage puis au cours de leur croissance, la densité est diminuée jusqu'à n'avoir plus qu'un poulet par cage à partir de 21 jours.

Un aliment standard 'démarrage' présenté sous forme de miettes puis de granulés leur est offert. Cet aliment est composé de 40% de blé (Tableau 1). Il ne contient pas d'anticoccidien. Ce régime est appelé par la suite régime 'standard' (S). A partir de 7 jours, les animaux sont séparés en deux groupes de poids similaire. L'un continue à recevoir le régime 'standard', l'autre reçoit en libre choix du blé sous forme de graines entières et un concentré protéique présenté sous forme de granulés dont la composition correspond à celle du régime 'standard' sans blé. Par la suite, on appellera ce régime 'graines entières' (GE). Les animaux s'adaptent à consommer ce régime pendant 2 semaines. A 22 jours, pour chacun des deux régimes, douze poulets sont inoculés expérimentalement par voie orale avec 20 000 oocystes sporulés d'*E. tenella* et douze poulets servent de témoin non infectés.

A 28 jours, les animaux reçoivent des régimes 'croissance', à la place des régimes 'démarrage' (Tableau 1).

**TABLEAU 1 : Composition des aliments (g/kg)**

Composition	Démarrage (0-27 j)		Croissance (28-42j)	
	Standard (S)	Concentré protéique <sup>1</sup>	Standard (S)	Concentré protéique <sup>1</sup>
Maïs	228.7	381.2	79.0	131.7
Blé	400.0	-	600.0	333.3
T Soja 48	315.5	525.8	135.7	226.2
Gluten de maïs	-	-	59.0	98.3
Huile de colza	15.0	25.0	15.0	25.0
Son de blé	-	-	70.8	118.0
DL méthionine	1.1	1.8	0.4	0.7
HCl Lysine	-	-	2.3	3.8
Carbonate de calcium	13.3	22.2	15.2	25.3
P bicalcique anhydre	16.4	27.3	12.6	21.0
Sels	4.0	6.7	4.0	6.7
Oligo-éléments	1.0	1.7	1.0	1.7
Vitamines <sup>4</sup>	5.0	8.3	5.0	8.3
<b>Analyse</b>				
EM (kcal/kg)	2 865	2 780	2 970	2 800
Protéines (N x 6.25)	204.2	267.0	178.9	223.8

<sup>1</sup> Aliments proposés avec des graines entières du blé utilisé pour les régimes standard correspondant (Sideral : 2956 kcal/kg ; 98.7 g/kg de protéines) ; l'association du concentré protéique et des graines entières de blé correspond au régime graines entières (GE)

Jusqu'à 42 jours d'âge, soit 20 jours post-infection (PI), les performances zootechniques sont contrôlées (poids, consommation, indice de consommation).

La microflore intestinale (lactobacilles, coliformes, entérocoques) est évaluée dans un prélèvement de fientes à 36 jours soit 14 j PI. Après dilutions successives dans du NaCl à 0,9% et mise en culture sur les milieux sélectifs appropriés (MRS, Drigalski et mEnterococcus), les bactéries viables sont comptabilisées (Mathlouthi et al., 2002). Les résultats sont exprimés en Log d'unités formant colonies (UFC) par g de fèces.

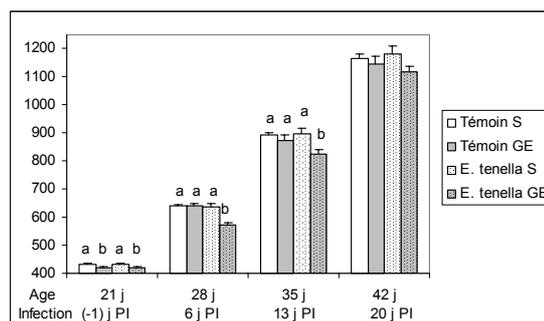
Par ailleurs, des critères liés à l'infection coccidienne sont suivis. Les fientes sont collectées quotidiennement de 5 à 10 j PI, rassemblées par groupe d'animaux et l'excrétion d'oocystes est mesurée en utilisant la cellule de comptage de McMaster (Raynaud, 1970). L'excrétion est exprimée en nombre d'oocystes par animal et par jour. La production d'anticorps sériques contre *E. tenella* est évaluée à 10, 13, 17 et 21 j PI par méthode ELISA (Girard et al., 1997) et mesure de l'absorbance à 405 nm.

Les moyennes obtenues pour les 4 groupes d'animaux sont comparées par analyse de variance en utilisant le test de Student-Newman-Keuls ( $p \leq 0.05$ ).

## 2. Résultats et discussions

Avant infection, les animaux GE ont un poids plus faible que les poulets S (Figure 1) du fait d'une sous consommation des graines entières. Celles-ci représentent 34% de la consommation totale d'aliment au lieu des 40% recherchés.

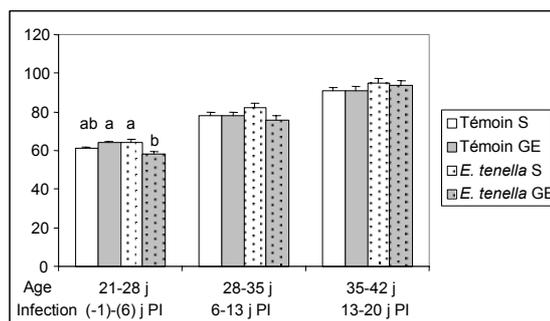
**FIGURE 1 : Poids des animaux (g)**



A partir de la troisième semaine de présence de graines entières dans l'aliment (21-28 jours), les poulets GE ont une consommation similaire à celle des poulets S (Figure 2). Ainsi dès 28 jours, les animaux non infectés ont les mêmes performances quel que soit leur régime (Figures 2 à 4).

La consommation de blé reste inférieure à celle attendue, 31%, 31% et 25% pour les troisième, quatrième et cinquième semaines de présence de graines entières.

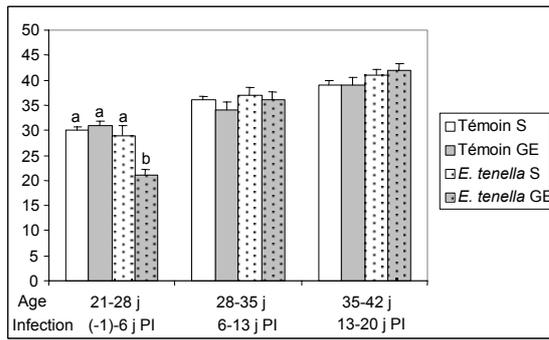
**FIGURE 2 : Consommation (g/j)**



Après infection, la proportion de graines entières consommées est légèrement différente de celle des poulets GE non infectés mais de façon non significative, 41%, 22% et 26% de la troisième à la cinquième semaine.

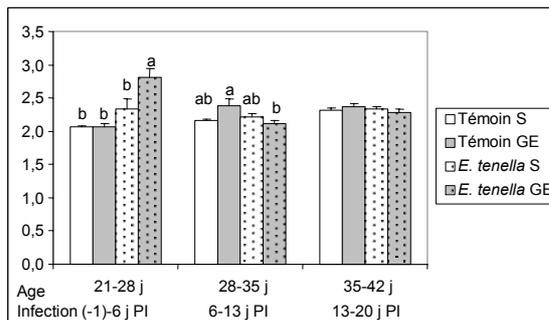
L'inoculation de 20 000 oocystes d'*E. tenella* n'a pas induit chez les poulets S de détérioration significative de la consommation, de la croissance, ou de l'indice de consommation par rapport à leurs témoins non infectés pendant la première semaine suivant l'infection. Sur la même période, cette même dose a dégradé significativement les performances zootechniques des poulets GE (Figures 2 à 4). Cette dégradation consiste en un gain de poids significativement plus faible (Figure 3) dû à une plus faible consommation (Figure 2) et à une dégradation de l'indice de consommation (Figure 4). Ces résultats sont comparables à ceux que nous avons observés chez des animaux à croissance rapide (Gabriel et al., 2002).

**FIGURE 3 : Gains de poids (g/j)**



A 35 j, (13 j PI) les poulets infectés GE sont significativement plus légers que les poulets infectés S (Figure 1). Cependant sur la période 28-35 j, les gains de poids ne sont plus significativement différents entre les 2 régimes et l'indice de consommation des poulets GE est amélioré par rapport à leurs témoins non infectés (Figure 4).

**FIGURE 4 : Indice de consommation (g/g)**



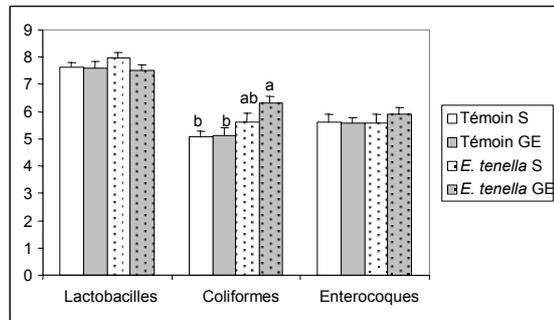
Durant la troisième semaine suivant l'infection (J35-J42), aucune différence n'est observée entre les groupes d'animaux, en ce qui concerne les consommations, les gains de poids et les indices. A 42 jours (20 j PI), le poids des poulets GE est légèrement inférieur à celui des poulets S bien que la différence ne soit plus significative, alors qu'elle l'est encore dans le cas de souches à croissance rapide (Gabriel et al., 2002).

Quel que soit le régime, aucune mortalité due à *E. tenella* n'a été observée.

L'étude des populations bactériennes fécales montre que les populations de coliformes, de lactobacilles et d'entérocoques ne sont pas modifiées par le mode d'alimentation chez le poulet Label non infecté (Figure 5) contrairement à ce qui a été observé chez le poulet à croissance rapide (Gabriel et al., 2002). Cette absence de différences pourrait être liée à la plus grande variabilité de la flore chez le poulet à croissance lente.

Lors de la coccidiose, les populations bactériennes ne sont pas modifiées chez les poulets S, alors que la population de coliformes est augmentée chez les poulets GE. Ce phénomène d'accroissement de la population de coliformes lors de coccidiose cæcale avec un régime graines entières est aussi observé chez les poulets à croissance rapide (Gabriel et al., 2002).

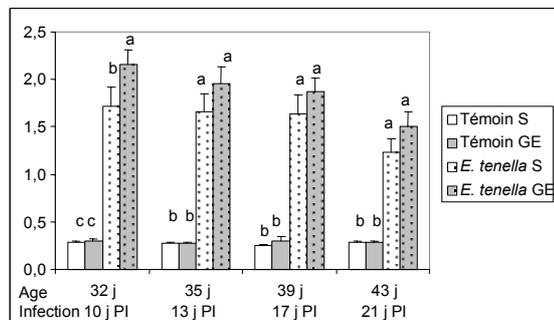
**FIGURE 5 : Comptages bactériens à 36 jours (14 j PI) (Log UFC / g de fèces)**



Les pertes sanguines (excrétions sanglantes) liées au développement d'*E. tenella* sont plus importantes chez les poulets GE.

Les symptômes de coccidiose étant plus marqués chez les poulets GE, de façon alors attendue la production d'anticorps spécifiques anti-*E. tenella* est plus importante chez ces animaux 10 j PI (Figure 6).

**FIGURE 6 : Anticorps sériques totaux (Dilution 1/200<sup>e</sup>; DO à 405 nm)**

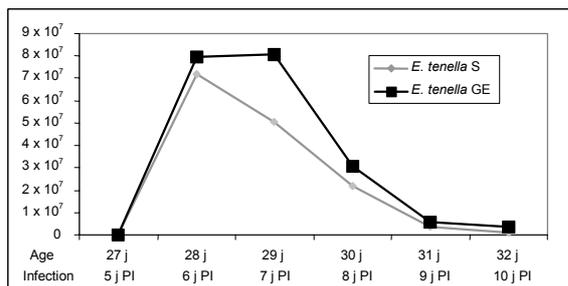


L'immunité humorale est un marqueur de l'infection. Si son rôle dans la guérison et la protection reste incertain, alors que l'immunité cellulaire est clairement impliquée (Lillehoj, 1998), on ne peut pas l'exclure. En effet les IgA spécifiques anti-*Eimeria* peuvent se lier aux sporozoïtes (Trees et al, 1989) et les détruire (Davis et Porter, 1979). Ainsi, même si les poulets GE sont plus affectés au cours d'une première infection, ils pourraient être mieux protégés au cours d'infections ultérieures. L'effet du régime alimentaire sur la réponse immunitaire humorale pourrait s'expliquer par la modification de la microflore (Gabriel et al, 2003).

Cependant la différence de quantité d'anticorps sériques n'est significative qu'à 10 j PI, contrairement à ce qui est observé chez le poulet à croissance rapide, chez qui une différence significative entre les régimes est maintenue jusqu'à 21 j PI (Gabriel et al., 2002).

L'excrétion d'oocystes n'est que légèrement supérieure chez les poulets GE par rapport aux poulets S (Figure 7). Ce résultat s'oppose aussi à celui observé chez les poulets à croissance rapide qui montrent une excrétion 10 fois plus élevée avec un régime à base de graines entières (Gabriel et al., 2002).

**FIGURE 7 :** Excrétion d'oocystes (par animal)



## Conclusion

L'alimentation avec des graines entières a des conséquences négatives sur les performances zootechniques de poulets à croissance lente lors d'une infection coccidienne par *E. tenella*. Le changement d'alimentation joue donc un rôle dans l'expression du pouvoir pathogène d'*E. tenella*. Les modifications de la physiologie digestive (Gabriel et al., 2003) et/ou de la flore intestinale qu'entraîne ce type de régime pourraient en être à l'origine. Ces résultats corroborent ceux que nous avons observés chez des poulets à croissance rapide bien que l'incidence sur le développement parasitaire semble moindre. Le mode d'action de l'alimentation pourrait ne pas être le même pour ces deux souches de poulets.

L'incidence de l'alimentation avec des graines entières doit être confirmée chez des poulets élevés au sol. Les conséquences pourraient être différentes en particulier du fait de la stimulation immunitaire plus forte chez les animaux consommant des graines entières qui pourrait leur conférer une résistance plus importante lors d'infections ultérieures comme c'est le cas dans les conditions d'élevages classiques.

## Références bibliographiques

- Banfield, M.J., Kwakkel, R.P., Groeneveld, M., Ten Doeschate, R.A.H.M., Forbes, J.M., 1999. In : Proceedings of the WPSA Spring Meeting, Scarborough (GB), pp 42-43.
- Crévieu-Gabriel, I., Leconte, M., Fort, G., Naciri, M., 2001. In : Quatrièmes journées de la recherche avicole, pp 165-168.
- Cumming, R.B., 1987. The 4<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress, pp 216.
- Davis, P.J., Porter, P., 1979. Immunology, 36, 471-477.
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Fort, G., Naciri, M., 2002. Arch.Geflügelkd., 66, 179.
- Gabriel, I., Mallet, S., Lessire, M., 2003. Cinquième journées de la recherche avicole.
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., 2003. Br.Poult.Sci., sous presse.
- Girard, F., Fort, G., Yvoré, P., Quéré, P., 1997. Intern.J.Parasitol., 27, 803-809.
- Lillehoj, H.S., 1998. Int.J.Parasitol., 28, 1071-1081.
- Mathlouthi, N., Mallet, S., Saulnier, L., Quemener, B., Larbier, M., 2002. Anim.Res., 51, 395-406.
- Raynaud, J. P., 1970. Ann.Parasitol.Hum.Comp., 45, 321-342.
- Trees, A., Karim, M. J., Kellar, S. B., Carter, S. D., 1989. J.Protozool., 36, 326-333.
- Waldenstedt, L., Elwinger, K., Hooshmand-Rad, P., Thebo, P., Uggla, A., 1998. Acta Vet. Scand., 39, 461-471.

# EFFET DE LA TENEUR EN PROTEINES, DU POIDS SPECIFIQUE ET DE LA TENEUR EN AMIDON, DE LA DURETE ET DE LA GERMINATION SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DU BLE CHEZ LE JEUNE POULET

Skiba Fabien<sup>1</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>2</sup>, Métayer Jean-Paul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARVALIS, Station Expérimentale, Pouline, 41100 VILLERABLE, <sup>2</sup>ARVALIS 91720 BOIGNEVILLE

## Résumé

Trois essais, conduits à partir de lots de blé des récoltes 1999 et 2000, ont été réalisés dans le but d'étudier d'une part, les effets de la teneur en protéines et, d'autre part, ceux du poids spécifique et de la teneur en amidon sur la viscosité jéjunale ainsi que sur la digestibilité de l'énergie, de l'amidon et des protéines. Un dernier essai a permis de mesurer les effets du degré de germination sur ces mêmes critères. Les bilans digestifs ont été conduits sur des jeunes poulets (20-24 jours). Nous n'avons pas observé de relation entre l'énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMAN) des blés et leur teneurs en protéines, en amidon ou encore leurs poids spécifique ou leur degré de germination. Toutefois, nous avons mis en évidence un effet négatif à la fois de la viscosité spécifique (VS) et de la dureté sur l'EMAN des blés. L'effet dureté est d'autant plus marqué que l'on se situe en présence de blés qualifiés de médium hard ou hard (dureté > 50) qui représentent la majeure partie des variétés cultivées en France. Par ailleurs, dans cette gamme, nous observons aussi un effet négatif de la dureté sur la digestibilité apparente de l'amidon.

## Introduction

Le blé occupe une part prépondérante dans l'alimentation des volailles en France (35 à 55% suivant les espèces et le stade physiologique ; communication personnelle, UNIGRAINS 2003). La prédiction de l'énergie métabolisable du blé et l'identification de ses facteurs de variation constitue donc un enjeu majeur pour les utilisateurs. De nombreux auteurs ont recherché des facteurs permettant de prédire la variabilité de l'énergie métabolisable (EMAN) du blé. Parmi ceux mis en évidence, la viscosité, appréciée à partir de la mesure de la viscosité spécifique (VS, AFNOR 1999) semble expliquer une part plus ou moins importante de la variabilité de l'EMAN chez le jeune poulet. Toutefois, une certaine proportion de cette variabilité reste encore inexpliquée (Barrier-Guillot et al., 1998 ; Skiba et al., 1999).

Nous avons cherché à étudier, dans trois essais différents, l'effet de la teneur en protéines, du poids spécifique, de la teneur en amidon et enfin de la germination sur la valeur énergétique (EMAN), la viscosité jéjunale (VJ) et dans deux des trois essais, sur la digestibilité de l'amidon et des protéines chez le jeune poulet entre 20 et 24 jours d'âge.

## 1. Matériels et méthodes

Dans le premier essai, sept lots de blé issus de mélanges de lots élémentaires provenant d'essais ARVALIS de la récolte 1999 portant sur la conduite de la fertilisation azotée de la culture (0 à 400 kg

d'azote par hectare) ont été testés. Deux variétés (Trémie et Shango) caractérisées par des niveaux de viscosité faibles et équivalents ont été retenues. Les mélanges ont été constitués de façon à obtenir un gradient de teneur en protéines, par variété, le plus étendu possible.

Dans le deuxième essai, six lots de blés de la récolte 2000, correspondant à quatre variétés différentes, ont été sélectionnés parmi 21 disponibles pour constituer une gamme assez large de poids spécifiques (PS) et de teneurs en amidon et de façon à ce qu'il y ait indépendance entre ces deux critères. Enfin, pour le troisième essai, compte tenu des conditions climatiques de l'été 2000, il nous a été possible de collecter une parcelle de variété Isengrain dont une partie n'était pas versée (lot peu germé) et une partie était versée (lot très germé). Les deux lots se caractérisaient visuellement par la présence de «radicelles» sur les épis. Un troisième lot, non germé, de la même variété nous a été fourni par un sélectionneur afin de disposer d'un témoin.

Les trois essais ont été conduits en 2000. Pour chaque essai, deux types de régimes ont été fabriqués : un aliment témoin constitué de 95,6% d'un aliment dit complémentaire et de 4,4% d'un prémix (mélange minéral, vitaminique, acides aminés, anticoccidien) et différents régimes à base de blé contenant le complémentaire (45,6%), le prémix (4,4%) et le blé (50%). Le complémentaire est composé de 52,3% de maïs, 38,7% de tourteau de soja 48, 4,9% de gluten 60 et 4,2% d'huile de soja. Les matières premières ont été broyées à l'aide d'un broyeur à marteaux FAO type TITAN 2000 (3000 t/mn, 64 ms<sup>-1</sup>) à la grille de 2 mm de diamètre. Les régimes ont ensuite été granulés

à la vapeur (presse La Meccanica, type CLM200, filière de 2,5 mm x 35 mm, température des granulés en sortie de filière voisine de 65°C). La valeur alimentaire des blés a été calculée par différence avec celle de l'aliment témoin.

Les études ont été conduites sur des poulets mâles ISA JV15 avec 9 cages contenant 2 poulets de même poids par aliment (1 poulet par cage dans le troisième essai). Le bilan digestif a été effectué de J20 à J24 (17 heures de jeûne puis 55 heures d'alimentation à volonté et 17 heures de jeûne) avec une collecte journalière des excréta lors des 72 dernières heures. A J25, les poulets ont été euthanasiés et leur contenu jéjunal a été prélevé afin de mesurer la viscosité jéjunale (VJ) du surnageant.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Composition chimique et caractéristiques physiques des blés

Les résultats de composition chimique des sept blés du premier essai et des deux lots de blés germés du troisième essai ont été présentés et discutés par ailleurs (Skiba et al., 2002) les mêmes lots ayant également été évalués sur porcelets ou sur porcs charcutiers. Nous pouvons rappeler que dans l'essai 1, les sept lots constituent une gamme de teneur en protéines (MAT, Nx6,25) allant de 84 à 144 g/kg MS. Nous observons une relation négative entre MAT et amidon ( $r=-0,80$ ,  $P<0,05$ ). Les teneurs en fibres appréciées à partir des critères cellulose brute (CB), parois insolubles dans l'eau ou NDF, ADF, ADL (données non présentées) sont peu variables entre les différents lots. Il en est de même de la teneur en arabinoxylanes solubles (Ax sol). Les niveaux de viscosités spécifiques (VS) des blés sont faibles et conformes aux valeurs attendues d'après la variété. Les valeurs de dureté varient de 47 à 78 pour Trémie et de 59 à 83 pour Shango. Ces valeurs confirment le caractère médium hard (dureté comprise entre 50 et 75) de ces deux variétés (ARVALIS, 2000). Nous observons une relation significative positive entre la dureté et la MAT ( $r=0,86$ ,  $P<0,05$ ) ce qui semble logique puisque les liaisons protéines amidon sont, en partie, responsables de la dureté des blés (Branlard et al., 1997, Abecassis et al., 1997) même si le déterminisme de la dureté est principalement variétal (Oury et al., 1998). Le diamètre médian (d50) des farines est en moyenne de 344  $\mu\text{m}$  et il n'existe pas de liaison entre le d50 et les caractéristiques physiques et chimiques des blés. Toutefois, nous voyons une tendance à l'augmentation du d50 lorsque la dureté augmente, ce qui confirme les résultats de Carré et al. (2002). Cette tendance est encore plus marquée lorsque l'on examine les données par variété. Le profil des protéines des variétés de blé, apprécié par la méthode chromatographique ARVALIS ProfilBlé® (Morel et al., 2000), montre une augmentation du rapport gliadines/gluténines (protéines de réserve) et

une diminution de la proportion de protéines solubles (albumines et globulines) quand la teneur en MAT des blés augmente (Skiba et al., 2002). Dans l'essai 2, les teneurs en amidon des six lots de blé varient entre 664 et 704 g/kg MS alors que les PS se situent entre 68 et 78 kg/hl. Nous observons des variations de teneurs en fibres plus importantes que dans le premier essai. Nous n'observons pas dans cet essai de relation entre le PS et la teneur en amidon ( $r=0,50$ , NS) ce qui est conforme à notre objectif retenu pour le choix de ces blés. La teneur en amidon ou le PS ne sont corrélés à aucun critère chimique ou physique (excepté MAT pour l'amidon). En revanche, il existe une corrélation négative entre PS et arabinoxylanes solubles (Ax sol) ( $r=-0,85$ ,  $P<0,05$ ). Du fait des différences variétales, nous observons des VS allant de 0,7 à 3,2 ml/g MS donc assez faibles, et positivement corrélées à la teneur en Ax sol ( $r=0,85$ ,  $P<0,05$ ) confirmant les données rapportées par Skiba et al. (1999). Les duretés mesurées dans cet essai sont faibles (26 à 50) et inférieures aux valeurs généralement mesurées pour ces variétés (medium-hard) mais elles confirment les faibles valeurs relevées dans l'enquête ONIC-ARVALIS en 2000 pour ces variétés. Aucune liaison n'est retrouvée, dans cet essai à la différence des lots du premier essai, entre MAT et dureté ni entre dureté et d50 (357  $\mu\text{m}$  en moyenne). Dans l'essai 3, les blés présentent globalement des compositions chimiques voisines. Toutefois les lots germés diffèrent du témoin par leurs teneurs élevées en MAT (150 g/kg MS) et donc leurs faibles teneurs en amidon (668 g/kg MS), mais surtout par leurs faibles temps de chute de Hagberg (123 et 89 vs. 213 secondes pour les lots germés, très germés et le témoin respectivement). Cette mesure, dont la valeur diminue avec le degré de germination, est le reflet de la reprise de l'activité amylasique dans les grains. Nous pouvons souligner qu'un des lots Isengrain du deuxième essai (MAT=151 g/kg MS) présente également un faible temps de chute de Hagberg (68 secondes) qui lui confère également le statut de blé germé. Enfin, il apparaît que ce sont les trois lots de blés germés qui présentent les valeurs de dureté les plus faibles.

### 2.2. Valeurs énergétiques des blés

Les valeurs d'énergies métabolisables à bilan azoté nul (EMAn) mesurées dans l'essai 1 ne sont pas significativement différentes ( $P=0,11$ ) et conduisent à une valeur moyenne de 3415 kcal/kg MS légèrement supérieure à la valeur (3320 kcal/kg MS) figurant dans les tables INRA-AFZ (Sauvant et al., 2002) et aux valeurs obtenues par Skiba et al. (1999) pour des variétés à faibles viscosités. Cette différence pourrait être liée à la présence d'un anticoccidien ionophore dans les aliments des essais figurant dans cette publication, à la différence des données de Skiba et al. (1999). Nous avons en effet montré, à partir d'une synthèse de nos essais (données non publiées) que la

présence d'un anticoccidien ionophore pouvait améliorer l'EMAn des aliments de 4% soit environ 120 kcal/kg MS pour l'EMAn d'un blé introduit à 50% dans un aliment. Nous n'avons mis en évidence aucun effet significatif de la teneur en MAT sur l'EMAn des blés. En revanche l'écart-type de la mesure de l'EMAn (ET EMAn) est positivement corrélé à la MAT ( $r=0,84$ ,  $P<0,05$ ). Ceci pourrait être relié aux observations de Scheele et al. (1995) pour qui une augmentation de la teneur en MAT s'accompagne, comme dans cet essai, d'une augmentation du rapport gliadines/gluténines. En raison de leurs propriétés visco-élastiques, les gliadines pourraient être responsables d'une autre forme de viscosité que celle liée aux Ax sol qui pourrait expliquer l'augmentation de l'ET EMAn observée dans cet essai. Concernant les digestibilités apparentes des protéines (CUDa protéines) nous observons une valeur moyenne de 81% et aucune différence significative entre les blés. En revanche, les digestibilités de l'amidon (CUD amidon) des blés varient de 91 à 96% et sont significativement différentes ( $P<0,01$ ). Nous observons qu'une diminution de la dureté s'accompagne d'une augmentation significative du CUD amidon ( $r=-0,75$ ,  $P<0,05$ ) et de l'EMAn ( $r=-0,87$ ,  $P<0,05$ ). Ces résultats confirment ceux obtenus par Carré et al. (2000 et 2002). Nous ne retrouvons aucune relation entre VS ou VJ et EMAn, ce qui confirme que lorsque les VS ou les VJ sont faibles, les EMAn sont bonnes et ne dépendent pas de ces critères.

Les valeurs d'EMAn des 6 lots de blé du deuxième essai varient de 3260 à 3470 kcal/kg MS avec une moyenne de 3380 kcal/kg MS. Cette moyenne est proche de celle enregistrée dans le premier essai, toutefois il existe cette fois-ci des différences significatives entre les six EMAn. Il n'existe aucune relation significative entre l'EMAn de ces blés et les teneurs en amidon ou les PS ce qui confirme, pour ce dernier critère, les résultats de Mc Cracken et al. (2002), Wiseman (2000), Stewart et al. (1997), Métayer et al. (1993) ou partiellement ceux de Mc Cracken et Quintin (2000). Nous observons par contre dans notre essai une diminution significative de l'EMAn lorsque la VS augmente ( $r=-0,81$ ,  $P<0,05$ ). Ceci se traduit par des différences d'EMAn entre variétés, les lots Isengrain présentant des valeurs supérieures aux lots Trémie plus visqueux, bien que tous les blés se situent dans une plage de VS faible. Nous retrouvons dans cet essai une bonne relation entre VS et VJ ( $r=0,99$ ,  $P<0,001$ ), ces deux derniers résultats étant conformes à ceux obtenus précédemment (Skiba et al. 1999). Il existe dans cet essai une corrélation entre EMAn et dureté ( $r=-0,70$ ) voisine de celle retrouvée dans le premier essai mais qui cette fois-ci n'est pas statistiquement significative. Toutefois (Figure 1) les relations mises en évidence dans les deux essais présentent des pentes très voisines. Dans ce deuxième essai, nous avons mis en relation, par régression linéaire multiple, les EMAn avec les critères VS et dureté. Nous obtenons

l'équation suivante qui présente un très bon  $r^2$  et un ETR très faible :

$$\text{EMAn (kcal/kg MS)} = 3780 - 71,6 \times \text{VS} - 5,6 \times \text{dureté} \\ (r^2=0,93 \text{ ETR}=33 \text{ kcal/kg MS})$$

Nous retrouvons, dans cette relation, l'effet négatif de la dureté et de la viscosité sur l'EMAn. Toutefois en appliquant cette équation aux résultats du premier essai, nous constatons que les valeurs calculées ne sont pas satisfaisantes, principalement à cause de l'absence de relation entre EMAn et VS dans cet essai. Il convient donc de poursuivre les études permettant de valider ou non cette équation. Dans cet essai nous n'observons pas de différence significative entre les CUD amidon (moyenne 96%) ou les CUDa des protéines (moyenne=79%) des différents blés. En revanche, nous observons une diminution de l'ET EMAn lorsque le CUD amidon augmente ( $r=-0,91$ ,  $P<0,05$ ) et une diminution du CUDa des protéines lorsque la dureté augmente ( $r=-0,94$ ,  $P<0,01$ ).

Les valeurs d'EMAn des lots de blé germés et très germés du troisième essai sont respectivement de 3370 et 3350 kcal/kg MS et ne diffèrent pas significativement du témoin (3410 kcal/kg MS) alors que le lot germé du deuxième essai présente une valeur de 3470 kcal/kg MS. Par ailleurs aucun effet de la germination n'a été observé sur la VJ. Ces résultats, conformes à ceux de Pirgozliev et Rose (2001) montrent que les blés germés sont aussi bien valorisés par les jeunes poulets que les lots non germés, dans la mesure où ils sont stockés dans de bonnes conditions (humidité et température).

## Conclusion

Nous n'avons pas observé, dans cette étude, de relation entre l'EMAn des blés et les critères de teneur en protéines, en amidon ou le poids spécifique (PS) malgré des variations importantes pour ces trois critères. Le degré de germination n'a pas eu, non plus, d'influence sur l'EMAn des blés. En revanche, nous avons observé un effet négatif de la viscosité spécifique des blés (VS) et de la dureté sur l'EMAn des blés. Ce dernier effet est d'autant plus marqué que l'on se situe dans une gamme de dureté supérieure à 50 c'est à dire avec des blés qualifiés de medium hard ou hard qui représentent la majeure partie des variétés cultivées en France. Par ailleurs, dans cette gamme, nous observons aussi une diminution de la digestibilité de l'amidon associée à une augmentation de la dureté. L'équation qui figure dans cette publication est prometteuse et méritera d'être validée par des essais ultérieurs. Par ailleurs, dureté et VS sont deux critères indépendants et principalement sous contrôle génétique ce qui en fait des bons candidats pour les sélectionneurs végétaux.

## Références bibliographiques

Abecassis J., Mabilhe F., Haddad Y., Autran J.C., Benet J.C., 1997. Industries des Céréales, 101, 11-18.  
 AFNOR, 1999. Blé tendre et triticale. Détermination de la viscosité des extraits aqueux. Méthode au viscosimètre. NF V 03-749.  
 Barrier-Guillot B., Grosjean F., Métayer J.P., Gâtel F., 1998. Proceedings 10th European Poultry Conference, 369-374.  
 Branlard G., Felix I., Leblanc A., Koenig J., Bodet C., Marion D., Mahaut B., 1997. Industries des Céréales, 101, 5-10.  
 Carré B., Idi A., Maisonnier S., Melcion J.P., Oury F.X., Gomez J., Pluchard P., 2002. Br. Poult. Sci., 43, 403-415.  
 Carré B., 2000. INRA Prod. Anim., 13 (2), 131-136.  
 ARVALIS, 2000. Céréales – Variétés 2000. Institut Technique des Céréales et des Fourrages Ed., Paris, 24 p.  
 Mc Cracken K.J., Quintin G., 2000. Br. Poult. Sci., 41, 332-342.  
 Mc Cracken K.J., Preston C.M., Butler C., 2002. Br. Poult. Sci., 43, 253-260.  
 Métayer J.P., Grosjean F., Castaing J., 1993. Anim. Feed Sci. Technol., 43, 87-108.

Morel M.H., Dehlon P., Autran J.C., Leygue J.P., Bar L'Helgouac'h C., 2000. Cereal Chemistry, 77, 5, 685-691.  
 ONIC-ARVALIS, 2000. Qualités des blés français – récolte 2000, ONIC Ed., 10 p.  
 Oury F.X., Carré B., Pluchard P., Bérard P., Nys Y., Leclercq B., 1998. Agronomie, 18, 139-150.  
 Pirgozliev V.R., Rose S.P., 2001. Br. Poult. Sci., 42, S102-S103.  
 Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions, 301p.  
 Scheele C.W., den Dekker F., van der Klis J.D., Kwakernaak C., Orsel R., 1995. Second European Symposium on Feed Enzymes, Noordwijkerhout, 23-25 october 1995, 117-121.  
 Skiba F., Barrier-Guillot B., Métayer J.P., 1999. Troisièmes Journées de la Recherche Avicole, 3, 81-84.  
 Skiba F., Callu P., Métayer J.P., Barrier-Guillot B., 2002. Journées de la Recherche Porcine, 34, 59-65.  
 Stewart A.H., Acamovic T., Taylor A.G., Fraser H., 1997. Proc. Br. Soc. Anim. Sci., 66.  
 Wiseman J., 2000. Anim. Feed Sci. Technol., 84, 1-11.

**TABLEAU 1** : Caractéristiques chimiques (g/kg MS), physiques et nutritives (kcal/kg MS) des blés chez le poulet de chair

Essai	Blé	Variété	MS	MAT	Amidon Ewers	MG	MM	CB	Parois	VS ml/g MS	Ax sol CPG	PS kg/hl	PMG g MS	Dureté	d50	EMan	ET EMan	VJ cP	CUD énergie	CUD amidon	CUDa protéines
1	1	Trémie	837	84	726	15	17	22	108	2,5	5,2	76	45	47	348	3500	35	3,5 b	79,7 a	95,6 a	78,9
	2	Trémie	841	108	711	15	16	21	106	2,4	5,0	77	43	66	356	3380	56	3,7 b	76,6 ab	94,8 ab	78,7
	3	Trémie	839	127	706	16	16	22	106	2,6	5,1	77	43	78	374	3330	66	3,8 ab	74,7 b	93,8 ab	80,7
	4	Shango	842	97	733	17	17	22	100	3,1	5,1	79	41	59	312	3520	36	4,2 a	79,2 a	95,3 a	79,4
	5	Shango	842	111	723	17	16	22	99	2,5	5,2	81	44	75	357	3340	77	4,0 ab	75,2 ab	91,1 b	78,1
	6	Shango	836	126	718	13	16	21	98	2,3	5,2	77	42	63	315	3490	76	4,3 a	78,5 ab	96,4 a	86,7
	7	Shango	842	144	704	13	16	23	100	2,2	5,5	81	44	83	345	3350	76	3,9 ab	75,3 ab	92,2 ab	81,1
2	8	Trémie	855	139	673	18	17	24	120	3,2	7,2	68	33	46	339	3280 b	54	4,0 a	74,0 b	94,1	79,4
	9	Charger	848	119	704	17	16	24	116	2,1	7,1	70	35	37	390	3460 a	18	3,6 a	77,9 a	96,1	80,9
	10	Isengrain	882	151	664	17	18	29	118	2,2	6,6	69	27	26	367	3470 a	34	3,6 a	77,8 a	95,7	83,5
	11	Rapor	859	103	702	20	17	31	127	3,2	6,8	74	32	50	359	3260 b	44	4,0 a	74,3 b	95,2	75,9
	12	Trémie	877	122	682	18	16	24	110	2,3	6,1	75	38	50	365	3370 ab	25	3,6 a	76,5 ab	96,7	77,0
13	Isengrain	870	119	700	14	16	26	106	0,7	4,7	78	35	44	320	3460 a	38	2,7 b	78,6 a	95,2	80,1	
3	14	Isengrain	868	115	705	17	15	-	109	1,2	-	75	-	-	-	3410	55	3,1	77,6	-	-
	15	Isengrain	880	150	666	17	16	23	114	1,8	5,9	72	32	32	-	3370	72	3,3	75,6	-	-
	16	Isengrain	885	150	670	18	16	24	112	2,1	6,5	71	30	32	-	3350	50	3,8	75,7	-	-
	Moyenne	856	123	699	16	16	24	109	2,3	5,8	75	38	53	350	3396	51	3,7	76,7	94,8	80,0	
	Min	836	84	664	13	15	21	98	0,7	4,7	68	27	26	312	3260	18	2,7	74,0	91,1	75,9	
	Max	885	151	733	20	18	31	127	3,2	7,2	81	45	83	390	3520	77	4,3	79,7	96,7	86,7	
	Ecart-type	18	20	22	2	1	3	8	0,7	0,8	4	6	18	23	79	19	0,4	1,8	1,6	2,8	
	CV (%)	2	16	3	12	4	12	8	29	14	6	16	34	7	2	37	11	2	2	3	

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales (Nx6,25) ; Amidon : méthode Ewers ; MG : matières grasses ; MM : matières minérales ; CB : cellulose brute  
 Parois : parois insolubles dans l'eau ; VS : viscosité spécifique AFNOR NF V03-749 ; AX sol : arabinosylanes solubles (chromatographie en phase gazeuse) ; PS : poids spécifique  
 PMG : poids de mille grains ; Dureté : méthode infrarouge ; d50 : diamètre médian (méthode ASAE S 319.2) ; EMan : énergie métabolisable à bilan azoté nul  
 ET EMan : écart-type de la moyenne ; VJ : viscosité du surnageant du contenu jéjunal en centipoises (cP) ; CUD : coefficient d'utilisation digestive (a=apparent)  
 a, b : groupes homogènes (intra essai) par le test de Newman et Keuls (essai 1 : P<0,05 ; essai 2 : P<0,001)

**FIGURE 1** : Effet de la dureté sur l'énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMan) des jeunes poulets

# IMPACT DE LA TENEUR EN PROTEINE ET DU PROFIL EN ACIDES AMINES DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DU POULET DE CHAIR

Huyghebaert Gérard<sup>1</sup>, Coenen Hans<sup>2</sup>, Le Bellego Laurent<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CLO-DVV, Merelbeke, Belgique, <sup>2</sup> Orffa, Londerzeel, Belgique, <sup>3</sup> Ajinomoto Eurolysine, Paris, France

## Résumé

La présente étude vise à déterminer l'impact de la réduction du taux protéique de l'aliment lorsque les niveaux de méthionine, de lysine et de thréonine sont maintenus constants (Met+Cys :Lys 70%, Thr :Lys 65%, Lysine ajustée par stade de croissance) par une supplémentation en acides aminés industriels (DL-Met, L-Lys, L-Thr). Dans ce but 6 traitements alimentaires sont distribués à des poulets de chair mâles et femelles de souche ROSS 308, en essai de 1 à 42 jours.

Les mâles et les femelles répondent de manière similaire au taux protéique de l'aliment, même si comparés aux femelles, les mâles atteignent des gains de poids significativement plus élevés en raison principalement d'une consommation d'aliment supérieure. La baisse du taux protéique de l'aliment est sans impact sur les premiers stades de croissance mais tend à affecter négativement les performances au-delà de 28 jours, pour les deux traitements les plus bas en protéines. En conclusion, dans cet essai, la supplémentation en acides aminés a permis d'équilibrer l'apport en acides aminés tout en réduisant l'apport de protéines.

## Introduction

L'aviculture européenne consomme annuellement environ 8.4 millions de tonnes de protéines pour la convertir en protéines animales avec une efficacité de l'ordre de 45% (De Boer et al., 2000 ; Leclercq et Tesseraud, 1993). Par conséquent, plus de 240 mille tonnes d'azote sont rejetés dans l'environnement par la filière avicole. Ces rejets sont partiellement recyclés comme fertilisants mais le reste s'accumule dans l'environnement (air, sol, eau). Formuler des aliments à taux protéiques réduits permet de résorber à la source les rejets d'azote.

Par ailleurs, outre l'aspect environnemental largement documenté (Leclercq et Tesseraud, 1993, Baker and Han, 1994 ; Lippens et al., 1997 ; Mack et al., 1999 ; De Boer et al., 2000 ; Van Cauwenberghé and Burnham, 2001 ; Gates et al., 2002), la formulation d'aliments à taux protéique réduits présente d'une part un intérêt économique (réduction de l'incorporation de matières premières riches en protéines au profit des céréales) et d'autre part un intérêt sanitaire (réduction de l'occurrence de troubles digestifs et de l'humidité des litières).

Pour ces trois raisons, la formulation d'aliment à taux protéique réduits est reconnue comme pertinente par la majorité des nutritionnistes même si leur mise en œuvre demeure partielle.

La présente étude vise à quantifier l'impact d'une réduction modérée du taux protéique de l'aliment lorsque les niveaux en méthionine, lysine et thréonine sont ajustés par une supplémentation en acides aminés industriels. Les niveaux protéiques et les profils de supplémentation appliqués dans le protocole ont été

retenus pour être proches de situations pratiques européennes

## 1. Matériels et méthodes

Un programme alimentaire en 2 phases (1-14 jours et 15-42 jours) est mis en œuvre pour les principaux apports nutritionnels (énergie métabolisable, EMAN ; matières azotées totales, MAT, Calcium et Phosphore). Les aliments sont formulés à base de blé et les apports en acides aminés sont estimés par leur contribution en acides aminés digestibles (CVB 2001). Pour chacune des périodes, deux aliments « extrêmes » sont formulés : F1 et F6 différant d'environ 5.5% quant à leur taux protéique (Tableau 1). Hormis la méthionine, la lysine et la thréonine dont les niveaux sont maintenus constants par une supplémentation adaptée, l'ensemble des autres acides aminés subissent une réduction d'environ 5.5%, parallèle à celle affectant le taux protéique. Les équilibres entre acides aminés soufrés et lysine et, entre thréonine et lysine sont maintenus respectivement à 70 et 65% (base digestible) dans chacune des périodes et pour tous les traitements.

Pour composer les 6 traitements progressifs, 4 mélanges intermédiaires sont fabriqués à partir de F1 et F6 tel que F2 = 80%F1 + 20%F6, F3 = 60%F1 + 40%F6, F4 = 40%F1 + 60%F6, F5 = 20%F1 + 80%F6. L'essai est conduit selon un dispositif en bloc avec 5 répétitions par traitement pour chacun des sexes (60 parquets impliqués = 6x5x2). Chaque parquet d'une surface de 2 m<sup>2</sup> compte 34 oiseaux.

Les poulets de souche ROSS 308 sont vaccinés pour la maladie de Newcastle à 1 et 16 jours d'âge. Le

programme lumineux est le suivant (Jour/Nuit) : 1-3 jours (24h/24h), 3-42 jours (20h/24h). L'aliment (sous forme de farine) et l'eau sont proposés à volonté.

Les oiseaux sont pesés à 14, 28 et 42 jours. La consommation d'aliment est comptabilisée de 1 à 14 jours, de 15 à 28 jours et de 29 à 42 jours. Les indices de consommation (IC) sont calculés sur chacune de ces périodes. Les oiseaux morts sont autopsiés au Laboratoire Provincial de la Santé Animale (Drongen, Belgique).

L'index de production pour l'ensemble de la période est calculé selon l'équation (gain de poids journalier x (1-(mortalité+réforme, %)/100)x10/IC). L'ensemble des variables est soumis à une analyse factorielle portant sur l'aliment (6), le sexe (2) et le bloc (5) ainsi que sur l'interaction *aliment x sexe* (analyse adjointe au test *Least Significant Differences* - multiple range Statgraphics version 5, 1991 ; Snedecor and Cochran, 1989).

## 2. Résultats et discussion

Les principaux résultats zootechniques sont rapportés aux Tableaux 2 et 3.

Aucune interaction aliment x sexe n'apparaît dans l'essai, ni pour le gain de poids, ni pour l'indice. Dans la zone de taux protéiques et d'acides aminés étudiée dans l'essai, les mâles et femelles réagissent donc de manière similaire à la réduction du taux protéique.

A chaque période de croissance, le gain de poids des mâles est significativement supérieur à celui des femelles et cette différence s'accroît avec l'âge des oiseaux (+4, +12 et +16% resp. à 14, 28 et 42 jours d'âge). Cette différence s'explique principalement par une consommation d'aliment supérieure chez les mâles (+2, +10 et +15% pour chacune des périodes) ainsi que, dans une moindre mesure, par un meilleur indice de consommation (en moyenne 3.5% pour les 3 périodes).

Jusqu'à 14 et 28 jours, les différents traitements alimentaires sont sans impact sur le poids des oiseaux. A 42 jours toutefois, les oiseaux recevant l'aliment F6 sont plus légers que les autres (F1 à F5).

Pour chacune des périodes étudiées la consommation d'aliment est indépendante du traitement alimentaire. Il semble donc que le taux protéique de l'aliment n'influence pas la consommation d'aliment.

Jusqu'à 28 jours, les traitements F1 à F6 sont non significativement différents, bien qu'une légère tendance à l'augmentation de l'indice apparaissent. Cet effet est plus prononcé lors de la dernière période 29-42 jours et devient significatif.

L'index de production (Tableau 2) en tant qu'évaluation synthétique des traitements est légèrement ( $P < 0,05$ ) corrélé avec le taux protéique de l'aliment. La réduction de performance peut être liée au manque des autres acides aminés.

La mortalité et le taux de réforme s'élèvent au total à 4.9% de l'effectif et ne sont pas affectés par le taux

protéique de l'aliment. Le syndrome de la mort subite et les ascites (anormalités métaboliques), cause majeure (60%) de mortalité et réforme dans l'essai, sont donc indépendantes des taux protéiques étudiés.

Les résultats de cet essai montrent la faisabilité de la réduction du taux protéique dans un intervalle donné. Le traitement F6 semble indiqué la limite de faisabilité en terme de concentration de la protéine. Il semble par ailleurs que la sensibilité à la réduction du taux protéique de l'aliment s'accroisse avec l'âge des animaux.

Le maintien des niveaux de méthionine, lysine et thréonine par une supplémentation adéquate autorise une certaine flexibilité quant à la fixation du taux protéique de l'aliment.

Toutefois, des travaux complémentaires sont requis pour vérifier la réponse des oiseaux au taux protéique de l'aliment 1) avec des apports en acides aminés variables (de sub-optimal à supra-optimal 2) lors d'une conduite multi-phase progressive.

## Références bibliographiques

CVB (2001) Veevoedertabel.

Baker, D.H. & Han, Y. (1994) Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks post hatching. *Poultry Science*, **73**:1441-1447.

De Boer, I.J.M., Van Der Togt, P.L., Grossman, M. & Kwakkel, R.P. (2000) Nutrient flows for poultry production in the Netherlands. *Poultry Science*, **79**: 172-179.

Gates, R.S., Pescatore, A.J., & Burnham, D. (2002). Dietary manipulation for reducing equilibrium ammonia gas concentration and total ammoniacal nitrogen in broiler litter. (abstract) *Proc. 11th Eur. Poultry Conf.* (Bremen, Germany : 6-10 sept.).

Leclercq, B. & Tesseraud, S. (1993) Possibilités de réduction des rejets azotés en aviculture. *INRA Prod. Anim.*, **6**: 225-236

Lippens, M., Deschepper, K. & De Groote, G. (1997) Laageiwitrantsoenen en aminozuurbehoefte bij vleeskippen. pp 86.

Mack, S., Bercovici, D., De Groote, G., Leclercq, B., Lippens, M., Pack, M., Schutte, J.B. & Van Cauwenberghe, S. (1999) Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *British Poultry Science*, **40**:257-265.

Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. (1989) Statistical methods (8th edn.). Iowa State University Press. Ames, IA, USA.

Statgraphics version 5 (1991) Reference Manual. Statistical Graphics Corporation (Rockville, M.D., U.S.A.).

Van Cauwenberghe, S. & Burnham, D. (2001) New developments in amino acid and protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. *Proc. 13th Eur. Symp. Poult. Nutr.* (Blankenberge, Belgium : 30 sept.-4 oct.) : 141-149.

**TABLEAU 1 : Composition des aliments expérimentaux**

Matières premières, %	Démarrage		Croissance	
	F-1	F-6	F-1	F-6
Blé	54,70	59,63	59,01	63,45
Tourteau de soja – 48	27,01	21,99	23,93	20,20
Maïs	5,00	5,00		
Graines de soja	3,60	4,69	5,00	5,00
Matières grasses animales	5,50	4,27	8,03	7,12
Ca CO3	1,53	1,56	1,48	1,51
Phosphate bi-calcique	0,83	0,83	0,72	0,71
NaCl	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-méthionine	0,21	0,23	0,20	0,22
L-lysine HCl	0,19	0,31	0,19	0,30
L-thréonine	0,05	0,11	0,06	0,11
BF phytase-2500	0,05	0,05	0,05	0,05
Bio FW	0,03	0,03	0,03	0,03
Vit-Min. Premix*	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
EMAn-poulet, MJ/kg	12,15	12,15	12,75	12,75
MAT, %	21,70	20,44	20,80	19,70
Ca, %	0,95	0,95	0,90	0,90
P-d., %	0,46	0,46	0,44	0,44
Na, %	0,14	0,14	0,14	0,14
Ile-d, %	0,84	0,77	0,80	0,74
Leu-d, %	1,37	1,27	1,29	1,20
<b>Lys-d, %</b>	<b>1,11</b>	<b>1,11</b>	<b>1,06</b>	<b>1,06</b>
Met-d, %	0,49	0,50	0,47	0,48
<b>S-AA-d, %</b>	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>
Phe-d, %	0,89	0,83	0,85	0,79
Phe+Tyr-d, %	1,51	1,61	1,44	1,54
<b>Thr-d, %</b>	<b>0,72</b>	<b>0,72</b>	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>
Try-d, %	0,23	0,21	0,21	0,20
Val-d, %	0,89	0,83	0,85	0,79
Arg-d, %	1,24	1,13	1,18	1,08
His-d, %	0,44	0,41	0,42	0,39
C18:2, %	1,50	1,50	1,78	1,71

*Coccidiostat = Salinomycine 60 mg/kg de 1 à 35 jours puis période de retrait*

*\*Composition du premix*

*vit. A : 13500 IU, vit. D3 : 2000 IU, vit. E : 13,5 mg, vit. K3 : 2,25 mg, vit. B1 : 1 mg, vit. B2 : 5,4 mg, vit. B3 : 13,5 mg, vit. B5 : 40 mg, vit. B6 : 1,1 mg, vit. B12 : 0,001 mg, Biotin : 0,15 mg, Choline : 375 mg. I : 2,1 mg, Co : 1,4 mg, Se : 0,43 mg, Cu 7,2 mg, Mn : 86 mg, Zn : 57 mg, Fe : 65 mg, Mg : 110 mg.*

**TABLEAU 2 : Impact des traitements protéiques sur le poids vif des poulets (analyses de variance sur les 3 facteurs : aliments, sexe et blocs)**

	Poids à 1 j g	Poids à 14 j G	Poids à 28 j g	Poids à 42 j g	Index de production
<b>Anova (1)</b>					
Aliment (n=6)	0,96	0,21	0,80	0,02	0,002
Sexe (n=2)	0,15	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bloc (n=5)	0,17	0,11	0,13	0,70	0,11
Interaction "Aliment x Sexe"	0,75	0,71	0,65	0,46	0,10
<b>LSD m.r. test (2)</b>					
<b>Aliment</b>					
1	43,7 a	310 ab	1055 a	2207 a	288 a
2	43,6 a	305 ab	1051 a	2191 a	282 ab
3	43,7 a	303 b	1051 a	2205 a	278 b
4	43,8 a	310 ab	1051 a	2183 a	280 b
5	43,7 a	311 ab	1060 a	2182 a	277 b
6	43,6 a	312 a	1040 a	2122 b	265 c
LSD (P:0,05)	0,4	9	31	49	8
<b>Sexe</b>					
Femelles	43,6 a	303 b	994 b	2023 b	252 b
Males	43,8 a	315 a	1109 a	2340 a	304 a
LSD (P:0,05)	0,3	5	18	28	5

(1) Analyse de variance (ANOVA) rapportée pour un seuil de signification à 5 % ( $P < 0,05$ )

(2) LSD m.r. test : Pour un même facteur les données annotées par la même lettre ne sont pas significativement différente au seuil de 5%

**TABLEAU 3 : Impact des traitements protéiques sur l'indice de consommation des poulets (analyses de variance sur les 3 facteurs : aliments, sexe et blocs)**

	1-14 jours	15-28 jours	29-42 jours	1-42 jours
<b>Anova (1)</b>				
Aliment (n=6)	0,19	0,76	0,04	0,008
Sexe (n=2)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bloc (n=5)	0,51	0,67	0,13	0,11
Interaction "Aliment x Sexe"	0,84	0,99	0,94	0,98
<b>LSD m.r. test (2)</b>				
<b>Aliment</b>				
1	1,468 ab	1,703 a	1,803 a	1,727 a
2	1,462 ab	1,706 a	1,808 a	1,728 ab
3	1,453 a	1,704 a	1,821 a	1,736 ab
4	1,463 ab	1,716 a	1,803 a	1,730 ab
5	1,473 ab	1,726 a	1,843 ab	1,755 bc
6	1,489 b	1,734 a	1,874 b	1,775 c
LSD (P:0,05)	0,028	0,053 a	0,048	0,027
<b>Sexe</b>				
Femelles	1,487 b	1,750 b	1,855 b	1,770 b
Males	1,449 a	1,680 a	1,795 a	1,714 a
LSD (P:0,05)	0,016	0,030	0,028	0,016

(1) Analyse de variance (ANOVA) rapportée pour un seuil de signification à 5 % ( $P < 0,05$ )

(2) LSD m.r. test : Pour un même facteur les données annotées par la même lettre ne sont pas significativement différente au seuil de 5%

# EVALUATION DES BESOINS EN THREONINE ET EN ARGININE DE LA PONDEUSE

Philippe Joly

Hubbard Isa, Manguérand 22800 Le Foëil Quintin

## Résumé

La réduction de la teneur en protéines des aliments dépend de la connaissance des besoins en acides aminés essentiels, entre autre, en Thréonine (THR) et en Arginine (ARG). Les besoins ont été déterminés en utilisant les expérimentations déjà réalisées et en les exprimant en mg/g d'œuf. Les valeurs ont été recalculées à partir des tables NRC (1994) et RPAN (1993) et exprimées en acides aminés digestibles. A partir des résultats d'expérimentations réalisées par les différents auteurs, nous pensons que le besoin en THR digestible pourrait être estimé à 9,50 mg (RPAN) par g d'œuf produit. Le besoin en ARG ne peut malheureusement pas être déterminé avec précision car peu d'essais ont porté sur cet acide aminé. Cependant, Coon (1998) estime le besoin à 18,0 mg d'ARG digestible. On peut penser que cette valeur est surestimée. Il ne semble pas que l'ARG soit un facteur limitant des rations actuelles. Par contre, la THR pourrait être un facteur limitant des rations à base de blé lorsque l'on utilise de la lysine industrielle et lorsque les besoins en ILE et VAL sont satisfaits.

## Introduction

Les performances des poules dépendent de la satisfaction des besoins en 8 acides aminés limitants : MET, MET+CYT, LYS, TRP, ILE, VAL, THR et ARG. L'utilisation de lysine industrielle permet une réduction de la teneur en protéines de l'aliment, une réduction des rejets azotés et éventuellement des coûts. La hiérarchie des facteurs limitants varie selon les matières premières utilisées (Tableau 5).

Le TRP devient le facteur limitant lorsqu'on utilise de la lysine industrielle dans des régimes à base de maïs contenant des farines de viande. Par contre, avec le blé, ILE et VAL deviennent les facteurs limitants.

L'Isoleucine et la Valine sont aujourd'hui utilisées comme contraintes de formulation. La connaissance des besoins en THR et en ARG est donc nécessaire afin de s'assurer qu'ils ne sont pas des facteurs limitants. C'est à cette condition que l'on pourra réduire les teneurs en protéines de l'aliment et réduire les rejets. Le formulateur doit quantifier les risques pris en terme de productivité lorsqu'il utilise de la lysine industrielle.

Les besoins journaliers en acides aminés dépendent de la productivité des poules ; ceci s'est traduit par une augmentation des recommandations au cours des années passées en raison de l'évolution de la productivité. Une autre approche consiste à exprimer les besoins en mg d'acides aminés par g d'œuf produit. Cette méthode permet de définir les besoins réels des poules et de palier à l'évolution génétique. Elle a comme intérêt de pouvoir réutiliser l'ensemble des expérimentations réalisées et de s'abstraire des performances réelles observées, masse d'œuf produite et indice de consommation. Cette méthode permet de définir les besoins dans la mesure où les besoins de production représentent la majorité des besoins.

## 1. Matériels et méthodes

Nous avons repris l'ensemble des expérimentations disponibles portant sur le besoin en THR et ARG. Les besoins sont déterminés par analyse des régimes utilisés ou par référence à des tables de composition. Pour le formulateur, le besoin devant être défini par rapport à des tables de références, nous avons recalculé les valeurs obtenues à partir des tables NRC (1994) et RPAN (1993) exprimées en acides aminés digestibles en prenant les coefficients de digestibilité des tables RPAN (1993).

Les teneurs en acides aminés ont été recalculées après estimation de la teneur en protéines des matières premières pour aboutir à une teneur en protéines de l'aliment identique à celle des expérimentations étudiées.

Dans les Tableaux 2 et 3, nous précisons les périodes expérimentales, la masse d'œuf obtenue et les besoins en mg/g d'œuf obtenus par l'auteur et recalculés en acides aminés digestibles sur la base des tables NRC et RPAN. Le Tableau 3 décrit les réductions de performances observées avec des niveaux de THR inférieur.

## 2. Résultats

### 2.1. Besoin en Thréonine.

L'ensemble des résultats expérimentaux est mentionné dans le Tableau 2. Les résultats obtenus par les différents auteurs sont pour la plupart assez cohérents ; on peut cependant déplorer que, dans certains essais (Valerio, 1996 et Zollitsch et al., 1996), le besoin ait été couvert avec la teneur la plus faible en thréonine. La productivité variant de 50 à 54 g de masse d'œuf, elle ne semble pas avoir d'influence sur l'expression du besoin.

Yamazaki et al. (1997) ont tenté de déterminer le besoin en THR digestible entre 32 et 42 semaines. Ils obtiennent un besoin de 329 mg pour une masse d'œuf produite de 49 g. Ils observent une réponse à la supplémentation en THR mais le

régime témoin a une productivité supérieure de 13 % et un IC inférieur de 10 % au régime optimal en THR. Cela peut s'expliquer par le fait que la source protéique des régimes expérimentaux est constituée de gélatine supplémentée en acides aminés indispensables. Une perte de poids (130g) importante a été observée sur le régime déterminant le besoin. Il semble donc difficile de retenir cette valeur.

Ishibashi et al. (1998) ont réalisé 2 expérimentations avec des régimes pauvres en protéines et supplémentés en acides aminés. Le besoin se situerait pour eux à 7.41 mg (exp 1) et 7.71 mg (exp 2) de THR / g d'œuf. Les analyses montrent qu'au delà d'un certain seuil, la concentration sanguine en THR est proportionnelle à la teneur en THR des régimes plus riches. Cependant, les performances obtenues avec les 2 niveaux les plus élevées en THR sont nettement inférieures au niveau optimum retenu.

Huyghebaert et al. (1991) obtiennent les meilleurs résultats avec un ingéré en THR digestible de **9.57 mg / g d'œuf**. Cette valeur est cohérente avec celles qu'ont obtenues d'autres auteurs. Basé sur le modèle de Reading, ils estiment que le besoin est compris entre 700 et 710 mg de THR totale pour une masse d'œuf de 50g. Ceci laisse penser que le modèle de Reading surestime le besoin.

Avec le modèle Broken-line ou linéaire, l'équation qu'il obtient est la suivante :

$$\text{THR digestible (mg / j)} = 22W + 7.06 E$$

Celle-ci est obtenue à partir des performances des régimes les plus déficients comme le montre le tableau ci-dessous.

THR dig. ingéré (mg/jour)	Masse d'œuf (g/jour)	I.C.	Croissance (g/jour)	mg de THR par g d'œuf
149	15.2	5.16	- 4.2	9.80
187	20.8	4.09	- 3.6	9.00
224	28.1	3.32	- 3.4	7.87
294	37.1	2.94	- 0.9	7.92
341	40.4	2.82	- 1.6	8.44
387	46.7	2.59	1.3	8.29
447	51.6	2.47	1.4	8.66
478	51.3	2.45	3.3	9.31
500	52.6	2.38	2.8	9.51
531	51.6	2.39	3.1	10.29

Ces résultats montrent clairement que le modèle linéaire sous-estime le besoin car il ne prend pas en compte la protéolyse ou les pertes de poids.

Valerio (1996) étudie les besoins en thréonine sur la période 21-37 semaines à la fois sur des lignées Leghorn et RIR. Il

estime le besoin journalier à 515 mg de THR brute sur une souche brune et à 535 mg pour une Leghorn. La

concentration en THR de l'aliment est estimée à **0.51%** pour les deux souches. Il est difficile d'exprimer les besoins en mg / g d'œuf car les résultats ne donnent que les moyennes de la période 21-39 semaines. Le besoin est exprimé par référence à la moyenne des consommations enregistrées sur la période 21-39 semaines. Avec un indice de consommation d'environ 2.05 au moment du pic de production, le besoin en THR totale devrait être proche ( $2.05 \times 0.51\%$ ) de 10.50 mg / g d'œuf ou de **9 mg dig. / g d'œuf**. Il convient de remarquer que ces valeurs ont été obtenues avec le régime de base. On peut donc considérer cette valeur comme maximale.

Zollitsch et al. (1996) ont réalisé 2 essais. Dans le premier, ils obtiennent avec le premier niveau de THR un besoin qui ne dépasse pas **8.43 mg dig. / g d'œuf**. La productivité de ce régime est identique à celle obtenue avec un régime à 18% de protéines. Dans l'autre expérimentation, ils obtiennent un besoin de 11.10 mg, mais deux autres régimes plus riches en protéines (16%) ayant une teneur plus faible en THR laisse supposer que le besoin est largement inférieur. On peut logiquement en conclure que le besoin est **inférieur à 9.89 mg** de THR dig. / g d'œuf, qui est la valeur obtenue avec le régime à 16 % de protéines.

Martinez-Amescua et al. (1999) ont déterminé les besoins à partir de Leghorn âgées de 62-72 semaines et de 70-80 semaines. Les matières premières et les régimes ont été analysés. Une valeur de digestibilité de 0.90 a été retenue empiriquement. Les régimes recalculés à partir des tables RPAN donnent une valeur de digestibilité de 87%. La valeur de 10.61 mg/g d'œuf de THR totale correspondrait à **9.23 mg dig. / g**. Les valeurs recalculées à l'aide des tables NRC ou RPAN donnent des valeurs plus élevées. L'étude a été réalisée en fin de ponte, ce qui contribue à une surestimation du besoin. En effet, dans une étude consacrée à la méthionine (Joly, 1999), nous avons montré que les besoins exprimés en mg/g d'œuf étaient toujours surestimés en fin de ponte en raison de la baisse de productivité.

Joly et al. (1999) ont réalisé une étude sur la protéine idéale. De cette étude, nous pouvons conclure que le besoin est inférieur à 615 mg / jour de THR dig. pour une masse d'œuf produite de 59.5 g par jour au cours de la période 23-55 semaines. Ceci donne un besoin **inférieur à 10.34 mg / g** d'œuf de THR dig. Cette valeur n'est donnée qu'à titre indicatif.

**TABLEAU 2 : Besoin en Thréonine exprimés en mg/g d'œuf**

Auteurs	Souche	Anx Testés	Période (sem.) (1)	Méthode Détermi-Nation	Masse (g/j)	Besoins mg/g d'œuf				Ratio NRC/ RPAN	Coef. de dig. en % RPAN	
						Obtenue par auteur		Calculée en dig.				
						Total	Dig.	NRC 94	RPAN93			
1	Martinez 1999	Leghorn	5 x 48	62-72)	Analyse	51,7	10,61	9,23 e	9,68	10,11	95,7	87,0
			5 x 48	70-80)								
2	Valerio 1996	Leghorn	5x ?	21-37	Digest.	52,6	12,11	9,57	9,65	9,74	101,0	84,8
3		Brown	5x ?	21-37								
4	Huyghebaert 1991	Isabrown	11x120	28-38								
5	Zollitsch 1996	Leghorn	5 x 35	33-49	Digest.	50.5		(11,10)	(10,88)	(10,73)	98,6	85,6
6	Zollitsch 1996	Leghorn	5 x 40	35-47	Digest.	51,2		≤8,43	≤8,14	≤8,23	98,9	85,4
	Ishibashi 1998	Leghorn	5 X 20	29-39	Calculée	54,0		7,41	7,81	8,19	95,3	86,4
			5 x 120	29-39	Calculée	53,2		7,71	8,12	8,52		
	Joly 1999	Isabrown	8 x 192	19-55	Calculée	59,5			≤10,24	≤10,34	99,1	86,4
	Faria 2002	Leghorn	8 x 40	31-39	Analyse	50,9	8,76		?	?		85,7
	Faria 2002	Leghorn	7 x 40	45-53	Analyse	46,5	9,44		?	?		85,7

Faria : Résultats analysés sur la période de 33 à 39 et de 47 à 53 semaine.

Faria et al. ( 2002 ) ont étudié le besoin en THR dans 2 essais réalisés sur des Leghorns âgées de 31 et de 45 semaines pendant une durée de 8 semaines. Ils obtiennent un besoin de 8.76 mg et de 9.44 mg / g d'œuf ou de 462 et 447 mg en THR totale. Cependant, dans ces 2 essais le rapport MET/THR était fixé à 0.68 pour chacun des régimes utilisés alors que nous l'estimons à 0.77%. Dans le régime optimal, la quantité de MET totale ingérée n'était que 332 mg (6.28 mg /g d'œuf ). Il est très vraisemblable que la MET ait été le facteur limitant de tous ses régimes et non la THR. Le doute existe.

Le besoin en THR peut difficilement être défini avec précision à partir de ces essais. D'autres essais sont donc nécessaires. Les données obtenues des essais Zollitsh et de Valerio peuvent être considérés comme des valeurs maximales. Les valeurs obtenues en fin de ponte par Martinez peuvent être considérées pour cette raison comme surestimées. Il apparaît donc logique de penser que le besoin ne devrait pas dépasser de 9.40 mg / g d'œuf. Ces valeurs sont peu différentes de celles retenues (9.50mg) dans le guide Isabrown 2000 et à celles indiquées par Joly et al. (1999). Elles sont aussi très proches des valeurs recommandées par l'Université du Minnesota : 9.77 mg/g de THR digestible (Coon, 1998) qui se réfère au travail de Zollitsh dont les valeurs

semblent surestimées. Les valeurs analytiques obtenues à partir des tables NRC et RPAN sont peu différentes. Les tables NRC sont très légèrement pessimistes. Le rapport THR/LYS dans l'œuf est de 0.68 pour Sauveur (1988), 0.71 pour Cotterill (1979) et 0.69 pour RPAN (1996), le ratio dans l'aliment serait donc de 9.4/13.5 soit 0.70 alors qu'il serait de 0,73 (9.77/13.17) pour Coon (1998). D'autres travaux sont nécessaires pour affiner cette valeur.

Sur la base de ces résultats, il semble raisonnable de retenir les valeurs suivantes :

Table	NRC 94	RPAN 93
en digestible	<b>9, 30</b>	<b>9, 50</b>
en brut	<b>10,80</b>	<b>11, 00</b>

Le tableau 3 mentionne les niveaux de performances observés avec des régimes déficients en THR. Avec un niveau inférieur de 10 %, la masse produite est réduite de 3.0 % et l'indice de consommation augmenté de 2,7 %.

Comme dans l'étude consacrée à la méthionine et à la lysine (Joly 1995) et à l'isoleucine (Joly 2001), la ponte est plus affectée que le poids de l'œuf. Ceci semble indiquer que pour toute déficience en acides aminés, la ponte est plus affectée que le poids de l'œuf.

**TABEAU 3 :** Influence d'un déficit en Thréonine sur les performances

Auteurs	Niveau 1 THR dig.	Performances				Niveau 2 TRH dig.	Performances			
		Ponte	PMO	Masse	I.C.		Ponte	PMO	Masse	I.C.
1 Martinez 1999	- 4,3 %	+0,5	- 3	-2,6	+1,9	-13,4 %	-6,6	-1 ,6	-8,1	+7
2 Ishibashi 1998	-13,5%			-3,2	+1,4	-27,0%			-7,0	+2,9
3	-13,5%			-2,1	+1,6	-27,0%			-7,3	+2,6
4 Huyghebaert 1991	-6,2	-1,6	-0,8	-2,5	+3,2	-14,2 %	-0,8	-2,1	-1,9	+4,1
5 Zollitsch 1996	-11,9 %	-3,0	-1,6	-4,5	+5,3	-23,2 %	-4,8	-0,9	-5,5	+5,8
Moyenne	-9,9%	-1,4%	-1,8%	-3,0%	+2,7%	-20,9%	-4,0%	-1 ,5%	-5,9%	+4,5%

## 2.2. Besoin en Arginine

Les résultats expérimentaux concernant l'ARG sont très peu nombreux.

Pour mémoire, nous mentionnerons le travail de Adkins (1962). Il a étudié le besoin en ARG. Il estimait que le besoin était compris entre 0.6 et 0.71 % correspondant à un besoin compris entre 580 et 680 mg / jour. Cela correspondrait à 16 mg d'ARG par g d'œuf. Cette étude est donnée à titre historique car le nombre de poules par traitement était de 2 ou 4. Il est intéressant de noter que Adkins a observé un arrêt de la ponte en 2 semaines avec une diminution de la teneur en ARG de 0.27 %. nous mentionnerons également le travail de Couch et al. (1975). Etudiant les besoins en LYS et ARG, ils notent que les besoins en LYS sont supérieurs à 0.50. Les poules ayant un régime renfermant 0.75 % de ARG et 0.76 % de LYS ont les meilleures performances. Ils observent également que l'ARG pourrait remplacer une partie de la LYS dans les régimes déficients en LYS. Ces résultats publiés dans un abstract, ne sont pas disponibles. Les travaux de Zollitsh et al. (1996) sont les seuls qui ont portés sur le besoin en ARG. Dans une première

expérimentation, ils déterminent un besoin de 19.52 mg de ARG dig. par gramme d'œuf. Mais dans le régime témoin, donnant de mêmes performances, la consommation d'ARG correspondait à un ingéré de **18.33 mg / g** d'œuf. Dans une autre expérimentation le besoin apparaît également être inférieur à **18.10 mg / g**. Dans une troisième expérience, ils trouvent que le besoin n'est pas supérieur à **15.29 mg / g** d'œuf. Il semble donc bien que la valeur trouvée dans la première expérimentation soit réellement surestimée et dans tous les cas inférieur à **18mg**. Joly et al. (1999) étudiant l'influence des teneurs en acides aminés a observé qu'avec 1091 mg d'ARG dig. la productivité (59.5 g / jour) était optimale. On peut en conclure que le besoin est inférieur à **18.34 mg / g** d'œuf. Russel et al. (1999) utilisaient un régime relativement pauvre en ARG dans un travail réalisé sur le tryptophane. Avec un ingéré de 727mg d'ARG total il obtient des performances comparables à celles du régime témoin. La quantité d'ARG totale consommée correspondait à un ingéré de 14.55 mg/g d'œuf.

Le besoin en ARG exprimé en mg/g d'œuf peut difficilement être estimé. L'écart entre les tables NRC et RPAN est d'environ 2%.

D'autres études devront permettre de préciser les besoins.

Nous ne pensons pas qu'il soit supérieur à :

Table	<b>NRC 94</b>	<b>RPAN 93</b>
en brut	<b>19,8</b>	<b>20,3</b>
En digestible	<b>17.0</b>	<b>17.5</b>

Le ratio ARG/LYS dig. s'établirait à 1.30 (base RPAN) ou à 1.27 (base NRC). Le rapport ARG/LYS dans l'œuf est de 0.90 (Sauveur,1988), 0.93 (Cotterill et al.,1979), 0.87 (RPAN, 1996), pour un ratio dans l'aliment de 1,30. D'autres travaux seraient indispensables pour expliquer la différence entre ces ratios.

**TABLEAU 4 : Besoin en Arginine exprimés en mg/g d'œuf**

Auteurs	Souche	Anx Testés	Période (sem.)	Méthode Détermination	Masse (g/j)	Besoins mg/g d'œuf				Ratio NRC/ RPAN	Coef. Dig. En %
						Obtenue par auteur		Calculée en dig.			
						Total	Dig.	NRC 94	RPAN93		
1	Zollitsch 1996	Leghorn	5 x 35	33 - 49	Digest	49,5	(19,52)	(19,00)	(19,27)	98,6	93,1
2	Zollitsch 1996	Leghorn	5 x 40	35 - 47	Digest	51,5	≤18,32	≤14,79	≤15,04	98,6	91,4
3	Zollitsch 1996	Leghorn	15 x 24	46 - 64	Digest		≤15,29				90,7
	Joly-Bougon 1999	Isabrown	8x192	19 - 55	Calculée	59,5	≤18,10	≤ 17,82	≤ 18,34	97,2	92,6
	Russel 1999	Leghorn	8 x 40	53 - 59	Calculée	49,9	≤14,55	≤13,37		98,3	91,9

## Conclusion

Le besoin en THR digestible ne peut être défini avec précision. Il ne devrait pas dépasser 9.50 mg par gramme d'œuf. Pour l'ARG les essais réalisés par Zollitsch ne permettent pas de déterminer un besoin. Nous recommandons une valeur conservatrice. Le Tableau ci-dessous récapitule nos estimations des besoins en acides aminés pour une production journalière de 59,5 g d'œuf.

Acides Aminés digestibles En mg a.a.dig. par jour	HUBBARD ISA 2002 en fonction de tables de références	
	NRC 94	RPAN 93
LYS	800 (100)	
MET	430 (47)	
MET + CYS	680 (81)	
TRY	178 (22)	170 (21)
ILE	685 (83)	730 (89)
VAL	750 (93)	800 (100)
THR	555 (69)	565 (70)
ARG	1010 (127)	1040 (130)

Lorsque de la MET et de la LYS industrielle sont utilisées, le niveau d'ARG ne semble pas être limitant des régimes actuellement utilisés. Par contre, dans des régimes à base de blé, la THR serait limitante à un niveau proche de celui de ILE et VAL. Le Tableau 5 détermine les facteurs de divers régime supplémentés ou non en MET et LYS.

**TABLEAU 5 : Acides aminés limitants en fonction de la composition des régimes et niveau requis en protéines**

Composition Aliment (1)	Teneur en Protéines	Facteurs limitants	
		1 <sup>er</sup> (2)	2 <sup>ème</sup> (3)
M-S	15.6	ILE-VAL	TRY
M-S-T	15,5	ILE-VAL	THR
M-S-PC	17.0	TRY	ILE
M-S-T-PC	16.7	TRY-ILE	
B-S	16.3	VAL-ILE-THR	
B-S-T	16.2	VAL-ILE-THR	
B-S-PC	17.3	ILE	VAL-THR
B-S-T-PC	17.3	ILE	VAL-THR

(1) - B = blé ; M = maïs ; S = soja ; T = tournesol (8%avec maïs et 4% avec blé) ; PC = produit carné.

(2) - Niveau d' A.A. compris entre 100 et 102 % des recommandations et - entre 102 et 105 %

En l'état actuel de nos connaissances et sous réserve d'une meilleure évaluation des besoins, la formulation des régimes à base de blé doit prendre en compte le niveau de THR.

## Références bibliographiques

- Adkins J.C., 1962. Poultry Sci., 41 : 657-663
- Coon C., 1998. 59<sup>th</sup> Minesota Nutrition Conference. Sep 21 - 23, 1998, p 263 - 278.
- Cotterill O. et al., 1979. Poultry Sci., 58, 131-134.
- Couch J.R. et al., 1975. Poultry Sci., 54 : 1333 (SAAS Abst).
- Faria, D.E. et al, 2002. Poultry Sci., 81 : 809- 814.
- Hubbard-Isa, 2000. Guide d'élevage Isabrown.
- Hubbard-Isa, 2002, Joly P., La Nutrition Protéique des Monogastriques : Les Acides Aminés. Session AFTAA.
- Ishibashi et al., 1998. Poultry Sci., 77 : 998 - 1002.
- Huyghebaert G. et al., 1991. Br. Poultry Sci., 32 : 575 - 582.
- Guide ISABROWN, 2000. Management Guide edition 2000.
- Joly P., 1995. In Premières Journées de la Recherche Avicole. 28-29-30 mars 1995, p. 1 - 8.
- Joly P. et al., 1999. In Troisièmes Journées de la Recherche Avicole. 23 - 25 Mars 1999, p. 153 - 156.
- Joly, P. et al, 1999. In Troisièmes Journées de la Recherche Avicole. 23 - 25 Mars 1999, p. 201 - 205.
- Joly, 2001. In Quatrièmes Journées de la Recherche Avicole. 27-28-29 mars 2001, p. 155-159.
- Martinez-Amescua C. et al., 1999. Applied Poultry Sci., p. 236 - 241.
- NRC, 1994. Nutrient requirements of Poultry, 9 th edition.
- RPAN, 1993. Rhodimet Nutrition Guide.
- RPAN 1996 cité par Joly, P., 1997. In Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole. Tours, p. 89 -94.
- Russel G.B. et al., 1999. Poultry Sci.78 :1283-1285.
- Sauveur B., 1988. Reproduction des vol. et prod. d'oeufs INRA Ed.
- Valerio cité par Rostagno, H.S. 1996. In international symposium on nutritional requirements of poultry and Swine. Editor H.S. Rostagno p. 81 - 107.
- Yamazaki M. et al. 1997, Jpn Poultry Sci.,34 : 52-57.
- Zollitsch W. et al., 1996. In international symposium on nutritional requirements of poultry and Swine. Editor H.S. Rostagno p. 109 - 159.

# **EFFET D'UN TRAITEMENT THERMIQUE PAR LE SYSTEME « BOA COMPACTOR » SUR LA VALEUR NUTRITIONNELLE ET MICROBIOLOGIQUE D'UN ALIMENT FARINE POUR POULE PONDEUSE**

**Ferchal Erwann <sup>1</sup>, Galea Fabien <sup>1</sup>, Rouillere Henri <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Cybelia, Glon-Sanders, 104 avenue du Pdt. Kennedy 75781 Paris Cedex 16

<sup>2</sup> Sourches, Centre de recherche, Glon-Sanders, 72240 Saint Symphorien

## **Résumé**

Trois aliments sont testés en comparaison à un témoin farine crue. Deux aliments ont subi un traitement thermique au « BOA Compactor » de 10 et 40 secondes respectivement. Le dernier est obtenu par granulation suivie d'un émiettage. A chaque étape de l'essai des prélèvements sont effectués pour la détermination de la flore. L'énergie métabolisable apparente et la digestibilité protéique des différents aliments sont déterminées sur coq adulte. Les 4 aliments sont distribués à des poudeuses de 50 semaines pendant 8 semaines. Les traitements thermiques diminuent la pression microbienne et améliorent significativement l'EMA. Comparée à la granulation, le traitement BOA ne diminue pas la digestibilité protéique. Les animaux recevant les aliments traités thermiquement ont une consommation d'aliment moindre par rapport au témoin farine crue, confirmant l'amélioration de l'EMA. Il résulte de cette moindre consommation une diminution significative du taux de ponte et de la masse d'œuf produite par jour. Le traitement BOA long améliore la notation et la matière sèche des fientes, comparés aux autres traitements thermiques.

## **Introduction**

Les sites industriels de fabrication d'aliments composés pour animaux possèdent des équipements très divers. Certaines usines sont équipées de systèmes permettant la double granulation avec divers équipements nécessaires à ce process. Dans l'une des usines Glon-Sanders, c'est le système de pré-granulation « BOA Compactor » qui a été retenu. Le principe du « BOA Compactor » consiste en 2 étapes, un traitement thermique accompagné un malaxage où l'on applique de la vapeur dans l'objectif de préparer et d'homogénéiser la farine, suivi d'un traitement mécanique dans une chambre de compression.

Le premier objectif de cette étude est de mesurer les effets du traitement au BOA sur des aliments farine poules poudeuses au niveau microbiologique.

Le second objectif est de vérifier si ce type de traitement peut avoir un effet sur les qualités nutritionnelles de l'aliment.

## **1. Matériels et méthodes**

### **1.1. Fabrication d'aliment**

Quatre aliments issus de même formulation sont fabriqués sur le même site industriel. Deux d'entre eux passent dans le « BOA Compactor » à 80°C avec un temps de séjour respectif de 10 secondes

(traitement 2) et 40 secondes (traitement 3). Le traitement 4 est obtenu à partir de la farine de départ (traitement 1) granulée (max 80°C sortie presse) et émiettée de façon à obtenir une granulométrie comparable aux autres régimes (d50 de 900, 1050, 850 et 900 µm respectivement). Les températures ont été contrôlées durant le process afin de respecter les consignes. Les matières premières principales employées dans cette formule sont le blé, le maïs, l'orge, les issues de céréales, graines et tourteaux de soja.

### **1.2. Mesure sur animaux**

Les quatre aliments sont distribués à 1200 poules poudeuses du centre expérimental de Sourches de Glon-Sanders. Chaque traitement est distribué à des poudeuses de 50 semaines sur une période de 8 semaines. Chaque traitement comporte 100 répétitions de 3 poules de souche Isa Brown et Lohmann Brown. Les performances de ponte sont enregistrées chaque semaine. Le pourcentage de matière sèche et une notation des fientes sont également déterminés à 3, 6 et 8 semaines d'essai sur 10 cages par traitement.

Des échantillons d'aliment sont prélevés à différentes phases de la fabrication (mélangeuse, sortie presse, refroidisseur, camion) et de la distribution pour mesurer la flore aérobie mésophile, les entérobactéries et les moisissures selon les méthodes officielles (NF V 08-051, NF V 08-021, NF V 18-301 respectivement).

L'énergie métabolisable apparente (EMA) et la digestibilité protéique des différents aliments sont mesurées sur coqs adultes en cage de digestibilité individuelle selon la méthode Bourdillon et al (1990).

## 2. Résultats et discussion

Comme indiqué dans les Tableaux 1, 2 et 3, comparée à la farine crue, la **qualité microbiologique** des différents aliments obtenus après passage à la presse ou au BOA est fortement améliorée, confirmant les travaux de Futura et al (1980 a, b). Le niveau de contamination en entérobactéries, flore mésophile aérobie et flore fongique diminue après traitement thermique. Aucune différence n'est observée entre les deux temps de séjour dans le BOA ou entre le BOA et la presse. La granulation ou le passage au « BOA Compactor » ne stérilise pas l'aliment mais diminue la pression microbienne.

La variabilité de la contamination initiale, peut être expliquée par la méthode d'échantillonnage, la présentation en farine qui rend l'homogénéité de la prise d'essai plus variable et les incertitudes de la méthode utilisée. Les aliments traités ne sont pas recontaminés après la fabrication. Les contrôles bactériologiques réalisés à 4 à 8 semaines après la fabrication ne montrent pas de différence entre BOA et presse et ce, quel que soit le temps de séjour dans le BOA. Ces mesures confirment la faible différence de populations bactériennes et fongiques entre la sortie du refroidisseur et la distribution à l'élevage.

Les résultats obtenus sur **digestibilité** des aliments, Tableau 4, montrent que les traitements thermiques augmentent l'énergie métabolisable apparente sans qu'il y ait de différence entre le passage en presse ou au BOA pendant 40 secondes. Ces résultats sont en accord avec les travaux de nombreux auteurs (Gonzalez-Esquerra et Leeson, 2000 ; Kilbourn et Edwards, 2001, entre autres) qui ont démontré que le passage en presse améliorait l'énergie métabolisable de l'aliment mais contredisent ceux de Barrier-Guillot et al, 2001.

Les résultats sur la digestibilité protéique ne montrent pas de différence significative entre la farine crue et le traitement « BOA 40 secondes » (Tableau 5). Pour l'aliment passé en presse la digestibilité protéique est diminuée et peut être due à la réaction de Maillard induite par les conditions de granulation. La combinaison entre sucre et amine caractéristique de la réaction de Maillard change les qualités de l'aliment, et tend à rendre la protéine moins digestible ; ces observations ont déjà été faites notamment par Hayward (1967) quand le tourteau de soja était trop cuit.

Les **animaux** ayant reçu l'aliment traité (BOA ou presse) ont une consommation d'aliment inférieure au témoin (- 2.6, -6.2 et -3.7% respectivement pour les traitements 2, 3 et 4). Ces différences de consommation ne semblent pas attribuables à des différences de granulométrie, mais plutôt à des différences d'EMA comme le montrent le Tableau 4. Effectivement, les résultats sur l'énergie métabolisable des différents aliments montrent que le traitement thermique (granulation ou « BOA ») améliore la valorisation énergétique de l'aliment. Puisque les poules régulent leur consommation d'aliment sur l'ingéré énergétique, il en résulte une diminution de la consommation d'aliment. Cette diminution de consommation entraîne une diminution des performances de ponte qui est sans doute liée à une subcarance en acides aminés. La prise en compte de la valorisation énergétique des aliments suite au passage en presse ou au « BOA Compactor » aurait sans doute prévenue cette diminution des performances de ponte. Les observations sur la matière sèche et la notation des fientes indiquent qu'il y a peu de différence entre les régimes excepté pour le traitement « BOA 40 secondes » qui améliore la qualité des fientes (notation et matières sèches).

## Conclusion

Comme pour la granulation, le passage de l'aliment farine au « BOA Compactor » améliore la qualité microbiologique de l'aliment. Les niveaux de contamination en flore aérobie mésophile, en entérobactéries et moisissures sont réduits avec le traitement thermique de la farine sans qu'il y ait de différence entre les deux temps de séjours au « BOA Compactor » et la presse. Entre la sortie du refroidisseur et la distribution de l'aliment pendant l'essai (8 semaines), les niveaux de contaminations restent faibles et stables quel que soit le traitement thermique de l'aliment.

La qualité nutritionnelle de la farine est améliorée avec le passage à la presse ou au « BOA Compactor ». L'énergie métabolisable apparente déterminée sur coq est significativement augmentée (+3.3% en moyenne) par les traitements thermiques sans qu'il y ait de différence entre les traitements BOA et presse. Au niveau de la digestibilité protéique, le traitement de la farine au BOA Compactor n'influence pas sa valeur nutritionnelle contrairement au passage à la presse qui diminue significativement la digestibilité protéique de l'aliment (-5.6%).

Les traitements thermiques ont une action directe sur les performances des animaux. Les différences de consommation, liées à la valorisation énergétique des aliments, ont certainement entraîné une subcarance en acides aminés responsable de la diminution des performances observées. Ces effets négatifs des

traitements thermiques pourraient être évités en valorisant l'impact du BOA Compactor et de la presse sur les caractéristiques nutritionnelles.

### Références bibliographiques

Kilburn et Edwards, 2001. In : Br Poult Sci Sep ; 42(4) : 484-92  
 Gonzalez-Esquerra et Leeson, 2000. In : Poult Sci 2000 Nov ; 79(11) : 1603-7

Barrier-Guillot et al 2001, 4<sup>ème</sup> JRA : 189-192  
 Hayward, 1967. In : Soybean Dig. 27 : 43  
 Futura *et al*, 1980. In : a Lab Anim 1980 jul ; 14(3) : 221-4  
 Futura *et al*, 1980. In : b Lab Anim 1980 oct ; 14(4) : 293-6  
 Bourdillon *et al*, 1990 Br Poult Sci 1990 Sep;31(3):557-650

**TABLEAU 1 : Influence du traitement technologique sur la flore aérobie mésophile**

Traitement		1	2	3	4
		farine	BOA court	BOA long	miette
Flore aérobie mésophile 30° (germes / g)	Mélangeuse	1 100 000	610 000	1 100 000	970 000
	Sortie BOA/presse		< 1 000	< 1 000	6 000
	Sortie refroidisseur		2 000	6 000	13 000
	Départ camion	1 100 000	1 000	8 000	5 000
	Arrivée Sourches	595 000	< 1 000	8 000	6 000
	4 <sup>ème</sup> semaine d'essai	1 000 000	57 000	8 000	2 000
	8 <sup>ème</sup> semaine d'essai	420 000	< 1 000	7 000	1 000

**TABLEAU 2 : Influence du traitement technologique sur les entero-bactéries**

		Farine (1)	BOA court (2)	BOA long (3)	Miette (4)
Entero- Bactéries (germes / g)	Mélangeuse	28 000	12 000	180 000	240 000
	Sortie BOA/presse		< 10	< 10	< 10
	Sortie refroidisseur		70	80	10
	Départ camion	300 000	10	70	< 10
	Arrivée Sourches	58 000	< 10	1 500	< 10
	4 <sup>ème</sup> semaine d'essai	90 000	< 11	< 10	< 10
	8 <sup>ème</sup> semaine d'essai	8 600	< 12	20	< 10

**TABLEAU 3 : Influence du traitement technologique sur la flore totale fongique**

		Farine (1)	BOA court (2)	BOA long (3)	Miette (4)
Flore totale Fongique (germes / g)	Mélangeuse	2 500	5500	5 300	5 300
	Sortie BOA/presse		< 10	< 10	< 10
	Sortie refroidisseur		210	60	400
	Départ camion	2 600	30	390	140
	Arrivée Sourches	1 830	20	280	140
	4 <sup>ème</sup> semaine d'essai	3 350	60	280	130
	8 <sup>ème</sup> semaine d'essai	4 700	20	370	150

**TABLEAU 4 :** Influence des traitements thermiques d'un aliment poudeuse sur l'énergie métabolisable et la digestibilité protéique mesurées sur coqs adultes

Traitement	Farine crue (1)	BOA (3) Traitement long	Granulation + émiettage (4)	ETR	p
EMA (kcal/kg MS)	2 891 a±45	2 997 b±22	2 977 b±26	33	***
Protéine digestible / protéine brute %	84.2 b	82.2 b	79.5 a	1.6	***

NS : non significatif \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

**TABLEAU 5 :** Performance de ponte des animaux nourris avec un même aliment subissant différents traitements technologiques

Traitement	Farine crue (1)	BOA Traitement court (2)	BOA Traitement long (3)	Granulation + émiettage (4)	ETR	p
Consommation (g)	114.9c	111.9b	107.8a	110.6b	7.8	**
Taux de ponte (%)	88.1c	85.1b	83.7a	86.3b	6.7	**
Poids moyen de l'œuf (g)	65.9	66.1	66.1	65.7	3.2	NS
Masse d'œuf (g)	58.1c	56.2b	55.3a	56.6b	5.1	**
IC	1.98a	2.00a	1.96b	1.96b	0.1	**
Matière sèche des fientes %	25.3ab	24.4b	27.9a	25.8ab	6.7	***
Notation des fientes *	2.9a	2.9a	2.3b	2.7ab	1.4	**

NS : non significatif \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

\* 1 : fiente correcte moulée / 5 : Diarrhée

# INFLUENCE DU REGIME DE DEMARRAGE SUR L'INGERE ALIMENTAIRE ET LA CROISSANCE ULTERIEURS DU POULET DE CHAIR MALE LOURD RECEVANT UNE ALIMENTATION ALTERNEE

Picard Michel<sup>1</sup>, Panheleux Marina<sup>2\*</sup>, Boutten Bruno<sup>3</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>4</sup>, Leterrier Christine<sup>1</sup>, Roffidal Lucien<sup>2</sup>, Larroude Philippe<sup>5</sup>, Castaing Julien<sup>5</sup> et Bouvarel Isabelle<sup>6</sup>

<sup>1</sup>INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly, <sup>2</sup>INZO°, Chierry, 02400 Château-Thierry, <sup>3</sup>CTSCCV, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex, <sup>4</sup>ARVALIS - Institut du végétal, Boigneville, 91720 Maise, <sup>5</sup>ADAESO, chemin de Pau, 64121 Montardon, <sup>6</sup>ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris  
\*adresse actuelle : CCPA, Parc d'activité du bois de Teillay, 35150 Janzé

## Résumé

Deux aliments de démarrage complets de composition très différente (DP = 2700 Kcal EM/Kg, 23%PB vs DE = 3100 Kcal EM/Kg, 19%PB) sont donnés à des poussins Cobb mâles de 0 à 15 jours (j) selon un schéma factoriel : deux aliments de démarrage (DP et DE) x deux régimes alternés granulés en finition (blé ou blé + 10% d'huile offerts en alternance avec un aliment complémentaire). Le temps d'accès au blé augmente de 3h à 9h par jour de 15 à 49 j d'âge. La composition en matières premières et les caractéristiques du régime de démarrage modifie durablement la consommation de fraction énergétique Blé en alimentation alternée (DP = 38,1% ; DE = 35,6% ; P<0,10) et le développement du muscle pectoral (DP = 17,7% ; DE = 17,0% ; P<0,01). L'addition de graisse à la fraction blé en alimentation alternée fait augmenter sa consommation (blé = 34,6% ; blé + huile = 39,1% ; P<0,01) mais également l'engraissement du poulet (Gras abdominal % PV : blé = 1,62% ; blé + huile = 2,18% ; P<0,001). Les notes moyennes de boiteries et le nombre de poulets ayant des lésions appréciables sont légèrement supérieures pour les poulets consommant le régime blé + huile par rapport au blé, probablement à cause de la réduction de l'apport phosphocalcique de ce lot pendant la période de finition. Un régime de démarrage pauvre en protéines et riche en énergie tend donc à limiter la surconsommation d'aliment énergétique lorsque les poulets sont exposés ensuite à une alimentation alternée. Toutefois une certaine « habitude » précoce à manger des graisses pourrait se surajouter. Un régime de démarrage riche en acides aminés semble capable d'induire un développement ultérieur supérieur de la masse pectorale.

## Introduction

« *Qui veut voyager loin ménage sa monture* » (Racine, 1668). Le vieil adage semble encore plus vrai lorsque la « monture » est une voiture de course ! La sélection génétique pour une vitesse de croissance rapide a été conçue pour réduire le cycle de production. Le développement de la découpe et de la transformation des viandes (Boutten et al., 2003) est plus rentable sur des poulets lourds abattus entre 7 et 8 semaines d'âge mais ces derniers souffrent plus facilement de problèmes locomoteurs (Leterrier et al., 1998) ou d'ascite (Sanchez et al., 2000).

L'alimentation du très jeune poussin peut influencer durablement son développement (Bigot et al., 2001). D'autre part, l'alternance de deux aliments de composition différente pourrait être un mode d'alimentation utile pour gérer la courbe de croissance des poulets lourds (Bouvarel et al., 2003). Le régime alimentaire peut influencer sur les choix ultérieurs d'un animal (Meunier Salaun et Picard, 1996) donc pourrait modifier la consommation des deux aliments dans un régime alterné. Ainsi la composition de l'aliment de démarrage est susceptible

d'induire des changements métaboliques durables mais également, si le poulet est placé dans une situation où il peut exprimer un choix alimentaire, de modifier son bilan nutritionnel ultérieur. La présente expérience analyse l'influence de deux aliments de démarrage extrêmes sur la croissance et les choix alimentaires du poulet lourd.

La distribution séquentielle de blé entier en alternance avec un aliment complémentaire est possible (Noirot et al., 1999). Sur le plan théorique deux effets coexistent : l'influence de l'alternance d'aliments de composition différente et l'influence de la structure physique du grain de blé sur la consommation. En granulant des grains de blé broyés, on les rend d'aspect très semblable à celui d'un aliment complet. Sur le plan pratique, la distribution séquentielle de blé oblige le formulateur à concentrer le complémentaire en protéine mais également en énergie si on souhaite que la ration globale ait une teneur énergétique comparable à celle d'un aliment complet. Dans l'équilibre réalisé lors de la distribution séquentielle de blé et d'aliment complémentaire la consommation de ce dernier peut être favorisée par sa relative richesse en graisses ajoutées. Qu'en serait-il si la

fraction blé était ré-enrichie en huile? Les deux modes d'alimentation alternée étudiés dans l'expérience tentent d'apporter quelques compléments d'information sur ces questions en utilisant en alternance avec un même aliment complémentaire, du blé broyé granulé avec ou sans addition de 10 % d'huile de soja.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Animaux

Des poussins mâles Cobb (n=192) ont été bagués et pesés individuellement avant d'être répartis dans 16 parquets (12 poussins par cage) équipés de mangeoires spéciales à deux compartiments dont l'accès est programmable dans le temps. La durée d'éclairage a été de 24 h pendant les 3 premiers jours, de 10 h par jour de 3 à 14j d'âge puis croissante de 16 à 24 h par jour à raison de 2h/semaine. Les poulets ont été pesés chaque semaine et la consommation de chaque parquet mesurée deux fois par semaine. Pendant la septième semaine le diagnostic des boiteries a été fait en faisant marcher les poulets un à un dans chaque parquet et en leur attribuant une note de 1 (aucune anomalie) à 5 (marche impossible). A 49 j, sept poulets par parquet ont été abattus et découpés le lendemain pour pesée de la graisse abdominale, des muscles pectoraux et des cuisses-pilons.

### 1.2. Aliments et alimentation

Pendant les deux premières semaines, les poussins ont reçu soit un aliment de démarrage riche en protéine et relativement pauvre en énergie (DP) soit un aliment pauvre en acides aminés et concentré en énergie (DE). Ces deux aliments représentaient les extrêmes limites de situations pratiques (Tableau 1). De 2 à 7 semaines d'âge, la moitié des poulets de chaque groupe de démarrage reçoivent en alternance un aliment complémentaire (Comp) et du blé broyé re-grulé (Blé) ou du blé supplémenté avec 10 % d'huile de soja (Blé+). Les fractions blé sont supplémentées avec du sel et le prémélange d'oligo-éléments, vitamines et anti-coccidien.

La durée d'accès à la fraction blé était croissante de 5% par semaine, soit 20 % de la phase lumineuse à 15 j d'âge (soit 3 h 10 sur 16 h) à 40 % de la phase lumineuse après l'âge de 6 semaines (soit 9 h 40 sur 24 h).

### 1.3. Mesures et analyses statistiques

Il y avait donc quatre traitements selon un schéma factoriel : 2 aliments de démarrage (DP et DE) x 2 régimes alternés de finition (Blé et Blé+) et 4 parquets de 12 poulets par traitement. Les données de croissance et de consommation ont été analysées par ANOVA à deux facteurs à partir des moyennes de chaque parquet. Les données de boiteries, d'abattage et de découpe ont été analysées à partir des mesures individuelles par ANOVA pour les compositions corporelles et par le test de Mann et Whitney pour les notes de démarche. Une analyse de régression

multiple a été faite à partir des données de gain de poids et de consommation d'énergie et lysine par parquet.

**TABLEAU 1 :** Composition et caractéristiques des aliments expérimentaux (%). DP = démarrage protéique ; DE = démarrage énergétique ; Comp = complémentaire ; Blé+ = blé plus huile

	DP	DE	Comp	Blé	Blé+
<b>Composition</b>					
Maïs	14,71	59,65	22,5		
Blé	40,00	-	24	99	89
Tourteau de soja	35,00	23,00	22,9		
Soja graine entière	-	10,00	20,8		
Son de blé	5,00	-	-	-	-
Huile de soja	1,00	3,00	4,4	-	10
CaCO <sub>3</sub>	1,20	1,10	1,92		
P bi-Calcique	1,80	2,10	1,85		
L Lysine HCL	0,11	-	0,3		
DL méthionine	0,18	0,15	0,33		
NaCl	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Vit+ Oligos	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
<b>Caractéristiques</b>					
EM kcal/kg	2 696	3 108	3098	3029	3623
Protéine Brute	23,0	19,3	22,4	11,4	10,2
Lysine*	1,30	1,06	1,51	0,33	0,29
Méthio.+Cystine*	0,92	0,80	1,05	0,45	0,40
Calcium	1,04	1,04	1,33	0,05	0,04
P disponible	0,45	0,44	0,43	0,15	0,13

\*acides aminés totaux

## 2. Résultats et discussion

Les poulets Cobb sont très sensibles à une subcarence en lysine. Une nouvelle illustration de ce fait est donnée par leur réponse aux régimes de démarrage (Tableau 2). Le régime hypoénergétique riche en lysine (DP) permet une croissance de 16 % supérieure pour une consommation alimentaire de seulement 4 % supérieure à celles des poulets recevant le régime DE. Cet effet du régime de démarrage se traduit par une augmentation hautement significative du rendement en pectoral des carcasses, quel que soit le régime alterné offert après 14 jours d'âge.

Il n'existe aucune interaction significative entre le régime de démarrage et le régime alterné de la phase 2. Les effets des deux facteurs sont assez nettement additifs (Tableau 2). Le régime de démarrage DP induit une consommation supérieure de Blé et moindre de complémentaire par rapport à DE (Figure). Cet effet est particulièrement marqué pendant les trois premières semaines de régime alterné et tend à se réduire en fin de croissance. Avec ou sans graisse ajoutée au Blé, la proportion de régime énergétique consommée est toujours supérieure au temps relatif d'accès au Blé pour un aliment de démarrage DP alors qu'il faut attendre la sixième semaine pour que la même tendance se précise pour les poulets ayant consommé DE.

**TABEAU 2 :** Résultats moyens selon le régime de démarrage (DP riche en protéine, DE riche en énergie) et l'aliment énergétique donné en alternance avec le complémentaire (Blé ou Blé + huile). N = 4 parquets de 12 poulets par traitement. Vingt huit poulets par traitement sont abattus

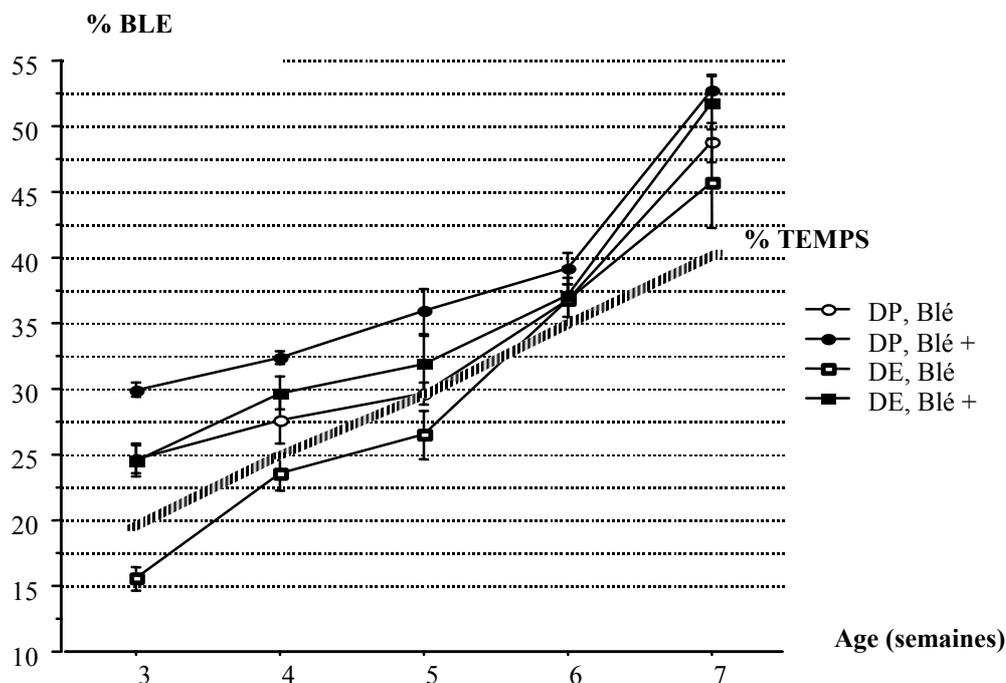
	DP		DE		ANOVA*	
	Blé	Blé+	Blé	Blé+	DP/DE	Blé/Blé+
<b>Elevage (g/poulet)</b>						
Poids vif final à 49j	3314	3362	3244	3268	0,10	-
Gain de Poids 1-14 j	339	341	276	291	0,001	-
Gain de Poids 14-49 j	2927	2975	2920	2930	-	-
Consommation 1-14 j	399	405	381	386	0,05	-
Consommation 14-49 j	5535	5753	5353	5507	0,05	0,10
Blé consommé 14-49 j %	35,9	40,2	33,3	37,9	0,10	0,01
EM 14-49 j (Kcal/kg)	3073	3309	3075	3297	-	0,001
Lysine 14-49 j (g/1000 Kcal)	3,53	3,13	3,63	3,22	0,10	0,001
IC** 1-14 j	1,18	1,19	1,38	1,33	0,001	-
IC 14-49 j	1,89	1,93	1,83	1,88	0,02	0,05
Gain de Poids 1-49 j	3266	3316	3196	3221	0,10	-
Consommation 1-49 j	5935	6158	5734	5893	0,04	0,10
IC 1-49 j	1,82	1,86	1,79	1,83	-	0,05
Note boiterie moyenne	2,04	2,26	1,98	2,30	-	0,02***
<b>Abattage (% Poids vif)</b>						
Graisse abdominale	1,70	2,16	1,55	2,20	-	<b>0,001</b>
Pectoral	18,10	17,24	17,38	16,58	<b>0,01</b>	0,01
Cuisses-pilons	24,57	24,55	24,27	24,36	-	-

\*Analyse de la variance : **Aucune interaction n'est significative.** Les effets dont la probabilité est  $\leq$  à 0,10 sont indiqués pour les deux facteurs étudiés.

\*\*IC = indice de consommation (consommation / gain de poids)

\*\*\*Test de Mann et Whitney

**FIGURE :** Evolution de la consommation d'aliment Blé selon le régime de démarrage (DP riche en protéine, DE riche en énergie) et l'aliment énergétique donné en alternance avec le complémentaire (Blé ou Blé + huile) selon l'âge des poulets



Globalement, la proportion de Blé consommé est surtout augmentée par l'addition d'huile (+ 4,5% en moyenne,  $P < 0,01$ , Tableau 2). L'effet du régime de démarrage n'est significatif qu'au seuil de probabilité de 10% si on considère les cinq semaines de la phase d'alimentation alternée. Bien que la consommation Blé+ soit constamment supérieure à celle de Blé, les différences sont plus marquées pendant les trois premières semaines de distribution. Les données de la Figure peuvent faire réfléchir sur la notion « d'appétence » des aliments et sur le comportement alimentaire des poulets. Il semble que l'état nutritionnel où se trouvent les poulets à 14j (ou leur perception des caractéristiques des aliments) modifient grandement la proportion de blé consommée pendant les premières semaines. Tout se passe comme si les poulets compensaient le déséquilibre des deux premières semaines de vie en consommant plus du nutriment déficient : de l'énergie pour DP et des protéines pour DE.

Par contre, la consommation en démarrage d'un aliment relativement pauvre en graisse n'augmente pas l'effet de surconsommation du Blé+ par rapport au Blé. Au contraire, l'écart entre Blé et Blé+ est supérieur pour les poulets démarrés avec DE. En bref, on pourrait dire qu'il y a « addiction » (pour utiliser un anglicisme) aux graisses et « compensation » d'un déséquilibre protéique. Il faut toutefois rappeler que l'aliment complémentaire est lui-même riche en lipides (20% de soja graines entières et 4% d'huile !). Si la consommation relativement moindre de Blé induite par le régime de démarrage DE se traduit par une amélioration significative de l'efficacité alimentaire de 14 à 49 j, la surconsommation de graisse avec Blé+ est très inefficace (Tableau 2). Les régimes reconstitués sont de 200 kcal/kg plus riches en énergie métabolisable pour Blé+ sans ajustement de l'ingéré et se traduisent par une dégradation de l'indice de consommation et un engraissement supérieur (probablement sous estimé encore par les pertes à la dissection dues à la fluidité du gras abdominal).

Une étude de régression multiple fait « raisonnablement » entrer les consommations d'énergie et de lysine comme variables explicatives avec une assez bonne corrélation ( $GP \text{ total (g)} = 1038 + 0,0336 \text{ consommation EM (kcal)} + 24,63 \text{ consommation lysine (g)}$ ;  $R^2 = 0,83$ ). L'étude de résidus ne fait apparaître aucun biais notable en fonction du traitement mais le nombre de points (4 par traitement) est trop faible pour être certain de cette observation. Une modélisation type Energie Nette, prenant en compte les écarts de composition corporelle au moins pour l'effet des graisses alimentaires (Blé +) sur l'engraissement, permettrait sans doute d'affiner la prédiction. Il est cependant douteux que les effets remarquables du régime de démarrage sur le rendement en filet (alors que la proportion de cuisses-pilons est rigoureusement

constante, Tableau 2) puissent être modélisés par une approche du type des calculs d'énergie nette. Une activation précoce des voies de synthèse des protéines musculaires serait sans doute une hypothèse plus prometteuse.

Globalement l'incidence des troubles de la locomotion n'a pas été un problème majeur au cours de cette expérience. Les notes moyennes et le nombre de poulets ayant des lésions appréciables sont légèrement supérieures pour les poulets consommant le régime Blé+ par rapport au Blé. Cette augmentation de l'incidence des boiteries peut être liée à la réduction de l'apport phosphocalcique de ce lot pendant la période de finition. Il est intéressant de noter que les équilibres protéiques très différents de la phase de démarrage ne semblent pas avoir modifié sensiblement les problèmes de locomotion (Tableau 2).

## Conclusions

Un régime de démarrage riche en acides aminés semble capable d'induire un développement supérieur durable de la masse pectorale. Un régime de démarrage pauvre en protéines et riche en énergie tend à limiter la surconsommation d'aliment énergétique lorsque les poulets sont exposés ensuite à une alimentation alternée (cf. Figure). Toutefois une certaine « habitude » précoce à manger des graisses pourrait se surajouter. Ces observations sont suffisamment importantes pour nécessiter une confirmation expérimentale ultérieure au delà des 4 traitements du présent essai.

L'addition de graisse à la fraction Blé en alimentation alternée fait augmenter sa consommation mais également l'engraissement du poulet si on ne compense pas en augmentant l'apport d'acides aminés (?) du régime complémentaire. Ce point est également à vérifier.

## Remerciements

Merci à MM. Bouchot, Callut, Chican et Servant pour la conception et la réalisation des mangeoires, des expériences et à l'aide financière de l'ACTA.

## Références bibliographiques

- Bigot K. et al., 2001. INRA Prod. Anim. 14:219-230.
- Boutten B. et al., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole
- Larroude P. et al., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole
- Leterrier C. et al., 1998. INRA Prod. Anim. 11:125-130.
- Meunier-Salaun M. et Picard M., 1996 INRA Prod. Anim. 9:339-348.
- Noirot V. et al., 1999. Sci. Techn. Avicoles 27:2-11.
- Racine, 1668. Les Plaideurs, Acte I scène 1 : 27.
- Rose S.M et al., 1995. Br. Poult. Sci. 36 : 97-111.
- Sanchez et al., 2000. INRA Prod. Anim. 13:37-45.
- Vilariño M. et al., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole

# LA CAPACITE RIBOSOMALE EST-ELLE UN MARQUEUR POTENTIEL DE LA CROISSANCE DU MUSCLE PECTORAL ?

## VALIDATION D'UNE TECHNIQUE RAPIDE DE BIOPSIE MUSCULAIRE

Quentin Maxime<sup>1 et 2</sup>, Bigot Karine<sup>1</sup>, Tesseraud Sophie<sup>1</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>2</sup>, Picard Michel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

<sup>2</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris

### Résumé

Une quantification précise de marqueurs métaboliques pourrait aider les nutritionnistes à prédire le potentiel de croissance d'un poulet de chair ou les généticiens à sélectionner précocement les animaux à fort rendement en filet. La capacité ribosomale (Cs = potentiel de synthèse protéique) a été mesurée à 4 semaines d'âge sur trois types de poulets de chair commerciaux de vitesses de croissance différentes. Une technique de biopsie musculaire couramment utilisée en médecine humaine a été appliquée au muscle pectoral (*Pectoralis major*) de 108 poulets à croissance : rapide (type standard : S), moyenne (type croisé : C) et lente (type label : L). Les poulets S, C et L biopsiés ont été abattus à 6, 8 et 12 semaines respectivement et leur muscle pectoral a été disséqué. Une légère réduction du rendement en filets (-4 %) a été mesurée chez les poulets C biopsiés par rapport aux poulets C non biopsiés mais aucune différence significative n'est observée pour les poulets S et L biopsiés par rapport aux non biopsiés. Un Cs significativement plus faible des poulets L (8,75 µg ARN / mg de protéine) par rapport aux poulets C et S (9,4 et 9,46 µg / mg respectivement) a été mesuré. L'absence de corrélation significative avec le poids à l'abattage ou le rendement en filets suggère que dans nos conditions le Cs mesuré n'est pas un marqueur suffisamment sensible et prédictif pour quantifier la croissance du muscle pectoral (et/ou le rendement). En revanche, la technique de biopsie, rapide et facile à mettre en place, pourrait être utilisée afin d'approfondir la recherche de ce type de marqueurs.

### Introduction

L'identification et la quantification précise de marqueurs de la croissance protéique permettraient aux nutritionnistes une évaluation du potentiel de croissance des animaux et aux généticiens de mieux sélectionner les reproducteurs. Pour faire ce lien entre la pratique et les connaissances de la biologie moléculaire, une technique de biopsie musculaire rapide et sans conséquences pour les animaux est nécessaire. Un marqueur potentiel de la croissance musculaire est la capacité ribosomale (ou Cs = quantité d'ARN / quantité de protéine d'un échantillon). Elle représente le potentiel de synthèse protéique musculaire et a déjà été largement étudiée chez le poulet de chair à croissance rapide (Murayama et al, 1978 ; Tesseraud et al, 1996, 2000).

L'objectif de ce travail est de tester une technique simple et rapide de biopsie utilisée classiquement chez l'homme (Levadoux et al, 2001) et de mesurer la capacité ribosomale chez les trois principaux types de poulets de chair commerciaux français nourris avec trois programmes nutritionnels de concentrations énergétique et protéique croissantes. Après l'abattage, les filets (*Pectoralis major + minor*) sont disséqués afin de mesurer les rendements ainsi que les effets

éventuels de la biopsie. Le caractère prédictif du Cs a été testé par le calcul des corrélations entre le Cs (centré réduit par génotype) et les paramètres zootechniques (poids vif et rendement en filet).

### 1. Matériels et méthodes

#### 1.1. Traitements

Cent huit poulets de chair mâles ont été échantillonnés d'une expérience étudiant les interactions entre 3 types de poulets de chair et 3 programmes nutritionnels de concentrations énergétique et protéique croissantes (Quentin et al, 2003). Les 3 types de poulets étudiés sont le poulet à croissance rapide type «Standard» (S), à croissance moyenne type «Croisé» (C) et à croissance plus lente type «Label» (L). L'expérience comprenait 2568 poulets élevés au sol et en claustration jusqu'à l'âge habituel d'abattage soit respectivement 6, 8 et 12 semaines pour les S, C et L respectivement.

#### 1.2. Biopsie du muscle

A 4 semaines, le *Pectoralis major* de 36 poulets par traitement a été biopsié selon une méthode simple et rapide, dérivée d'une technique pratiquée chez l'homme. Après anesthésie locale (URGOFROID, Laboratoires URGO, France), une incision courte (1,5 cm) de la peau

et de l'aponévrose musculaire est effectuée dans la partie centrale du muscle pectoral gauche (*Pectoralis major*). Des échantillons de 100 mg (environ) ont été prélevés à l'aide d'une pince adaptée (pince ORL Rhino Wilde, Climdal, France : Figure 1). Chaque échantillon a été immédiatement congelé dans l'azote liquide et conservé à -80°C. L'incision a été fermée par 2 agrafes puis désinfectée.

**FIGURE 1** : Pince chirurgicale utilisée pour les biopsies (ORL Rhino Wilde, Climdal, France)



### 1.3. Abattage et dissection du filet

Avant chaque abattage, les 36 poulets biopsiés par traitement ont été sélectionnés. En parallèle, afin de mesurer les effets de la biopsie sur la croissance des poulets, 36 poulets non biopsiés ont été choisis pour représenter le poids moyen ( $\pm$  écart type) de chacun des 3 traitements. Les poulets S, C et L ont été abattus à leur âge commercial d'abattage soit 42, 56 et 83 jours respectivement après une mise à jeun de 8 heures. Après éviscération et ressuyage à 2°C pendant une nuit, les deux filets (*Pectoralis major et minor*) ont été prélevés (Marché, 1995) et pesés ensemble. En cas de différence entre le poids du filet des poulets biopsiés et des non biopsiés, les muscles pectoraux gauche et droit (*Pectoralis major*) ont été pesés individuellement afin de comparer l'effet spécifique de la biopsie sur le muscle gauche.

### 1.4. Analyses biochimiques

Les échantillons de biopsie de muscle ont été broyés sous azote liquide et homogénéisés dans une solution de HClO<sub>4</sub> 2% selon la méthode de Schmidt-Thannhauser modifiée par Munro et Fleck (1969). La quantité de protéines a été mesurée selon la méthode de Smith et al (1985) par réaction colorimétrique avec l'acide bicinchoninic. La quantité totale d'ARN a été mesurée par ultraviolet (absorbance à 260nm). La capacité ribosomale est le rapport de la quantité d'ARN ( $\mu$ g) sur la quantité de protéines (mg).

### 1.5. Analyses statistiques

Les effets de la biopsie, de l'aliment ou du génotype sur les données de croissance, de composition corporelle ou de Cs ont été mesurés par analyses de la variance (ANOVA). Les différences entre les

moyennes des traitements ont été évaluées par le test de comparaison multiple de Student-Newmann et Keuls. Les corrélations entre les différents paramètres de croissance et de capacité ribosomale ont été calculées à partir des valeurs individuelles centrées réduites pour chaque génotype afin d'éviter le biais induit par les différences de croissance entre ces génotypes. Les coefficients de corrélation significatifs ont été analysés par le test  $r$  en  $z$  de Fisher. Dans toutes les analyses, le seuil de significativité est fixé à 5%.

## 2. Résultats

### 2.1. Effet de la biopsie sur la croissance

La méthode de biopsie est rapide (30 secondes par animal), facile à réaliser et aucune infection n'a été observée après la chirurgie. La mortalité des poulets biopsiés n'est que de 3 poulets sur 108 (2 M et 1 L) sans relation identifiée avec la biopsie. Deux poulets S ont été éliminés pour problèmes locomoteurs avant l'abattage. À 4 semaines d'âge, un poids vif supérieur de poulets S (1321g) par rapport aux poulets C (821g) et L (586g) est mesuré. Aux différents âges d'abattage, un poids vif plus élevé des poulets L (2918g) par rapport aux C (2696g) et aux S (2530g) est mesuré. Aucune interaction significative entre le type de régime et la présence ou non de biopsie n'a été mise en évidence. Les effets du régime sur la croissance des animaux sont décrits par Quentin et al (2003). Pour ces raisons, seuls les effets de la biopsie ou du génotype seront décrits ici. Le poids vif des poulets biopsiés est inférieur à celui des poulets non biopsiés (-1%, -2% et -3% respectivement pour les poulets S, C et L, Tableau 1). Un poids de filet plus faible des poulets biopsiés par rapport aux non biopsiés est mesuré chez les poulets C et L (-6% pour les poulets C et L : Tableau 1) néanmoins, aucune différence significative entre les poids des muscles pectoraux droit et gauche n'a été mesurée (C/ Droit :  $204 \pm 2,7$ g et Gauche :  $208 \pm 3$ g ; L/ Droit :  $205 \pm 2,1$ g et Gauche :  $207 \pm 2,4$  g). Une interaction significative entre le type de poulet et le traitement (biopsie ou non) est observée pour le rendement en filet. Elle est caractérisée par une réduction du rendement en filet des poulets C biopsiés par rapport au non biopsiés (non biopsiés : 16,04% et biopsiés : 15,41%) alors qu'aucun effet n'est mesuré pour les poulets S et L. L'absence d'effet spécifique de la biopsie sur le muscle gauche des poulets C et L suggèrent une bonne cicatrisation du muscle qui ne peut donc pas expliquer l'effet négatif de la technique de biopsie sur la croissance des poulets à croissance plus lente (poulets C et L). Une hypothèse pour expliquer ce résultat est que le développement du muscle pectoral de ces poulets à 4 semaines est beaucoup plus faible ce qui implique un stress plus important lié au prélèvement de 100 mg de muscle par la méthode de biopsie.

**TABLEAU 1** : Effet de la biopsie sur le poids vif et le muscle pectoral (*Pectoralis major + minor*) de trois types de poulets de chair

Génotype	Biopsie	n	Poids vif (g)		<i>Pectoralis major + minor</i>	
			4 semaines	Abattage	Poids (g)	Rendement %
Standard (S)	Contrôle	36	1294 ± 13,6	2521 ± 30,0	429,8 ± 7,2	17,03 ± 0,19 a
	Biopsie	34	1330 ± 13,0	2500 ± 29,9	434,2 ± 7,8	17,32 ± 0,23 a
Croisé (C)	Contrôle	38	826 ± 10,4	2717 ± 27,3	436,6 ± 8,1	16,04 ± 0,19 b
	Biopsie	34	815 ± 6,7	2673 ± 24,4	411,8 ± 5,4	15,41 ± 0,16 c
Label (L)	Contrôle	37	589 ± 8,5	2962 ± 27,4	431,6 ± 5,9	14,53 ± 0,12 d
	Biopsie	35	584 ± 4,0	2871 ± 28,6	412,9 ± 4,4	14,40 ± 0,13 d
<b>ANOVA</b>	Biopsie		NS	*	*	NS
	Génotype		***	***	NS	***
	Génotype x Biopsie		NS	NS	NS	**

a-d : les moyennes (± erreur standard) ayant une lettre différente sont significativement différentes

\*\*\*:  $P < 0,001$  ; \*\*:  $P < 0,01$  ; \*:  $P < 0,05$  ; NS: non significatif ( $P > 0,05$ ); n= nombre de poulets

## 2.2. La capacité ribosomale est-elle un prédicteur potentiel de croissance du pectoral ?

La teneur en protéine du muscle pectoral est similaire chez les 3 types de poulet (140,3 mg/g d'échantillon, Tableau 2). La concentration en ARN total est supérieure chez les poulets S, C par rapport aux poulets L (+6,8 % ;  $P < 0,05$ ). En conséquence, le Cs est significativement plus faible chez les poulets L (8,73 µg/mg) en comparaison de celui des poulets C et S (9,45 et 9,38 µg/mg, Tableau 2).

Les valeurs mesurées sont comparables à celles obtenues par Tesseraud et al (2000) pour des poulets à croissance rapide de 4 semaines d'âge ce qui valide la méthode de prélèvement. Le Cs plus élevé des poulets à croissance rapide par rapport aux poulets à croissance plus lente confirme des observations précédentes (Murayama et al, 1978) et suggère une capacité de synthèse plus élevée de ces même animaux.

Une corrélation significative entre les valeurs centrées réduites de Cs et le poids vif à 4 semaines est mesurée (Tableau 3). Néanmoins le faible coefficient de corrélation (0,20) et l'absence de corrélation significative pour le rendement en pectoral suggèrent que la capacité ribosomale mesurée dans nos conditions n'est pas un marqueur pertinent de la croissance du pectoral utilisable dans la pratique.

## Conclusion

Même si un léger effet négatif de la biopsie sur le rendement en filet des poulets C a été observé, la méthode de biopsie s'est révélée être une technique facile, rapide à mettre en œuvre et relativement sûre

pour l'animal. Elle permet une bonne quantification de paramètres métaboliques musculaires comme la capacité ribosomale même si dans nos conditions expérimentales ce marqueur ne semble pas être un bon candidat à la prédiction du rendement en pectoral. Ce type de mesures ouvre la voie à d'autres travaux tant dans la recherche de prédicteurs métaboliques de la croissance musculaire utilisable dans la pratique que d'études plus fines du métabolisme musculaire *in vivo*.

## Remerciements

Merci à S. Nevoit pour le soin apporté aux animaux ainsi que H. Caracotte et C. Laporte pour leur aide lors des biopsies. Ce travail a été pour partie financé par l'Office Interprofessionnel des Viandes, de l'élevage et de l'Aviculture (OFIVAL), l'Institut Technique de l'Aviculture (ITAVI) et l'Association Nationale pour la Recherche et la Technologie (ANRT, bourse cifre).

## Références bibliographiques

- Levadoux, E., B. Morio, C. Montaurier, V. Puissant, Y. Boirie, N. Fellmann, B. Picard, P. Rousset, B. Beaufrere, and P. Ritz, 2001. *Int. J. Obes.* 25:39-44.
- Marché, G., 1995. SYSAAF-INRA, Nouzilly-France.
- Maruyama, K., M. L. Sunde, R. W. Swick, 1978. *Biochem. J.* 176:573-582.
- Munro, H. N., and A. Fleck, 1969. In: *Mammalian Protein Metabolism*. (Academic Press edit.), pp424-525.
- Quentin, M., I. Bouvarel, C. Berri, E. Le Bihan-Duva, E. Baèza, Y. Jégo, M. Picard, 2003. *Anim Res* (in press)

Smith, P. K., R. I. Krohn, G. T. Hermanson, A. K. Mallia, F. H. Gartner, M. D. Provenzano, E. K. Fujimoto, N. M. Goeke, B. J. Olson, and D. C. Klenk, 1985. Anal. Biochem. 150:76-85.

Tesseraud, S., A.M. Chagneau, J. Grizard, 2000. Poultry Sci. 79:1465-1471.

Tesseraud, S., R. Peresson, J. Lopez and A.M. Chagneau. 1996. Br. J. Nutr. 75:853-865.

**TABLEAU 2 :** Effet du génotype sur la teneur en protéines, en ARN total et sur la capacité ribosomale (Cs) du muscle pectoral (*Pectoralis major*) à 30 jours d'âge

Génotype	n	Protéines	ARN total	Cs
		(mg /g échantillon)	( $\mu$ g /g d'échantillon)	[ARN]/[Protéines]
Standard (S)	34	141,4 $\pm$ 2,4	1320,8 $\pm$ 29,6 a	9,38 $\pm$ 0,19 a
Croisé (C)	34	139,0 $\pm$ 2,8	1305,3 $\pm$ 24,5 a	9,45 $\pm$ 0,17 a
Label (L)	35	140,4 $\pm$ 2,3	1220,6 $\pm$ 25,4 b	8,73 $\pm$ 0,17 b

*a-b* : les moyennes ( $\pm$  erreur standard) ayant une lettre différente sont significativement différentes ; n= nombre de poulets

**TABLEAU 3 :** Corrélation entre les valeurs de capacité ribosomale (Cs) (centrées réduites par génotype) et les paramètres de la croissance (poids vif, poids de filet et rendement en filet)

		Poids Vif		Filet		Cs
		4 semaines	Abattage	Poids	Rendement	[ARN]/[Prot]
Poids Vif	4 semaines	1,00	0,58***	0,34***	-0,08	0,20*
	Abattage		1,00	0,62***	-0,17	0,13
Filet	Poids			1,00	0,65	0,13
	Rendement				1,00	0,04
Cs	[ARN]/[Prot]					1,00

\*\*\*:  $P < 0,001$  ; \*\*:  $P < 0,01$  ; \*:  $P < 0,05$

# INTERACTIONS ENTRE TENEUR EN ACIDES AMINÉS ET PRÉSENTATION PHYSIQUE DE L'ALIMENT CHEZ LES POUSSINS À CROISSANCE RAPIDE OU LENTE ENTRE 0 ET 10 JOURS D'ÂGE

Quentin Maxime<sup>1 et 2</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>2</sup> et Picard Michel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

<sup>2</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris

## Résumé

Les réponses nutritionnelles de poussins à croissance lente type «label» sont relativement mal connues et leurs interactions avec la présentation physique de l'aliment peu étudiées. Dans une première expérience, les effets de deux aliments à teneur équilibrée ou basse en acides aminés (AA), présentés sous forme de miettes ou de farine, sont mesurés sur des poussins à croissance rapide (S) ou lente (L) entre 0 et 10 jours d'âge. Plusieurs interactions doubles entre le génotype et la teneur en AA ou entre le génotype et la présentation de l'aliment ont été mesurées pour le poids vif à 10 jours, la consommation, le gain de poids et l'indice de consommation cumulé. Elles s'expliquent par une sensibilité plus importante des poussins S aux AA et à la présentation de l'aliment par rapport aux poussins L. Pour illustrer, le gain de poids est significativement augmenté par la teneur en AA de 57 g pour les S contre seulement 6 g pour les L. Le même phénomène est observé pour la présentation en miettes de l'aliment (+ 33 g pour les S vs +5 g pour les L). Les effets de la teneur en AA et de la présentation semblent additifs. Seule une interaction entre la teneur en AA et la présentation a été mesurée pour l'indice de consommation et suggère une accentuation de l'effet négatif de la carence en AA par la présentation farine. Dans la deuxième expérience, un besoin en lysine sensiblement inférieur des poussins L (1,01% lysine digestible) comparé aux données de la littérature pour des poussins S de même âge pourrait expliquer les faibles réponses des poussins L. Un comportement alimentaire différent entre les deux types de poussins pourrait également expliquer l'absence relative de sensibilité des L à la présentation de l'aliment à cet âge précoce.

## Introduction

La qualité de l'aliment du jeune poussin est déterminante pour son développement et ses performances à long terme (Bigot et al, 2001). Les réponses à la teneur en acides aminés sont relativement bien documentées pour les poulets de chair à croissance rapide mais il reste une incertitude importante quant au besoin en acides aminés (AA) des poulets à croissance lente et d'autant plus chez le très jeune (Morris et Njuru, 1990 ; Han et Baker, 1991). En outre, suite à l'interdiction des farines animales, l'utilisation d'huiles végétales à profil riche en acides gras poly-insaturés dans les aliments volaille entraîne une détérioration de la présentation physique des aliments. Pourtant, la présentation influence de façon non négligeable les performances des poulets à croissance rapide (Savory, 1974 ; Choi et al, 1986) néanmoins peu de données sont disponibles concernant les poulets à croissance lente.

L'objectif de ce travail est donc de mesurer les interactions entre la teneur en AA (Équilibré ou Bas), la présentation du régime sous deux formes (farine et miette) et le type de poussin de chair : le poussin à croissance rapide ou lente.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Animaux

#### *Expérience 1*

Des poussins mâles Ross (n=96) de type «standard» (S) et des poussins à croissance lente (n=96) de type «label» (L) ont été bagués et pesés individuellement avant d'être répartis dans 48 cages (4 poussins par cage) d'une batterie constituée de 2 x 4 étages de 12 cages chacun. Six répétitions des 8 traitements (2 génotypes x 4 aliments) ont été réparties dans 6 blocs de 8 cages en tenant compte des effets de bordure de batterie. Les poussins avaient un libre accès à l'eau et à l'aliment.

#### *Expérience 2*

Des poussins mâles (n=144) de type «label» ont été bagués et pesés individuellement avant d'être répartis dans 36 cages (4 poussins par cage). Les 6 répétitions de 6 aliments (0,7% à 1,2% de lysine digestible) constituent 6 blocs de 6 cages contenant chacun des 6 aliments expérimentaux.

### 1.2. Aliments

#### *Expérience 1*

Un aliment équilibré en AA (E) a été formulé en respectant les recommandations nutritionnelles du

RPAN (1993). Un aliment isoénergétique subcarencé en AA (B) a été formulé pour une teneur en acides aminés 20% inférieur au précédent (Tableau 1). Les aliments ont été distribués sous forme de miettes (EM ou BM) ou de miettes rebroyées en farine (EF ou BF).

### Expérience 2

Six aliments isoénergétiques (3000 kcal/kg) et isoprotéiques (23,4 %) présentés en miettes ont été formulés afin d'obtenir une concentration croissante de lysine digestible : 0,7% ; 0,8% ; 0,9% ; 1% ; 1,1% ; 1,2% (Tableau 1).

### 1.3. Conditions d'élevage

Les conditions d'élevage ont été similaires dans les deux expériences. Un programme lumineux de 24 heures a été maintenu pendant toute la durée des expériences. La température de 32°C les deux premiers jours a été réduite de 0,5°C par jour jusqu'à 10 jours. Un ramequin contenant de l'aliment a été ajouté aux mangeoires les deux premiers jours afin de faciliter le démarrage des poussins. Une distribution d'aliment était effectuée à chaque mesure de consommation et de poids vif.

### 1.4. Mesures et analyses statistiques

La consommation de chaque cage et le poids vif individuel des poussins ont été mesurés tous les deux jours jusqu'à 10 jours. Les effets des traitements sur la consommation totale, le gain de poids total ou l'indice de consommation cumulé ont été analysés par analyse de la variance (ANOVA) sur les données moyennes par cage. En cas d'effet significatif, les différences entre traitements ont été analysées par le test de comparaison multiple de moyennes de Student-Newmann et Keuls. Les différences sont considérées comme significatives au seuil de probabilité de 95% ( $P < 0,05$ ).

Le besoin en lysine a été calculé grâce au modèle linéaire à plateau défini par l'équation suivante (Vasquez et Pesti, 1996) :

$$Y = A + B \cdot (\text{Besoin} - \text{Dose lysine}) \cdot I$$

(Où Y= performance, A= plateau, B= constante, I= 0 si Dose lysine > Besoin ou I= 1 si Dose lysine < Besoin).

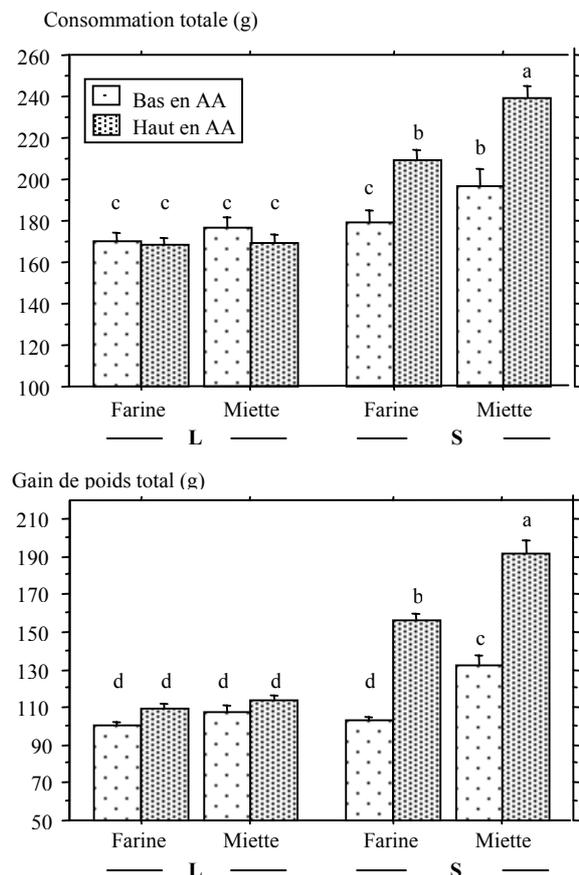
Les paramètres de cette équation ont été calculés grâce au module de régression non linéaire de SYSTAT 10.

## 2. Résultats

La cage 10 de l'expérience 1 (poussins L, aliment bas en acides aminés et sous forme farine) a été éliminée des résultats pour cause de gaspillage important

d'aliment. Hormis les différences liées aux vitesses de croissance des deux génotypes, deux interactions significatives entre le génotype et la teneur en acides aminés (AA) d'une part et entre le type génétique et la présentation de l'aliment d'autre part sont observées ( $P < 0,01$ ) pour la consommation, le gain de poids et le poids vif (Figure 1 et Tableau 2). Une consommation d'aliment E supérieure à B (+20%) à laquelle se surajoute l'effet de la présentation de l'aliment en miette (+15%) est mesurée pour les poussins S alors qu'aucun effet significatif de la teneur en acides aminés et/ou de la présentation de l'aliment n'est mesuré pour les poussins L (Figure 1). Le même phénomène est observé pour le gain de poids et le poids vif avec même une amplification des effets des acides aminés (+40%) et de la présentation (+20%) chez les poussins S.

**FIGURE 1 :** Effet de la teneur en acides aminés et de la présentation de l'aliment (Farine ou Miette) sur la consommation (g) et le gain de poids (g) de poulets à croissance rapide (S) et lente (L) entre 0 et 10 jours d'âge

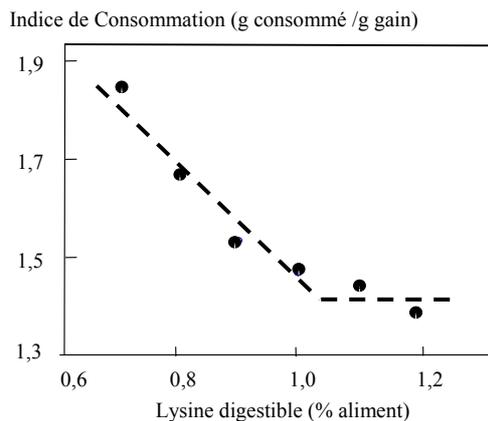


Trois interactions doubles sont mesurées pour l'indice de consommation (Tableau 2). Les deux interactions doubles entre le génotype et la teneur en AA ou entre le génotype et la présentation de l'aliment sont caractérisées par l'amélioration plus marquée de l'indice par l'aliment E par rapport au B (20% pour les S contre 9,2% pour les L) et par la présentation en miette par rapport à la farine (11% pour les S et 2,5% pour les L) chez les poussins S par rapport aux poussins L. Une interaction entre la teneur en AA et la

présentation de l'aliment est observée pour l'indice de consommation. Elle est caractérisée par une réduction plus importante de l'indice par la farine quand l'aliment est bas en AA. Cette observation est surtout vérifiée chez les poussins S (-22,8% vs -9,6% pour les L ; Tableau 2) même si l'interaction triple génotype x présentation x teneur en AA n'est pas significative au seuil de 0,05% (P = 0,06).

La majorité des interactions mesurées dans l'expérience 1 concernent donc le génotype. Elles indiquent que les poussins S sont les plus sensibles à la teneur en AA mais aussi à la présentation de l'aliment. Les effets d'une subcarence en acides aminés (Morris et Njurul, 1990) et de la granulation sont bien connus pour les poussins à croissance rapide (Choi et al, 1986 ; Hamilton et al, 1995). Les faibles réponses du jeune poussin L à la teneur en AA suggèrent que leur besoin pourrait être inférieur à celui des poussins S. Pour vérifier cette hypothèse, l'expérience 2 a permis de calculer le besoin en lysine des poussins L entre 0 et 10 jours d'âge (Figure 2).

**FIGURE 2 :** Indice de consommation de poussins à croissance lente en fonction de la teneur en lysine du régime entre 0 et 10 jours d'âge



Le modèle linéaire à plateau calculé pour l'indice de consommation était :

$$\text{IC 0-10 jours} = 1,415 + 1,253 * (1,011 - \text{Dose lysine}) * I$$

$$R^2 = 0,97$$

Le besoin en lysine digestible calculé est donc de 1,01% ( $\pm 0,111$  intervalle de confiance à 95%) pour un aliment à 3000 kcal/kg (soit 3,37 g /1000 kcal). Ce résultat est inférieur à celui calculé récemment par Labadan et al (2001) pour des poussins à croissance rapide de 7 jours d'âge (3,88 g/1000 kcal) et confirmerait l'hypothèse d'un besoin inférieur des poussins à croissance lente pourtant assez controversée dans la littérature pour des animaux plus âgés (Han et Baker, 1991).

Les effets AA et présentation semblent être additifs dans le cas du poids vif, du gain de poids et de la consommation. Mais l'interaction entre la teneur en AA et la présentation mesurée pour l'indice de consommation suggère un renforcement de la carence par la présentation en farine de l'aliment. L'effet de

la farine est essentiellement lié à la réduction de l'ingéré des poulets même si un effet sur leur activité physique peut être observé (Savory, 1974). La différence de sensibilité à la présentation de l'aliment entre les 2 génotypes pourrait alors être expliquée par leur comportement alimentaire. En effet, les poussins à croissance rapide sont des «boulimiques», dans le sens où leur potentiel de croissance implique un rythme d'ingestion élevé qui les entraîne aux limites de leur capacité métabolique d'adaptation. On comprend alors que les freins métaboliques que constituent la carence en AA et la présentation aient des effets importants sur leur croissance. Les besoins quotidiens des poulets L étant plus faibles que ceux des S, les capacités d'adaptation de ces animaux sont sans doute plus importantes et les effets des paramètres nutritionnels sur leur croissance, moins drastiques.

## Conclusion

La présentation de l'aliment et la teneur en acides aminés du régime ont des effets non négligeables sur la croissance des poussins à croissance rapide mais sont beaucoup moins marqués chez les poussins à croissance lente. Connaître les seuils d'adaptation de ces deux génotypes aux paramètres nutritionnels permettrait une meilleure approche des besoins spécifiques et de l'optimum de présentation de l'aliment pour chacun de ces deux types génétiques.

## Remerciements

Un grand merci à Kléber Gerard et Claude Bouchot pour leur science de l'élevage des poussins et toute l'aide qu'ils ont pu apporter à la réalisation de ces expériences.

## Références bibliographiques

- Bigot K., S. Tesseraud, M. Taouis, M. Picard, 2001. INRA Prod. Anim. 14 (4) : 219-230.
- Choi J.H., B.S. So, K.S. Ryu and S.L. Kang, 1986. Poultry Sci. 65 : 594-597.
- Hamilton, R.M.G., F.G. Proudfoot, 1995. Anim. Feed. Sci. Technol. 51 : 203-210.
- Han, Y., and D.H. Baker, 1991. Poultry Sci. 70 : 2108-2114.
- Labadan, M.C., K.-N. Hsu and R.E. Austic, 2001. Poultry Sci. 80 : 599-606.
- Morris, T.R., and D.M. Njurul, 1990. Br.Poultry Sci. 31 : 803-809.
- Rhône Poulenc Animal Nutrition (RPAN), Rhodimet Nutrition Guide, 1993.
- Savory, C.J., 1974. Br. Poultry Sci. 15 : 281-276
- Vasquez M. and G.M. Pesti, 1996. J. App. Poultry Res. 6 : 241-246.

**TABLEAU 1 :** Composition des aliments expérimentaux de l'expérience 1 et 2

Matières premières (%)	Expérience 1		Expérience 2					
	E	B	1	2	3	4	5	6
Maïs	31,0	34,0	-	-	-	-	-	-
Blé	20,0	22,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Tourteau de Soja 48	30,5	22,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Amidon de maïs	-	10,0	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5
Gluten de maïs 60	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Pois	10,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Huile soja	4,2	1,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
CaCO3	1,1	1,1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
P bi Calcique	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
L-Arginine	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
L-Tryptophane	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L-Thréonine	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L-Lysine Cl	-	-	-	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7
DL méthionine	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NaCl	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Oligo vitamines	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Composition calculée :  
(protéines et acides aminés digestibles)

EM (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Protéine (%)	19,3	15,4	23,4	23,5	23,6	23,7	23,8	23,9
Lysine (%)	1,1	0,8	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
AA soufrés (%)	0,8	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ca (%)	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
P dispo (%)	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

**TABLEAU 2 :** Interactions entre le génotype la teneur en acides aminés et la présentation de l'aliment sur le poids vif moyen (g ± erreur standard) à 10 jours et l'indice de consommation cumulé (g ± erreur standard) de 0 et 10 jours

Génotype	Aliment		PV 10 jours (g)	IC 0-10 jours (g consommé / g gain)	Effet des acides aminés sur l'indice (E-B/B)
	Présentation	Acides aminés			
Standard	Miette	Equilibré	230 ± 7,8 a	1,232 ± 0,03 d	- 15,2 %
		Bas	170 ± 6,1 c	1,453 ± 0,02 b	
	Farine	Equilibré	192 ± 3,5 b	1,317 ± 0,02 c	- 22,8 %
		Bas	140 ± 2,2 d	1,693 ± 0,04 a	
Label	Miette	Equilibré	156 ± 2,4 d	1,459 ± 0,03 b	- 13,9 %
		Bas	150 ± 3,3 d	1,609 ± 0,02 a	
	Farine	Equilibré	150 ± 2,8 d	1,500 ± 0,02 b	- 9,6 %
		Bas	141 ± 3,0 d	1,658 ± 0,02 a	

ANOVA

Génotype	***	***
AA	***	***
Présentation	***	***
Génotype x AA	***	***
Génotype x Présentation	***	***
AA x Présentation	NS	*
Génotype x AA x Présentation	NS	P = 0,06

a-d : les moyennes (± erreur standard) ayant un indice différent sont significativement différentes

\*\*\*: P < 0,001 ; \*\*: P < 0,01 ; \*: P < 0,05 ; NS: non significatif (P > 0,05)

# INFLUENCE DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DE L'ALIMENT DEMARRAGE SUR LA TRANSITION ALIMENTAIRE CHEZ LE DINDON

Rouillé Lydia<sup>1</sup>, Chagneau Anne-Marie<sup>2</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>3</sup>, Lessire Michel<sup>2</sup>, Picard Michel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Stagiaire D.E.S.S. Productions Animales Université de Tours

<sup>2</sup>INRA Station de Recherches Avicoles 37380 Nouzilly

<sup>3</sup>ITAVI, 28 rue du Rocher 75008 Paris

*Ce travail a été cofinancé par l'enveloppe recherche ACTA/MAP/MESR et l'ANDA*

## Résumé

L'adaptation des animaux à de nouveaux régimes alimentaires dépend en grande partie de leurs caractéristiques granulométriques. Pour étudier le comportement alimentaire au moment du changement d'aliment ou transition, des dindons d'un jour sont habitués à un aliment, puis deux aliments leur sont proposés en test de choix (première expérience), ou un seul aliment en transition (deuxième expérience). Pendant les tests de choix ou la transition avec un seul aliment tous les dindons ont « consommé » relativement rapidement leur aliment mais leur comportement varie selon les régimes alimentaires reçus avant et pendant les tests. Un mélange de particules hétérogènes (mélange de miettes et de granulés) permet une meilleure adaptation à un aliment nouveau, alors qu'une alimentation trop homogène semble favoriser l'anxiété, et surtout le gaspillage dû à l'exploration. Les animaux habitués à un aliment de couleur claire continuent à préférer un aliment clair. Par ailleurs, la réactivité des dindons semble être stimulée par des paramètres extérieurs tels la lumière, l'heure du test et la durée du jeûne précédant le changement d'aliment.

## Introduction

Des études sur le comportement alimentaire des dindons effectuées en 2001, recherchant des causes éventuelles du manque d'appétence des aliments 100% végétaux, ont montré une préférence des dindons pour les aliments de couleur claire et d'aspect homogène. Elles ont également mis en évidence l'influence du régime sur l'évolution des choix alimentaires ultérieurs (Chagneau et al., 2003). A la suite de ces travaux, nous avons étudié l'influence de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité du régime de démarrage sur le comportement alimentaire des dindons en utilisant un aliment dont la composition centésimale est constante mais dont la granulométrie diffère. La première expérience est effectuée sur le choix et la deuxième sur la transition alimentaire (démarrage – croissance).

## 1. Matériels et méthodes

Un seul aliment à base de maïs, blé, tourteau de soja, gluten de maïs et pois est fabriqué sous forme de farine pour les deux expériences. Les conditions de granulation (filières et température) sont fixées de manière à obtenir des granulés de duretés différentes pour l'expérience 1 et de diamètres différents pour l'expérience 2. La durabilité est mesurée à l'aide d'un durabilimètre SABE et la dureté avec un appareil de traction compression (INSTRON).

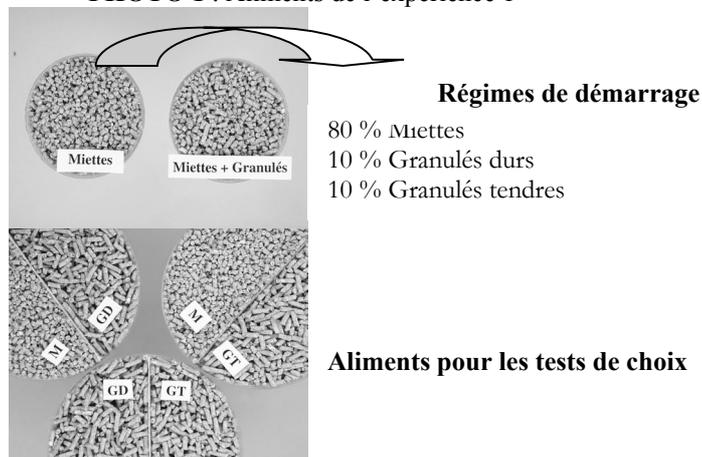
## 1.1. Expérience 1 : tests de choix

### Aliments : Photo 1

Le régime de démarrage de 1 à 29 jours est présenté sous deux formes : M (fabriqué à partir de granulés durs coupés courts) et MG (mélange de 80% de miettes, 10% de granulés durs et 10% de granulés tendres).

Les trois aliments des tests de choix - miettes (M), granulés tendres (GT) et granulés durs (GD) - sont présentés simultanément deux par deux (M/GT ; M/GD et GT/GD) à l'aide du dispositif SRABOX (Bessonneau et al., 2001).

PHOTO 1 : Aliments de l'expérience 1



### **Animaux et mesures**

72 dindons mâles, de souche B.U.T. 9 sont installés à 1 jour dans les cages individuelles d'une batterie équipée des mangeoires SRABOX. Ils sont répartis en deux lots nourris, de J1 à J29, ad libitum avec l'un des 2 régimes de démarrage M ou MG. A 22 jours, ils sont répartis pour chacun des 2 lots en 3 groupes de poids homogènes correspondant aux 3 tests de choix, réalisés à 29 jours. Après un jeûne d'une heure, les dindons sont soumis à un des trois tests de choix alimentaire. Ils sont filmés pendant 5 minutes pour déterminer le nombre de coups de bec donnés à chaque aliment et les mangeoires sont pesées pour mesurer la consommation de chaque aliment. La consommation est contrôlée pendant 48 heures.

### **Expérience 2 : transition alimentaire**

#### **Aliments : Photo 2**

Trois régimes de démarrage (M, G2 et MG2) et de transition (M, G2 et G3) sont utilisés. Les miettes (M) sont fabriquées à partir des granulés d'un diamètre de 2mm (G2). L'aliment MG2 est un mélange de 80% de M et 20% de G2. Les granulés G3 ont un diamètre de 3,2mm.

**PHOTO 2 : Aliments de l'expérience 2**



### **Animaux et mesures**

Les 84 animaux de la deuxième expérience sont nourris de 1 à 27 jours avec l'un des trois régimes de démarrage (M, G2 ou MG2). A J27 (transition alimentaire) les dindons du lot M reçoivent en transition M, G2 ou G3, ceux des lots G2 et MG2 reçoivent G2 ou G3. A l'âge de 22 jours, les dindons sont filmés pendant 3 heures (période stable de référence). La transition alimentaire (enregistrements vidéo pendant 12 heures et contrôle de consommation pendant 72 heures) est effectuée sur 12 dindons de chaque régime de démarrage et de transition à 27 jours. Le comportement des animaux est ensuite codé à l'aide du logiciel « The Observer3.0 ».

## **2. Résultats**

### **Expérience 1**

#### **Aliments**

Les granulés tendres sont en moyenne significativement plus courts (5,5 mm) que les granulés durs (5,9 mm). Leur durabilité est également significativement inférieure (71,1 contre 86,6 %) et ils sont moins durs que les GD (0,7 et 1,03 Mpa). Les granulés durs sont plus foncés ( $L^*=59,5$ ) que les granulés tendres ( $L^*=62,3$ ). La couleur des miettes ou du mélange miettes/granulés ressemble à celle des granulés tendres. Pour la teinte et la saturation il n'y a aucune différence significative entre les différents régimes.

#### **Tests de choix**

Tous les dindons des deux régimes de démarrage ont consommé les aliments présentés. Les dindons élevés au démarrage avec des miettes expriment un choix. Ils préfèrent les granulés tendres aux miettes : les différences sont significatives (Wilcoxon,  $p < 0,05$ ) pour la période du test de 5 minutes et de 0-4 heures,  $p=0,06$  pour les périodes de 0-24h et 0-48h (Figure 1). La moyenne de différences de fréquence de coups de bec entre les deux aliments M et GT ( $-112 \pm 35$ ) fait également apparaître une préférence pour l'aliment GT. Aucun choix n'est exprimé par les dindons habitués au mélange miettes – granulés MG.

Quel que soit le choix, le pourcentage de coups de bec « non efficaces » est supérieur pour les dindons nourris avec le régime de démarrage M à celui du régime MG. Les dindons nourris avec les miettes gaspillent plus et sont plus explorateurs que ceux nourris avec le mélange miettes - granulés (Mann-Whitney,  $p = 0,020$ ) surtout pour les choix M/GT et GD/GT.

Comme les essais réalisés en 2001, cette expérience montre également une influence nette de la structure physique de l'aliment démarrage sur le comportement alimentaire du dindon au moment d'un changement d'aliment. Les animaux habitués à un aliment de couleur claire continuent à préférer un aliment clair. Il en est de même de la forme physique de présentation de l'aliment : les dindons nourris pendant le jeune âge avec un mélange hétérogène de miettes et de granulés ont, lors du passage à un aliment granulé, un comportement exploratoire moins important et ils gaspillent moins et semblent donc réagir plus favorablement à un changement d'aliment.

### **Expérience 2**

#### **Aliments**

Il existe sur toutes les mesures physiques des aliments une différence significative entre les aliments G3 et G2 (Newman et Keuls,  $p < 0,001$ ) sauf pour la clarté.

Les granulés G3 sont significativement plus courts (6,4 mm) que les granulés G2 (7,5 mm). Ils sont également de durabilité légèrement inférieure (89,0 contre 91,3%) et moins durs (1,22 contre 1,44 Mpa) que les granulés G2. La couleur des G3 et G2 ( $L^*=60,7$  en moyenne) est significativement plus foncée que pour l'aliment M et le mélange MG2 ( $L^*=63,9$  en moyenne). Les coefficients de teinte et saturation des granulés G3 sont significativement inférieurs aux autres aliments. Les granulés G3 diffèrent des granulés G2 non seulement par le diamètre mais également par la longueur, la dureté et la couleur.

#### ***Poids des animaux***

Les poids moyens des dindons à 31 jours diffèrent selon l'alimentation démarrage ( $p < 0,04$ ). Le poids moyen (1233g) des animaux qui ont consommé des granulés G2 est significativement inférieur à celui des dindons ayant reçu le mélange MG2 (1335g). Les miettes M permettent paradoxalement une croissance intermédiaire (1306g). Cependant aucune différence significative de consommation alimentaire des dindons pendant la période d'élevage n'est mesurée.

#### ***Latence***

La latence moyenne du 1<sup>er</sup> coup de bec donné à l'aliment lors du test, sans changement d'aliment, en période « stable » est de 401 secondes. Elle n'est pas significativement (Wilcoxon,  $p = 0,10$ ) plus longue après un changement d'aliment pendant la période dite de « transition » ( $110 \pm 44$  secondes).

De même, mais significativement (Wilcoxon,  $p < 0,01$ ), la première « consommation » a lieu plus tôt (264 secondes) pendant la transition par rapport à la période stable (855 secondes). Donc les dindons ont en moyenne mangé plus rapidement l'aliment nouveau que l'aliment connu.

Pendant la période stable il y a à peu près autant de dindons rapides (latence du 1<sup>er</sup> « repas » inférieure à 100 secondes) que de lents (latence du 1<sup>er</sup> « repas » supérieure à 100 secondes) et cette proportion ne varie pas significativement selon le régime. Par contre, pendant la transition les dindons ayant consommé auparavant des miettes mangent significativement plus lentement que ceux qui ont consommé l'aliment G2 ou l'aliment MG2 ( $p < 0,05$ ). En décomposant la latence lors de la transition, les dindons ayant consommé des miettes mangent également plus lentement que ceux du régime G2 ou G3.

Il n'existe pas de corrélation significative entre les durées des latences pendant les deux tests.

#### ***Variables du comportement***

De façon générale, aucun des aliments pendant la transition n'a été complètement rejeté par les dindons. Des variables de deux types de comportement : hésitation (tête sortie de la cage et retour dans la cage) et exploration (gaspillage et grattage) ainsi que des variables de consommation (fréquence de coup de bec

et consommation pendant 24 heures) ont pu être observées. Le comportement alimentaire des dindons recevant les différents traitements est aussi représenté à l'aide des graphiques en « toiles d'araignées ».

Les animaux du traitement M/M mangent et piquent à l'extérieur légèrement plus que l'ensemble des animaux, ils explorent et hésitent peu. Les vrais explorateurs et consommateurs sont les animaux qui ont reçu pendant toute l'expérience des granulés de 2mm de diamètre (G2/G2) et des animaux qui sont passés au granulés de 3mm de diamètre (G3). Les animaux du traitement MG2/G2 mangent tranquillement. Leur fréquence de coups de bec est plus élevée par rapport à la moyenne de l'ensemble des animaux. Ces dindons n'explorent pas et ne donnent pas des coups de bec à l'extérieur de la cage (Figure 2).

Cette deuxième expérience a mis en évidence des différences de poids, de consommation et aussi de comportement entre les animaux qui ont reçu tout au long de l'expérience des régimes ayant des caractéristiques physiques différentes. Nous n'avons pas mesuré de réaction de néophobie pour les aliments inconnus. La réactivité des dindons était, semble-t-il, stimulée par des paramètres extérieurs : la lumière, l'heure matinale et le jeûne un peu plus long pendant la transition par rapport au test précédant. La répétition des tests sur les mêmes animaux peut également être un facteur de stimulation. Les conditions du test de transition nécessitent donc des ajustements si on veut reproduire expérimentalement des réactions de néophobie chez le dindon. Toutefois le comportement observé lors de cette expérience donne des indications sur les réactions des dindons aux changements de structure physique de leur aliment. Un mélange de particules hétérogènes pourrait faciliter l'identification d'un aliment « nouveau » alors qu'une alimentation trop homogène favoriserait peut être l'anxiété, en tout cas le gaspillage.

Les principaux résultats sont rapportés de manière résumée ici. Le lecteur intéressé peut se procurer le rapport complet en prenant contact avec Anne-Marie Chagneau ([chagneau@tours.inra.fr](mailto:chagneau@tours.inra.fr))

#### **Conclusions et perspectives de recherche**

Les résultats obtenus montrent que le comportement des dindons varie selon le régime offert et celui qu'ils avaient reçu avant le test de choix ou la transition. Un mélange de particules hétérogènes semble favoriser une meilleure adaptation à un aliment nouveau, alors qu'une alimentation trop homogène induirait de l'anxiété, mais surtout du gaspillage dû à l'exploration. Lorsque le dindon paraît surpris par le nouvel aliment, il exprime plus d'exploration et/ou d'hésitation et moins de comportements de consommation. Par ailleurs, même si cela n'a pas été

mesuré de manière stricte dans les expériences, la réactivité des dindons semble être stimulée par des paramètres extérieurs tels la lumière, l'heure du test et la durée du jeûne précédant la transition. Mais peut-on vraiment maîtriser en pratique l'heure de distribution d'un nouvel aliment, compte tenu du remplissage des silos ? Faut-il mettre les dindons à jeun avant et pendant combien de temps ? Une augmentation de l'intensité lumineuse pendant la transition alimentaire est-elle envisageable dans un élevage au sol de 10 000 dindons sans avoir des effets négatifs sur le picage par exemple ? Cette expérience ne permet pas de répondre à des questions aussi critiques. Elle montre néanmoins que l'on peut agir sur la réaction des dindons lors d'un changement d'aliment en modifiant la structure physique de l'aliment et que l'animal réagit par rapport à la situation qu'il connaît. Il y a donc deux

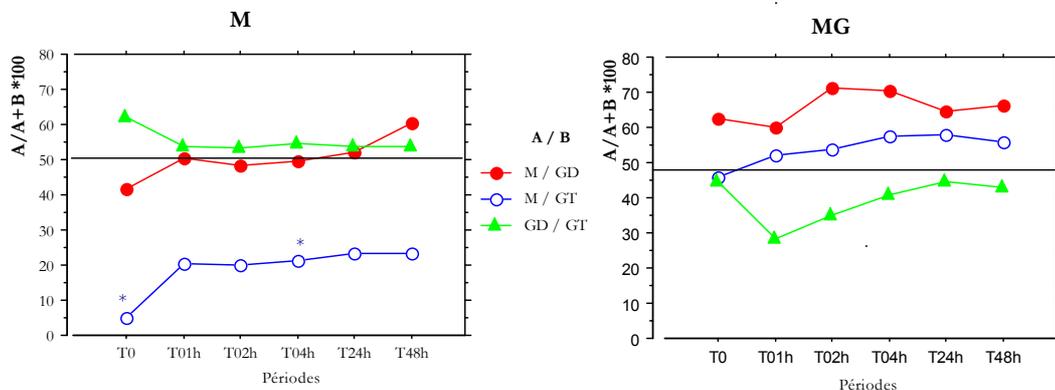
orientations de recherche pour une meilleure maîtrise des transitions : couleur et homogénéité des aliments, et facteurs externes notamment la lumière.

### Références bibliographiques

Chagneau A.M., Penaud L., Bouvarel I., Lessire M. et Picard M. 2003. 5<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours.  
 Bessonneau D., Chagneau A. M., Le Fur C., Lessire M. et Picard M. 2001. Proc. 4<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Nantes.

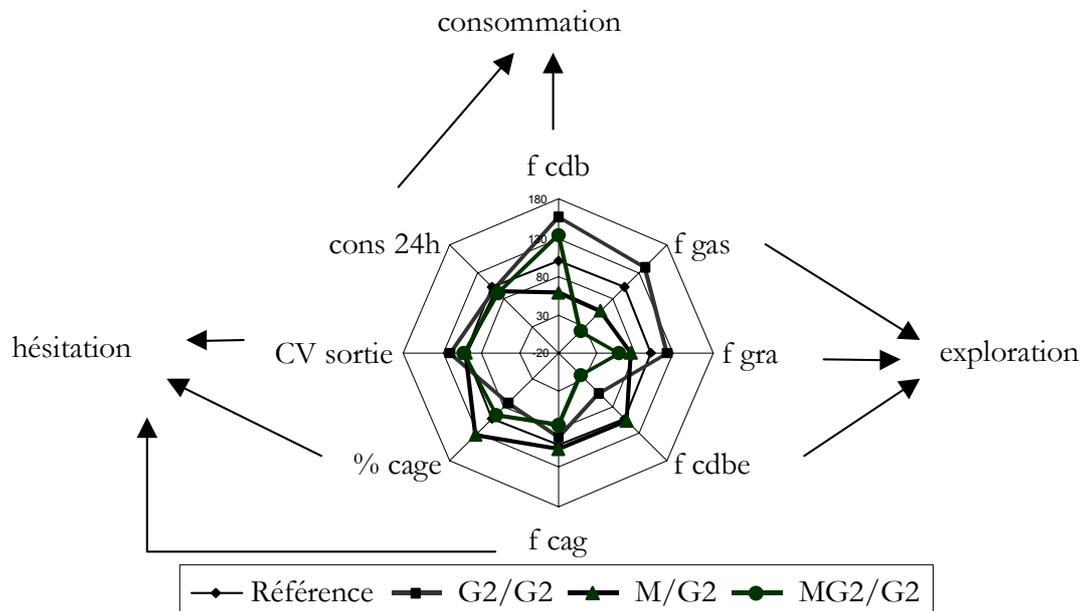
Merci à Kléber Gérard, Jean-Marie Brigant et Olivier Callut pour l'aide technique au cours de ces essais.

**FIGURE 1 : Expérience 1**, Choix exprimé en % de la consommation du premier aliment sur la consommation des deux aliments pour chacun des trois choix entre 0 et 48 heures : M = miettes, MG = mélange de miettes et granulés



\*test de Wilcoxon significatif pour  $p < 0,05$

**FIGURE 2 : Expérience 2**, Comportement alimentaire moyen, en fonction du régime de démarrage, des dindons recevant l'aliment G2 en comparaison avec le comportement alimentaire de tous les dindons (Référence). Huit variables représentent la consommation (fréquence de coups de bec : f cdb et consommation pendant les 1<sup>ères</sup> 24 heures de la transition : conso 24h), l'exploration (fréquence de gaspillage : f gas, fréquence de grattage : f gra et fréquence des coups de bec donnés à l'extérieur de l'aliment : cdbe) l'hésitation (% de temps passé dans la cage : % cage, fréquence d'entrées de la tête dans la cage : f cage et coefficient de variation des temps de sorties de la tête hors de la cage : CV sortie = écart-type / moyenne des temps de sorties de la tête à l'extérieur de la cage).



# LA COULEUR DE L'ALIMENT INFLUENCE-T-ELLE LE CHOIX DU DINDON ?

Chagneau Anne-Marie<sup>1</sup>, Penaud Laëtitia<sup>2</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>3</sup>, Lessire Michel<sup>1</sup>, Picard Michel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA Station de Recherches Avicoles 37380 Nouzilly

<sup>2</sup> Stagiaire IUP Université La Rochelle, <sup>3</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher 75008 Paris

*Ce travail a été cofinancé par l'enveloppe recherche ACTA/MAP/MESR et l'ANDA*

## Résumé

Les tests de choix SRABOX sont utilisés pour étudier l'influence de la couleur et de l'hétérogénéité de l'aliment sur les préférences alimentaires du dindon. La première expérience est réalisée, à 3 et 5 semaines, sur 24 dindons élevés en cages individuelles et nourris avec deux régimes de base différents. En présence de deux aliments, clair et foncé, le dindon exprime une préférence pour l'aliment clair, l'évolution de ce choix au cours des tests successifs est influencée par le régime précédant le test. La deuxième expérience réalisée sur des dindons élevés au sol avant les tests précise les effets de la couleur (contraste accentué par l'ajout de colorant) et de l'hétérogénéité de l'aliment (ajout de particules colorées) sur le choix alimentaire. Les tests effectués à 4 et 6 semaines en cages (1 dindon par cage) et au sol (2 dindons par case), puis à 11 et 13 semaines au sol (2 dindons par case), confirment la préférence pour un aliment clair et homogène. Elle met également en évidence l'influence de l'âge, l'effet de groupe, les réactions d'inhibition et/ou de peur des dindons, ainsi que l'interaction des caractéristiques physiques de l'aliment sur l'expression d'une préférence.

## Introduction

L'interdiction d'utiliser des matières premières d'origine animale dans l'alimentation des volailles a entraîné des modifications des caractéristiques physiques des aliments. Les productions à durée d'élevage longue, comme celles des dindes, posent des problèmes dus à une sous-consommation au moment des transitions alimentaires. Les travaux réalisés sur le poulet (Test de choix SRABOX, Bessonneau et al. 2001) ont montré qu'un changement de composition de l'aliment entraînant des modifications des caractéristiques physiques, et notamment de la couleur, influence le comportement alimentaire. Est ce que ce test sera accepté par les dindons à 3, 5, 11 et 13 semaines ? Est ce qu'il mettra en évidence leur capacité à différencier deux aliments de couleur différente ? Les expériences mises en place (Penaud 2001) sont réalisées sur des dindons élevés en cages individuelles et au sol par groupe de deux.

### 1. Matériels et méthodes

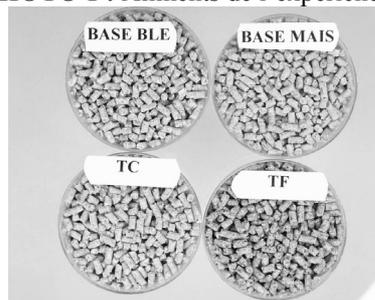
#### 1.1. Expérience 1 : cages individuelles

##### *Aliments (Photo 1)*

Quatre aliments, de caractéristiques nutritionnelles équivalentes, sont utilisés sous forme de granulés. Les aliments de base BB (base blé) et BM (base maïs)

sont distribués avant et entre les périodes de test. Les aliments tests TC (test clair composé de 50% de BB et 50% de BM) et TF (test foncé par l'ajout de tourneaux de tournesol et de colza) sont présentés simultanément dans SRABOX (Bessonneau et al., 2001).

**PHOTO 1 :** Aliments de l'expérience 1



##### *Animaux et mesures*

24 dindons (BUT9) sont installés à 1 jour dans les cages individuelles d'une batterie équipée des mangeoires SRABOX utilisées chez le poulet. Ils sont répartis en deux lots nourris ad libitum avec l'un des 2 régimes de base. A J22 ils sont soumis, après un jeûne de 45 minutes, au test de choix alimentaire TC/TF (enregistrements vidéo et pesée des mangeoires pour déterminer le nombre de coups de bec donnés à chaque aliment et la consommation de chaque aliment). Ce test est répété sur les mêmes animaux à J23 et J24, puis à la 6<sup>ème</sup> semaine d'âge

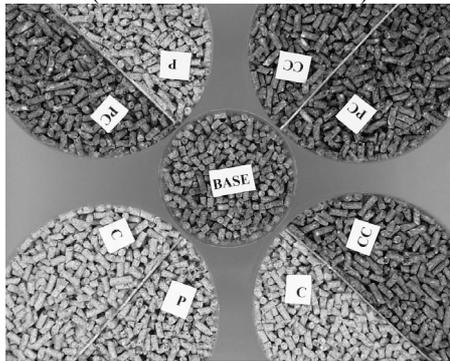
pendant 4 jours consécutifs. La consommation est contrôlée à J22 et J24, puis à J36 et J38.

### 1.2. Expérience 2 : cages (1 dindon) et sol (2 dindons)

L'essai s'est déroulé sur 14 semaines. Les dindons sont élevés dans une cellule au sol.

#### Aliments (Photo 2)

PHOTO 2 : Aliments de l'expérience 2 (croissance 0-8 semaines)



Pour chaque période d'alimentation (croissance 0-8, et finition 9-13 semaines) un aliment de base B et quatre aliments tests (C, P, CC et CP) sont utilisés. L'aliment B est foncé, de couleur plutôt verte (ajout de luzerne), les aliments test se différencient par la couleur et l'homogénéité : C est de couleur claire, P est obtenu par ajout de particules foncées dans l'aliment C, CC et PC sont foncées par du colorant alimentaire noir (Carbo Med E-153, Dr Marcus SARL), dilué au 10<sup>ème</sup> dans l'eau puis incorporé à 4% respectivement dans C et P. Quatre situations de choix sont présentées aux dindons : C/P, CC/PC, C/CC et P/PC. Les deux choix C/P et CC/PC permettent de mesurer l'effet de l'hétérogénéité de l'aliment sur le choix des dindons, C/CC et P/PC mesurent l'effet couleur.

#### Animaux et mesures

Les tests de choix sont réalisés aux différents âges sur des dindons naîfs qui sont mis en place dans les bâtiments expérimentaux la semaine qui précède le test.

L'essai réalisé en cages, (n=12 dindons par choix à 4 et 6 semaines), est effectué dans le même bâtiment que pour l'expérience 1 avec des mangeoires SRABOX de plus grande taille que celles utilisées pour la 1<sup>ère</sup> expérience. Pour la partie réalisée au sol, (6 cases de 2 dindons par choix à 4, 6, 11 et 13 semaines), les huit godets sont installés en longueur sur la mangeoire. Les aliments sont disposés alternativement et ainsi accessibles simultanément par les deux dindons.

Les animaux reçoivent l'un des quatre choix pendant 48 heures. Pendant les cinq premières minutes les dindons sont filmés (2 cages simultanément en batterie, 1 seule case à la fois au sol). La

consommation des deux aliments de chaque choix est enregistrée pendant le test et les 48 heures suivantes.

Pour les deux essais la durabilité des aliments est mesurée à l'aide d'un durabilimètre SABE, la dureté avec un appareil de traction compression de marque INSTRON, les indices de couleur à l'aide d'un spectro-colorimètre (système CIE L\*a\*b\* Hunterlab). Les caractéristiques physiques des aliments sont comparées en utilisant une analyse de variance ANOVA. Les choix alimentaires sont analysés par des tests non paramétriques (Kruskal-Wallis et Wilcoxon).

## 2. Résultats

Les principaux résultats sont rapportés de manière résumée ici.

### 2.1. Expérience 1

#### Aliments

Le régime de base BM se différencie du régime BB par des granulés plus courts (0,43 contre 0,50 mm), une durabilité plus faible (53 contre 68 %). Les aliments tests TC et TF ont la même longueur (0,49 et 0,48 mm) et une durabilité (64,4 et 64,3 %) proche de celle du régime BB. TF est plus foncé (indice de clarté L\* = 52,9) que BB, BM et TC (L\* = 59 en moyenne), sa teinte (indices a\* et b\*) est égale à celle de BB (4,5 et 21,3 en moyenne). Les valeurs de a\* et b\* pour TC (5,7 et 24,7) sont intermédiaires entre celles de TF ou BB et celles de BM (6,5 et 28,1).

#### Tests de choix

Tous les dindons ont consommé les aliments présentés. Dès le 1<sup>er</sup> jour du test, quel que soit le régime de base précédant le test, les dindons donnent plus de coups de bec dans l'aliment TC que dans l'aliment TF (Figure 1). Cette préférence pour l'aliment clair est stable tout au long des deux semaines de test pour les dindons nourris au régime de base BB. Ceux qui sont nourris avec le régime BM (plus friable que BB) inversent progressivement leur choix la 2<sup>ème</sup> semaine pour consommer préférentiellement TF.

Ces résultats mettent en évidence l'importance du régime précédant le test sur l'expression d'une préférence. Le dindon est capable, à partir des informations sensorielles qu'il perçoit, d'identifier un nouvel aliment et d'inverser sur une période de plusieurs jours ses préférences. En présence de deux aliments clair et foncé, le dindon préfère, comme le poulet, l'aliment clair. L'aliment TF était plus foncé que l'aliment TC mais il contenait également des particules qui lui donnaient un aspect hétérogène ; les dindons ont-ils refusé la couleur foncée ou l'hétérogénéité ? C'est pourquoi nous avons, dans la

2<sup>ème</sup> expérience, voulu dissocier ces deux caractéristiques.

## **Expérience 2 : - 4 et 6 semaines**

### ***Aliments***

Le régime de base est différent des régimes tests pour toutes les caractéristiques physiques. La longueur moyenne d'un granulé (0,43mm) est inférieure à celle des aliments C et P (0,46) et CC et PC (0,52 en moyenne). La durabilité du régime de base (51,6%) est intermédiaire entre C et P (35,2% en moyenne) et CC et PC (56,7% en moyenne). Les aliments C et P diffèrent par la couleur, P étant plus foncé ( $L^*=59,4$ ) que C ( $L^*=61,2$ ). Pour les aliments CC et PC seul l'indice de couleur  $a^*$  est différent (0,01 contre 0,06).

### ***Test de choix***

Le test de cinq minutes (T0) est accepté différemment selon le choix et le type d'élevage. En cage, en présence des choix contrastés C/CC P/PC et hétérogène C/P, la moitié des dindons ne mangent pas. Seulement 3 sur 12 ne mangent pas en présence du choix foncé CC/PC. Au sol la moitié des cases ne mangent pas en présence des choix foncé CC/PC et contrasté hétérogène P/PC. Quatre et cinq cases sur six ne mangent pas les aliments des choix hétérogènes C/P et contrastés homogènes C/CC. La consommation des deux aliments (moyenne de 12 dindons en cages) varie de 17,4g pour le choix foncé CC/PC à 3,2g pour le choix contrasté C/CC. Les valeurs sont intermédiaires pour les choix hétérogènes P/PC et C/P (respectivement 6,5g et 7,9g). Au sol, la consommation des deux aliments, (moyenne de 6 cases de 2 dindons), varie de 19,4 et 14,8g pour les choix hétérogènes P/PC et foncé CC/PC, à 3,1 et 2,1g pour le choix contrasté C/CC et le choix hétérogène C/P.

Au moment du test de cinq minutes, en présence des choix contrastés P/PC et C/CC, les dindons ont consommé plus d'aliment clair P et C, la préférence n'est pas significative au sol. Cette préférence est stable sur toute la période. Sur les 48 heures de contrôle de consommation, les dindons soumis au choix CC/PC ont consommé plus de CC (aliment homogène). En présence des choix hétérogènes CC/PC et C/P, seuls les dindons élevés en cage ont préféré l'aliment homogène foncé CC à l'aliment hétérogène foncé PC (Figure 2).

## **Expérience 2 : 11 et 13 semaines au sol**

### ***Aliments***

La longueur moyenne d'un granulé du régime de base finition (0,34mm) est nettement inférieure à celle des aliments tests P (0,42) et C, CC et PC (0,47 en moyenne). Sa durabilité (55%) est intermédiaire entre

C et P (43,5% en moyenne) et CC et PC (67,9% en moyenne). Les aliments tests diffèrent par la couleur. P et C ( $L^*=58,5$ ) sont plus clairs que CC et PC ( $L^*=48,1$ ). Pour C et P l'indice de couleur  $a^*$  est différent, (6,52 contre 5,56) et supérieur à CC et PC (0,95 en moyenne). L'indice  $b^*$  est différent pour les quatre aliments (20,3 en moyenne pour C et P, 9,5 en moyenne pour CC et PC).

### ***Test de choix***

On observe des différences du nombre de cases qui ont consommé à 11 et 13 semaines. A 11 semaines en présence du choix hétérogène contrasté P/PC la moitié des cases ne mangent pas. 2 cases sur 6 des choix hétérogène C/P et contrasté C/CC ne mangent pas. Une seule case du choix hétérogène foncé CC/PC ne mange pas. La consommation des deux aliments (moyenne de 6 cases) varie de 16,5 et 19,3g pour les choix hétérogène contrasté P/PC et foncé CC/PC à 11,5 et 4,9g pour les choix contrasté C/CC et hétérogène clair C/P. A 13 semaines toutes les cases du choix hétérogène clair C/P ont mangé alors que 4 du choix foncé CC/PC et 5 des choix contrastés C/CC et P/PC n'ont pas mangé. La consommation moyenne est de 32,3g pour le choix hétérogène clair C/P. Elle varie de 7,7g pour le choix foncé CC/PC à 0,92 et 0,37g pour les choix contrastés P/PC et C/CC.

Au moment du test de cinq minutes, et sur l'ensemble des 48 heures, quel que soit l'âge, en présence des choix contrastés P/PC et C/CC, les dindons ont tendance à consommer plus d'aliments clairs P et C, (résultats non significatifs). A 11 semaines les dindons expriment une préférence pour un aliment homogène foncé (CC) par rapport à un aliment hétérogène foncé (PC). Si les deux aliments sont clairs, la présence de particules n'entraîne pas de choix. A 13 semaines les dindons consomment indifféremment les aliments homogènes et hétérogènes.

D'une manière générale, les résultats montrent que l'utilisation de SRABOX nécessite une adaptation du dindon à son environnement avant d'effectuer les tests, (les difficultés à s'adapter à un nouvel environnement semblent s'accroître avec l'âge). Nous pouvons difficilement comparer les deux types d'élevage (sol et cages), les dindons élevés au sol étaient par deux ce qui a pu entraîner des phénomènes d'imitation sociale. Les dindons semblent préférer un aliment clair à un aliment coloré très foncé et un aliment homogène à un aliment hétérogène contenant des particules colorées. Les différences de couleur des aliments tests coïncident avec d'autres caractéristiques physiques comme la taille ou la durabilité qui peuvent intervenir dans le choix.

Il serait cependant nécessaire de valider les résultats obtenus avec des aliments aux caractéristiques (dureté, durabilité) comparables à celles des régimes commerciaux.

## Conclusions

Les essais réalisés ont montré l'influence de l'expérience préalable des dindons (régime précédant les tests), de l'âge et du groupe, et suggéré des interactions entre les caractéristiques physiques des aliments (couleur, durabilité), sur le choix alimentaire du dindon. Le dindon semble préférer un aliment clair et homogène. Les choix sont rapides et stables lorsque les dindons sont face à des aliments proches de leur régime habituel. Par contre, en présence d'aliments très contrastés en couleur, ils expriment des réactions de peur qui peuvent durer plusieurs heures avant que l'animal ne mange. Certains animaux tendent alors à ne consommer exclusivement qu'un seul des deux aliments et à ignorer l'autre. Les résultats obtenus avec SRABOX semblent donc être une première approche des problèmes de consommation observés parfois en élevage lors d'un changement d'aliment.

Toutefois, si SRABOX permet à l'animal, à court terme, de détecter une différence entre deux aliments de caractéristiques différentes, ce test ne semble pas très adapté pour un suivi de la consommation sur une longue période (mélange d'aliments dans les godets).

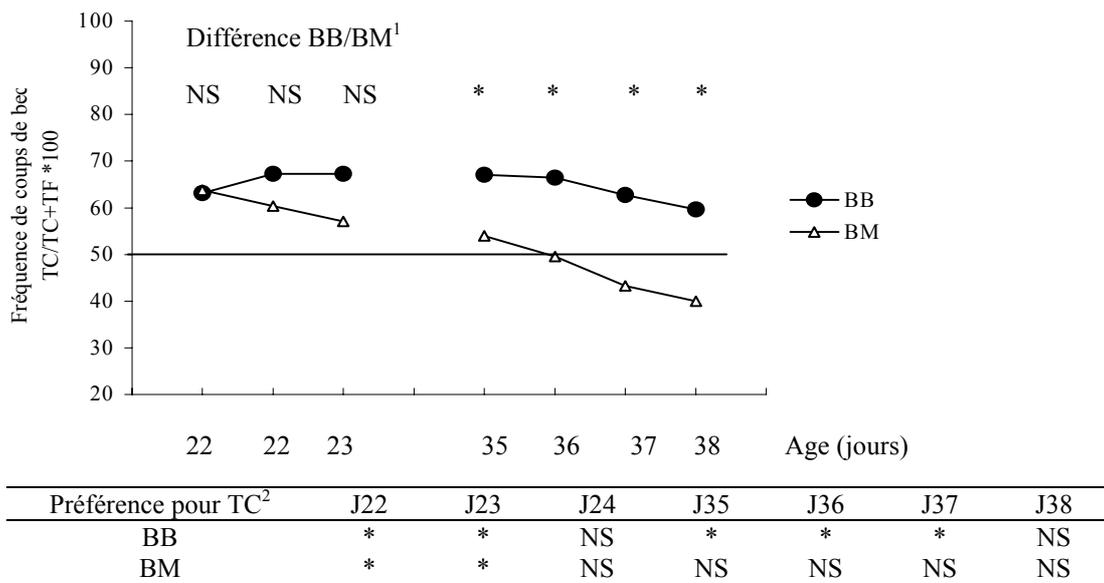
Merci à Dominique Desjonquères, Kléber Gérard, Bernard Guillem et Hugues Caracotte pour leur aide technique au cours de ces essais.

## Références Bibliographiques

Bessonneau D., Chagneau A. M., Le Fur C., Lessire M Picard M. 2001. Proc. 4èmes journées de la Recherche Avicole Nantes.

Penaud, L. 2001 Stage I.U.P. : Comportement alimentaire du dindon. Aspects méthodologiques. I.U.P. de La Rochelle, 37 pages

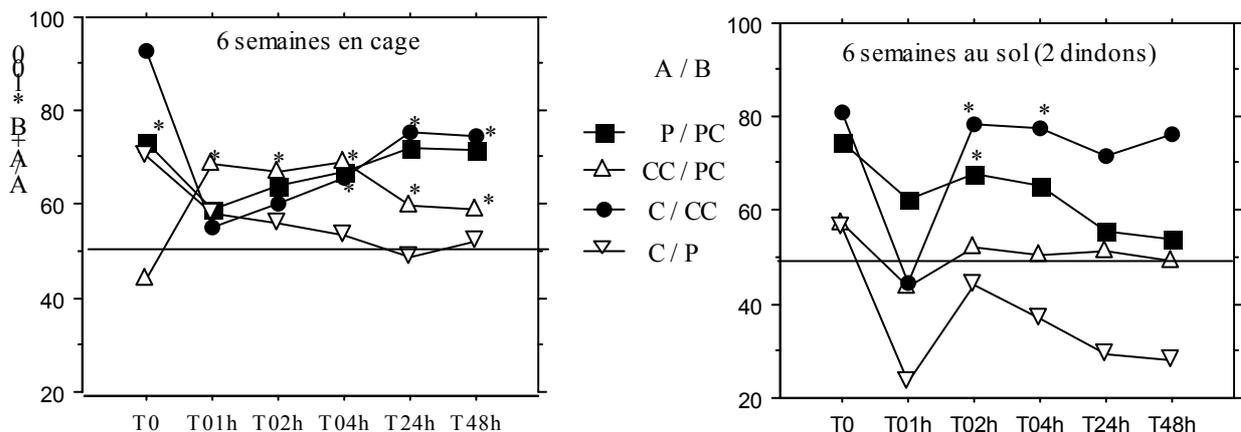
**FIGURE 1 :** Expérience 1, choix exprimé en % de la fréquence des coups de bec donnés au premier aliment (TC) sur la fréquence des coups de bec donnés aux deux aliments (TC+TF) en fonction des deux régimes de base et des différents âges



<sup>1</sup> test de Kruskal-Wallis, <sup>2</sup> : test de Wilcoxon

\*  $p < 0,05$  ; NS : non significatif

**FIGURE 2 :** Expérience 2, 6 semaines cages et sol, choix exprimé en % de la consommation du premier aliment (aliment A) sur la consommation totale des deux aliments (A+B) pour chacun des quatre choix entre 0 et 48 heures



# EFFET D'UN EXTRAIT DE CITRUS (NORSPICE AB) SUR LES PERFORMANCES DE POULETS DE CHAIR

Juin Hervé<sup>1</sup>, Elgaard Troels<sup>2</sup>, Chicoteau Pierre<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRA, Le Magneraud, F 17700, Surgères

<sup>2</sup>Norfeed, Kanalholmen 2, DK 2650 Hvidovre

<sup>3</sup>SERFATEC, BP 191, F 53201 Château Gontier

## Résumé

Cette étude a pour objectif d'apprécier l'effet d'une dose croissante dans l'aliment d'un extrait de *citrus* (Norspice AB) sur les performances de poulets de chair entre 0 et 24 jours d'âge. 7 parquets de 25 poussins (mâles Ross) ont été élevés au sol de 0 à 14 jours ; de 14 à 24 jours, 12 animaux par parquet, choisis autour du poids moyen du parquet à J14, ont été placés en cage individuelle. Les animaux étaient alimentés à volonté avec un aliment granulé (3000 Kcal / kg d'énergie métabolisable, 22 % de MAT et 1.16 % de lysine), supplémenté avec des doses croissantes de Norspice AB (0, 100, 200, 300, 400, 500 et 1000 g/ tonne). Il n'a pas été observé de différence significative entre les régimes pour le poids vif à J14 et l'indice de consommation. Entre 14 et 24 jours d'âge l'addition de Norspice AB se traduit par un effet dose positif sur le poids vif à J24 (respectivement +0.25%, +0.12%, +3.55%, +3.00%, +1.21% et +7.53% par rapport au témoin négatif pour les doses de 100, 200, 300, 400, 500 et 1000 g / t), ainsi que sur le gain de poids de 14 à 24 jours. Sur le poids vif à 24 jours d'âge, l'effet du Norspice AB est significatif au seuil de 5% pour la dose de 1000 g / tonne.

Les mesures de digestibilité par collecte totale des fientes réalisées entre 21 et 24 jours d'âge ont confirmé l'effet dose positif de l'addition de Norspice AB sur le poids vif et l'indice de consommation. Cet effet n'a pu dans nos conditions être confirmé par une amélioration de la teneur en énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul des aliments.

## Introduction

L'évolution de la législation et de la demande des consommateurs a entraîné le rejet des techniques classiques utilisant les additifs antibiotiques comme facteurs d'amélioration de la production et la recherche de méthodes alternatives pour maintenir la compétitivité des filières animales en France.

Parmi ces méthodes l'utilisation d'extraits de plantes se développe sur le terrain. Le Norspice AB est une préparation commerciale à base d'extrait de citrus, famille décrite par Bruneton (1993). Chez le porcelet, H. Berg (2001) a montré un effet du Norspice AB pour maintenir l'équilibre de la flore intestinale.

Cette étude a pour objet de mieux appréhender l'effet de cette préparation chez le poulet de chair.

reçu un régime expérimental différent correspondant à une supplémentation croissante de Norspice AB : 0, 100, 200, 300, 400, 500 et 1000 g/ tonne. Entre 14 et 24 jours, 12 animaux par parquet, choisis autour du poids moyen du parquet à 14 jours, ont été placés en cage individuelle et ont été alimentés avec le même aliment qu'au sol. Les animaux ont été pesés individuellement à 7, 14, 21 et 24 jours d'âge. La consommation d'aliment a été enregistrée par parquet entre 0 et 14 jours, ainsi que la consommation d'eau et d'aliment par cage entre 21 et 24 jours. Un bilan digestif a été réalisé entre 21 et 24 jours par collecte totale individuelle des fientes selon la méthode décrite par Bourdillon et al. (1990). Après congélation, les fientes ont été lyophilisées et broyées. Les teneurs en énergie brute ont été mesurées sur un échantillon représentatif de chaque aliment et des fientes de chaque animal en cage.

## 1. Matériels et méthodes

7 parquets de 25 poussins (mâles Ross) ont été élevés au sol de 0 à 14 jours et alimentés à volonté avec un aliment granulé à base de blé (35%), maïs (22%), huile végétale (4%) et tourteau de soya (34%), et formulé pour apporter 3000 Kcal d'énergie métabolisable, 220 g de protéines brutes et 11.6 g de lysine par kilogramme d'aliment; chaque parquet a

Les données ont été saisies sur tableur, et les analyses statistiques réalisées sur le logiciel Minitab (comparaison de moyennes avec test de Tukey, analyse de régression et analyse de variance) pour les critères poids vif à 14, 21 et 24 jours, indice de consommation de 21 à 24 jours et teneur en énergie métabolisable apparente par cage.

## 2. Résultats

A la fin de la période d'élevage au sol (de 0 à 14 jours), les performances des différents traitements ne sont pas significativement différentes :  $505 \pm 52$  g de poids vif à 14 jours et un indice de consommation de 1.33.

Pendant la période d'élevage en cages, entre 14 et 24 jours d'âge (Tableau 1), l'addition de Norspice AB se traduit par un effet dose positif sur le poids vif à J24 (respectivement +0.25%, +0.12%, +3.55%, +3.00%, +1.21% et +7.53% par rapport au témoin négatif pour les doses de 100, 200, 300, 400, 500 et 1000 g /t) ; l'effet du Norspice AB est significatif au seuil de 5% par rapport au témoin négatif pour la dose de 1000 g / tonne. L'équation de régression est :  $\text{PoidsJ23} = 970 + 0.00722 \text{ dose}$  ( $r^2 = 0.15$ ,  $p=0.001$ )

Les mesures de digestibilité entre 21 et 24 jours d'âge (Tableau 2) n'ont pas, dans les conditions de cet essai, montré d'effet significatif de l'addition de Norspice AB sur la teneur en énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul de l'aliment, par rapport au témoin négatif.

Pendant la période de collecte des fientes réalisée entre 21 et 24 jours d'âge l'analyse de régression montre un effet dose positif ( $p = 0.05$ ) de l'addition de Norspice AB sur le gain de poids vif et l'indice de consommation (Figure 1). Sur cette période, l'addition croissante de Norspice AB se traduit également par une diminution du ratio eau sur aliment consommés (Tableau 1).

Pendant toute la durée de l'essai, l'addition de Norspice AB n'a pas eu d'effet sur la consommation d'aliment, quelle que soit la dose d'incorporation entre 100 et 1000 g par tonne d'aliment.

Ces résultats confirment d'une part les observations régulières faites depuis 3 ans dans les élevages avicoles français (Chicoteau et al., 2001), d'autre part que la dose optimale d'utilisation du Norspice AB se situe entre 300 et 400 g par tonne d'aliment, comme cela a été démontré chez le porcelet.

## Références bibliographiques

- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Duperray, J., Huyghebaert G., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Wiseman J., 1990. European reference method for the in vivo determination of metabolisable energy with adult cockerels : reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *British Poultry Science*, 31:557-565.
- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Janssen W.M.M.A., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Rigoni M., Wiseman J., 1990. European reference methods of in vivo determination of metabolisable energy in poultry : reproducibility, effect of age, comparison with predicted values. *British Poultry Science*, 31:567-576.
- Bruneton J., 1993. Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Lavoisier, Paris. 915 pages.
- Berg H., avril 2001. Master of Science, Danish Veterinary Laboratory. Copenhagen, 150 pages.
- Chicoteau P., Elgaard T., Baucher J.F., Les productions animales sans facteur de croissance, c'est possible, c'est rentable et c'est sûr... L'exemple du Norspice AB. Forum Agrosanté, Beauvais, Avril 2001.

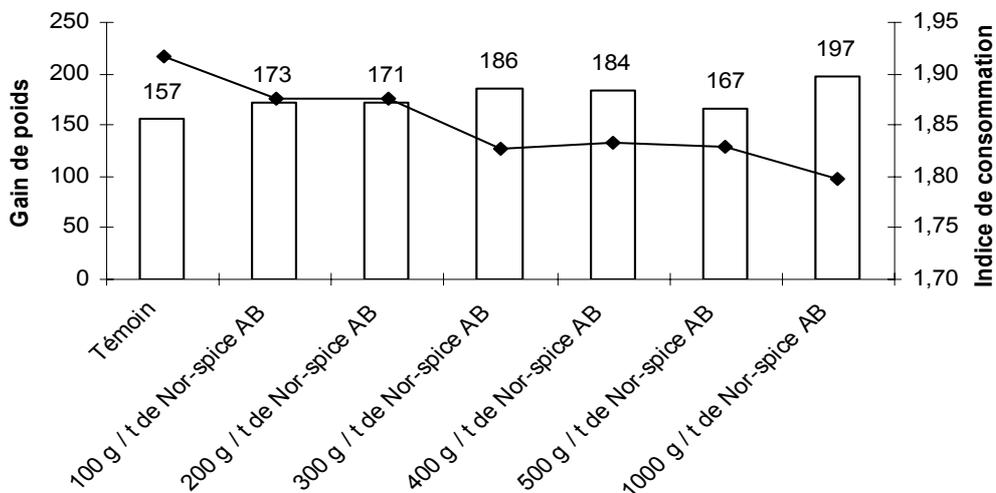
**TABLEAU 1 : Performances zootechniques en cages**

Régime	Gain de poids de 14 à 24 jours (g / animal)	Période de bilan(21 à 24 jours d'âge)			
		Poids vif J24 (g / animal)	Indice de consommation	Aliment consommé (g / animal)	Eau/ aliment
Témoin	432 ± 147	974 ± 66(b)	1.916 ± 0.314	307	2.27
100 g / t de Norspice AB	470 ± 55	976 ± 61 (ab)	1.875 ± 0.168	320	2.17
200 g / t de Norspice AB	472 ± 40	975 ± 57 (ab)	1.877 ± 0.120	319	2.16
300 g / t de Norspice AB	492 ± 30	1008 ± 37 (ab)	1.827 ± 0.124	339	2.25
400 g / t de Norspice AB	497 ± 46	1003 ± 47 (ab)	1.833 ± 0.197	332	2.06
500 g / t de Norspice AB	483 ± 46	986 ± 45 (ab)	1.829 ± 0.135	312	2.07
1000 g / t de Norspice AB	525 ± 48	1047 ± 59 (a)	1.798 ± 0.108	353	2.09
	<i>NS</i>	<i>P &lt; 0.05</i>	<i>NS</i>		

**TABLEAU 2 : Teneur en énergie métabolisable des aliments**

Régime	Matière sèche (%)	Energie brute (Kcal / Kg MS)	Energie métabolisable à bilan azoté nul (Kcal / Kg MS)
Témoin	90.59	4555	3143 ± 143
100 g / t de Norspice AB	90.50	4596	3128 ± 158
200 g / t de Norspice AB	90.53	4592	3153 ± 65
300 g / t de Norspice AB	90.65	4580	3115 ± 80
400 g / t de Norspice AB	90.49	4584	3104 ± 105
500 g / t de Norspice AB	90.83	4596	3157 ± 82
1000 g / t de Norspice AB	90.88	4580	3086 ± 79

**FIGURE 1 : Croissance et indice de consommation pendant la période de collecte**



# INFLUENCE D'UN COMPLEXE ENZYMATIQUE NSP (EXCEL) SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DU CANARD DE BARBARIE ET SUR LA VALEUR ENERGETIQUE D'ALIMENTS A BASE DE BLE ET D'ORGE

Uzu Gérard<sup>1</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>2</sup>, Métayer Jean-Paul<sup>2</sup>, Lessire Michel<sup>3</sup>, Baéza Elisabeth<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Adisseo France S.A.S., 42 Avenue Aristide Briand, 92160 Antony

<sup>2</sup> ARVALIS, 91720 Boigneville

<sup>3</sup> Station de Recherches Avicoles, INRA Tours, 37380 Nouzilly

## Résumé

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de Rovabio™ Excel sous forme liquide (LC) ou poudre (AP) et d'optimiser sa dose d'incorporation dans les aliments riches en blé ou orge distribués à des canards de Barbarie en croissance. Les activités enzymatiques principales (xylanase,  $\beta$ -glucanase et cellulase) et les activités secondaires sont produites par *Penicillium funiculosum*, un champignon non génétiquement modifié. L'incorporation de la forme liquide (LC) dans les régimes n'a pas modifié la croissance mais a diminué significativement l'ingéré d'aliment et l'indice de consommation des canards lors des périodes de démarrage et de croissance. La dose optimale est de 200 ml/tonne d'aliment, équivalent en terme d'activités enzymatiques à 50 g de Excel AP (forme poudre) par tonne d'aliment. Ces résultats corroborent les effets significatifs de l'ajout des enzymes dans les aliments, sur la viscosité intestinale des animaux et sur la valeur énergétique des aliments à base de blé ou d'orge. En effet, l'augmentation moyenne de l'énergie métabolisable apparente (à bilan azoté nul) de l'aliment est de 44 kcal/kg MS.

## Introduction

L'incorporation d'enzymes NSP dans les aliments à base de blé ou d'orge permet de diminuer les effets négatifs liés à l'activité anti-nutritionnelle des polysaccharides non amylacés hydrosolubles. Les enzymes, en diminuant la viscosité des contenus digestifs, augmentent la digestibilité des nutriments ainsi que l'énergie métabolisable de l'aliment (Géraert et al., 1997). Ces effets positifs des enzymes NSP ont surtout été obtenus avec les espèces poulet de chair, dinde et poule pondeuse (Mathlouthi, 2002). Chez le canard, peu de travaux ont été publiés. Ils montrent soit une absence d'effet des enzymes NSP (Jamroz et al., 1998a ; Farrell et Martin, 1998), soit un effet positif sur la viscosité des digesta (Timmler et Rodehutscord, 2001), la croissance, l'indice de consommation, l'utilisation de l'azote et du phosphore, en particulier au cours des périodes de démarrage et de croissance des canetons (Jeroch et al., 1995 ; Jamroz et al., 1998b).

L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de l'incorporation de l'enzyme Rovabio™ Excel sous forme liquide ou poudre dans des aliments riches en blé ou orge distribués à des canards de Barbarie tout au long de leur croissance. Les activités enzymatiques principales (xylanase,  $\beta$ -glucanase et cellulase) et les

activités secondaires sont produites par *Penicillium funiculosum*, un champignon non modifié génétiquement.

L'objet de l'essai zootechnique est d'évaluer et d'optimiser l'effet de Rovabio™ Excel sur les performances de croissance avec des aliments à base de blé et d'orge. L'objet de l'essai de digestibilité est d'étudier l'effet de ce complexe enzymatique sur la valeur énergétique de trois régimes, caractérisés par des niveaux de viscosité différents.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Essai zootechnique

360 canetons mâles, de souche Barbarie R51 (S.A. Grimaud, Roussay), sont répartis en cinq lots de 72 animaux (6 répétitions par lot) et reçoivent des aliments contenant des doses croissantes de Rovabio™ Excel LC : 0, 100, 200, 300 et 400 ml/tonne d'aliment.

Pour satisfaire les besoins nutritionnels du canard, trois régimes successifs (démarrage, croissance et finition) ont été formulés : leurs compositions et leurs caractéristiques sont décrites dans le Tableau 1.

Les poids vifs individuels sont contrôlés aux âges de 1, 28, 51 et 84 jours. Les consommations alimentaires sont mesurées par case aux mêmes âges.

## 1.2. Essai digestibilité

250 canetons mâles, de souche Barbarie R51, sont élevés en poussinière jusqu'à l'âge de 15 jours. A J15, 120 canetons sont introduits en cage selon un dispositif en blocs sur le critère du poids vif (10 répétitions de 2 animaux par régime). Ils reçoivent alors leurs aliments expérimentaux. Les bilans digestifs sont réalisés de J20 à J23 selon la méthode décrite par Barrier-Guillot et Métayer (2001). A J24, après sacrifice des animaux, la viscosité jéjunale a été déterminée à l'aide d'un viscosimètre Brookfield (modèle DV II+), thermostaté à 25°C.

La composition et les caractéristiques des aliments figurent dans le Tableau 2. Trois régimes ayant des niveaux de viscosité spécifique différents et contenant une source de matières grasses saturées sont étudiés. Chaque régime est évalué avec ou sans l'addition d'enzyme (50 g de Rovabio™ Excel AP par tonne d'aliment).

La viscosité des céréales est déterminée selon Carré et al. (1994) et AFNOR (1999). Les résultats sont traités par analyse de variance en testant l'effet dose pour l'essai zootechnique ainsi que les effets du régime, de l'addition d'enzyme et de l'interaction entre ces deux facteurs (test de Newman-Keuls) pour l'essai digestibilité.

## 2. Résultats

### 2.1. Effet et optimisation de l'incorporation de l'enzyme sur les performances du canard de Barbarie

Les performances sont présentées dans le Tableau 3. Malgré l'introduction d'une proportion importante de blé et d'orge dans les aliments, les performances se sont avérées tout à fait satisfaisantes. Selon le sélectionneur, les objectifs de poids du canard mâle Barbarie sont de 1185, 3206 et 4925 g aux âges de 28, 51 et 84 jours respectivement. Les performances des animaux dans cette expérimentation sont supérieures et s'élèvent en moyenne à 1560, 3934 et 5309 g.

L'incorporation de Rovabio™ Excel LC dans l'aliment ne modifie pas la croissance des canards. Par contre, elle diminue significativement l'ingéré d'aliment et l'indice de consommation aux doses de 200 à 400 ml/tonne d'aliment lors des périodes de démarrage et de croissance (Tableau 3). Puis, l'effet s'amenuise avec l'âge. Jeroch et al. (1995) ont également montré un effet positif de la supplémentation en enzyme sur l'indice de consommation au cours des périodes de démarrage et de croissance du canard de Barbarie.

Nos résultats indiquent que la dose minimale nécessaire, en terme d'activités enzymatiques, est de

200 ml/tonne de Rovabio™ Excel LC (forme liquide) équivalent à 50 g /tonne de Excel AP (forme poudre). Cet effet sur la diminution de la consommation et l'amélioration de l'indice de consommation suggère une meilleure valorisation nutritionnelle de l'aliment qui est évaluée dans l'essai digestibilité.

### 2.2. Effet de l'incorporation de l'enzyme sur la viscosité intestinale et la valeur nutritionnelle des aliments

#### 2.2.1. Viscosité *in vivo*

Les résultats figurent dans le Tableau 4. Les niveaux de viscosité jéjunale obtenus avec les aliments sans addition d'enzymes varient fortement selon la nature de la céréale, confirmant les résultats déjà observés par Barrier-Guillot et Métayer (2001) chez le canard. Ainsi, la viscosité obtenue avec l'aliment à base d'orge Platine est très élevée (41.9 cP) et nettement supérieure à celle obtenue avec l'aliment à base de blé Aztec (23.0 cP), elle-même supérieure à celle de l'aliment à base de blé Isengrain (18.5 cP). Les niveaux de viscosité jéjunale obtenus avec les aliments additionnés de l'enzyme sont beaucoup plus faibles et ne diffèrent pas significativement entre eux. Ainsi, l'ajout d'enzymes permet de réduire significativement les niveaux de viscosité et ceci d'autant plus que le niveau initial est élevé. Timmler et Rodehutsord (2001) ont montré également une réduction significative de la viscosité des digesta lorsque des régimes à base de blé, triticales et seigle sont supplémentés en enzymes NSP.

#### 2.2.2. Valeur nutritionnelle des aliments

Les résultats figurent dans le Tableau 5. Les valeurs énergétiques des aliments à base de blé Aztec et Isengrain sont identiques et supérieures à celle du régime à base d'orge Platine. Cette différence d'environ 400 kcal/kg MS peut donc être attribuée à la matière première étudiée.

L'effet de l'enzyme sur la valeur énergétique des aliments est hautement significatif ( $P < 0.001$ ) et ceci quels que soient les régimes. L'augmentation moyenne de l'énergie métabolisable apparente (à bilan azoté nul) est de 44 kcal/kg MS. Elle varie de + 30 kcal/kg MS pour le régime à base d'orge à + 65 kcal/kg MS pour le régime à base de blé Isengrain. Jamroz et al. (1998) ont montré que la supplémentation en enzymes NSP améliore également l'utilisation de l'azote et du phosphore (+ 6.5 % et + 6.8 % pour le Barbarie ; + 4.8 % et + 3.1 % pour le Mulard) d'une ration à base de triticales.

## Conclusion

Des améliorations d'indice de consommation sont observées chez le canard de Barbarie recevant des aliments à base de blé et d'orge supplémentés avec du Rovabio™ Excel pendant les périodes de

démarrage et de croissance. La dose optimale est 200 ml de Excel LC (forme liquide) par tonne d'aliment, équivalent à 50 g de Excel AP (forme poudre).

Ces améliorations de performances corroborent l'effet positif de l'enzyme sur la viscosité intestinale et sur la teneur en énergie métabolisable des aliments à base de blé ou d'orge. L'augmentation moyenne de l'énergie métabolisable apparente (à bilan azoté nul) due à l'ajout de l'enzyme est en moyenne de 44 kcal/kg MS.

## Références bibliographiques

AFNOR, 1999. NFV 03-749.

Barrier-Guillot B., Métayer J.P., 2001. 4èmes Journées de la Recherche Avicole, Nantes (France), 27-29/3/01, 131-134.

Carré B., Gomez J., Melcion J.P., Giboulot B., 1994. Colloque Annuel CRITT Valicentre, Chambray les Tours (France), 13/12/94, 67-77.

Farrell D.J., Martin E.A., 1998. Brit. Poult. Sci., 39, 549-554.

Géraert P.A., Uzu G., Julia T., 1997. 2èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours (France), 8-10/4/97, 59-66.

Jamroz D., Eder K., Wiliczekiewicz A., Kirchgessner M., 1998a. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 79, 113-122.

Jamroz D., Orda J., Wiliczekiewicz A., Skorupinska J., 1998b. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 79, 123-134.

Jeroch H., Schurz M., Skindzera A., Müller A., Völker L., 1995. Arch. Geflügelk., 59 (4), 223-227.

Mathlouthi N., 2002. Thèse de doctorat en Sciences, ENSA Rennes (France), pp. 186.

Timmler R., Rodehutschord M., 2001. Arch. An. Nutr., 55 (4), 315-332.

**TABLEAU 1 :** Composition et caractéristiques des aliments expérimentaux de l'essai zootechnique

Matières premières	Composition (%)				Caractéristiques		
	0-4 sem.	4-8 sem.	8-12 sem		0-4 sem.	4-8 sem.	8-12 sem
Orge*	25.0	25.0	25.0	EM (kcal/kg)	3000	3000	3000
Blé*	37.65	37.38	49.33	Protéines %	19.0	18.0	16.0
Tourteau soja 48	25.23	17.9	16.0	Lysine %	0.98	0.87	0.75
Tourteau tournesol 29	-	5.9	-	Méth. + cyst. %	0.76	0.72	0.64
Graines soja extrudées	2.00	3.75	2.00	Thréonine %	0.70	0.65	0.57
Gluten de maïs	1.0	1.0	1.0	Tryptophane %	0.24	0.22	0.19
Huile de colza	2.15	2.50	0.56	Calcium %	0.95	0.85	0.72
Graisse animale	3.0	3.0	3.0	Phos. disp. %	0.41	0.38	0.31
DL méthionine	0.11	0.07	0.06				
Minéraux + vitamines	3.86	3.50	3.05				
Forme	Granulé	Granulé	Granulé				

\* Viscosité : 4.61 ml/g pour l'orge, 1.63 ml/g pour le blé (variété Rialto) - sem. = semaines - EM = Energie Métabolisable - Méth. = méthionine - Cyst. = cystéine - Phos. disp. = phosphore disponible

**TABLEAU 2 :** Composition et caractéristiques des aliments expérimentaux de l'essai digestibilité

Matières premières (%)	Orge platine	Blé Aztec	Blé Isengrain		Caractéristiques		
					Orge platine	Blé Aztec	Blé Isengrain
Orge Platine*	62			EMAn kcal/kg	2695	2850	2850
Blé Aztec*		62		Protéines %	18.8	18.9	19.5
Blé Isengrain			62	Lysine %	1.00	0.95	0.96
Maïs	3	3	3	Méth. + cyst. %	0.76	0.76	0.76
Tourteau de soja 48	25.24	25.24	25.24	Calcium %	1.2	1.2	1.2
Graines soja extrudées	2	2	2	Phos. disp. %	0.4	0.4	0.4
Huile de palme	3	3	3				
Carbonate de calcium	1.24	1.24	1.24				
Phosphate bicalcique	1.62	1.62	1.62				
Sel	0.4	0.4	0.4				
Vit.+ oligo. + AA	1	1	1				
Prémélange enzymes	0.5	0.5	0.5				
Forme	Granulé	Granulé	Granulé				

- Viscosité spécifique de 17.1, 7.4 et 2.6 ml/g MS respectivement pour l'orge Platine et les blés Aztec et Isengrain
- Vit. = vitamines - Oligo. = oligo-éléments - AA = acides aminés

**TABLEAU 3 :** Effet de la dose d'incorporation de Rovabio™ Excel LC sur les performances zootechniques du canard de Barbarie

	<b>Témoin</b>	<b>+ 100ml/tonne</b>	<b>+ 200ml/tonne</b>	<b>+ 300ml/tonne</b>	<b>+ 400ml/tonne</b>
<b>Période 1-28 jours</b>					
Consommation (g)	2471 ab	2525 a	2418 b	2437 b	2469 ab
Poids vif (g)	1536	1589	1546	1562	1568
Indice consommation	1.66 a	1.64 ab	1.61 b	1.61 b	1.62 b
<b>Période 1-51 jours</b>					
Consommation (g)	8466 a	8476 a	8250 b	8253 b	8233 b
Poids vif (g)	3921	3962	3936	3926	3924
Indice consommation	2.19 a	2.16 a	2.12 b	2.13 b	2.12 b
<b>Période 1-84 jours</b>					
Consommation (g)	15790	16271	15525	15440	15736
Poids vif (g)	5301	5386	5249	5311	5298
Indice consommation	3.00	3.05	2.98	2.93	2.99

a, b : les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à P < 0,05

**TABLEAU 4 :** Effet du régime et du Rovabio™ Excel AP sur la viscosité jéjunale des canards (cP)

	<b>Régime 1</b>	<b>Régime 2</b>	<b>Régime 3</b>	<b>Moyenne</b>
Matière première	Orge Platine	Blé Aztec	Blé Isengrain	
Sans enzymes	41.9 a	23.0 b	18.5 c	27.8 A
Avec enzymes	11.6 d	14.9 cd	13.1 d	13.2 B
<b>Moyenne</b>	<b>26.7 α</b>	<b>18.9 β</b>	<b>15.8 χ</b>	

Interaction régimes x enzymes : P<0,001 - Effet enzymes : P<0,001 - Effet régimes : P<0,001 - ETR : 4.6 cP (a-b-c-d) ; (A-B) ; (α-β-χ) : groupes homogènes du test de Newman-Keuls

**TABLEAU 5 :** Effet du régime et du Rovabio™ Excel AP sur la valeur de l'EMAn des aliments (kcal/kg MS)

	<b>Régime 1</b>	<b>Régime 2</b>	<b>Régime 3</b>	<b>Moyenne</b>
Matière première	Orge Platine	Blé Aztec	Blé Isengrain	
Sans enzymes	2948	3193	3183	3108 B
Avec enzymes	2978	3230	3248	3152 A
<b>Moyenne</b>	<b>2963 b</b>	<b>3212 a</b>	<b>3216 a</b>	

Interaction régimes x enzymes : NS - Effet enzymes : P < 0,001 - Effet régimes : P < 0,001 - ETR : 36 kcal/kgMS ; (a-b) et (A-B) : groupes homogènes du test de Newman-Keuls

## ALIMENTATION ALTERNEE DU POULET DE CHAIR MALE LOURD

**Bouvarel Isabelle<sup>1</sup>, Boutten Bruno<sup>2</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>3</sup>, Leterrier Christine<sup>4</sup>, Roffidal Lucien<sup>5</sup>, Larroude Philippe<sup>6</sup>, Castaing Julien<sup>6</sup> et Picard Michel<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris, <sup>2</sup> CTSCCV, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maison-Alfort Cedex, <sup>3</sup> ARVALIS, Boigneville, 91720 Maise, <sup>4</sup> INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly,

<sup>5</sup> INZO°, Chierry, 02400 Château-Thierry, <sup>6</sup> ADAESO, chemin de Pau, 64121 Montardon

### Résumé

Les deux expériences présentées étudient la distribution alternée de deux aliments différant par leurs teneurs en protéine et énergie, de 15 à 49 jours d'âge, sur des poulets mâles Cobb, élevés en parquets de 12. La première expérience compare un régime alterné extrême composé d'un aliment P (2600 Kcal EM/Kg, 29% PB) et d'un aliment E (3300 Kcal EM/Kg, 9% PB) à un régime complet témoin. Les durées d'accès des deux aliments sont identiques au sein de la journée. Dès l'âge de 15 jours, les poulets sous-consomment l'aliment P (43%) et cette tendance s'accroît pour atteindre moins du tiers de l'ingéré quotidien. Le poids vif final des poulets est réduit de 13% par rapport aux témoins, leur IC est augmenté de 10% et le rendement moyen en filet est de 14,6% contre 17,4% pour les témoins. Pour tenter d'atténuer les effets de la préférence des poulets pour un régime riche en énergie ou/et pauvre en protéine, une seconde expérience compare aux régimes précédents une alternance E/P à cycle plus court (2 alternances par jour) et une alternance EM/PM comportant des régimes plus proches (3075 Kcal EM/kg, 16% PB / 2725 Kcal EM/Kg, 26% PB). Ce régime EM/PM permet une vitesse de croissance (80,2 g/j) supérieure à celle des témoins recevant un aliment complet (76,5 g/j) et aux régimes alternés E/P (64,5 g/j) et un rendement élevé en filet (17,1%) par rapport aux témoins (16,4%) et surtout aux E/P (14,2%). Ces variations peuvent être attribuées à la quantité de lysine (ou/et de protéine) effectivement consommée par les poulets. L'alternance à cycle court accentue les préférences pour l'aliment énergétique. L'alimentation alternée n'augmente pas les problèmes locomoteurs (au contraire). Elle paraît donc envisageable si les deux aliments ne sont pas de composition trop extrême et si les cycles d'alternance sont longs.

### Introduction

La demande des consommateurs porte de plus en plus sur des produits de préparation culinaire facile et rapide, qui nécessitent l'intervention d'une industrie de transformation. Le poulet lourd sexé permet de répondre à cette demande. Toutefois, des problèmes liés à l'abattage tardif des mâles (50 jours) à un poids élevé (2,8-3,0 kg) se posent et limitent le développement de cette production, peu rentable par rapport à celle du poulet standard. La distribution alternée de deux aliments, différant par leur concentration en protéine et en énergie, pourrait permettre une meilleure maîtrise de la courbe de croissance et de la composition corporelle, voire des caractéristiques physico-chimiques de la viande. Un ensemble de travaux présentés dans cette conférence analyse les effets de cette technique sur le développement corporel (Larroude et al., 2003, Picard et al., 2003), la digestibilité du régime (Vilarinho et al., 2003) et le comportement de la viande à la transformation (Boutten et al., 2003).

#### *Qu'est-ce que l'Alimentation alternée ?*

Une idée simple relativement ancienne et couramment pratiquée chez la vache laitière, par exemple qui consiste à donner des aliments de composition différente alternativement au cours de la journée. Cette vieille technique de « complémentation » a été peu testée chez le poulet à croissance rapide. Néanmoins, les travaux de Rys et Koreleski (1980) et de Forbes et Shariatmadari (1996) suggèrent que l'on peut faire varier la teneur en protéine du régime au cours de la journée sans perte marquée d'efficacité. La distribution séquentielle de blé graine entière (Rose et al., 1995, Noirot et al., 1999) est une technique efficace qui a initié les travaux sur l'alimentation alternée selon le même principe sans les effets des graines.

#### *Pourquoi l'Alimentation alternée ?*

L'alimentation des poulets avec un aliment complet « équilibré » est aujourd'hui une technique éprouvée qui induit une vitesse de croissance maximale chez des génotypes de plus en plus précoces. La mortalité tardive, l'ascite, les troubles locomoteurs sont des pertes d'autant plus pénalisantes que le poids

d'abattage augmente. La restriction alimentaire précoce obtenue par un programme lumineux adapté au début de la vie est partiellement efficace pour réduire ces pertes sans les éliminer. L'utilisation en finition de deux aliments de composition différente dont on ferait varier le rythme de distribution pourrait permettre à la fois de mieux gérer la courbe de croissance, les flux de l'élevage vers la transformation et d'ajuster le régime à la situation métabolique d'un troupeau. Si cette technique se révèle économiquement viable elle apporterait un outil nouveau pour la gestion des élevages de poulets. Les deux expériences présentées sont un premier pas dans ce sens.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Animaux

#### *Expérience I*

Des poussins mâles Cobb (n=192) ont été bagués et pesés individuellement avant d'être répartis dans 16 parquets (12 poussins par cage) équipés de mangeoires spéciales à deux compartiments dont l'accès est programmable dans le temps. La durée d'éclairage a été de 24 h pendant les 14 premiers jours, de 10 h par jour de 15 à 35 jours d'âge puis de 14 h par jour. Les poulets ont été pesés chaque semaine et la consommation de chaque parquet mesurée deux fois par semaine. A 49 j, pour chacun des parquets, deux poulets de poids moyen ont été abattus et découpés le lendemain pour pesée des muscles pectoraux et des cuisses-pilons.

#### *Expérience II*

Le type, le nombre, la répartition et les contrôles des poulets ont été identiques à l'expérience I. La durée d'éclairage a été de 24 h pendant les 3 premiers jours, de 10 h par jour de 3 à 14 jours d'âge puis croissante de 16 à 24 h par jour à raison de 2h/semaine. A 48 j, quatre poulets moyens par parquet ont été abattus et découpés le lendemain pour pesée du gras abdominal, des muscles pectoraux et des cuisses-pilons.

### 1.2. Aliments et alimentation

Les aliments étaient communs aux deux expériences. Pendant les deux premières semaines, les poussins ont reçu un aliment de démarrage standard. Pendant la période expérimentale (de 2 à 7 semaines d'âge) tous les aliments étaient granulés (2,5 mm). Un régime témoin complet était constitué de deux aliments successifs T1 de 14 à 28 jours puis T2 de 28 à 49 jours (Tableau 1). L'alimentation alternée était composée de, soit :

- **Deux aliments extrêmes E et P**, E étant équivalent à une céréale supplémentée en huile, en minéraux et en vitamines et P à un complémentaire protéique (29,5% de PB) de basse teneur en énergie (2600 Kcal/Kg). T1 est équivalent à 50P/50E, et T2 à 40P/60E.
- **Deux aliments intermédiaires EM et PM**, moins dissemblables que E et P et pour lesquels une

sous-consommation de la fraction protéique ne devait pas induire une déficience en lysine observée lors de l'exp. I. T1 est équivalent à 30PM/70EM, et T2 à 10PM/90EM.

Les aliments P et E ont été offerts pendant des durées d'accès égales, soit 5h par jour pour chacun des aliments de 15 à 35 j d'âge, puis 7h par aliment et par jour.

Au cours de l'expérience II, la durée d'accès à la fraction protéique était fixée à 8 h par jour, quel que soit l'âge. L'accès à la fraction énergétique augmentait avec l'âge en fonction de l'éclairage de 8 h par jour à 15 j d'âge jusqu'à 16 h par jour après l'âge de 35 j. En outre, un traitement (noté [P-E] x 2) dédoublait les rythmes d'accès (i.e. à l'âge de 15 j, 4h P – 4h E – 4h P – 4h E au lieu de 8h P – 8h E).

**TABLEAU 1** : Composition et caractéristiques des aliments expérimentaux (%)

	E	P	T1	T2	EM	PM
Maïs	40,00	-	21,18	24,76	26,67	7,06
Blé	50,18	25,38	38,51	40,73	41,91	29,76
Pois	2,00	17,80	9,44	8,02	7,27	15,01
Tourteau soja	-	52,00	24,47	19,81	17,33	42,82
Huile	4,00	1,00	2,59	2,86	3,00	1,53
P bicalcique	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Ca CO3	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Sel	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Bi carb Na	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
L lysine HCl	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
DL méthionine	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Prémélange	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
<b>Caractéristiques</b>						
EM Kcal/kg	3314	2598	2977	3041	3075	2724
Protéine Brute	8,62	29,49	18,44	16,57	15,58	25,81
Lysine*	0,32	1,69	0,96	0,84	0,78	1,45
Méthionine*	0,39	0,62	0,50	0,48	0,47	0,58
Méthio+cyst*	0,56	1,00	0,77	0,73	0,71	0,92
Thréonine*	0,24	1,01	0,60	0,53	0,50	0,87
Tryptophane*	0,08	0,31	0,19	0,17	0,16	0,27
Calcium	0,93	1,10	1,01	0,99	0,99	1,07
P disponible	0,29	0,31	0,30	0,30	0,30	0,31

\*acides aminés digestibles

### 1.3. Mesures et analyses statistiques

Les données de croissance et de consommation ont été analysées par ANOVA et test de comparaison multiple de moyennes de Student, Newmann et Keuls à partir des moyennes de chaque parquet. Les données

d'abattage et de découpe ont été analysées en données individuelles.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Expérience I (Tableau 2)

La consommation inférieure d'aliment s'accompagne chez les poulets alternés d'une surconsommation de l'aliment E riche en énergie mais également déficient en lysine. Les observations comportementales faites lors des transitions confirment que les poulets « attendent » l'aliment énergétique et cette tendance augmente avec l'âge et la durée d'éclaircissement à 35 jours.

La sous-consommation globale de lysine digestible (moins de 0,8 % pour 3066 Kcal/kg en moyenne chez les alternés par rapport à 0,88 % pour 3023 Kcal/kg chez les témoins) peut expliquer en partie la sous consommation d'aliment et la dégradation marquée de l'indice de consommation et du rendement en muscle pectoral (Tableau 2). Il est également possible que l'écart de temps entre l'apport d'énergie et de protéines (14 h de 15 à 35 j d'âge) contribue à ces mauvais résultats.

C'est pourquoi trois orientations ont été prises :

1. Appliquer un programme lumineux plus réaliste freinant le développement avant l'âge de 15 jours et augmentant ensuite la durée d'éclaircissement.
2. Tester des alternances moins extrêmes en rapprochant la composition des deux aliments EM et PM, en évitant une sub-carence globale en lysine.
3. Tester le rapprochement des apports de nutriments énergétique et protéiques par une double distribution quotidienne ([P-E] x 2).

### 2.2. Expérience II

La croissance des poulets de 14 à 47 jours est plus rapide en moyenne pour le régime alterné PM/EM (80,2 g/j) par rapport aux témoins (76,5 g/j) et aux régimes alternés E/P (64,5 g/j). L'évolution des deux traitements E/P est distincte : les E/P en alternance simple ont une évolution parallèle à celle des témoins alors que les E/P en alternance double subissent une évolution irrégulière se traduisant par une baisse de croissance plus marquée la cinquième semaine et une croissance compensatrice en septième semaine. Ces variations sont très probablement attribuables aux fluctuations de la consommation d'aliment P (Figure). Tout se passe comme si les poulets « réagissaient » à un état carenciel en acides aminés lorsque celui-ci est suffisamment marqué en modifiant leur comportement alimentaire.

Le régime EM/PM permet une croissance pectorale accrue et un engraissement plutôt moindre (non significatif) que le témoin. Les régimes E/P réduisent le dépôt de muscle pectoral et l'alternance double se traduit par un engraissement légèrement supérieur.

Comme dans l'expérience I, les témoins ont reçu en moyenne un régime moins énergétique (3022

Kcal/kg) et plus riche en lysine digestible (0,88 %) que les poulets recevant l'alternance E-P simple (3071 Kcal/kg et 0,78 %) ou double (3091 Kcal/kg et 0,75 %) ce qui peut expliquer les écarts de croissance et de composition corporelle. Les poulets nourris avec les aliments EM/PM en alternance simple ont consommé en moyenne un aliment plus dilué en énergie (2952 Kcal/kg) et plus concentré en lysine digestible (1,01 %) que les témoins ce qui peut expliquer les meilleures performances.

Les déformations de pattes notées individuellement à l'âge de 42 jours ne sont globalement pas très fréquentes. Les rotations tibiales sont un peu plus fréquentes chez les témoins (26/45) que chez les régimes alternés (18/48, 17/47, 7/45). Les lésions de varus valgus sont relativement rares (max. 2/48). Les animaux dont la boiterie clinique est observable sont un peu plus nombreux chez les témoins (11/45) que chez les PM/EM (6/48) et inexistantes (1/47, 1/45) chez les autres traitements alternés.

## Conclusions

Les régimes séquentiels de type E/P ne correspondent pas à une réalité praticable, quel que soit le mode de distribution (simple ou double).

Une alimentation de type EM/PM semble assez bien convenir au poulet lourd. Les résultats présentés suggèrent au moins une équivalence avec les aliments complets, vérifiée au niveau de la digestibilité (Vilariño et al., 2003) et une certaine maîtrise de l'ingéré moyen d'énergie et d'acides aminés par rapport aux témoins (Larroude et al., 2003).

## Remerciements

Merci à MM. Bouchot, Callut, Chican et Servant pour la conception et la réalisation des mangeoires et des expériences.

Action cofinancée par l'enveloppe recherche ACTA/MAP/MENRT et l'ANDA

## Références bibliographiques

- Boutten B. et al., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole  
Forbes J.M. et Shariatmadari F., 1996. Br. Poult. Sci. 37: 597-607.  
Larroude P. et al., 2003. Journées Rech. Avicole  
Noirot V., Bouvarel I., Azam P., Roffidal L., Barrier-Guillot B., Castaing J., Picard M., 1999. Sci. Techn. Avicoles 27 : 2-11.  
Picard M. et al., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole  
Rose S.M., Fielden M., Foote W.R., Gardin P., 1995. Br. Poult. Sci. 36 : 97-111.  
Rys R. et Koreleski J., 1980. Arch. Tierernährung 30 : 133-139.  
Vilariño M. et al., 2003. 5e Journées Rech. Avicole

**TABLEAU 2 :** Résultats moyens ( $\pm$  erreur standard) des deux expériences. Pendant la période d'élevage n = 8 parquets de 12 poulets (Exp. I) et 4 parquets de 12 poulets (Exp. II). Seize poulets par traitement sont abattus

	Expérience I		Expérience II				Prob. <
	Témoins	Alternés P - E	Témoins	Alternés P - E	Alternés [P - E] x 2	Alternés PM - EM	
<b>Elevage</b>							
Poids vif 14 j	515,2 $\pm$ 8,3	516,4 $\pm$ 7,9	421,6 $\pm$ 5,8	410,6 $\pm$ 11,6	422,7 $\pm$ 5,8	398,1 $\pm$ 9,1	NS
Gain de Poids 14 - 47 j	2359 $\pm$ 52 A*	1948 $\pm$ 50 B	2600 $\pm$ 49 b	2194 $\pm$ 24 a	2192 $\pm$ 45 a	2726 $\pm$ 38 c	0,0001
Consommation 0 - 13 j	517,9 $\pm$ 7,0	520,4 $\pm$ 7,4	490 $\pm$ 10	468 $\pm$ 8	494 $\pm$ 10	454 $\pm$ 16	NS
Consommation 14 - 47 j	4779 $\pm$ 74 A	4354 $\pm$ 76 B	5088 $\pm$ 82 b	4458 $\pm$ 64 a	4382 $\pm$ 126 a	5173 $\pm$ 41 b	0,0001
IC ** 0 - 13 j	1,10 $\pm$ 0,01	1,10 $\pm$ 0,01	1,31 $\pm$ 0,04	1,29 $\pm$ 0,02	1,31 $\pm$ 0,03	1,29 $\pm$ 0,03	NS
IC 14 - 47 j	2,03 $\pm$ 0,02 A	2,21 $\pm$ 0,04 B	1,96 $\pm$ 0,01 ab	2,03 $\pm$ 0,03 b	2,00 $\pm$ 0,02 b	1,90 $\pm$ 0,02 a	0,005
% P ou PM 14 - 47 j	Env.50***	34,7 $\pm$ 0,9	41,7 $\pm$ 0,6 c	33,9 $\pm$ 0,6 b	31,1 $\pm$ 0,9 a	35,0 $\pm$ 0,7 b	0,0001
EM Kcal/kg 14 - 47 j	3023	3066	3022	3071	3091	2952	
<b>Abattage</b>							
Poids vif (g)	2925 $\pm$ 25 A	2534 $\pm$ 68 B	2993 $\pm$ 55 b	2571 $\pm$ 34 a	2650 $\pm$ 40 a	3120 $\pm$ 33 c	0,0001
Cuisses-pilons % PV	24,2 $\pm$ 0,2	24,5 $\pm$ 0,2	23,2 $\pm$ 0,3	23,6 $\pm$ 0,3	23,5 $\pm$ 0,2	23,5 $\pm$ 0,2	NS
Filet % PV	17,4 $\pm$ 0,3 A	14,6 $\pm$ 0,4 B	16,4 $\pm$ 0,2 b	14,2 $\pm$ 0,4 a	14,5 $\pm$ 0,3 a	17,1 $\pm$ 0,3 b	0,0001
Graisse abdominale % PV	-	-	2,1 $\pm$ 0,1 ab	2,2 $\pm$ 0,2 ab	2,6 $\pm$ 0,2 b	1,8 $\pm$ 0,2 a	0,005

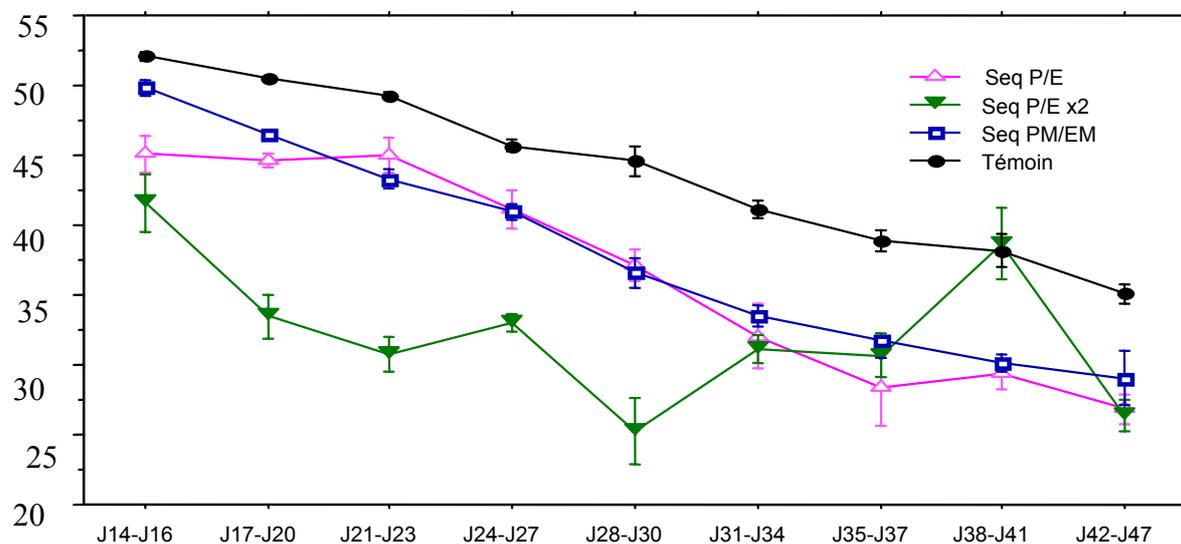
\*Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement distinctes ( $P < 0,05$ )

\*\*Indice de consommation (Consommation / Gain de poids)

\*\*\*La durée de distribution était égale pour les deux aliments (cf. résultats)

**FIGURE :** Evolution de la consommation de l'aliment riche en protéines selon l'âge des poulets au cours de la seconde expérience

% de consommation aliment pendant la (les) phase(s) protéique(s)  
par traitement et par période (g/poulet)



# UTILISATION DE DIFFERENTES VARIETES DE FEVEROLE POUR L'ALIMENTATION DU POULET BIOLOGIQUE

Brévault Nicolas<sup>1</sup>, Mansuy Eric<sup>1</sup>, Crépon Katell<sup>2</sup>,  
Bouvarel Isabelle<sup>3</sup>, Lessire Michel<sup>4</sup>, Rouillère Henri<sup>5</sup>

<sup>1</sup> CYBELIA, 104 avenue du Président Kennedy, 75 016 Paris

<sup>2</sup> UNIP, 12 avenue George V, 75 008 Paris

<sup>3</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75 008 Paris

<sup>4</sup> INRA, Station de Recherches Avicoles, 37 380 Nouzilly

<sup>5</sup> Souches, Centre de recherche, Glon-Sanders, 72 240 Saint Symphorien

## Résumé

L'étude vise à tester l'effet de l'incorporation de féveroles dans l'aliment sur la croissance de poulets biologiques. Deux variétés ont été testées parallèlement : Maya, riche en tanins (T+), Gloria, variété sans tanins (T-). Les digestibilités des deux variétés de féverole ont été préalablement mesurées sur coq afin de formuler des aliments équilibrés. Gloria se distingue de Maya par une valeur EMA plus élevée (3 202 vs 2852 Kcal / kg MS). Le test de croissance a permis la comparaison de trois régimes iso-nutritionnels : un aliment témoin à base de soja, et deux aliments avec les féveroles étudiées. Les performances de croissance obtenues avec les aliments à base de féveroles Maya sont significativement dégradées en terme d'indice de consommation jusqu'à 28 jours et de croissance jusqu'à l'abattage. Ceci semble s'expliquer par une sous consommation en démarrage et sur la période globale. La présence de tanin dans la variété Maya pourrait être une hypothèse d'explication de cette sous consommation. Cette étude confirme l'intérêt du développement de variété de féverole sans tanins (Gloria) dans l'alimentation du poulet biologique en substitution partielle du soja peu disponible à l'heure actuelle en production biologique.

## Introduction

Malgré une augmentation des surfaces de protéagineux cultivés en Agriculture Biologique et particulièrement en féveroles, le taux d'approvisionnement en protéagineux biologiques reste faible. La féverole constitue le protéagineux le plus simple à conduire en mode de production biologique en culture pure. Différentes variétés coexistent pour ce mode de production : des féveroles « classiques ou colorées » contenant des tanins et des féveroles « blanches », dépourvus de tanins, et dont la culture se développe.

D'une manière générale, peu de références sont disponibles sur l'utilisation des féveroles par les volailles, en particulier pour les variétés les plus récentes. A notre connaissance, aucune ne concerne la production de volailles biologiques.

Le principal facteur d'inhibition de la féverole est constitué de tanins condensés (Martin-Tanguy et al., 1977 ; Marquardt et al., 1977). Certains tanins réduisent la rétention des nutriments, particulièrement de la fraction azotée (Lacassagne, 1988) et de l'énergie des aliments (Longstaff et McNab, 1991 ; Ortiz et al., 1993 ; Grosjean et al., 1995). Les conséquences peuvent être par exemple une réduction de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire (Lacassagne, 1988).

L'objectif de cette étude est par conséquent d'évaluer l'intérêt de différentes variétés de féveroles à travers leur impact sur les performances de croissance des poulets biologiques.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Origine et composition du matériel végétal

Deux variétés de féverole ont été étudiées : l'une dépourvue de tanins (T-), la Gloria (féverole blanche), l'autre, riche en tanins (T+) : la Maya (féverole colorée).

Les fabrications d'aliment, les essais de digestibilité et de croissance ont été réalisés à la station expérimentale de Glon-Sanders à Souches.

### 1.2. Essai de digestibilité sur coq

Un régime témoin était composé de 97% de maïs et de 3% de minéraux et vitamines. Les régimes expérimentaux étaient composés de 47% de maïs, 50% de féverole et 3% d'un mélange minéraux vitamine.

Les matières premières étaient broyées individuellement dans un broyeur à marteau, tournant à 3000 tr/min et équipé d'une grille de 3 mm avant d'être mélangés et granulés. Les animaux utilisés étaient des coqs adultes de la souche Isabrown à raison de 9 animaux / traitement.

L'énergie métabolisable apparente (EMA) des aliments a été déterminée par la méthode des bilans selon la méthode Bourdillon (1990). La valeur EMA des matières premières a été calculée par différence, l'aliment complémentaire étant constitué uniquement de maïs.

### 1.3. Formulation des aliments de l'essai zootechnique

Les aliments ont été formulés après caractérisation chimique des matières premières principales (blé, maïs, soja et féveroles). Les valeurs énergétiques obtenues dans l'essai de digestibilité ont également été intégrées. Les teneurs en acides aminés digestibles des féveroles ont été corrigées en fonction de la présence ou non de tanin à partir des CUD (coefficient d'utilisation digestible) des féveroles avec et sans tanins (ARVALIS, non publié).

La composition (matières premières et nutriments) figure dans le Tableau 3. Un régime témoin sans féverole a été comparé à 2 régimes contenant 15% des féveroles étudiées entre 1 et 28 jours puis 20% entre 28 et 83 jours.

### 1.4. Essai croissance

Le bâtiment expérimental se compose de 9 parcours de 192 m<sup>2</sup> chacun ainsi que de 9 loges de 16 m<sup>2</sup> chacune, soit 3 répétitions par traitement. Les poulets (50% mâles, 50% femelles) étaient de souche commerciale Sasso 551. Le nombre de poulets était de 528 animaux.

Les mesures réalisées sur les animaux ont été les suivantes :

- pesées collectives à 1, 28 et 72 jours
- pesées individuelles à 56 et 90 jours
- consommation d'aliment et indice de consommation à 28, 56, 72 et 90 jours
- rendements d'abattage et découpe (20 poulets / traitement)
- qualité de la viande (exsudat, coloration)

L'analyse de variance a été effectuée au moyen d'une analyse de variance avec comparaison des moyennes selon le test de Bonferroni ( $p < 5\%$ ).

## 2. Résultats

### 2.1. Valeur alimentaire des féveroles

Les analyses de composition des féveroles et la valeur EMA figurent dans le Tableau 1. La valeur EM coq de la féverole Gloria est supérieure à celle de la féverole Maya (+12%). Le profil analytique des deux féveroles révèle une teneur en cellulose brute et en parois moindre pour la variété Gloria. De plus, les analyses confirment les différences de teneurs en tanins attendues (T- : 0,06 et T+ : 0,53). Les résultats concernant les tanins confirment les travaux antérieurs de comparaisons de féveroles avec et sans tanins (Lacassagne, 1988). Ces deux caractéristiques semblent avoir fortement influencé la valeur énergétique des lots de féveroles.

### 2.2. Performances des poulets de chair bio nourris avec des féveroles Gloria (T-) ou Maya (T+)

Les animaux du traitement Maya ont des poids vifs inférieurs aux animaux du traitement Gloria et du témoin à 28, 55, 72 et 83 jours (Tableau 4). Ces

différences s'observent dès la première période au niveau du GMQ.

En démarrage (0 à 28 jours), le traitement Maya (T+) s'accompagne d'une moindre consommation en aliments des animaux (931 g vs 1008 et 995 g) et d'une moindre efficacité alimentaire (2,08 vs 1,85).

Ce retard de croissance perdure sur la période suivante (29-55 jours) ce qui entraîne un différentiel de poids à 55 jours relativement important (140g). Cette différence s'explique par un ingéré inférieur pour les animaux du régime T+ comparé aux deux autres régimes. A noter cependant qu'à l'inverse de la première période, les animaux du régime T+ présentent un meilleur indice de consommation que le témoin.

A l'âge d'abattage (83 jours), le différentiel de poids est toujours présent entre le régime T+ et les régimes T-, le régime témoin étant intermédiaire. Entre 55 et 83 jours, les GMQ et indices de consommation ne diffèrent pas significativement, les performances tendent par conséquent à se rééquilibrer.

Sur la période globale d'élevage (1-83 jours), le GMQ du lot Maya est significativement inférieur à celui du lot Gloria mais les deux lots féveroles ne se distinguent pas du témoin. Sur cette même période, la consommation du lot Maya est significativement inférieure à celle du lot témoin et du lot Gloria, ce qui entraîne un retard de poids qui reste le critère primordial dans la filière « volailles biologiques ». Le poids à l'abattage est significativement inférieur pour le lot Maya par rapport au lot Gloria (mais les lots de féveroles ne se distinguent pas du témoin). Les IC ne sont pas différents si l'on considère l'ensemble de la période.

Aucune différence significative n'est observée au niveau des paramètres de rendement (PAC, filet, cuisse, gras abdominal) ou de qualité de carcasse (couleur, exsudat).

## 3. Discussion

Cet essai met en évidence une dégradation des performances de croissance des poulets biologiques avec les aliments du régime Maya (T+) comparé aux régimes témoin (soja) ou Gloria (T-). Par ailleurs, la consommation d'aliments globale est inférieure pour le régime T+. Cette sous-consommation peut s'expliquer de différentes manières :

- mauvaise adéquation de la valeur énergétique coqs des féveroles testées pour le poussin. En effet, la valeur EM coq de la féverole Maya pourrait être sous évaluée pour une transposition en EM poussin. Les valeurs obtenues en coq ont par ailleurs été confirmées sur d'autres lots de même variété (Cybéla, 2001 ; Métayer et al, 2002). Cependant, les différences d'EM observées sur coq ne sont pas systématiquement confirmées sur poussin (Lacassagne, 1988 ; Métayer et al., 2002) mais nous n'avons pas de données à ce jour sur la valeur EM poussin de la variété Maya.

- différence d'appétence des aliments due à leur présentation : les aliments contenant des fèves sont plus durs que le témoin mais ne diffèrent pas entre eux. Nous pouvons faire la même observation sur la durabilité (Tableau 2).

- mauvaise valorisation des aliments T+ par les animaux dans le premier âge (indice de consommation dégradé) ayant entraîné un retard de croissance. Ces observations confirment l'effet négatif des tanins sur l'efficacité alimentaire et la croissance des poulets (Lacassagne, 1988). Le mauvais démarrage de ces animaux se prolonge par une moindre consommation jusqu'à 55 jours.

## Conclusion

Dans les conditions expérimentales de cet essai, les résultats observés montrent que les jeunes poussins consommant des fèves avec tanins ont un gain de poids et une efficacité alimentaire diminués par rapport à ceux alimentés avec une fève sans tanins. D'autre part, nous avons observé une sous-consommation des aliments par les animaux du régime avec tanin. Il semblerait qu'il existe une relation directe entre cette sous-consommation et la présence de tanins dans la fève.

Plusieurs hypothèses ont été émises, il reste aujourd'hui à approfondir les recherches sur la valorisation énergétique de la fève Maya chez le poussin.

En conclusion, l'incorporation de la fève à 15% dans l'aliment démarrage (1-28j) doit être réalisée préférentiellement avec une fève sans tanins. Par contre, il semble que les variétés avec tanins puissent être incorporées à 20% dans l'aliment croissance-finition (29-83j) sans conséquence significative sur

les performances de croissance des poulets biologiques à 83 jours.

## Références bibliographiques

- Bastianelli D., Grojean F., Peyronnet C., Duparque M., Régné J.M., 1998, *Animal Science*, 67, 609-619.
- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Janssen WM., Leclercq B., Lessire M., McNab J., et al., 1990, *British Poultry Science*. 1990, 31(3):567-576.
- Cybélia, non publié, 2001.
- Grosjean F., Barrier-Guillot B., Jondreville C., Peyronnet C., 1995, In proceeding of the 2<sup>nd</sup> European Conference on grain legumes, Copenhagen, 9-13 July 1995, AEP, Paris, 308-309.
- Grosjean F., Bourdillon A., Rudeauux F., Bastianelli D., Peyronnet C., Duc G., Lacassagne L., 2000, *Sciences et techniques avicoles*, N°32, 17-23.
- ARVALIS, non publié, 2002.
- Lacassagne L., 1988, *Inra Productions animales*, 51-56.
- Longstaff M., McNab J.M., 1991, *British Journal of Nutrition*, 65, 199-216.
- Marquardt R., Ward A., Campbell L., Cansfield P., 1977, *Journal of nutrition*, 107, 1313-1324.
- Martin-Tanguy J., Guillaume J., Kossa A., 1977, *Journal of science food agriculture*, 28, 757-765.
- Ortiz L., Centeno C., Trevino J., 1993, *Animal feed science and technology*, 41, 271-278.

## Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier D. Antoine (AGRALYS) pour sa participation à l'essai et le CRITT Valicentre pour son soutien financier.

**TABLEAU 1 :** Composition chimique et valeur énergétique des 2 fèves utilisées

FEVEROLE	MAYA	GLORIA
EMA (Kcal/kg MS)	2852 ±62	3202 ±36
Humidité (%)	13,7	15,9
Protéines Brutes (%)	24,5	27,1
Matières Grasses (%)	0,9	1,0
Cellulose Brute (%)	8,3	6,4
Matière Minérale (%)	2,8	2,8
Amidon (%)	38,4	38,8
Paroi (%)	17,6	14,7
Facteur antitrypsique (UI)	4200	4400
Tanins (%)	0,53	0,06
Vicine – Convicine (%)	> 1	1

**TABLEAU 2 :** Caractéristique physiques des aliments poulet bio finition (28-83 j)

	TEMOIN	MAYA	GLORIA
Dureté (Unité Kahl)	2,9	3,6	3,8
Durabilité Sabe (Quick-test) (%)	65,2	82,6	77,2

**TABLEAU 3 :** Composition (%) et caractéristiques nutritionnelles des formules alimentaires calculées

	Démarrage 1-28 j			Finition 28-83 j		
	TEMOIN (0 %)	FEVEROLE MAYA (15 %)	FEVEROLE GLORIA (15%)	TEMOIN (0%)	FEVEROLE MAYA (20%)	FEVEROLE GLORIA (20%)
	1	2	3	1	2	3
Blé biologique	0,0	1,2	5,5	0,0	0,0	0,0
Maïs biologique	61,6	53,8	49,5	69,7	60,6	60,2
Gluten de maïs	0,0	0,0	0,0	0,6	3,4	2,1
Tournesol	4,5	0,0	2,4	2,1	0,0	2,4
CMV	3,7	3,6	3,6	3,3	3,4	3,4
Soja 48 non OGM	30,2	25,8	23,0	24,3	12,6	11,9
Féverole Maya	0,0	15,6	0,0	0,0	20,0	0,0
Féverole Gloria	0,0	0,0	16,00	0,0	0,0	20,0
Protéine	20,0	20,0	20,0	17,5	17,5	17,5
Matière grasse	2,88	2,59	2,50	3,05	2,75	2,74
Phosphore dispo	0,44	0,42	0,42	0,35	0,35	0,36
Calcium	1,03	1,00	1,00	0,94	0,95	0,96
Sodium (mg/kg)	1,44	1,43	1,43	1,45	1,52	1,49
Lys digestible	0,97	0,98	0,97	0,78	0,77	0,77
M+C digestible	0,73	0,72	0,72	0,63	0,60	0,60
EMA (Kcal/kg)	2788	2790	2794	2899	2900	2899

**TABLEAU 4 :** Performances zootechniques des animaux

Traitements	1	2	3	ETR	CVR	STAT
<b>POIDS</b> (g)						
1 jours	41,8	41,6	41,6	0,1	0,3	NS
28 jours	587 b	490 a	578 b	8	1,4	0,1 %
55 jours	1630 b	1488 a	1625 b	23	1,4	0,1 %
72 jours	2314 b	2202 a	2309 b	24	1,1	0,1 %
83 jours	2617 ab	2542 a	2647 b	30	1,2	1 %
<b>CONSOMMATION</b> (g)						
de 1 à 28 jours	1008 b	931 a	995 b	8	0,8	0,1 %
de 28 à 55 jours	2583 b	2394 a	2559 b	41	1,6	0,1 %
de 55 à 72 jours	2242	2231	2197	45	2,0	NS
de 72 à 83 jours	1553	1579	1590	51	3,2	NS
de 1 à 83 jours	7385 b	7135 a	7341 b	66	0,9	0,1 %
<b>GMQ</b> (g/j)						
de 1 à 28 jours	20,2 b	16,6 a	19,9 b	0,3	1,5	0,1 %
de 28 à 55 jours	38,7 ab	37,0 a	38,8 b	0,6	1,7	5 %
de 55 à 72 jours	40,3	42,0	40,3	0,9	2,3	NS
de 72 à 83 jours	27,5	30,9	30,7	2,4	8,1	NS
de 1 à 83 jours	31,4 ab	30,5 a	31,8 b	0,4	1,2	1 %
<b>INDICE DE CONSOMMATION</b>						
de 1 à 28 jours	1,85 a	2,08 b	1,85 a	0,02	1,2	0,1 %
de 28 à 55 jours	2,47 b	2,40 a	2,44 ab	0,01	0,6	1 %
de 55 à 72 jours	3,28 b	3,12 a	3,21 ab	0,03	1,0	1 %
de 72 à 83 jours	5,15	4,66	4,71	0,27	5,7	NS
de 1 à 83 jours	2,87	2,85	2,82	0,02	0,7	NS

*a, b : valeurs significativement différentes à 5%*

# IMPACT NUTRITIONNEL DU TRAITEMENT HYDROTHERMIQUE CONTRE LES SALMONELLES : TEST DE 6 ALIMENTS PRELEVES SUR LE TERRAIN

Bouvarel Isabelle<sup>1</sup>, Guillou David<sup>2</sup>, Riou Yves<sup>3</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>4</sup>, Picard Michel<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris,

<sup>2</sup> INZO°, BP 96669, 35766 St Grégoire Cedex,

<sup>3</sup> TECALIMAN, BP 71627, 44316 Nantes cedex,

<sup>4</sup> ITCF, Boigneville, 91720 Maisse,

<sup>5</sup> INRA SRA, 37380 Nouzilly

## Résumé

Trois tests de croissance ont été réalisés afin de comparer différents aliments destinés à des poulettes : 6 farines chauffées ou non, un même aliment de démarrage présenté en miettes a servi de témoin d'un essai à l'autre. De plus, deux aliments de ponte, non testés sur la croissance des poussins à cause de leur composition trop éloignée des besoins des poussins de chair au démarrage, ont été évalués sur le choix alimentaire avec les autres aliments. Les résultats obtenus apportent des éléments nouveaux. Les réponses zootechniques au traitement thermique peuvent être différentes selon la granulométrie : neutre à négatif pour les aliments de granulométrie fine, globalement positif pour les aliments de granulométrie supérieure à 1 mm traités thermiquement. Les régimes grossiers sont en général préférés crus que cuits et l'inverse pour les régimes fins. Ainsi, une modification de l'aspect physique des farines grossières avec le traitement thermique peut favoriser le tri particulaire, et peut de ce fait agir sur les performances des animaux.

## Introduction

De nombreuses études ont relaté l'extrême diversité des sérotypes de Salmonelles isolés dans les matières premières et les aliments destinés aux animaux (Erwin, 1955 ; Mc Kenzie et Bains, 1976 ; Cox et al, 1983 ; Jardy et Michard, 1992 ; Berchieri et al, 1993). Les matières premières les plus fréquemment contaminées sont les tourteaux, la contamination étant postérieure aux traitements qu'ils ont subi (Jardy et Michard, 1992). Les sérotypes trouvés dans l'aliment sont parfois ceux isolés sur les carcasses des animaux à l'abattoir (Mc Kenzie et Bains, 1976 ; Humphrey et Lanning, 1988). Le contrôle des aliments s'avère donc nécessaire dans un programme de lutte contre les Salmonelles, et particulièrement dans les filières avicoles (Cottin et al, 1995).

Deux méthodes permettent de décontaminer les aliments pour volailles : l'utilisation de produits chimiques, tels les acidifiants, et le traitement thermique, procédé principalement utilisé.

En pratique, il est parfois observé des baisses de performances des volailles, essentiellement des reproducteurs, qui sont les plus nombreux à recevoir des aliments traités thermiquement.

Des premiers travaux expérimentaux obtenus sur des petits lots et de manière discontinue (par charges), avec le même appareil (Forberg) ont montré l'absence d'effet direct négatif du traitement thermique sur la valeur nutritionnelle moyenne d'un aliment pour volaille, présenté en farine et de granulométrie fine

(Barrier-Guillot et al, 2001 ; Bouvarel et al, 2001). L'objectif de ce travail est de valider ces résultats sur des aliments prélevés sur le terrain, fabriqués avec des appareils divers et fonctionnant la plupart du temps de manière continue.

## 1. Matériels et méthodes

Trois expériences ont permis de comparer 12 aliments prélevés sur le terrain : 6 aliments chauffés ou non (A à F). Un même aliment de démarrage présenté en miettes a servi de témoin d'un essai à l'autre.

Les aliments testés étaient présentés en farine plus ou moins grossières et étaient formulés pour des volailles à croissance lente (poulettes démarrage) alors que l'aliment témoin était formulé pour des poussins à croissance rapide. Le but principal de ces essais de croissance était de détecter un effet du traitement thermique sur la croissance ou la consommation, formule par formule. Deux aliments de ponte (TA et TB) ont été évalués sur le choix alimentaire uniquement, du fait de leur composition trop éloignée des besoins des poussins de chair au démarrage.

Toutes les farines A à F ont été traitées selon des process continus mais les équipements sont différents pour E (type conditionneur de presse) et F (cuiseur) des autres (conditionneurs inclinés avec des intensités de traitement croissant de A à D).

### 1.1. Caractérisation des aliments

La granulométrie et l'angle de talus ont été mesurés pour chaque aliment.

### 1.2. Consommation et croissance précoce

Trois expériences successives (1, 2 et 3) ont été conduites de la même manière (Tableau 1). Pour une expérience, 200 poussins mâles Ross ont été répartis au hasard avec 4 animaux par cage. Les six traitements ont été répétés 8 fois en utilisant 6 cages mitoyennes d'un même demi étage de batterie comme un bloc.

Les animaux et les aliments ont été pesés cage par cage les jours 0, 2, 3, 6, 8 et 10 après leur arrivée sur l'élevage. Les données moyennes de consommation, croissance et indice de consommation de chaque cage ont été analysées par ANOVA et les moyennes par régime ont été comparées par le test de Newman et Keuls. Les données de consommation et de croissance ont ensuite été indexées à leurs témoins (miette) respectifs afin de comparer les effets des différentes farines.

### 1.3. Choix alimentaire

Le test de choix alimentaire SRABOX (Bessonneau et al, 2001) a été appliqué aux 8 aliments (A,B,C,D,E,F et TA, TB) comparés à leur homologue cru, sur des poulets âgés de 3 à 4 semaines.

Quatre tests successifs ont été pratiqués de 25 à 28 jours d'âge. Les deux aliments offerts en choix étaient placés en damier dans 8 petites mangeoires jointives sur deux rangées de 4. L'ordre des aliments était alterné chaque jour. Le test de choix durait 5 minutes. Les poulets étaient filmés pendant le test. Les bandes vidéo étaient ensuite visionnées et le nombre de coups de becs donnés dans chaque mangeoire décompté chronologiquement en utilisant le logiciel The Observer 3.0. Le premier et le dernier jour de test, les 8 mangeoires de chaque poulet étaient pesées avant et après le test ( $\pm 0,1$  g).

Les 8 traitements ont été répétés 12 fois ( $8 \times 12 = 96$  poulets expérimentaux). Pour chaque poulet, le nombre de coups de bec total (ou fréquence = Fr) donné et la consommation totale (= Co) de chaque type d'aliment ont été calculés. Le choix était déterminé par le test non paramétrique apparié de Wilcoxon pour  $P < 0,05$ .

## 2. Résultats

### 2.1. Caractérisation des aliments (Tableau 2)

L'angle de talus est diminué avec le traitement thermique, sauf pour deux aliments B et D, identiques à leurs témoins respectifs non traités.

La granulométrie n'est pas modifiée par le traitement thermique, sauf pour D apparemment plus fin, et F plus grossier. Ces variations peuvent être attribuées, soit à des agrégations de particules fines (F), soit à des

démélanges au cours du traitement thermique (D et F) (Figure 1).

### 2.2. Consommation et croissance précoces (Tableau 3)

Les trois dernières farines testées (D, E, F) ont subi des effets nets et significatifs du traitement thermique : positifs pour D et E et négatifs pour F. Pour C, seule la consommation est significativement augmentée. Pour des raisons d'équilibre nutritionnel ou de composition, le régime C est mal valorisé par les poussins de chair. Il est toutefois équivalent au régime E cru pour lequel le traitement thermique a un effet plus nettement positif. C est cependant le régime de granulométrie la plus grossière de cette série d'essai et cela est susceptible de modifier les réactions de tri des poussins.

Les traitements thermiques A et B ont peu affecté les paramètres de consommation et de croissance. B, de granulométrie comparable à F, n'est pas affecté par le traitement thermique comme ce dernier. Toutefois les process et sans doute l'intensité réelle de traitement ne sont pas les mêmes et sont probablement plus marqués pour F que pour B. A, de granulométrie plutôt grossière, a peut-être subi un effet légèrement négatif du traitement thermique flash qu'il a reçu.

Ainsi, les effets du traitement thermique sont sans doute modulés par la granulométrie du régime. Les farines très grossières étudiées ont en général été améliorées par le traitement thermique, sauf A dont le traitement est de type flash.

L'explication suivante pourrait être avancée : des régimes plus grossiers traités thermiquement conduisent à une meilleure présentation des particules relativement fines qui seront mieux consommées par les poulets que sur le mélange cru. Ces particules plus fines (protéines, minéraux, additifs...) contribuent à une meilleure croissance de poussins de chair sensibles à un déséquilibre nutritionnel.

Avec un mélange de granulométrie plus fine (B ou F), l'effet du traitement thermique peut être neutre (B) lorsqu'il est modéré et de type conditionneur incliné, à négatif (F) lorsqu'il est appliqué avec un process de type CPM.

### 2.3. Choix alimentaire

Globalement la relation entre picorage et consommation est satisfaisante et correspond à plusieurs mesures effectuées antérieurement avec SRABOX ( $r^2 = 0,64$  à 18 jours et  $0,71$  à 21 jours). La fréquence de picorage moyenne est influencée par la granulométrie de l'aliment.

D'une manière générale, les préférences sont relativement stables. Elles ne sont pas systématiquement favorables aux aliments traités thermiquement, contrairement à ce qui a été observé jusqu'à présent (Bouvarel et al, 2001). Dans deux cas, on observe un effet reproductible sur le picorage et la consommation : l'aliment F traité est préféré au cru

comme précédemment observé. En revanche, l'aliment D cru est préféré au D traité (Figure 2).

Des rejets de l'aliment chauffé sont observés pour les régimes ponte (TA et TB) notamment lors du premier test (TA) et du dernier test (TB). Les préférences sont très variables d'un animal à l'autre, signifiant probablement une différence importante d'aspect des aliments par rapport à leur régime habituel qui « déroutent » les poulets. Le régime C indique également une tendance de rejet des aliments traités thermiquement. Cependant les consommations ne confirment pas le picorage. Il faut toutefois souligner que dans ce type de test, les mesures de consommation sont moins précises que celles des coups de bec à cause des « sauts » de particules d'une mangeoire à l'autre. De plus, un effet du traitement thermique sur les particules fines pourrait modifier leur consommation et donc un tri particulier différent dans chacun des deux aliments pourrait expliquer une différence de picorage non proportionnelle à la consommation (si, par exemple, les poulets mangent plus de petites particules dans un aliment par rapport à l'autre !).

Les poulets de trois semaines et demi détectent le traitement thermique industriel pratiqué dans les cas des farines D (« rejet ») et F (« attraction ») et probablement mais moins nettement pour TA, TB, C (« rejet ») et E (« attraction »). A et B sont intermédiaires.

Par rapport aux travaux menés antérieurement, c'est la première fois que des traitements thermiques induisent des réactions de « rejet » à court terme, mais les process continus du type A, B, C, D, TA et TB n'ont jamais de fait été pratiqués « expérimentalement ». D'autre part, la granulométrie de plusieurs régimes est très supérieure à celle étudiée auparavant.

## Conclusion

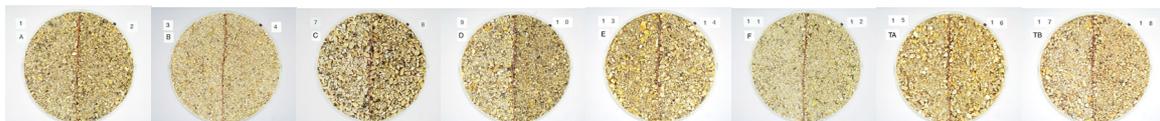
Différents aliments traités thermiquement n'entraînent pas les mêmes réponses animales. Comme dans les études précédentes, les jeunes poulets détectent très rapidement (en moins de 5 minutes) et expriment une préférence marquée pour des aliments de granulométrie fine, ayant subi un traitement thermique, présentés dans un même champ visuel que leurs homologues non traités.

Avec des farines grossières, les poulets semblent préférer les farines crues aux farines chauffées. Les différences de comportement et de croissance des poussins suggèrent que des interactions entre traitement thermique et granulométrie du régime, pourraient modifier le tri particulaire individuel. Il y a dans cette interprétation une autre cause possible des effets négatifs induits par les traitements thermiques dans la pratique. La distribution de farines grossières traitées thermiquement favoriserait la consommation préférentielle de certains types de particules par les volailles dominantes. L'hétérogénéité nutritionnelle induite pourrait dans ce cas induire une baisse moyenne des performances. Des travaux complémentaires devraient être entrepris pour vérifier cette hypothèse en la reliant au procédé industriel appliqué aux aliments.

## Références bibliographiques

- Barrier-Guillot Bruno, Bouvarel Isabelle, Guillou David, Picard Michel, Melcion Jean-Pierre, Novales Bruno, Riou Yves, 2001. 4<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Nantes, 27-29/03/2001, pp185.
- Bessonneau D., Chagneau A.M., Le Fur C., Bouchot C., Lessire M. et Picard M., 4<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Nantes, 27-29/03/2001, pp169.
- Berchieri A., Fernandes S.A., Irino K., Quintana J.L., Santos A.J., 1993. Rev.Microbiol., Sao Paulo, 24(1):22-25.
- Bouvarel Isabelle, Barrier-Guillot Bruno, Guillou David, Melcion Jean-Pierre, Novales Bruno, Riou Yves, Picard Michel, 2001. 4<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Nantes, 27-29/03/2001, pp185.
- Cottin S, Donio C, Colin P., 1995. RAA, Mars, 34-38.
- Cox N.A., Bailey J.S., Thomson J.E., 1983. Poultry Sci., 28, 2169-2175.
- Erwin L.E., 1955. Poultry Sci., 34, 215-216.
- Humphrey T.J., Lanning D.G., 1988. Epidem. Inf., 100, 43-49.
- Jardy N., Michard J., 1992. Microbiologie-Aliments-Nutrition, vol 10, 233-240.
- Mackenzie M.A., Bains B.S., 1976. Poultry Sci., 55, 957-960.

*Action cofinancée par l'enveloppe recherche ACTA/MAP/MENRT et l'ANDA*



**FIGURE 1 :** Images des huit aliments (chauffés à droite et crus à gauche) utilisés pour les expériences de croissance et de choix alimentaire

TABLEAU 1 : Répartition des régimes d'une expérience à l'autre

Traitement	I	II	III	IV	V	VI
Expérience 1	A cru	A traité	B cru	B traité	B miette	Témoin
Expérience 2	C cru	C traité	D cru	D traité	Témoin farine	Témoin
Expérience 3	E cru	E traité	F cru	F traité	D traité	Témoin

TABLEAU 2 : Granulométrie et angle de talus des aliments

Traitements	Diamètre médian ( $\mu\text{m}$ )		Angle de talus ( $^\circ$ ) au sommet	
	Témoin	Traité	Témoin	Traité
A	1127	1157	51,5	49,4
B	617	-	50,5	51,7
C	1761	-	42,9	41,5
D	1488	860	48,0	48,9
E	1226	-	46,0	44,9
F	777	843	55,0	50,5
TA	2043	1997	44,5	40,6
TB	1382	-	50,6	42,3

- non mesuré (quantité d'aliment insuffisante)

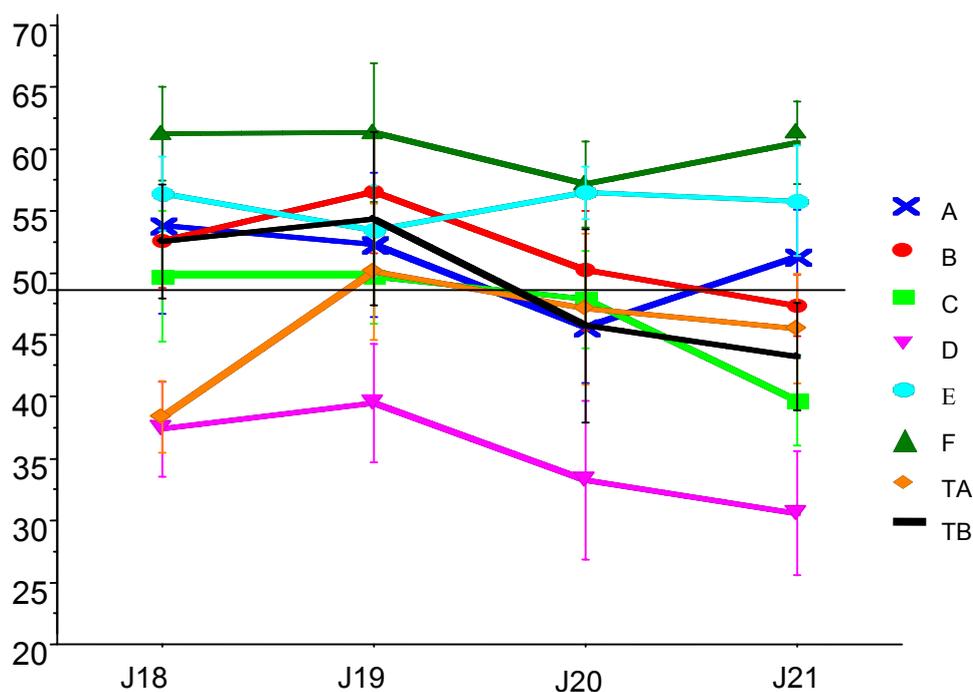
TABLEAU 3 : Résultats de performances pour les trois expériences (indexés par rapport aux témoins (=1))

	A		B		C		D		E		F	
	cru	traité	cru	traité	cru	traité	cru	traité	cru	traité	cru	traité
Consommation	0,66	0,63	0,87	0,86	<b>0,65</b>	<b>0,75</b>	<b>0,59</b>	<b>0,72</b>	<b>0,58</b>	<b>0,66</b>	0,84	0,79
Gain de poids	0,47	0,42	0,77	0,73	0,38	0,44	<b>0,40</b>	<b>0,57</b>	<b>0,37</b>	<b>0,48</b>	<b>0,74</b>	<b>0,65</b>
IC	<b>1,40</b>	<b>1,49</b>	1,12	1,17	1,71	1,72	<b>1,48</b>	<b>1,26</b>	<b>1,69</b>	<b>1,41</b>	1,14	1,22

Les effets significatifs du traitement thermique sont indiqués en gras

FIGURE 2 : Fréquence relative de picorage dans l'aliment traité thermiquement (% traité) au cours des quatre tests successifs

Préférence pour l'aliment chauffé (exprimée par les fréquences de picorage dans le test SRA Box pendant 4 tests successifs)



# DIGESTIBILITE DES MATIERES GRASSES (SOJA, PALME) CHEZ LE DINDON JEUNE ET AGE, COMPARAISON AVEC LE COQ ET LE POULET

Lessire Michel<sup>1</sup>, Skiba Fabien<sup>2</sup>, Metayer Jean Paul<sup>2</sup>, Juin Hervé<sup>3</sup>,  
Hallouis Jean Marc<sup>1</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>4</sup>

<sup>1</sup> INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly, <sup>2</sup> ARVALIS, Pouline - 41100 Villerable,

<sup>3</sup> INRA Le Magneraud, 17700, Surgères, <sup>4</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris.

## Résumé

L'objectif de l'étude est de mesurer la valeur énergétique de deux huiles brutes (soja et palme) chez le dindon âgé de 4, 6 et 10 semaines, ainsi que chez le poulet de 4 semaines et le coq adulte, en fonction du taux d'incorporation de la matière grasse (4 et 8 %) dans l'aliment. Pour chaque espèce et âge, 5 régimes ont été testés : un aliment témoin sans lipides ajoutés et pour chaque huile deux aliments constitués à partir du témoin auquel il a été ajouté 4 ou 8 % d'huile. Les mesures de digestibilité ont été conduites à la station expérimentale de ARVALIS (dindons de 6 semaines), à l'INRA du Magneraud (dindons de 10 semaines) et à l'INRA de Nouzilly pour les autres animaux. La méthode de bilan digestif est identique pour tous les sites et a mis en œuvre 10 à 12 animaux par traitement.

Les valeurs les plus élevées sont toujours observées chez le coq adulte qui utilise les deux huiles de façon similaire et indépendamment du niveau d'incorporation. Chez les autres oiseaux, l'huile de soja est toujours mieux valorisée que l'huile de palme dont la valeur énergétique peut diminuer en fonction du taux d'incorporation dans l'aliment.

## Introduction

L'interdiction faite aux fabricants d'aliments en novembre 2000 d'utiliser les coproduits d'origine animale les a conduits à substituer aux graisses des huiles de palme, riches en acides gras saturés. Ces acides gras sont en effet susceptibles de moins dégrader la qualité de la carcasse du poulet que ceux à longue chaîne et insaturés (Lessire M., 1999) présents dans les autres huiles végétales et la valeur énergétique de cette huile est potentiellement élevée. Mais sa valeur nutritionnelle est moins bien décrite que celle des huiles plus conventionnelles : soja, colza, maïs,.... Elle présente en outre un profil particulier en acides gras qui peut altérer sa valeur nutritionnelle.

Chez le poulet, il est admis que la digestibilité des acides gras dépend largement de leur structure : longueur du chaînon carboné, présence de doubles liaisons,... mais aussi du taux d'incorporation dans l'aliment, de l'âge de l'oiseau et éventuellement de l'espèce aviaire (Wiseman J., 1984).

L'objectif des travaux mis en place est de comparer l'énergie métabolisable d'une huile brute de palme à celle d'une huile brute de soja en relation avec leur niveau d'incorporation dans l'aliment, l'âge de l'oiseau et l'espèce aviaire utilisée. Ce travail s'inscrit dans le programme « Alimentation végétale en aviculture » financé par l'Enveloppe Recherche ACTA/MAP/MESR et l'ANDA

## 1. Matériels et méthodes

Deux huiles brutes de palme et soja nous ont été fournies par des huiliers, leurs principales caractéristiques ont été déterminées par l'ITERG : teneur en eau et impuretés, indice de peroxyde, composition en acides gras (cis et trans) et acidité oléique.

Leur valeur énergétique : énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMAn), a été déterminée sur poulet et dindonneau de 4 semaines (24 jours d'âge en fin de bilan) et sur coq adulte (INRA-SRA) ; elle a été également déterminée sur dindonneau de 6 semaines (ARVALIS) et de 10 semaines (INRA Le Magneraud) âgés respectivement de 38 et 73 jours en fin de bilan digestif. La même méthode de bilan digestif a été pratiquée par les trois laboratoires : alimentation *ad libitum*, 3 jours de bilan digestif précédés et suivis de 16 heures de jeûne, collecte totale des excréta. Les bilans azotés des oiseaux ont été calculés par différence entre les quantités d'azote ingérées et celles excrétées.

Un seul régime de base a été utilisé (EM=3150 Kcal/kg, protéines=25.7% de la matière sèche). Il est principalement composé de maïs : 34.3%, de blé : 26% et de tourteau de soja : 31.9%, il ne contient aucune source lipidique exogène. Les deux matières grasses sont introduites dans cet aliment à raison de 4 et 8%, soit 4.53 et 9% de la matière sèche de l'aliment. Pour cela elles sont chauffées, puis ajoutées

à l'aliment également porté à 30-40° dans un bol mélangeur chauffant. Tous ces aliments expérimentaux sont ensuite granulés ( $\phi=2.5\text{mm}$ ) et refroidis. Compte tenu des différents lieux d'expérimentation et âge des oiseaux, deux fabrications ont été nécessaires, l'une pour l'INRA-SRA, l'autre pour les autres organismes. Dans les deux cas les mêmes lots de matières premières ont été utilisés.

La valeur énergétique des aliments expérimentaux, en relation avec le niveau d'incorporation d'huile, est décrite en utilisant des modèles linéaires et curvilinéaires. Celle des deux matières grasses est calculée soit par différence pour chaque niveau d'incorporation, soit en utilisant les équations en retenant un taux d'incorporation pratique dans l'aliment de 5%.

## 2. Résultats

Les compositions des deux sources lipidiques sont présentées ci dessous.

	Huile soja	Huile palme
Acidité oléique %	0,3	5,8
Ind. Peroxyde méqO <sub>2</sub> /kg	9,4	4,7
Eau+ volatiles %	0,06	0,19
Impuretés %	0,01	0,21
Acides gras % AG Totaux		
C12:0 ac. laurique	<0,1	0,2
C14:0 ac. myristique	0,1	1,2
C16:0 ac. palmitique	11,2	45,1
C18:0 ac. stéarique	4,1	4,2
C18:1 ac. oléique	21,7	38,3
C18:2 ac. linoléique	53,4	9,8
C18 :3 ac. $\alpha$ -linoléique	8,1	0,3
C20:0 ac. arachidonique	0,4	0,5

Ces deux huiles brutes diffèrent par l'acidité oléique bien que les valeurs observées restent faibles par rapport à des huiles acides, la valeur de l'huile de palme est cependant plus élevée indiquant ainsi une activité lipasique importante dans le fruit. Les profils en acides gras sont également très différents. En effet, l'acide palmitique représente presque la moitié des acides gras de l'huile de palme (45.1%) contre seulement 11.2% dans le soja. A l'inverse, le soja est mieux pourvu en acide linoléique que le palme (53.4% vs 9.8%), lui même plus riche en acide oléique (38.3 vs 21.7%). Les acides gras poly-insaturés totaux représentent 61.6% des acides dans l'huile de soja contre 10.1% dans le palme, celui-ci étant mieux pourvu en acides saturés totaux : 51.2% vs 16.3%. Cette composition est en accord avec celle mentionnée par Wuidart, 1996. Les acides gras trans sont à l'état de trace pour les deux huiles.

Les performances de croissances des oiseaux (non présentées ici) sont légèrement inférieures aux « normes » admises du fait des mises à jeun successives et de l'élevage en cage.

Le Tableau 1 présente les énergies métabolisables à bilan azoté nul des aliments expérimentaux, exprimées en kcal/kg de matière sèche. D'une manière générale, les EM sont plus élevées chez le coq que chez les autres modèles et les écart-types sont plus faibles. La valeur de l'aliment témoin chez le dindon de 6 semaines est inférieure à celles observées chez les autres oiseaux. Celle de l'aliment soja 8% est toujours plus élevée que celle du palme 8% sauf chez le coq où les moyennes sont identiques. Les valeurs des aliments palme 4% et soja 4% sont similaires dans la plupart des cas. Il faut également noter que la valeur de l'aliment soja 4% peut être statistiquement équivalente à celle du palme 8% (poulet et dindon de 4 semaines).

Les équations qui décrivent l'évolution de l'EMAn des aliments expérimentaux en fonction du taux de lipides alimentaires sont linéaires ou polynomiales (Tableau 2). Elles sont pour la plupart linéaires pour l'huile de soja, la valeur de l'huile est donc constante (dans la gamme des taux testés), exception faite de l'équation calculée chez le poulet et qui montre une relation curvilinéaire. Pour l'huile de palme la régression est linéaire chez le coq, le poulet et le dindonneau de 4 et 6 semaines, mais curvilinéaire pour les dindonneaux de 10 semaines indiquant ainsi que les capacités digestives de ces oiseaux sont insuffisantes pour des ingestions importantes de cette source lipidique.

Chez le coq, les régression sont identiques pour les deux huiles, leurs valeurs sont ainsi similaires ; pour le poulet et le dindonneau de 4 et 6 semaines, les pentes sont inférieures avec le palme, sa valeur est donc inférieure à celle de l'huile de soja.

Le Tableau 3 présente les valeurs énergétiques des huiles calculées par différence pour chaque taux d'incorporation. Ce mode d'estimation conduit à des écart-types très élevés pouvant atteindre 1000kcal en particulier lorsque la variabilité de l'EMAn de l'aliment expérimental est forte et que le taux d'incorporation de l'huile est faible.

Les valeurs des deux huiles sont élevées et similaires chez le coq adulte (> 9200 kcal/kg). Par rapport au coq, la valeur des huiles de soja et de palme est plus faible chez le poulet, et intermédiaire chez le dindonneau. Le palme est moins bien valorisé chez le poulet que chez le dindonneau. Pour cette espèce, il semblerait que la valeur de l'huile de soja diminue avec l'âge de l'animal, le contraire étant observé avec le palme. Cette dernière observation doit cependant être prise avec précaution compte tenu de l'imprécision du calcul. Lorsque les énergies métabolisables des huiles sont calculées en utilisant les équations du Tableau 2 et pour un taux pratique d'incorporation de 5%, les conclusions sont identiques, mais les valeurs des huiles mieux

précisées. Ainsi la valeur des deux huiles s'élèverait à 9210 kcal/kg chez le coq. Cette valeur est proche de celle de l'huile de soja dans les autres modèles animaux. A l'inverse ces modèles utilisent beaucoup moins bien l'huile de palme, en particulier le poulet. D'une façon générale, les valeurs de l'huile de soja que nous obtenons sont comparables à celles que l'on peut observer dans les écrits scientifiques ou tables (Sauvant et al, 2002). Pour ce qui concerne l'huile de palme, les valeurs rencontrées chez le poulet sont très variables : de l'ordre de 6600 Kcal/kg à 8600kcal/kg (Wiseman and Salvador, 1991, Zumbado et al, 1999). Cette grande variabilité peut être attribuée d'une part à la nature des huiles utilisées : huile brute, acide,... et aux méthodologies utilisées, en particulier le taux d'incorporation dans l'aliment, comme nous le montrons dans cet essai. La valeur énergétique de cette source lipidique, et donc sa digestibilité, varie comme celle des sources lipidiques saturées : suif, graisses,... Pour ces dernières, l'incidence de l'âge de l'oiseau sur la valeur nutritionnelle est importante (Wiseman and Salvador, 1991), il en serait donc de même de cette huile saturée puisque selon nos résultats, son EM varierait de 6000 à plus de 9000kcal chez le poulet et le coq respectivement. Chez le dindon, cette source lipidique est toujours mieux valorisée que chez le poulet de chair. Cette espèce semble aussi mieux valoriser les lipides saturés puisque les différences entre animaux jeunes et âgés sont plus faibles que dans l'espèce gallus. Une meilleure valorisation des lipides saturés chez le jeune dindonneau par rapport au poulet d'âge identique a par ailleurs déjà été mentionnée ( Mossab et al, 2000).

## Conclusion

Ces travaux réalisés sur différents modèles d'espèces aviaires confirment la difficulté à quantifier la valeur énergétique des matières grasses entrant dans l'alimentation des oiseaux domestiques. En effet, même si les méthodologies permettant d'estimer la valeur EM d'un aliment sont fiables, l'extrapolation à un ingrédient faiblement incorporé dans la ration est plus difficile. Il en est ainsi des lipides dont la valeur énergétique dépend bien sûr de la composition mais aussi du taux d'incorporation et de l'âge de l'oiseau. Pour les huiles végétales classiques tel le soja, leur valeur énergétique métabolisable peut être considérée comme indépendante des facteurs de variation qui affectent les sources lipidiques plus saturées, comme l'huile de palme dans ce présent essai. Le jeune dindonneau de 4 semaines semble présenter une meilleure utilisation digestive des lipides saturés que le poulet d'âge équivalent. Par contre plus âgé, 10 semaines dans le cas présent, le dindonneau n'est toujours pas aussi efficace que le coq adulte. Il conviendrait donc de poursuivre des études

comparatives ayant pour modèle expérimental le dindonneau.

## Références bibliographiques

- Lessire M. 1999. INRA Prod. Anim., 14 (5), 365-370.  
Mossab, A.; Lessire, M.; Hallouis, J.M. 2000. Poultry Sci., 79: 1326-1331.  
Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2002. INRA Editions, 304p.  
Wiseman J., 1984 ; In Wiseman J. (ed.) Fats in animal nutrition, 277-298, Butterworths, Londres.  
Wiseman, J., and F. Salvador, 1991. Poultry Sci. 70:573-582.  
Wiseman J. and Salvador F., 1989. Brit. Poultry Sci., 30, 653-664.  
Wuidart W., 1996. In : Oils and fats Manual, Karleskind, A. (ed.), 228-238. Lavoisier Publishing Intercept Ltd. London (GBR).  
Zumbado M. E., Scheele C.W., Kwakernaak C., 1999. J. Appl. Poultry Res., 3 :263-271.

**TABLEAU 1:** Energie métabolisable des aliments expérimentaux, Kcal/kg matière sèche

ALIMENT	INRA SRA			ARVALIS	INRA Magneraud
	Coq	Poulet 4 semaines	Dindon 4 semaines	Dindon 6 semaines	Dindon 10 semaines
Témoin	3092 (49)*d**	2906 (38)d	2939 (77)d	2843 (72)d	2958 (47)d
Soja 4%	3425 (25)b	3181 (64)b	3235 (106)bc	3128 (105)c	3186 (81)c
Soja 8%	3641 (30)a	3337 (68)a	3461 (69)a	3456 (85)a	3437 (86)a
Palme 4%	3387 (30)c	3063 (79)c	3154 (77)c	3118 (94)c	3217 (47)c
Palme 8%	3642 (42)a	3181 (87)b	3273 (134)b	3236 179)b	3277 (82)b

\*Ecart-type.

\*\* Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $p < 0.05$ ).

**TABLEAU 2 :** Equations de prédiction de l'EMAn des aliments expérimentaux en fonction du taux d'incorporation X de la matière grasse

ALIMENT	INRA SRA			ARVALIS	INRA Magneraud
	Coq	Poulet 4 semaines	Dindon 4 semaines	Dindon 6 semaines	Dindon 10 semaines
Soja	$3110.8+61.03X$ $r^2=0,96$	$2905.5+73.89X-2.89X^2$ $r^2=0,88$	$2949.0+58.26X$ $r^2=0,87$	$2833.3+68.42X$ $r^2=0,89$	$2954.3+53.21X$ $r^2=0,89$
Palme	$3098.2+61.12X$ $r^2=0,97$	$2911.5+30.71X$ $r^2=0,69$	$2953.5+37.30X$ $r^2=0,67$	$2874.1+42.80X$ $r^2=0,57$	$2958.4+78.96X-4.84X^2$ $r^2=0,85$

**TABLEAU 3 :** Valeurs EMAn (Kcal/kg) des matières grasses calculées par différence pour chaque niveau d'incorporation

HUILE	INCORPORATION %	INRA SRA			ARVALIS	INRA Magneraud
		Coq	Poulet 4 semaines	Dindon 4 semaines	Dindon 6 semaines	Dindon 10 semaines
SOJA	4	10440	8980	9470	9130	7990
	8	9190	7700	8740	9650	8280
PALME	4	9600	6370	7700	8910	8680
	8	9200	6000	6650	7210	6500

**TABLEAU 4 :** Valeurs EMAn (Kcal/kg) des matières grasses calculées pour un taux d'incorporation de 5%

HUILE	INRA SRA			ARVALIS	INRA Magneraud
	Coq	Poulet 4 semaines	Dindon 4 semaines	Dindon 6 semaines	Dindon 10 semaines
SOJA	9215	8850	8775	9680	8275
PALME	9210	5980	6680	7154	8440

## FORMULATION EN ACIDES GRAS DE L'ALIMENT POULET DE CHAIR ET PRESENTATION DE LA CARCASSE

**Bouvarel Isabelle<sup>1</sup>, Juin Hervé<sup>2</sup>, Lessire Michel<sup>3</sup>, Judde Armelle<sup>4</sup>, Evrard Jacques<sup>5</sup>, Corniaux Alain<sup>6</sup>,  
Brevault Nicolas<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris, <sup>2</sup> INRA Le Magneraud, BP 52, 17700 Surgères, <sup>3</sup> INRA SRA, BP 1, 37380 Nouzilly, <sup>4</sup> ITERG, Parc Industriel, rue Monge, 33600 Pessac, <sup>5</sup> CETIOM, Parc Industriel, rue Monge, 33600 Pessac, <sup>6</sup> PRIMEX, BP 21, 56440 Languidic, <sup>7</sup> CYBELIA, 104 avenue du Président Kennedy, 75781 Paris cedex 16

*Action pilotée par l'ITAVI, cofinancée par l'enveloppe recherche ACTA/MAP/MENRT, l'ONIDOL et l'ANDA, et réalisée avec les organismes et sociétés suivants : CETIOM, ITERG, INRA, CEMAGREF, EVIALIS, CCPA, CYBELIA, PRIMEX, INZO° et ONIDOL*

### Résumé

Depuis l'interdiction des produits animaux pour l'alimentation des volailles, le problème de gras huileux est exacerbé par l'utilisation exclusive des huiles végétales, et doit être dorénavant pris en compte dans la formulation des aliments. La compilation de cinq expérimentations a permis de relier les profils en acides gras du gras abdominal et des lipides alimentaires à la présentation de la carcasse. Le profil en acides gras de la graisse abdominale est bien corrélé à celui des lipides présents dans l'aliment, notamment pour le C16:0, le C18:2 et le C18:3, et un peu moins bien pour le C18:0 et le C18:1. La note de présentation des carcasses est bien corrélée aux teneurs en C16:0 et en acides gras polyinsaturés totaux (C18:1 + C18:2 + C18:3). Plus les graisses sont insaturées, plus les carcasses paraissent molles et huileuses. La notation visuelle des carcasses est bien expliquée par les teneurs en acides gras polyinsaturés ( $r^2 = 0,64$ , ETR = 0,50, n=27). L'utilisation d'huile de palme et d'huile de coprah, qui se développe depuis la suspension de l'utilisation de matières grasses animales, permet d'obtenir une bonne présentation des carcasses. Dans le cas de nos essais, les huiles de palme et de coprah étaient utilisées en compensation totale ou partielle (50 %) des autres huiles végétales utilisées (tournesol, tournesol oléique et lin).

### Introduction

Chez le poulet de chair, le problème de gras huileux rencontré en abattoirs occasionne des incidents technologiques ; il est maintenant exacerbé par l'utilisation exclusive des huiles végétales, et depuis l'interdiction des graisses animales, doit être dorénavant pris en compte dans la formulation des aliments. D'une façon générale, le profil en acides gras des tissus du poulet reflète la composition des lipides ingérés. Des corrélations significatives entre la nature des lipides alimentaires et celle des lipides des tissus adipeux et musculaires ont été mises en évidence, notamment pour les acides gras insaturés (Pinchasov et Nir, 1992 ; Caudron et al, 1993 ; Scaife et al, 1994). Le principal effet d'une graisse ou huile alimentaire insaturée est de faire apparaître dans les lipides corporels des acides gras polyinsaturés non synthétisés par le poulet : linoléique, linoléique dans les tissus adipeux et musculaires, et des acides gras

polyinsaturés à chaîne longue dans les muscles (Lessire, 1995). Les changements de profil en acides gras des dépôts adipeux du poulet s'accompagnent d'une modification de l'aspect des carcasses. Elles sont notées plus fermes et sèches lorsque les aliments sont supplémentés avec du suif (Edwards et al, 1973; Caudron et al, 1993). A l'inverse, des carcasses de poulets nourris avec des huiles insaturées ont des graisses plus molles (Caudron et al, 1993).

Dans le cadre du programme ACTA-ICTA « Lipides alimentaires et qualité des tissus adipeux et musculaires chez le poulet de chair », une série d'expérimentations a permis de montrer que la composition en acides gras incorporés dans les triglycérides et les phospholipides du muscle est étroitement liée à celle des lipides alimentaires (Gandemer et al, 1999 ; Viau et al, 1999). L'augmentation des AGPI n-3 dans les lipides intramusculaires a peu d'impact sur leur sensibilité à l'oxydation. Cette bonne stabilité oxydative permet l'emploi de régimes contenant de fortes proportions d'acide linoléique (7 % des acides gras totaux sans

atteinte des qualités organoleptiques des poulets (Viau et al, 2001). Le présent travail vise à définir des critères de formulation pour obtenir une présentation de carcasse de poulet convenable à l'abattoir.

## 1. Matériels et méthodes

Cinq expérimentations successives ont été réalisées de manière à établir des corrélations entre les profils en acides gras de l'aliment distribué aux animaux de 22 jours à l'abattage à celui du gras abdominal et à la qualité visuelle de la carcasse, selon le dispositif décrit dans le Tableau 1.

### 1.1. Aliments

Un aliment démarrage, identique pour tous les animaux et contenant 5% d'huile de maïs a été distribué à tous les animaux, puis les poulets ont reçu un aliment contenant 8 % d'un mélange de différentes matières grasses : suif, huiles de palme et de coprah, tournesol, tournesol oléique, maïs et lin (Tableau 2). Les aliments ont été fabriqués à la Station de Recherche Avicole (INRA) pour les expérimentations 1, 4 et 5, et à Sourches (Glon-Sanders) pour les expérimentations 2 et 3.

Pour l'expérimentation 1, 8 régimes expérimentaux ont été distribués, caractérisés par leur profil en acides gras : A, B, C, D, E, F, G, et H (tableau 3). La variation du rapport d'acides gras saturés/ acides gras insaturés a été réalisée dans les 7 premiers traitements par modification séparée des proportions relatives des deux principaux acides gras polyinsaturés alimentaires : l'acide linoléique a varié de 2 à 10%, l'acide linoléique restant constant (40%) (traitements A à D). L'acide linoléique a varié de 20 à 60%, en substitution de l'acide oléique, l'acide linoléique restant constant (2%) (traitements E à G). Un régime, à base de suif, enrichi en acides gras saturés et appauvri en acide linoléique (15%) a servi de référence (H).

Les aliments testés pour les expérimentations suivantes sont présentés dans le Tableau 2. Des régimes supplémentaires ont été introduits afin d'obtenir des profils intermédiaires (I, M, J et K), un peu moins saturés que H, et correspondant plus à la pratique (avant le 14 novembre 2000). Dans la dernière expérimentation, les apports en C16 ont été maximisés par l'utilisation d'huile de palme et d'huile de coprah (O, P, Q et R).

### 1.2. Contrôles et mesures

Les animaux ont été pesés collectivement par parquet à 21 jours et individuellement avant l'abattage. La consommation d'aliment a été contrôlée par parquet.

Les différents profils en acides gras ont été déterminés à l'ITERG pour les huiles, aliments et mélanges de gras abdominaux prélevés sur 20 animaux par traitement.

Une notation de la présentation des carcasses a été réalisée systématiquement par plusieurs personnes entraînées, de 1 (graisse molle et huileuse) à 5 (graisse ferme et sèche).

## 2. Résultats

Les performances de croissance ont été très peu modifiées par la nature des lipides ingérés. Les pourcentages de graisse abdominale n'ont pas présenté d'écarts significatifs entre traitements.

Les profils en acides gras de la graisse abdominale sont bien corrélés à ceux des lipides présents dans l'aliment, notamment pour C16 ( $r=0,97$ ), C18 :2 ( $r=0,98$ ) et C18 :3 ( $r=0,97$ ), et un peu moins bien pour C18 :0 ( $r=0,92$ ) et C18 :1 ( $r=0,92$ ) (Figures 1 à 5).

La note de présentation des carcasses est bien corrélée à la teneur en C16 :0 ( $r=0,78$ ) et aux acides gras polyinsaturés totaux (C18 :1 + C18 :2 + C18 :3) ( $r=-0,78$ ). Plus les graisses sont insaturées, plus les carcasses paraissent molles et huileuses. La notation des carcasses est ainsi expliquée par les teneurs en acides gras polyinsaturés :

$$\text{Note carcasse} = 5,756 - 0,11 \text{ C18 :3 (\%)} - 0,04 \text{ C18 :2 (\%)} - 0,03 \times \text{C18 :1 (\%)} \\ r = 0,80, \text{ETR} = 0,50, n=27$$

La notation des carcasses peut aussi être expliquée par une variable synthétique des acides gras polyinsaturés (AGPI = C18 :1 + C18 :2 + C18 :3) :

$$\text{Note carcasse} = 5,812 - 0,039 \text{ AGPI (\%)} \\ r = 0,78, \text{ETR} = 0,50, n=27$$

L'estimation est quasi équivalente, cette équation donne néanmoins moins de poids au C18 :3 et ne tient pas compte de la proportion des acides gras insaturés entre eux. Pour obtenir une carcasse de présentation convenable (note > 3, graisse assez ferme, non sèche), la teneur en acides gras polyinsaturés ne doit pas excéder 72 % de la matière grasse alimentaire.

## Conclusion

Il est ainsi possible d'utiliser de telles équations en formulation afin de tenir compte de la qualité visuelle et technologique des carcasses. La pratique actuelle qui consiste à utiliser 1 à 2 % d'huile de palme dans l'aliment permet de satisfaire ces critères et d'obtenir des carcasses de bonne présentation, tout en maintenant un profil en acides gras corporels relativement insaturé et donc bénéfique pour le consommateur.

**TABLEAU 1 : Dispositifs expérimentaux**

Expérimentation	Lieu	Nombre d'animaux	Nombre de traitements	Age abattage (jours)
1	INRA Magneraud	2064	8	42 à 49
2	Primex	1000	6	40
3	Glon-Sanders	1664	7	42
4	INRA Magneraud	2400	8	42
5	INRA Magneraud	1200	6	42

**TABLEAU 2 : Composition et caractéristiques des régimes alimentaires**

Composition (%)	Aliment démarrage (1 – 20 jours)	Aliment croissance (21 jours à l'abattage)
Blé	10	50
Maïs	46	6,26
Tourteau de soja	31	32
Gluten de maïs	3,55	
Huile de maïs	5	
Matière grasse ajoutée (*)		8
Lysine HCl	0,18	
DL Méthionine	0,13	0,10
CaCO <sub>3</sub>	1,32	1,18
Phosphate bicalcique	1,97	1,46
CMV	1	1
<b>Caractéristiques</b>		
Energie métabolisable (Kcal/kg)	3100	3150
MAT (%)	21,40	20
Lysine (%)	1,19	1,08
Méthionine + Cystine (%)	0,86	0,77
Tryptophane (%)	0,24	0,25
Ca (%)	1	0,90
P disponible (%)	0,42	0,38

\* Composition variable en fonction des régimes testés

**TABLEAU 3 : Composition de la matière grasse ajoutée des régimes expérimentaux \*(%)**

Régime	Expérimentation	Huile de tournesol	Huile de tournesol oléique	Huile de lin	Huile de maïs	Suif de bœuf	Huile de palme	Huile de coprah
A	1, 2, 3, 4, 5	45.94	52.50	1.56				
B	1, 2, 3	44.75	46.75	8.50				
C	1, 2, 3, 4	42.78	42.22	15.00				
D	1	42.5	38.50	19.00				
E	1, 2, 3, 4		98.13	1.88				
F	1	23.25	75.00	1.75				
G	1, 2, 3, 4, 5	92.50	5.88	1.63				
H	1, 2, 3					100.00		
M	4		55.0	1.10	20.90	11.00		
I	3, 4		43.17	0.83		44.00		
J	4	11.30	11.14	3.96		61.60		
K	4	26.40	26.00	9.20		26.40		
O	5						100.00	
P	5						50.00	50.00
Q	5			12.50			87.50	
R	5		50.00				50.00	

\* Dans l'expérimentation 2, l'huile de tournesol oléique a été remplacé par de l'huile de palme et de l'huile végétale acide.

FIGURE 1

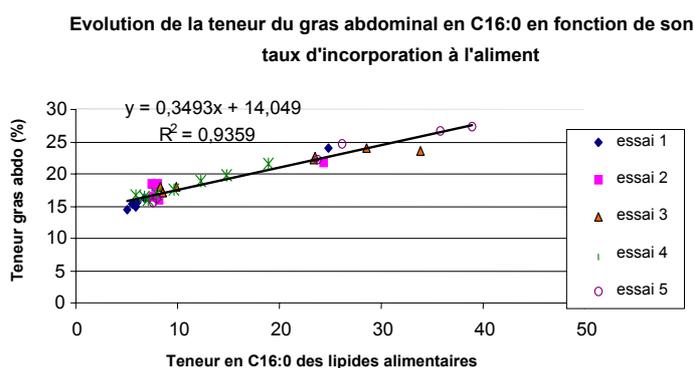


FIGURE 3

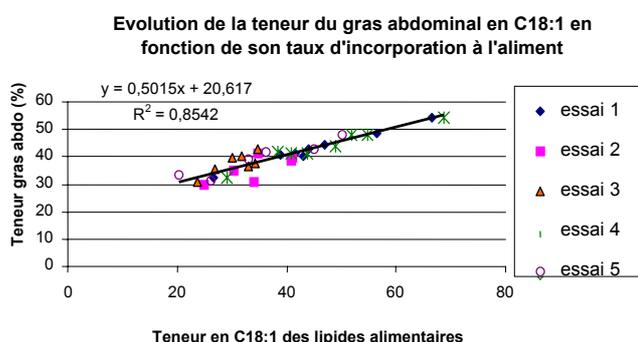
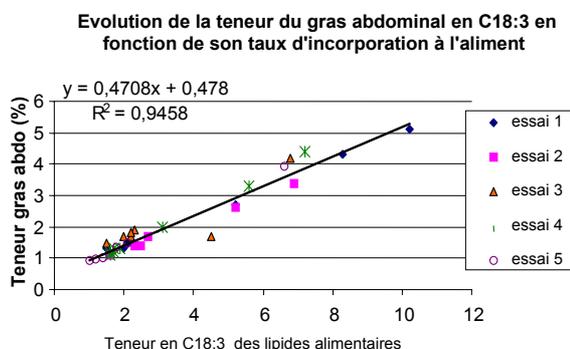


FIGURE 5



## Références bibliographiques

Caudron I., Castaing J., Magnin M., Lessire M., Barrier-Guillot B., Bureau J., Zwick J.L., et Messenger B., 1993. 11ème Symposium Européen sur la Qualité de la Viande de Volaille, Tours, pp 93-102.

Edwards H.M.Jr, Denman F., Abou-Ashour A., Nugara D., 1973. Poultry Sci., 52, 934-948.

Gandemer G., Viau M., Maillard N., Lessire M., Juin H., 1999. 3èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 23, 24, 25 mars 1999. pp 403-406.

Lessire M., 1995. INRA Prod. Anim., 1995, 8 (5), pp 335-340.

FIGURE 2

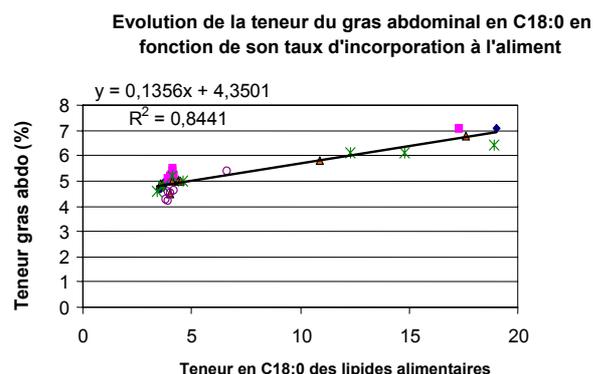
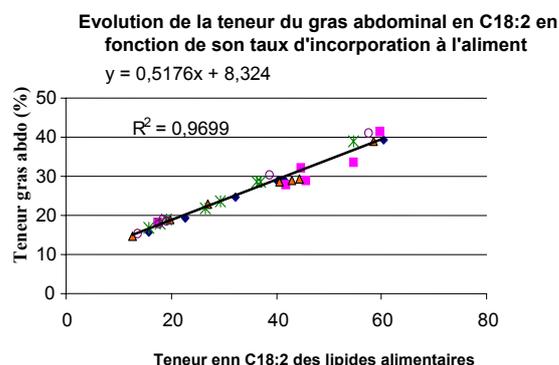


FIGURE 4



Lessire M., 2001. INRA Prod. Anim., 2001, 14 (5), pp 365-370.

Pinchasov Y. And Nir I., 1992. Poultry Sci., 71, 1504-1512.

Scaiffe J.R., Moyo J., Galbraith H., Michie W., Campbell V., 1994. Br. Poultry Sci., 35, 107-118.

Viau M., Gandemer G., Meunier F., Lessire M., Juin H., 1999. 3èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 23, 24, 25 mars 1999. pp 359-362.

Viau M., Juin H., Metro B., Le Borgne C., Meynier A., Bouvarel I., 2001. 4èmes Journées de la Recherche Avicole, 27, 28, 29 mars 2001, Nantes, pp 265-268.

# INCIDENCE DE DEUX NIVEAUX D'APPORTS EN VITAMINES SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

Castaing Julien<sup>1</sup>, Larroude Philippe<sup>1</sup>, Peyhorgue Alain<sup>1</sup>, Hamelin Catherine<sup>2</sup>, Maaroufi Chiraze<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ADÆSO - 21, Chemin de Pau - 64121 Montardon

<sup>2</sup>ROCHE VITAMINES France - 20-26, bld du parc - 92521 Neuilly s/Seine cedex

## Résumé

Deux aliments comportant des niveaux d'apports en vitamines situés au-dessus des recommandations pratiques sont distribués à des poulets mâles ISA 15 et évalués sur les performances zootechniques, la composition corporelle, les caractéristiques et la qualité de la viande. Le niveau témoin est le reflet des pratiques de supplémentation vitaminique réalisées en France (enquête CEREOPA-Roche Vitamines, 2002). Le niveau testé issu des tables OVN<sup>TM</sup> recommandé par Roche Vitamines France présente des teneurs renforcées pour 13 vitamines (A, D<sub>3</sub>, E, K<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, Niacine, Acide pantothénique, Acide folique, Biotine et C). Le prémix OVN<sup>TM</sup> conduit à une amélioration significative des performances de croissance et d'efficacité alimentaire sur la durée totale d'élevage. L'effet est plus marqué chez les jeunes poulets en relation avec une consommation accrue. L'apport élevé de vitamines permet une amélioration des poids et rendements en filets et du rendement carcasse PAC/vif. L'apport alimentaire élevé en vitamine E est retrouvé dans les caractéristiques des filets et des cuisses-pilons.

## Introduction

Les vitamines, substances essentielles à la vie des animaux et des hommes, interviennent à différents niveaux de la vie cellulaire. Chacune a une ou plusieurs fonctions spécifiques au sein de l'organisme. Elles sont bien connues pour certaines (vitamines A, D<sub>3</sub>, E, C et niacine) et moins connues pour d'autres (vitamines K<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub> et B<sub>12</sub>). Ainsi les effets positifs de niveaux élevés ont été mis en évidence :

- sur les performances zootechniques par Kennedy et al. (1992) pour la vitamine E, par Whitehead (2000) pour la Niacine,
- sur la réponse immunitaire par Allen et al. (1996) pour la vitamine A, par Franchini et al. (1986) et Colnago et al. (1984) pour la vitamine E,
- sur la résistance à la chaleur par Dagher (1995) pour la vitamine C,
- sur l'ossification et la résistance osseuse par Orban et al. (1993) pour la vitamine C et Rennie et Whitehead (1996) pour la vitamine D<sub>3</sub>,
- sur la qualité de la viande par Sheldon et al. (1997) pour la vitamine E agissant comme un antioxydant.

Le besoin nutritionnel minimum réel en vitamines est difficile à évaluer, vu que sa détermination est réalisée dans des conditions expérimentales favorables qui ne reflètent pas forcément les conditions habituelles d'élevage. En 1994, le NRC a déterminé les besoins vitaminiques du poulet. Réalisée en conditions d'élevage optimales, ces niveaux sont rehausser en conditions "terrain". Les

formules alimentaires des volailles contenant des parts importantes de céréales et co-produits, pauvres en certaines vitamines, il paraît indispensable de procéder à un apport complémentaire par l'intermédiaire d'un prémix. Cependant quel niveau de vitamines faut-il incorporer dans l'aliment et surtout dans l'attente de quels effets bénéfiques ?

En France, les niveaux d'apports, situés au-dessus des besoins définis par le NRC (1994), sont déterminés afin de bénéficier d'effets cumulés sur les performances zootechniques, le statut sanitaire de l'animal et la qualité de la viande.

La présente expérience a pour objectif de tester le produit commercial OVN<sup>TM</sup> (Optimum Vitamin Nutrition), composé de niveaux vitaminiques élevés, sur les performances zootechniques, la composition corporelle et la qualité de la viande de poulets de chair élevés pendant 38 jours.

## 1. Matériels et méthodes

Deux traitements expérimentaux différant par le prémix vitamines incorporé sont testés sur trois périodes d'élevage (démarrage de 1 à 6 jours : période P1, croissance de 7 à 20 jours : période P2 et finition de 21 à 38 jours : période P3, ces trois périodes étant regroupées en une période totale PT).

L'expérimentation est réalisée dans le bâtiment volailles de chair de l'ADÆSO à Montardon (64) d'août à septembre 2002 selon le schéma expérimental suivant :

**TABLEAU 1 : Schéma expérimental**

Traitement	1	2
Prémix vitamines	Témoin	OVN <sup>TM</sup>
Période P1 : 0-6 j	Démarrage	Démarrage -
Période P2 : 7-20 j	Croissance	Croissance
Période P3 : 21-38 j	Finition	Finition

### 1.1. Aliments expérimentaux

Les prémix vitamines sont préparés par la société ROCHE Vitamines France sur support blé et incorporé à 1% dans l'aliment. Les aliments composés de 65% de céréales+issues, de 27% de soja (tourteau + graine extrudée), de 4% d'huile de soja et de 3% de minéral sont caractérisés par 3030 kcal EM et 22,1% MAT pour P1, 3070 et 20,9 pour P2 et 3170 et 20,1 pour P3.

Le prémix témoin dont la composition est basée sur l'enquête CEREOPA-Roche Vitamines (2002), reflète

les pratiques françaises de supplémentation vitaminique.

Le prémix OVN<sup>TM</sup> a des teneurs renforcées pour 13 vitamines (Tableau 2).

Les teneurs en oligo-éléments des deux prémix sont les suivantes : cuivre (10 mg/kg), zinc (50), fer (40), manganèse (60), iode (0,35), sélénium (0,15) et cobalt (0,20) pour toute la durée d'élevage. Les teneurs en choline sont respectivement de 700 et 600 mg/kg pour les périodes P1/P2 et P3.

Les prémix ont été analysés pour leur teneur en vitamines A, E, B2 et C. Les résultats d'analyses sont conformes aux valeurs attendues pour A, E et B2. Pour la vitamine C, ils sont plus faibles dans les prémix témoin démarrage (35% ±15 de la valeur théorique) et OVN<sup>TM</sup> (démarrage/croissance : 69%, finition : 45%).

Les aliments sont présentés en miettes pour P1 puis en granulés de 2,5 mm de diamètre.

**TABLEAU 2 : Recommandations et caractéristiques théoriques des apports des prémix, en mg/kg**

Prémix vitamines	Démarrage-Croissance (P1/P2)					Finition (P3)			
	Besoins		Prémix testés			Bes.	Prémix testés		
	NRC 1994	Whitehead 2002	Témoin	OVN <sup>TM</sup>	OVN / Tém	NRC 1994	Témoin	OVN <sup>TM</sup>	OVN / Tém
Période d'élevage, jour	1-21	1-21	1-6 / 7-20	<b>1-20</b>		22-42	21-38	<b>21-38</b>	
Vitamine A, UI/kg	1500	1500	9500 / 9000	<b>12500</b>	x 1,4	1500	7500	<b>12000</b>	x 1,6
Vitamine D <sub>3</sub> , UI/kg	200	2000	2500	<b>4000</b>	x 1,6	200	2000	<b>4000</b>	x 2,0
Vitamine E	10	10	25 / 20	<b>240</b>	x 11,2	10	30	<b>200</b>	x 6,7
Vitamine K <sub>3</sub>	0,5	0,5	2,5 / 2,3	<b>4,0</b>	x 1,7	0,5	1,9	<b>4,0</b>	x 2,1
Thiamine (vitamine B <sub>1</sub> )	1,8	1,8	1,8 / 1,5	<b>3,0</b>	x 1,9	1,8	1,0	<b>3,0</b>	x 3,0
Riboflavine (vitamine B <sub>2</sub> )	3,6	3,6	6,0 / 5,0	<b>9,0</b>	x 1,7	3,6	4,5	<b>8,0</b>	x 1,8
Pyridoxine (vitamine B <sub>6</sub> )	-	-	3,0 / 2,5	<b>6,0</b>	x 2,3	-	2,0	<b>6,0</b>	x 3,0
Vitamine B <sub>12</sub>	0,010	0,010	0,020 / 0,015	<b>0,040</b>	x 2,4	0,010	0,010	<b>0,030</b>	x 3,0
Niacine (vitamine PP)	35	80	35 / 30	<b>60</b>	x 1,9	30	25	<b>60</b>	x 2,4
Acide pantothénique	10	10	12 / 10	<b>15</b>	x 1,4	10	8,5	<b>14</b>	x 1,6
Acide folique	0,55	2,0	0,9 / 0,7	<b>2,0</b>	x 2,6	0,55	0,5	<b>2,0</b>	x 4,0
Biotine	0,15	0,20	0,10 / 0,09	<b>0,20</b>	x 2,2	0,15	0,08	<b>0,25</b>	x 3,1
Acide ascorbique (vitamine C)	-	-	20	<b>100</b>	x 5,0	-	0	<b>100</b>	-

### 1.2. Animaux

1920 poussins mâles ISA 15 de 40 g de poids vif en moyenne sont mis en place le jour de l'éclosion dans le bâtiment. Ils sont répartis aléatoirement sur les 24 parquets d'élevage de 4 m<sup>2</sup> chacun à raison de 80 poulets par parquet (20/m<sup>2</sup>).

### 1.3. Contrôles

Les animaux identifiés individuellement sont pesés à 6, 20 et 38 jours d'âge. Eau et aliment sont fournis à volonté. Les consommations hebdomadaires et indice de consommation sont mesurés et calculés à 6, 20 et 38 jours par parquet d'élevage. Des notations de l'état du

bréchet sont réalisées en fin d'élevage selon la grille suivante : note 0 - absence de lésions, note 1- inflammation, note 2- lésion/plaie. L'index de performance (IP) est calculé selon la formule :

$$I.P. = [GMQ(g/j) \times Viabilité \times 10] / IC.$$

En fin d'élevage, 18 poulets par traitement sont échantillonnés en fonction du poids vif et font l'objet d'une découpe anatomique selon la méthode de Marché (1995) pour détermination des masses de graisse abdominale, de muscles filets (*Pectoralis major* + *Pectoralis minor*) et de cuisses pilons. Placés sur grilles en bacs plastiques filmés, les filets sont conservés à +4°C et font l'objet d'un suivi journalier de mesures de pertes en eau. Le premier jour, des mesures de pH (pH-

mètre KNICK équipé d'une sonde de pénétration) et de coloration (chromamètre MINOLTA équipé d'une tête de lecture CR-300) sont réalisées. Six autres filets par traitement sont congelés à  $-18^{\circ}\text{C}$  pour détermination des teneurs en vitamines E, B<sub>1</sub> et acide pantothénique au laboratoire HOFFMANN-LAROCHE à Bâle (Suisse).

Huit cuisses-pilons avec peau par traitement sont congelées à  $-18^{\circ}\text{C}$ , 12 heures post-mortem. Elles font l'objet d'une détermination des teneurs en tocophérols et tocotriénols par HPLC (NF ISO 9936) et calcul de l'indice de stabilité face à l'oxydation TBA-rs (UPIAC 2.531, méthode directe) trois semaines après congélation au laboratoire de l'ITERG à Pessac (33). Ces données sont traitées par analyse de variance à l'aide du logiciel statistique SAS (procédure GLM). Dans les tableaux de résultats, les moyennes sont significativement différentes au seuil  $P < 0,01$  pour \*\* et  $P$  compris entre 0,01 et 0,05 pour \* (test de Newman et Keuls). NS : il n'y a pas de différence significative.

## 2. Performances zootechniques par période d'élevage (Tableau 3)

Pour la période P1, les performances entre traitements sont identiques. Pour la période P2, le gain de poids est amélioré de 18 g (soit 3,5%) en relation avec une consommation accrue de 28 g (782 vs 754 g) pour l'aliment OVN<sup>TM</sup>. L'efficacité alimentaire est identique (1,51). Pour la période P3, la croissance a tendance ( $p=0,12$ ) à être améliorée de 21 g (soit 1,7%). L'indice de consommation est significativement amélioré de 1,7% (1,78 vs 1,81). Sur la période totale, la croissance est significativement supérieure de 40 g soit 2,1% (1918 vs 1878 g) et l'efficacité alimentaire est significativement augmentée de 1,2% (1,65 vs 1,67).

**TABLEAU 3** : Performances zootechniques, g (n=12)

	Traitement	1	2	E.T.	Effet
	Prémix vitamines	Témoin	OVN <sup>TM</sup>	Rés.	Trait.
<b>P1</b>	Consommation	77	77	2	NS
	Gain de poids	67	68	3	NS
	IC, kg/kg	1,14	1,14	0,02	NS
<b>P2</b>	Consommation	754	782	13	**
	Gain de poids	501	519	8	**
	IC, kg/kg	1,50	1,51	0,01	NS
<b>P3</b>	Consommation	2297	2303	62	NS
	Gain de poids	1270	1291	31	0,12
	IC, kg/kg	1,81	1,78	0,02	*
<b>PT</b>	Consommation	3127	3163	64	NS
	Poids	1878	1918	34	*
	IC, kg/kg	1,67	1,65	0,02	*
	I.P.	283	285	11	NS
	Etat bréchets Note 0, %	71	77		Test $\chi^2$ **

Les index de performances sont identiques entre traitements. Les bréchets apparaissent moins abîmés avec l'aliment OVN<sup>TM</sup> (77 vs 71 % de note 0 optimale).

## 3. Composition corporelle (Tableau 4)

La composition corporelle des carcasses diffère selon les prémix utilisés. Pour des animaux plus lourds de 37 g avec le prémix OVN<sup>TM</sup>, les écarts observés sur les poids ressué et prêt-à-cuire (PAC) sont plus importants (47 et 50 g respectivement). Aucune différence significative n'est observée sur le poids des viscères et le gras abdominal. En revanche, le poids des muscles filets est supérieur de 22 g avec le prémix OVN<sup>TM</sup> (239 vs 217 g soit +10,1 %). Cet écart bien qu'élevé n'est pas significatif ( $p=0,15$ ) au seuil habituellement retenu. Par rapport au poids vif, les rendements PAC et filets sont significativement améliorés de 1,1 et 0,9 point respectivement.

**TABLEAU 4** : Composition corporelle, n=18

Traitement	1	2	E.T.	Effet
Prémix vitamines	Témoin	OVN <sup>TM</sup>	Rés.	Trait.
<b>Poids, g</b>				
Vif	1889	1926	248	NS
Ressué	1629	1676	222	NS
prêt-à-cuire PAC	1207	1257	179	NS
gras abdominal	40	44	29	NS
gras externe	113	115	24	NS
Muscles filets	217	239	44	0,15
Cuisses-pilons	454	464	65	NS
<b>Rendement, % vif</b>				
PAC	63,8	64,9	1,6	*
Muscles filets	11,4	12,3	0,9	*
Cuisses-pilons	24,0	24,1	1,1	NS

## 4. Vitamines et qualité des viandes

Avec l'aliment OVN<sup>TM</sup>, les teneurs en vitamines E des filets sont multipliées par 2,3 (12,5 vs 5,4 mg/kg). Les teneurs en vitamine B1 et acide pantothénique des deux traitements ne sont pas différentes.

Sur la cuisse-pilon, l'écart de teneur en vitamine E est moins important (multiplié par 1,4) pour un niveau absolu beaucoup plus élevé (108,1 vs 76,6 mg/kg).

L'apport de vitamine E dans l'aliment conduit à une augmentation de la teneur en  $\alpha$ -tocophérol dans la cuisse (taux multiplié par 2) pour des teneurs en  $\gamma$ -tocophérol et  $\alpha$ -tocotriénol réduites.

Sur le plan qualitatif, les mesures de pH et de coloration dans l'espace L\* a\* b\* réalisées sur filets ne sont pas différentes entre traitements (en moyenne pH : 5,72 ; L\* : 55,1 ; a\* : 2,93 et b\* : 7,13). Aucune différence significative n'est observée sur les pertes en eau des filets. Il en est de même pour les indices TBA-rs des cuisses-pilons.

**TABLEAU 5 :** Teneur en vitamine E et qualité des viandes

Traitement	1	2	E.T.	Effet
Prémix vitamines	Témoin	OVN <sup>TM</sup>	Rés.	trait.
<b>Filets</b>				
Vitamine E, mg/kg (n=6)	5,4	12,5	1,9	**
Pertes en eau, % (n=18)	3,18	3,55	0,9	NS
<b>Cuisses-pilons (n=8)</b>				
Vitamine E, mg/kg	76,6	108,1	23,6	*
α-tocophérol	47,5	90,3	20,6	**
γ-tocophérol	21,4	11,8	3,5	**
α-tocotriénol	3,4	2,5	0,8	*
Indice TBA-rs (1)	0,06	0,06	0,01	NS

(1) mg éq. MDA/kg viande crue

## Conclusion - Discussion

Chez des poulets standards mâles ISA 15, le prémix vitamines OVN<sup>TM</sup> permet une augmentation des performances de croissance de 2,2% et une meilleure efficacité alimentaire de 1,2%. L'effet sur la croissance a déjà été observé par Perez Vendrell et al. (2002) sur des poulets mâles Ross 308 où le témoin reflétait les pratiques de supplémentation vitaminique espagnole, supérieures aux françaises. Quelles seraient les vitamines à l'origine de ces résultats ? En ce qui concerne l'acide folique, la niacine et la biotine, les niveaux OVN<sup>TM</sup> sont proches des besoins déterminés par Whitehead (2002). Selon ce même auteur, ces trois vitamines accompagnées de la vitamine B<sub>12</sub> et de l'acide pantothénique à des niveaux supérieurs contribuent à améliorer le développement corporel des animaux. Le besoin augmente avec la sélection d'animaux à plus fort potentiel musculaire (Stahly et Cook, 1996). Ainsi, il semblerait que les niveaux de suppléments utilisés dans la pratique puissent être limitant. Aujourd'hui, l'évolution génétique vers des poulets à fort potentiel musculaire et l'utilisation d'aliments "tout végétal" modifiant le type et l'apport de vitamines sont en inéquation. L'augmentation des apports vitaminiques pour l'animal par le biais de l'alimentation pourrait palier ce manque.

En ce qui concerne la composition corporelle, le prémix OVN<sup>TM</sup> permet une augmentation significative de la masse de filet en relation avec le poids des animaux mais aussi et surtout du rendement en filet. Ce résultat peut être mis en relation avec les apports élevés de vitamine B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, PP, acide pantothénique et acide folique impliquées dans la synthèse protéique (Stahly et Cook, 1996). La composition vitaminique de la viande (filets et cuisses-pilons) est influencée par les apports alimentaires. Un taux élevé de vitamine E dans l'aliment est retrouvé dans le muscle. Ce résultat rejoint l'attente des consommateurs qui considèrent que

manger des aliments riches en vitamines est bénéfique pour leur santé (Enquête Gallup, 1999).

Malgré une teneur en vitamine E des cuisses-pilons supérieure, les indices TBA-rs sont identiques. Ceci est dû vraisemblablement à la mise en congélation trop rapide de ces dernières limitant ainsi leur oxydation. Ce résultat rejoint les observations de Meynier et al. (1999) sur viande fraîche de poulets labels contrôlée 72 heures post-mortem.

Vu l'amélioration de performances qui compense le surcoût vitaminique, le système français d'intégration peut faciliter l'adoption de niveaux vitaminiques élevés. Des travaux complémentaires sont nécessaires afin de connaître les taux de vitamines à incorporer dans l'alimentation des animaux pour atteindre des concentrations optimales au niveau des viandes en tenant compte des pertes liées à la maturation ou à la cuisson. La question est de savoir si les consommateurs réclameront l'accès à de tels produits ?

## Références bibliographiques

- Allen P.C., Danforth H.D., Morris V.C. and Levander O.A., 1996. *Poult.Sci.* 75:966.
- Colnago G.L., Jensen L.S. and Long P.L., 1984. *Poult.Sci.* 63:1136
- Daghir N.J., 1995. *Poultry production in hot climates* 185-218 / REF. 125
- Enquête CEREOPA-Roche, 2002. Etude interne Roche.
- Franchini A., Bertuzzi S. and Meluzzi A., 1986. *Clin.Vet.* 109:117-127.
- Gallup study, 1999. The food industry and enrichment consumer awareness and behaviour.
- Kennedy D.G., Rice D.A., Bruce D.W., Goodall E.A. and McIlroy S.G., 1992. *Br.Poult.Sci.* 33:1015.
- Marché G., 1995. La découpe anatomique et la dissection des volailles pp71.
- Meynier A., Viau M., Juin H., Métro B., Uzu G., Vrignaud M., Gandemer G., 1999. Troisièmes Journées de la Recherche Avicole. 351-354.
- NRC. National Research Council, 1994. *Nutrients Requirements of Poultry*, 9<sup>th</sup> edn Washington DC: National Academy Press.
- Orban J.I., Roland D.A., Cummins K. and Lovell R.T., 1993. *Poult.Sci.* 72:691.
- Perez Vendrell A.M. et al, 2003. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole. Sous presse.
- Rennie J.S. and Whitehead C.C., 1996. *Poult.Sci.* 37:413.
- Sheldon B.W., Curtis P.A., Dawson P.L. and Ferket P.R., 1997. *Poult.Sci.* 76:634.
- Stahly T.S. and Cook D.R., 1996 *J. Anim. Sci.* 74 (suppl. 1):170.
- Whitehead C.C., 2000. *Poultry nutrition.* 1:32-34.
- Whitehead C.C., 2002. *Poultry Feedstuffs.*

# RECHERCHE D'UNE TECHNIQUE D'ALIMENTATION SEQUENTIELLE POUR LA PRODUCTION DE POULETS LOURDS

Larroudé Philippe<sup>1</sup>, Castaing Julien<sup>1</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>2</sup>, Barrier-Guillot Bruno<sup>3</sup>,  
Picard Michel<sup>4</sup>, Roffidal Lucien<sup>5</sup>, Boutten Bruno<sup>6</sup>

<sup>1</sup>ADÆSO – 21, Chemin de Pau - 64121 Montardon, <sup>2</sup>ITAVI – 28, rue du Rocher - 75008 Paris,

<sup>3</sup>ARVALIS – Institut du végétal - 91720 Boigneville, <sup>4</sup>INRA-SRA - 37380 Nouzilly,

<sup>5</sup>INZO - BP19 - 02402 Château-Thierry cedex,

<sup>6</sup>CTSCCV – 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort cedex

*Action cofinancée par l'enveloppe de recherche ACTA/MAP/MENRT et l'ANDA*

## Résumé

Les techniques étudiées sont basées sur la technique d'alimentation séquentielle alternant, les apports quantitatifs en énergie et en protéines. Cette étude est réalisée sur des poulets mâles de souche COBB 500 élevés pendant 49 jours. Elle a pour objectif de comparer une alimentation complète classique (3160 kcal EM, 17,8% PB) à 3 séquences alternées composées d'un aliment enrichi en protéines Pm (3020 kcal EM, 21,2% PB) et d'un aliment enrichi en énergie Em (3350 kcal EM, 14,2% PB). Les séquences, exprimées en pourcentage du temps total d'accès aux mangeoires, diffèrent par les temps d'accès accordés à chacun des deux aliments au cours d'une journée Pm/Em (50/50, 40/60 et évolutive de 80/20 en début à 40/60 en fin d'expérience). La séquence 50/50 et la séquence évolutive donnent des indices de consommation équivalents à celui du témoin mais une croissance inférieure de 3%. Pour la composition corporelle, la séquence 50/50 paraît être la meilleure avec une amélioration significative du rendement carcasse ; les rendements en viande (escalopes et cuisses) étant identiques pour toutes les séquences. La séquence 50/50 présente le meilleur compromis sur le plan de l'indice de consommation et de l'amélioration du rendement carcasse avec une maîtrise du poids final souhaitée.

## Introduction

Aujourd'hui la demande des consommateurs s'oriente de plus en plus vers l'utilisation de produits faciles et rapides à cuisiner qui nécessite l'intervention d'une industrie de transformation. En conséquence, le marché du poulet se développe vers une segmentation importante. La production de poulets de type lourds sexés destinés à la découpe (50 jours – 2,8 à 3,0 kg) pourrait répondre à cette demande, cependant l'abattage tardif des mâles pose des problèmes de troubles locomoteurs (Leterrier et al., 1998) et d'ascite (Sanchez et al., 2000) en fin d'élevage. Le développement de cette production suscite la mise au point de techniques d'élevage adaptées pour remédier à ces facteurs limitants.

Technique d'alimentation très utilisée en Europe du nord, la distribution alternée de deux "aliments" (blé entier et complémentaire azoté) de caractéristiques chimiques et physiques différentes ne pénalise pas les performances zootechniques des poulets standards (Noirot et al., 1999).

Cette technique est testée sur la production de poulets de type lourds avec deux aliments distincts : l'un enrichi en énergie (Em), l'autre enrichi en protéines et acides aminés (Pm). Bouvarel et al. (2003), lors d'une première étude réalisée dans le cadre de ce programme, a observé qu'un écart de valeur nutritionnelle modéré

entre les deux aliments (350 kcal E.M. et 10 g de M.A.T.) conduisait à des performances zootechniques très satisfaisantes en revanche un écart plus important (700 kcal E.M. et 21 g) était néfaste. L'objectif de cette expérimentation est de trouver le rythme de distribution optimal des deux aliments (Pm/Em) permettant de gérer la courbe de croissance des animaux et de limiter les problèmes de fin d'élevage.

## 1. Matériels et méthodes

Quatre traitements expérimentaux différant par le rythme de distribution des deux aliments sont comparés pendant les périodes de croissance (15-28 jours) et de finition (29-49 jours).

**TABLEAU 1 : Schéma expérimental**

Traitement	1	2	3	4
Séquences Pm/Em	Témoin	50/50	40/60	80/20 – 40/60
- semaine 3				80/20
- semaine 4	Aliment complet			70/30
- semaine 5		50/50	40/60	60/40
- semaine 6				50/50
- semaine 7				40/60

L'expérimentation est réalisée dans le bâtiment volailles de chair de l'ADÆSO à Montardon (64) de mai à juillet 2001.

### 1.1. Aliments expérimentaux

Les aliments sont présentés en farine la première semaine puis en granulés de 2,5 mm de diamètre.

Pendant les deux premières semaines d'élevage les poussins reçoivent un aliment unique de démarrage (3100 kcal EM, 21,4% MAT).

Quatre traitements expérimentaux sont ensuite testés. Un témoin complet est comparé à trois traitements correspondant à des séquences alternant sur 24 heures : un aliment Em enrichi en énergie et un aliment Pm enrichi en protéines dont les compositions figurent dans le Tableau 2. L'aliment Pm est toujours distribué en début de phase lumineuse.

Ces trois traitements présentent des temps d'accès aux deux aliments différents. La durée d'éclaircissement passe de 16 heures en semaine 3 à 24 heures en semaine 7 :

- traitement 2 : les temps d'accès aux deux aliments sont identiques (50/50),
- traitement 3 : le temps d'accès à Pm est d'un tiers inférieur à Em (40/60),
- traitement 4 : le temps d'accès à Pm est réduit de 10 points chaque semaine d'élevage (80/20 à 40/60).

**TABLEAU 2 :** Composition et caractéristiques chimiques (g/kg) des aliments expérimentaux

	Témoin	Pm	Em
<b>Composition, %</b>			
Maïs	59,4	53,0	68,5
Tourteau de soja "48"	14,5	24,0	6,5
Gluten de maïs "60"	4,0	5,0	5,0
Graine soja extrudée	11,0	8,0	7,0
Huile de soja	5,0	4,0	7,0
Sépiolite	2,0	2,0	2,0
Carbonate de calcium	0,980	0,930	1,156
Phosphate bicalcique	2,126	2,026	1,800
Méthionine DL	0,250	0,200	0,300
L Lysine	0,200	0,300	0,200
Sel	0,320	0,320	0,320
Prémélange	0,224	0,224	0,224
E. M. , kcal EM/kg	3160	3020	3350
Matière azotée totale	178	212	142
Lysine	10,2	13,0	7,2
Méthionine + Cystine	9,0	9,5	8,5
Calcium	9,5	9,3	9,0
Phosphore total	7,0	7,1	5,8

### 1.2. Animaux

768 poussins mâles Cobb 500 sont mis en place le jour de l'éclosion dans le bâtiment. Ils sont répartis aléatoirement sur les 24 parquets d'élevage de 4 m<sup>2</sup> chacun à raison de 32 poulets par parquet.

### 1.3. Contrôles

Les animaux identifiés individuellement sont pesés à 14, 28 et 49 jours d'âge. Eau et aliment sont fournis à volonté. Les consommations sont mesurées chaque semaine, les indices de consommation sont calculés à 14, 28 et 49 jours par parquet d'élevage.

En fin d'élevage, 18 poulets par traitement sont échantillonnés en fonction du poids vif et font l'objet d'une découpe anatomique selon la méthode INRA (1964) pour détermination des masses de graisse abdominale, de gras externe (peau+gras des deux filets + peau + gras des deux cuisses-pilons), de muscles filets (*Pectoralis major* + *Pectoralis minor*) et de cuisses pilons.

Ces données sont traitées par analyse de variance à l'aide du logiciel statistique SAS (procédure GLM).

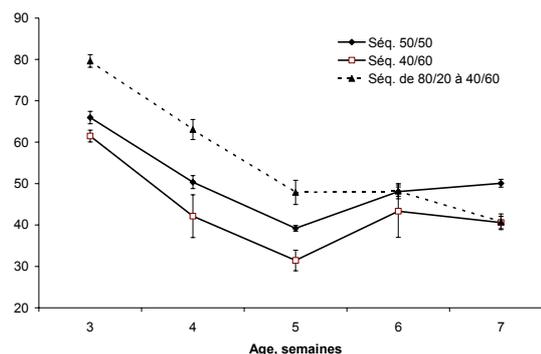
### 2. Performances zootechniques par période d'élevage (Tableau 3 et Figure 1)

A 14 jours, les poids vifs des animaux sont en moyenne de 302 g (Tableau 3). Ce niveau est inférieur au poids donné par le sélectionneur au même âge.

En période de croissance, les niveaux bruts de consommation sont identiques entre traitements (1405 g en moyenne). En revanche, les rapports Pm/Em sont différents de ceux proposés pour les traitements 2 et 3 : respectivement 58/42 et 52/48 (Figure 1). Globalement sur cette période, les animaux ont tendance à consommer préférentiellement l'aliment protéique Pm.

Pour le traitement 3, la réduction imposée du temps d'accès à l'aliment Pm ne permet pas d'obtenir des performances optimales (823 et 1.64 vs 850 g et 1.57 kg/kg pour le témoin) même si les ingérés sont identiques. Dans le cas du traitement 2, l'augmentation de l'ingéré protéique de 10 g pour un même ingéré énergétique permet d'atteindre les performances de croissance du témoin (847 et 850 g). L'indice de consommation est quant à lui légèrement dégradé (1,60 vs 1,57). Pour le traitement 4, le niveau d'ingéré protéique est supérieur (+18 g par rapport au témoin) et conduit au niveau de performance le plus élevé (croissance : 856 g ; IC : 1,55).

**FIGURE 1 :** Evolution des parts d'aliment Pm ingérées (% de la consommation totale)



En période de finition, les niveaux de consommation sont variables selon les traitements (P=0.07). Voisins pour les traitements 1 (3279 g) et 4 (3236 g), la consommation est réduite de 121 g pour le traitement 2 (3158 g) et de 173 g pour le traitement 3 (3106 g). Les animaux des traitements 2 et 4 ont tendance à consommer préférentiellement l'aliment Em enrichi en énergie par rapport à la durée d'accès (respectivement 55 et 54%) ; cependant l'ingéré énergétique et l'ingéré protéique n'atteignent pas les niveaux témoins. Ces effets concomitants freinent la croissance de 83 g pour les traitements 2 et 4 à 138 g pour le traitement 3 avec une efficacité alimentaire voisine pour T2 et T3 (1,79)

et légèrement dégradée pour T4 (1,82) par rapport au témoin (1,76). Globalement, le niveau de consommation est légèrement inférieur avec les techniques d'alimentation mises en place. Il augmente linéairement de 50 g pour 6 points d'aliment Pm consommé en plus (43,8 ; 50,0 et 55,9% d'aliment Pm respectivement pour T3, T2 et T4). Un rapport Pm/Em supérieur ou égal à 1 permet par l'intermédiaire d'un ingéré protéique suffisant d'obtenir une efficacité alimentaire optimale. En revanche, la croissance est freinée de 86 g. En dessous, l'indice de consommation est dégradé (+0,05) et la croissance fortement réduite (-171 g).

**TABLEAU 3 : Performances zootechniques (n=6)**

Traitement	1	2	3	4	E.T. rés.	Effet traitement (1)
Séquences Pm/Em	Témoin	50/50	40/60	de 80/20 à 40/60		
<b>A 14 jours</b>						
Poids, g	301	300	301	307	10	NS
<b>De 15 à 28 jours</b>						
Consommation, g/poulet	1401	1417	1410	1392	51	NS
% Pm	50,0 c	58,2 b	51,8 c	71,3 a	1,7	**
Ingéré protéique, g	249 b	259 ab	251 b	267 a	9	*
Ingéré énergétique, Mcal EM	4,43	4,48	4,48	4,34	0,16	NS
Gain de poids, g	850	847	823	856	28	NS
Indice de consommation, kg/kg	1,57 a	1,60 b	1,64 c	1,55 a	0,02	**
<b>De 29 à 49 jours</b>						
Consommation, g/poulet	3279	3158	3106	3236	113	0,07
% Pm	50,0 a	44,5 b	38,5 c	45,6 b	2,0	**
Ingéré protéique, g	584 a	547 bc	525 c	563 ab	22	**
Ingéré énergétique, Mcal EM	10,36	10,12	10,01	10,35	0,35	0,18
Gain de poids, g	1859 a	1774 b	1721 b	1778 b	77	*
Indice de consommation, kg/kg	1,76 a	1,78 ab	1,79 ab	1,82 b	0,03	*
<b>De 15 à 49 jours</b>						
Consommation, g/poulet	4678	4575	4517	4627	130	NS
% Pm	50,0 b	50,0 b	43,8 c	55,9 a	1,2	**
Ingéré protéique, g	833 a	810 ab	780 b	838 a	25	**
Ingéré énergétique, Mcal EM	15,00	14,57	14,48	14,65	0,41	0,18
Gain de poids, g	2699 a	2609 ab	2528 b	2617 ab	86	*
Indice de consommation, kg/kg	1,72 a	1,74 ab	1,77 b	1,75 ab	0,02	*
<b>A 49 jours</b>						
Consommation, g/poulet	5035	4931	4878	5005	138	NS
Poids vif, g	3017 a ±109	2928 ab ±86	2861 b ±91	2947 ab ±33	87	*
Indice de consommation, kg/kg	1,67 a	1,68 ab	1,70 b	1,70 ab	0,02	*

(1) Les moyennes sont significativement différentes au seuil  $P < 0,01$  pour \*\* et  $P$  compris entre 0.01 et 0.05 pour \* (test de Newman et Keuls). NS : pas de différence significative.

### 3. Composition corporelle (Tableau 4)

Par rapport au témoin, il y a un resserrement des performances pour le poids ressué et le poids PAC. L'amplitude observée entre traitements en élevage sur le poids vif (160 g) est réduite pour le poids ressué (113 g) et pour le poids PAC (104 g). Cette tendance est observée aussi pour les deux autres traitements. La masse de gras abdominal tend à être supérieure pour

les animaux du traitement 3 (89 g vs 77 g pour le témoin) ;  $P=0,19$ . Le poids des filets n'apparaît pas significativement différent ( $P=0,15$ ) entre traitements mais les animaux des traitements 3 et 4 tendent à avoir des poids de filets inférieurs de respectivement 39 et 23 g par rapport au témoin. Le traitement 2 est quant à lui proche du témoin (415 vs 425 g). La même tendance est observée pour la masse de cuisses-pilons. Cependant le traitement 4 est au niveau du témoin (724 g) en relation

avec un dépôt de gras légèrement supérieur. L'alternance 50/50 conduit, par rapport au poids vif, à des rendements poids ressué et poids PAC significativement améliorés de 1,6 et 1,2 points et des rendements en filets et cuisses-pilons identiques à ceux du témoin (14,1 et 24,5 % respectivement).

L'alternance 40/60 entraîne une augmentation du rendement en gras abdominal (+0,6 point) et une légère diminution du rendement en filets (-0,6 point). La séquence évolutive n'a pas d'influence sur la composition corporelle des animaux.

**TABLEAU 4 : Composition corporelle (n=18)**

Traitement	1	2	3	4	E.T. rés.	Effet traitement (1)
Séquences Pm/Em	Témoin	50/50	40/60	de 80/20 à 40/60		
Poids Vif	3029	2926	2869	2962	224	0,19
Poids Ressué	2573	2531	2460	2535	198	NS
Poids Prêt-à-cuire (PAC)	1976	1944	1872	1935	163	NS
Poids Gras abdominal	77	80	89	82	18	0,19
Poids Gras externe	191	190	196	198	28	NS
Poids Muscles filets	425	415	386	402	53	0,15
Poids Cuisses-pilons	724	716	689	719	57	NS
Rendement Ressué, % poids vif	84,9 b	86,5 a	85,7 ab	85,6 ab	1,3	**
Rendement PAC, % poids vif	65,2 b	66,4 a	65,2 b	65,3 b	1,5	*
Rendement Gras abdominal, % poids vif	2,5 b	2,7 ab	3,1 a	2,8 ab	0,6	*
Rendement Gras externe, % poids vif	6,3	6,5	6,8	6,7	0,7	0,14
Rendement Filets, % poids vif	14,0	14,1	13,4	13,6	1,7	NS
Rendement Cuisses-pilons, % poids vif	23,9	24,5	24,1	24,3	1,5	NS

(1) Tableau 3

## Conclusion - Discussion

Deux aliments différents (Ecart : 300 kcal EM et 72 g MAT) distribués en alternance sur un cycle de 24 heures donnent des performances zootechniques satisfaisantes : de bons indices de consommation pour une croissance quelque peu freinée. Pendant la période de croissance, les animaux des séquences 50/50 et 40/60 consomment préférentiellement l'aliment Pm (+8 et +12 points par rapport à la part proposée). Ce phénomène peut s'expliquer par le retard de croissance observé à 14 jours et le besoin des animaux de consommer un aliment plus protéique. En conséquence, les performances zootechniques sont d'autant plus élevées que l'ingéré protéique est important, il est donc nécessaire de mettre à disposition un temps d'accès à l'aliment protéique suffisant. L'alternance 40/60, trop restrictive en protéines pendant la durée totale de l'élevage, tend à pénaliser l'efficacité alimentaire et la composition corporelle (poulets plus de gras, moins de filets). L'alternance évolutive (réduction de l'apport protéique en fonction de l'âge des animaux) permet une très bonne valorisation de l'aliment lors d'apports protéiques élevés (début de période) et une efficacité alimentaire réduite ensuite. La composition corporelle n'est pas modifiée par la mise en place de cette séquence. La séquence 50/50 présente le meilleur compromis sur le plan de l'indice de consommation et de l'amélioration du rendement carcasse avec une maîtrise du poids final souhaitée. Les performances de croissance et d'efficacité alimentaire sont proches du

témoin mais légèrement inférieures. Au niveau composition corporelle, le rendement carcasse PAC/vif est supérieur ceci permettant de maintenir un poids de filets satisfaisant. Ce travail n'est qu'un premier pas dans l'évaluation zootechnique de cette technique. Il apparaît maintenant nécessaire de définir les gammes alimentaires et les plus appropriées pour optimiser l'application de l'alimentation alternée en élevage de poulets lourds tout en maintenant les qualités physico-chimiques de ces viandes (Boutten et al., 2003).

## Références bibliographiques

- Boutten B., Picard M., Bouvarel I., Mekhtiche L., Larroude P., Barrier-Guillot B. et Roffidal L., 2003 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole.
- Bouvarel I., Boutten B., Barrier-Guillot B., Leterrier C., Roffidal L., Larroude P., Castaing J. et Picard M., 2003. 5<sup>e</sup> Journées Rech. Avicole.
- Leterrier C., Constantin P. Le Bihan-Duval E., Marché G., Nys Y., 1998. INRA Prod. Anim. **11**:125-130.
- Noirot V., Bouvarel I., Azam P., Roffidal L., Barrier-Guillot B., Castaing J., Picard M., 1999. Sci. Techn. Avicoles 27 : 2-11.
- Sanchez A. Plouzeau M., Rault P; Picard M., 2000. INRA Prod. Anim. **13**:37-45.

# QUALITE DES HUILES ET ACIDES GRAS DE PALME ET DES MELANGES D'HUILES ACIDES CARACTERISATIONS CHIMIQUE ET BIOCHIMIQUE

Aubret Jean-Marc<sup>1</sup>, Huard Mireille<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TECHNA, BP 10, 44220 Coueron,

<sup>2</sup>CCPA, ZA du Bois de Teillay, 35150 Janze

*Travail conduit dans le cadre du GIE EURO NUTRITION, Route de Villeneuve, 95510 Vienne-en-Arthies*

## Résumé

L'objectif de cette étude a été de mener une recherche approfondie sur la caractérisation chimique et biochimique des huiles et acides gras de palme ainsi que des mélanges d'huiles acides. Cette étude a été conduite dans le cadre du GIE Euro nutrition au cours du 2<sup>ème</sup> trimestre 2001. Quatre produits commerciaux ont été étudiés: Produit A (mélange de fractions d'huile de palme et de PFAD), produit B (mélange d'huiles acides de palme et de colza principalement + acides gras de palme), produit C (mélange d'huiles acides de palme, de soja et de colza), produit D (distillats d'huile de palme ou PFAD). Le critère acidité oléique peut être utilisé comme une spécification de composition et non de qualité. Il n'y a en effet aucune corrélation entre la quantité d'acides gras libres et leur état d'oxydation. La teneur en acides gras chromatographiables est un bon indicateur de la qualité nutritionnelle des produits. Associé à la teneur en eau, aux impuretés et à l'insaponifiable, elle permet de caractériser le produit et la fraction de composition à risque ; les composés polaires ne sont pas un critère pertinent d'analyse sur ce type de produits ; l'indice de peroxyde et l'indice de para anisidine semblent être de bons indicateurs de l'état d'oxydation et de la stabilité oxydative des produits. Le bilan global des analyses fait apparaître deux produits jugés de bonne qualité nutritionnelle (A et D) par rapport aux valeurs obtenues sur l'ensemble des critères (humidité, impuretés, insaponifiable et teneur en acides gras chromatographiables notamment) et deux produits de qualité inférieure (B et C).

## Introduction

La suppression progressive des matières grasses d'origine animale depuis 1999 et de façon systématique dans tous les aliments pour animaux depuis l'arrêté ministériel du 14.11.2000 (à l'exception du suif et du saindoux) a poussé l'industrie de l'alimentation animale à développer l'utilisation des sources végétales grasses riches en acides gras saturés ; celles-ci présentant des propriétés nutritionnelles et technologiques proches de celles des graisses animales: meilleure tenue des granulés (amélioration de la durabilité), apport énergétique équivalent aux graisses animales (12 à 15 % de l'apport énergétique global), équilibre entre acides gras, préservation de la qualité des carcasses. Les industriels se sont donc tournés fin 2000 vers les produits présents sur le marché : d'abord les huiles acides et les mélanges à base de dérivés de palme et enfin vers l'huile de palme brute (2001).

Compte tenu,

1. des process d'obtention de ces huiles : procédés de raffinage physique dans le cas des Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), co-produits du raffinage chimique des huiles de table dans le cas des huiles dites acides

ou collecte et mélange de différentes sources et fractions d'huiles végétales,

2. de l'origine lointaine de ces matières premières (Indonésie, Malaisie,...) et de la complexité des circuits d'approvisionnement,

3. de la variabilité biochimique des produits proposés et de la relative opacité du marché sur les produits commercialisés (traçabilité incomplète, manque de standardisation des produits),

4. de la difficulté d'utilisation de ces produits au niveau des process technologiques des usines d'aliments (point de fusion, corrosion)

5. enfin du manque de recul par notre industrie sur leur valorisation nutritionnelle (rareté des données bibliographiques),

ces matières premières pouvaient représenter alors des produits à risque principalement sur le plan nutritionnel mais aussi sur le plan de la sécurité alimentaire.

Jusqu'alors, les critères chimiques utilisés portaient essentiellement sur l'acidité des graisses et la présence éventuelle d'huiles de friture.

Le projet a donc consisté à mener une recherche approfondie sur ces matières grasses végétales et à conduire dans le cadre du GIE Euro nutrition une étude de caractérisation chimique et biochimique

(Rossignol-Castéra, 2000 ; Mazette, 2001) de ces huiles.

## 1. Matériels et méthodes

Quatre produits commerciaux (fournisseurs européens) ont été étudiés au cours du 2<sup>ème</sup> trimestre 2001 :

- Produit A (mélange de fractions d'huile de palme et d'huiles acides de palme),
- Produit B (mélange d'huiles acides de palme et de colza principalement + acides gras de palme),
- Produit C (mélange d'huiles acides de palme, de soja et de colza),
- Produit D (distillats d'acides gras de palme ou PFAD).

Pour la caractérisation de chaque produit, nous avons cherché à établir un bilan massique des différents constituants non lipidiques et par différence des constituants lipidiques. Les constituants non lipidiques sont classiquement quantifiés sur des matières grasses en réalisant la teneur en eau et matières volatiles (norme ISO 662) et la teneur en impuretés insolubles dans l'hexane (norme NF EN ISO 663). Ces données seront présentées ainsi que la mesure de l'insaponifiable (NF T 60-205-2).

La fraction lipidique peut être constituée de glycérolipides et de la fraction insaponifiable. Les glycérolipides sont constitués de triglycérides (TG), de di et monoglycérides partiels (DG et MG) et de phospholipides. Les acides gras libres (AGL) et les éventuels esters d'acides gras seront associés à cette fraction.

L'acidité des produits a été mesurée selon différentes méthodes : indice d'acide (NF EN ISO 3961), acidité titrimétrique (NF EN ISO 600) en tenant compte du poids moléculaire moyen des acides gras de chaque échantillon, acidité oléique (NF ISO 660) et teneur en AGL selon méthode par CLHP (Chromatographie Liquide Haute Performance) ou selon la méthode par CPG (Chromatographie en Phase Gazeuse).

La nature des produits étudiés nous a poussé à porter une attention particulière sur les produits d'oxydation des acides gras (qu'ils soient sous forme libre ou estérifiée). Pour ce faire, nous avons procédé à une séparation des fractions dites polaires et apolaires (norme NF EN ISO 8420 adaptées aux huiles utilisées en friture). Chacune de ces fractions a été elle-même analysée par CLHP en vue de séparer les constituants par poids moléculaire. On sépare ainsi les polymères de TG, les TG, les glycérides partiels DG et MG et les AGL (esters simples).

Notons que la technique CLHP permet, dans les conditions d'analyses retenues, l'élution des composés d'oxydation. Parallèlement à ces analyses en CLHP, ces échantillons ont été analysés également directement par CPG (normes ISO 5509 & NF EN

ISO 5508) afin d'évaluer les proportions relatives des AGL, MG, DG et TG et de déterminer la composition et la teneur en acides gras totaux chromatographiables (avec séparation des isomères cis et trans). Dans ce cas, les composés oxydés ne sont pas élués et restent adsorbés sur la colonne capillaire. La proportion dans le produit brut peut être recalculée en tenant compte des constituants non lipidiques (eau + impuretés) et de la fraction insaponifiable.

Une recherche de traces de contaminants a été effectuée. Les teneurs en fer, cuivre, nickel, plomb, cadmium, arsenic et mercure ont été obtenues par spectrographie d'absorption atomique (normes NF EN ISO 8294). L'étude des produits d'oxydation et de la stabilité oxydative de ces produits sera présentée. L'indice de peroxyde IP (NF T 60-220), l'indice de para anisidine IpA (NF ISO 6885) ainsi que la teneur en tocophérols et tocotriénols (norme IUPAC 2.432) ont également été mesurés. La valeur Totox se déduit par calcul des indices de peroxyde et para anisidine ( $2 IP + IpA$ ).

## 2. Résultats

**TABLEAU 1 : Fractions lipidiques et non lipidiques**  
en % sur brut

	A	B	C	D
Impuretés insolubles	0.0	0.1	0.2	0.0
Eau et matières volatiles	0.2	1.4	0.7	0.1
Insaponifiable	1.0	1.9	2.0	1.7
AG chromatographiables	97.7	91.2	92.7	99.2
Fraction lipidique non expliquée	<b>1.1</b>	<b>5.4</b>	<b>4.4</b>	<b>1.1</b>

Le bilan massique du Tableau 1 indique que les produits A et D présentent une teneur en acides gras chromatographiables beaucoup plus élevée que les produits B et C. Ces deux derniers présentent des teneurs en eau et insaponifiable plus élevées et surtout une fraction lipidique non expliquée plus forte.

**TABLEAU 2 : Dosage des AGL**

	A	B	C	D
Indice d'acide (mg KOH/g)	104.7	160.4	139.3	190.9
PM moyen des AG (g/mol)	270	274	272	269
Acidité titrimétrique (%)	50.4	78.4	67.5	91.6
Acidité oléique (%)	52.6	80.6	70.0	96.0
	en % sur brut			
% AGL (CLHP)	44.5	77.9	61.3	86.3
% AGL (CPG)	43.3	81.3	61.9	85.9

La quantité d'acides gras libres (Tableau 2) est très variable selon le type de mélange et selon la présence ou non d'huile brute et la nature du procédé de raffinage utilisé. Exprimée en acidité oléique, l'acidité s'échelonne de 52.6 % (huile brute + acides gras de

palme) à 96.0 % (PFAD). On peut remarquer les différences obtenues selon la méthode de mesure de l'acidité. La méthode d'acidité titrimétrique ou oléique peut conduire à des résultats par excès (présence de traces résiduelles d'acide minéral dans les produits A, C et D issues du procédé de fabrication). L'acidité oléique permet de mesurer tous les acides gras libres, oxydés ou non. Toutefois, les acides gras libres non oxydés présentent un intérêt nutritionnel quasiment équivalent aux mêmes acides gras sous forme glycéridique. L'acidité oléique n'apparaît donc pas être un critère pertinent de qualité. La teneur en acides gras chromatographiables (a priori non oxydés et assimilables) est une mesure plus adaptée à ce type de produits.

**TABLEAU 3** : Composition en AG (en % relatif \*) et teneur en AG (en % sur brut) par CPG

	A	B	C	D
C12 : 0	0.4	0.2	0.5	0.4
C14 : 0	1.2	0.7	1.0	1.2
C16 : 0	43.2	29.4	33.9	47.3
C16 : 1	0.3	0.3	0.4	0.2
C18 : 0	4.8	4.1	5.4	4.2
C18 : 1 trans	0.9	0.7	1.7	0.3
C18 : 1 cis	37.4	38.3	34.3	36.4
C18 : 2 trans	0.2	0.2	0.4	0.1
C18 : 2 cis	10.2	21.7	18.8	8.6
C18 : 3 trans	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
C18 : 3 cis	0.5	2.5	1.4	0.4
C 20 : 0	0.3	0.4	0.4	0.3
C 20 : 1	0.1	0.5	0.4	0.1
C 22 : 0	< 0.1	0.4	0.3	< 0.1
<b>Teneur en AG</b>	<b>97.7</b>	<b>91.2</b>	<b>92.7</b>	<b>99.2</b>

(\*) si teneur > 0.2 %

Le profil en acides gras (Tableau 3) est cohérent avec les informations provenant des fournisseurs : on retrouve une part importante d'acide palmitique pour les produits A et D, composés exclusivement d'huiles acides de palme, une proportion plus faible dans les produits C et D; les teneurs en acides gras trans, indicateurs d'un traitement thermique poussé, sont faibles. L'échantillon C se démarque des autres avec une teneur en C18 : 1 trans de 1.7 %, acceptable néanmoins.

**TABLEAU 4** : Caractérisation fraction glycéridique en %

	A	B	C	D
<b>Fraction apolaire</b>	<b>40.8 %</b>	<b>9.4 %</b>	<b>17.7 %</b>	<b>6.9 %</b>
Polym. non-oxydés	0.2			
TG non oxydés	40.6	9.4	17.7	6.9
<b>Fraction polaire</b>	<b>59.2 %</b>	<b>90.6 %</b>	<b>82.3 %</b>	<b>93.1 %</b>
Polymères oxydés	1.2			
TG oxydés	0.8	1.4	3.2	0.2
DG	12.3	9.2	15.9	4.9
MG		1.6	2.1	
AGL	44.8	77.7	60.2	87.8
autres	0.1	0.7	0.9	0.2

L'analyse de la nature des fractions polaires et apolaires a été rendu difficile par le fait qu'une partie des acides gras libres et glycérides partiels ont été élués avec la fraction apolaire. Nous expliquons cela du fait de la très forte proportion de composés polaires. L'analyse CLHP a permis de rétablir le calcul des proportions des différents constituants. Nous faisons l'hypothèse que malgré des conditions d'éluion inadaptées, la séparation des polymères et des triglycérides entre les phases polaires et apolaires a tout de même respecté la règle suivante :

- fraction apolaire : polymères de TG non oxydés, TG non oxydés et une partie de l'insaponifiable.
- fraction polaire : polymères de TG oxydés, MG oxydés, DG et AGL oxydés ou non oxydés et une partie de l'insaponifiable.

Le Tableau 4 présente la caractérisation des mélanges après correction. On notera que l'analyse des composés polaires, méthode au départ utilisée pour la détection d'huiles de friture n'est pas aisée à mettre en œuvre sur des produits de type huiles acides. On peut néanmoins conclure quant à la présence, en faible quantité, de triglycérides oxydés dans la fraction polaire, en particulier dans les produits B et C et de polymères dans le produit A. La teneur plus élevée de triglycérides oxydés dans les produits B et C permet en outre de donner des éléments quant à la fraction lipidique non expliquée présentée dans le Tableau 1.

**TABLEAU 5** : Fraction glycéridique (CLHP et CPG)

	Mesure CLHP en %			
	A	B	C	D
Polymères	0.7			
TG	42.1	10.5	19.4	6.9
DG	12.2	8.5	15.5	5.1
MG			1.9	
AGL	45.0	80.6	63.1	87.9
Autres		0.4	0.1	0.1
Total	100	100	100	100
	Mesure CPG en %			
	A	B	C	D
TG	43.2	7.8	19.9	7.2
DG	11.8	4.9	13.4	3.9
MG	1.2	2.6	2.9	1.3
AGL	43.8	84.1	63.8	87.5
Non identifié	< 0.1	0.6	< 0.1	0.1
Total	100	100	100	100

Les résultats présentés dans le Tableau 5 (comparaison CLHP et CPG) sont présentés en valeur relative. Notons que la proportion dans le produit brut peut être recalculée en tenant compte des constituants non lipidiques (eau + impuretés) et de la fraction insaponifiable. L'analyse comparée de la composition de la fraction glycéridique selon la méthode utilisée fait apparaître une bonne concordance entre les méthodes, à l'exception du produit B. Cette bonne cohérence est le signe d'une faible altération oxydative, puisque les profils CPG (sans produits

d'oxydation) et CLHP (avec produits d'oxydation) sont proches.

**TABLEAU 6 : Métaux pro-oxydants, Métaux lourds**

	A	B	C	D
Fer (mg/kg)	44	33	41	21
Cuivre (mg/kg)	0.202	0.203	2.500	0.039
Nickel (mg/kg)	0.449	0.119	1.60	0.061
Plomb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	43	< 10	35	15
Arsenic ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	< 5	< 5	< 5	< 5
Cadmium ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	< 2	3	< 2	< 2
Mercure (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1

L'analyse de la teneur en métaux pro-oxydants et en métaux lourds montre des résultats plutôt satisfaisants. Ces paramètres sont néanmoins à surveiller de près : la présence de métaux pro-oxydants, qui a un effet de catalyse de l'oxydation, entraînerait une dégradation de la valeur nutritionnelle des produits. On note la présence de fer dans tous les échantillons et de cuivre dans le produit C. Les teneurs en métaux lourds sont conformes à la réglementation en vigueur.

**TABLEAU 7 : Paramètres d'altération oxydative**

	A	B	C	D
Indice de peroxyde ( $\text{meqO}_2/\text{kg}$ )	4.6	3.5	3.1	3.8
Indice para anisidine	79	75	48	106
Valeur Totox	89	82	54	114
Tocophérols hors tocotriénols (mg/kg)	27	169	399	51

La stabilité oxydative des produits mesurée par l'indice de peroxyde montre des résultats satisfaisants pour les quatre produits (< 10  $\text{meqO}_2/\text{kg}$ ) (Tableau 7). Notons une très forte valeur de l'Indice de para anisidine pour le produit D avec une valeur Totox en conséquence.

## Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont :

- l'acidité oléique doit être utilisée comme une spécification de composition et non de qualité : il n'y a aucune corrélation entre la quantité d'acides gras libres et leur état d'oxydation,
- la teneur en acides gras chromatographiables est un bon indicateur de la qualité nutritionnelle des produits ; associée à la teneur en eau, impuretés et insaponifiable, elle permet de caractériser le produit et la fraction de composition à risques (lipides non expliqués),
- les composés polaires totaux ne sont pas un critère pertinent d'analyse pour ce type de produits,

- l'indice de peroxyde et l'indice de para anisidine semblent être de bons indicateurs de l'état d'oxydation et de la stabilité oxydative des produits (ces éléments restent cependant à confirmer dans une étude plus fine de vieillissement des produits).

Le bilan des analyses fait apparaître deux groupes de produits :

- deux produits jugés de bonne qualité : A et D,
- deux produits de qualité inférieure B et C avec notamment une teneur en acides gras chromatographiables plus faible.

Cette étude a donc permis d'évaluer l'intérêt de l'arsenal des méthodes analytiques disponibles sur les corps gras et de remettre en cause les méthodes utilisées jusque là pour l'appréciation de leur qualité en alimentation animale : détermination très précise des caractéristiques limites acceptables pour la mise en place de cahiers des charges et de plans de contrôle qualité de ces matières premières chez les fabricants d'aliments du bétail.

## Références bibliographiques

- Bocca B., Brambilla G., Di Pasquale M. et al., 2001. Caractérisation analytique des huiles végétales destinées à l'alimentation animale, Riv. Ital. Sostanze Grasse, vol. 78, n°12, p. 623-28.
- Gandemer G., Mordret F., Rossignol-Castéra A., Wolter R., 1997. Oxydation, anti-oxydation des lipides et nutrition, Tomes 1-2, CIIAA : Séminaire Formation Continue (12-13 juin 1997, ENV Alfort).
- Karleskind A., Wolff J.P., 1992. Manuel des corps gras. Tomes 1 et 2, Association Française pour l'Etude des Corps Gras, Congrès international "Chevreul", Angers, 1989, Tech. et Doc. Lavoisier.
- Mazette S., 2001. Expertise analytique des huiles acides, GIE EURO NUTRITION, Non publié.
- Morand-Fehr P., Tran G., 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale, Prod. animales, vol. 14, n°5, p. 285-301.
- Pritchard J.R., 1983, Spécifications et qualité des huiles végétales pour le raffinage. J. Am. Oil Chem. Soc., vol. 60, n°2, 1983, p. 322-32.
- Rossignol-Castéra A., 2000. Spécifications et analyse des huiles, cas des huiles acides. Journée ITERG-EURO NUTRITION. Couëron. Non publié.

# QUALITE DES HUILES ET ACIDES GRAS DE PALME ET DES MELANGES D'HUILES ACIDES VALORISATION ZOOTECHNIQUE PAR LE POULET DE CHAIR

Aubret Jean-Marc<sup>1</sup>, Huard Mireille<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TECHNA, BP 10, 44220 Coueron,

<sup>2</sup>CCPA, ZA du Bois de Teillay, 35150 Janze

*Travail conduit dans le cadre du GIE EURO NUTRITION, Route de Villeneuve, 95510 Vienne-en-Arthies*

## Résumé

L'objectif de cette étude a été de mener parallèlement et indépendamment à l'étude de caractérisation chimique et biochimique des produits présents sur le marché, des études expérimentales de valorisation zootechnique par les oiseaux : huile de palme brute, produits dérivés de palme et huiles végétales acides pures ou en mélange. Quatre études ont été conduites dans le cadre de la station de recherches zootechniques du GIE Euro nutrition entre août 1996 et janvier 2001. Les poids vifs et les croissances n'ont pas été affectés lors de l'utilisation d'huiles de palme brutes, d'huiles acides (20, 30 ou 50) ou de mélange de fractions de palme et d'acides gras de palme dans l'aliment. Les niveaux de consommation sont également restés similaires (différences non significatives au seuil de 10%) par rapport aux matières grasses de référence (graisse de couenne de porc et huile de colza brute). Dans un seul cas (huile de palme acide dans Expérience 1), l'Indice de Consommation Technique (ICT) a été augmenté (comme avec la graisse de couenne de porc) ; même si dans la même expérimentation, les ICT les meilleurs avaient été obtenus avec l'huile de colza brute ainsi que les huiles acides 20 et 30 ( $p < 0.10$ ). A la condition préalable de qualifier correctement les produits utilisés, il est possible d'incorporer ce type de matières grasses dans l'alimentation des poulets de chair.

## Introduction

La seconde partie de cette étude a consisté à mener, parallèlement et de manière indépendante à la caractérisation chimique et biochimique des huiles, acides gras de palme et mélange d'huile acides (Aubret et Huard, 2003), des études expérimentales de valorisation zootechnique de ces matières premières par les oiseaux (poulet de chair).

Ces matières premières pouvaient représenter des produits risqués sur le plan nutritionnel : manque de recul par notre industrie sur leur valorisation nutritionnelle et rareté des données bibliographiques.

En effet, en matière de :

### *Synergie des sources de matières grasses*

Kwakernaak et al (1995) ont montré une synergie entre les acides gras libres de soja et ceux du palme chez le poulet de chair en croissance et ce, quel que soit le taux d'incorporation (5 % ou 10 %). Jabbar et al. (1981) n'ont pas montré non plus de différence entre les huiles acides de colza issues des pâtes de neutralisation et le suif en cas d'utilisation séparée mais ont montré également une synergie entre les deux matières premières en cas d'utilisation conjointe.

### *Energie métabolisable et nature des acides gras*

Concernant les huiles acides, Ptichi et Nir (1993) ont également montré une moindre efficacité nutritionnelle des huiles acides issues des pâtes de neutralisation par rapport à la graisse de volaille. Dans une autre expérimentation, Vila et Esteve-Garcia (1996) ont montré que l'énergie métabolisable des huiles acides diminuait uniquement en fonction de la proportion d'acides gras libres saturés.

Concernant les huiles brutes, Valencia et al. (1993) ont montré que les résultats zootechniques n'étaient pas affectés par la nature et le pourcentage d'incorporation des huiles brutes ou raffinées (palme, palmiste, maïs ou graisse de volaille).

### *Energie métabolisable et caractérisation chimique*

Wiseman et al. (1992) ont montré que l'énergie métabolisable apparente de la ration de poulets de chair décroissait en fonction de l'incorporation croissante d'huile acide de tournesol de mauvaise qualité et ce, particulièrement, chez les animaux jeunes : le meilleur prédicteur de l'énergie métabolisable apparente étant le pourcentage d'acides gras libres ainsi que leur degré de saturation (Wiseman et Salvador, 1991). Vila et Esteve-Garcia (1996) ont montré que, outre l'âge des poulets de chair, les différences d'énergie métabolisable apparente entre huiles acides de tournesol et de soja étaient attribuables à la variation de la teneur en insaponifiable et à la fraction de la matière grasse non

éluable. Ces mêmes auteurs ont établi dans une troisième expérimentation une corrélation ( $r^2 = 0.72$ ) entre l'énergie métabolisable des sous-produits du raffinage des huiles et le ratio acides gras insaturés / saturés, la teneur en matière grasse non éluable et la teneur en insaponifiable.

Les études expérimentales ont porté sur les produits suivants :

- huile de palme brute,
  - produits dérivés de palme,
  - huiles végétales acides pures ou en mélange,
- en comparaison avec les matières grasses utilisées alors,
- graisse de couenne de porc,
  - huile de colza brute.

L'ensemble de ces études ont été conduites dans le cadre de la station de recherches zootechniques du GIE Euro nutrition de Vienne-en-Arthies.

## 1. Matériels et méthodes

Les animaux, dans les quatre expérimentations conduites d'août 1996 à janvier 2001, sont des poussins mâles de l'espèce Gallus de souche Ross, âgés de 8 jours (élevage en poussinière de 300 poussins au sol de 1 à 7 jours). Ils sont pesés et répartis en cage individuelle selon un dispositif en blocs complets équilibrés sur le critère poids vif. Les expériences sont conduites pendant 21 jours (de 8 à 28 jours d'âge). L'aliment et l'eau ont été distribués à volonté.

Les traitements expérimentaux sont comparés en fonction des performances zootechniques : bilan alimentaire pour :

- le contrôle du poids vif des animaux en début et en fin de période (Poids),
- la mesure de la croissance journalière ou Gain Moyen Quotidien (GMQ),
- la mesure de la consommation moyenne journalière (CMJ),
- le calcul de l'Indice de Consommation Technique (ICT), rapport entre CMJ et GMQ.

Les données ont été soumises à un traitement statistique complet : analyse de variance selon un dispositif en blocs complets équilibrés et données traitées par la procédure UNIANOVA de SPSS, comparaisons de moyennes selon la méthode de Newman et Keuls. Les moyennes ne présentant pas une lettre commune a,b,c diffèrent statistiquement ( $p < 0.10$ ).

**TABLEAU 1** : Description des expérimentations

<b>Expériences</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Dates	08/1996	10/1996	11/1999	01/2001
Nombre d'animaux	120	72	144	144
Nombre de traitements	5	3	6	3
Nombre de répétitions	24	24	24	48
<b>Traitements</b>	<b>Nature de la MG utilisée (en substitution)</b>			
	Graisse couenne de porc	Graisse couenne de porc	Graisse couenne de porc	Graisse couenne de porc
1				
2	Huile de colza	Huile de colza	Huile de colza	Huile de colza
3	HVA de palme	HVA 50	Huile de palme	Huile de palme
4	HVA 20	-	HVA 30	-
5	HVA 30	-	HVA 50	-
6	-	-	Palme + PFAD	-
<b>Matières premières</b>	<b>Composition du régime de base (en %)</b>			
Blé	15.0 %	40.2 %	48.9 %	54.1 %
Maïs	35.0 %	11.5 %	-	-
Issues de blé	5.0 %	-	5.0 %	7.5 %
Pois	-	-	6.0 %	-
Tourteau de soja 48	32.0 %	34.5 %	28.7 %	28.7 %
Graine de colza	2.0 %	-	-	-
Graine de soja extrudée	-	4.0 %	-	-
Farine de viande 55G	3.9 %	-	-	-
CMV	3.1 %	4.8 %	6.4 %	4.7 %
<b>MG testée</b>	<b>4.0 %</b>	<b>5.0 %</b>	<b>5.0 %</b>	<b>5.0 %</b>

HVA : Huile Végétale Acide

PFAD: Distillats d'Acides Gras de Palme

MG : Matière Grasse

CMV : Concentré Minéral et Vitaminique

## 2. Résultats

### 2.1. Expérience 1

**TABLEAU 2 : Performances zootechniques**

	1	2	3	4	5
	Graisse couenne de porc	Huile de colza brute	Huile acide de palme	Huile acide 20	Huile acide 30
Poids (g)	1326	1375	1353	1317	1346
GMQ (g/j)	55.3	57.6	56.7	54.9	56.3
CMJ (g/j)	86.2 <sup>ab</sup>	86.0 <sup>ab</sup>	88.7 <sup>b</sup>	83.7 <sup>a</sup>	85.6 <sup>ab</sup>
ICT	1.560 <sup>bc</sup>	1.495 <sup>a</sup>	1.566 <sup>c</sup>	1.527 <sup>ab</sup>	1.522 <sup>a</sup>

La meilleure consommation est obtenue avec l'huile de palme acide (88.7 g/j) mais l'écart n'est pas significatif par rapport aux autres régimes (sauf avec l'huile acide 20). Le niveau d'acidité oléique des huiles (respectivement 77 %, 45 % et 55 % pour les régimes 3, 4 et 5) reflétant la forte proportion d'acides gras libres ainsi que la proportion élevée de composés polaires de ces huiles respectivement 55, 62.7 et 70.7 % sur les régimes 3, 4 et 5) semblent donc ne pas avoir d'incidence négative sur la consommation des animaux. L'effet régime sur le GMQ n'est pas significatif. L'huile de colza et les huiles acides 20 et 30 fournissent les meilleurs ICT ( $p < 0.10$ ). Seuls les régimes huile acide de palme et graisse de couenne de porc présentent des indices significativement dégradés.

### 2.2. Expérience 2

**TABLEAU 3 : Performances zootechniques**

	1	2	3
	Graisse couenne de porc	Huile de colza brute	Huile acide 50
Poids (g)	1433 <sup>b</sup>	1383 <sup>a</sup>	1435 <sup>b</sup>
GMQ (g/j)	59.2 <sup>b</sup>	56.8 <sup>a</sup>	59.3 <sup>b</sup>
CMJ (g/j)	94.7 <sup>ab</sup>	91.0 <sup>a</sup>	95.7 <sup>b</sup>
ICT	1.599	1.606	1.616

La graisse de couenne de porc et l'huile de colza sont les mêmes que celles précédemment utilisées dans l'expérience 1 : le niveau d'acidité oléique de l'huile acide 50 ayant été mesuré à 53.6 % avec un niveau de composés polaires totaux de 66.9 %.

Les poids et les GMQ les plus élevés ont été obtenus avec la graisse de couenne de porc et l'huile acide 50 ( $p < 0.10$ ). On note parallèlement une augmentation significative de la consommation pour le régime huile acide 50 par rapport à l'huile de colza. Par contre, les ICT n'ont pas été affectés.

### 2.3. Expérience 3

**TABLEAU 4 : Performances zootechniques**

	1	2	3	4	5	6
	Graisse couenne de porc	Huile de colza brute	Huile de palme brute	Huile acide 30	Huile acide 50	Huile palme + PFAD
Poids (g)	1428	1458	1479	1449	1495	1456
GMQ (g/j)	61.1	62.6	63.7	62.1	64.5	62.5
CMJ (g/j)	106.6	110.2	110.3	111.6	113.0	109.3
ICT	1.748	1.765	1.735	1.799	1.758	1.749

On ne note pas d'effets régime (nature des matières grasses) sur le poids des animaux, le GMQ, la CMJ et l'ICT.

### 2.4. Expérience 4

**TABLEAU 5 : Performances zootechniques**

	1	2	3
	Graisse couenne de porc	Huile de colza brute	Huile de palme brute
Poids (g)	1464	1488	1498
GMQ (g/j)	59.9	61.0	61.4
CMJ (g/j)	96.3	97.0	97.8
ICT	1.612	1.591	1.592

Comme dans l'expérience précédente, les trois régimes (graisse de couenne de porc, huile de colza brute et huile de palme brute) ne sont pas significativement différents pour le poids des animaux, le GMQ, la CMJ et l'ICT.

## Conclusion

Au vu des résultats des quatre expérimentations zootechniques, on peut conclure que les poids et les GMQ n'ont pas été affectés lors de l'utilisation d'huiles de palme brutes, d'huiles acides (20, 30 ou 50) ou de mélange de fractions de palme et de PFAD. Les niveaux de consommation sont également restés similaires (différences non significatives au seuil de 10%) par rapport aux matières grasses de référence (graisse de couenne de porc et huile de colza brute). Dans un seul cas (huile de palme acide dans l'expérience 1), l'Indice de Consommation Technique a été significativement augmenté, comme avec la graisse de couenne de porc ; même si dans la même expérimentation, les ICT les meilleurs avaient été obtenus avec l'huile de colza brute ainsi que les huiles acides 20 et 30 ( $p < 0.10$ ).

Les analyses effectuées dans le cadre de ces expérimentations n'avaient pas intégré toutes les connaissances acquises depuis lors (Aubret et Huard,

2003). Il conviendra donc de mettre en relation, dans le cadre de futures expérimentations, les performances zootechniques d'une part et les critères analytiques pertinents identifiés lors de l'étude de caractérisation chimique et biochimique d'autre part (en particulier les teneurs en eau et impuretés, teneurs en acides gras chromatographiables et stabilité oxydative).

On peut donc, à la condition préalable de bien les qualifier, utiliser ce type de matières grasses dans l'alimentation des poulets de chair. Le comportement technologique de ces produits est également un facteur important à prendre en compte et à adapter à chaque process industriel des usines de fabrication d'aliments.

De nouvelles investigations devront également être menées sur les autres espèces volailles (dindons, pintades, canards et poudeuses notamment).

## Références bibliographiques

- Aubret JM, Huard M., 2003, 5<sup>ème</sup> Journées Recherche Avicole, Tours, 26 et 27 mars 2003.
- Jabbar M., Leeson S., Slinger S.J., 1981, Poultry science, 60, p. 365-372.
- Karleskind A., Wolff JP, 1992, Manuel des corps gras. Tomes 1 et 2, Association Française pour l'Etude des Corps Gras, Congrès international "Chevreul", Angers, 1989, Tech. et Doc. Lavoisier.
- Kwakernaak C., Scheele C.W., Smulders A., Zumbado M., 1995, 10th European Symp. on Poultry Nutrition, WPSA, Turquie (15-19 octobre 1995).
- Pfichi I., Nir I., 1993. 9th European Symp. on Poultry Nutrition WPSA, Pologne (5-9 septembre 1993).
- Valencia M.E., Watkins S.E., Waldroup A.L., Waldroup P.W., 1993, Poultry science, 72, p. 2200-2215.
- Vila B., Esteve-Garcia E., 1996, British Poultry Science, 37, p. 105-117, p. 119-130, p. 131-144.
- Wiseman J., Edmunds B.K., Shepperson N., 1992, Animal Feed Science and Technology, 36, p. 41-51.
- Wiseman J., Salvador F., 1991. Poultry science, 70, p. 573-582.

# PREDICTION DE LA VALEUR ENERGETIQUE METABOLISABLE DU MAÏS CHEZ LE COQ ADULTE

<sup>1</sup>Lessire M., <sup>1</sup>Hallouis J.M., <sup>2</sup>Barrier-Guillot B., <sup>2</sup>Orlando D., <sup>3</sup>Champion M. et <sup>3</sup>Féménias N.

<sup>1</sup> INRA-SRA 37380 Nouzilly, <sup>2</sup>ARVALIS 91720 Boigneville, <sup>3</sup>LIMAGRAIN Agro-industrie, 63720 Chappes

## Résumé

L'énergie métabolisable apparente ou vraie de 37 échantillons de maïs grain choisis parmi la collection du sélectionneur Limagrain a été déterminée sur des coqs adultes par la technique de bilan digestif. En parallèle, ces maïs ont été analysés pour leur composition centésimale, leur énergie brute et leur viscosité utile réelle. Les valeurs d'énergie métabolisable varient dans de grandes proportions : 3635 à 4093kcal/kg de matière sèche, en grande partie grâce à une large plage des teneurs en lipides totaux : 2.67 à 8.37%. Ce critère analytique permet à lui seul de prédire correctement la valeur énergétique du maïs ( $r^2=0.69$ , ETR=71kcal), il en est de même de l'énergie brute, très fortement corrélée à la teneur en lipides ( $r^2=0.9$ ). L'apport du critère « parois insolubles » améliore significativement la précision des équations de prédiction ( $r^2=0.83$ , ETR=52kcal), les autres critères non liés aux premiers : sucres, cendres et protéines n'améliorent pas de façon importante les équations. Il en est de même de la viscosité utile réelle, critère peu variable dans le cas du maïs.

## Introduction

Le maïs est une céréale privilégiée pour la formulation des aliments destinés aux volailles. Aussi de nombreux articles traitent des facteurs de variation de sa composition centésimale et de sa valeur nutritionnelle, en particulier de sa teneur en énergie métabolisable (EM) chez les oiseaux domestiques (Lessire, 1985 ; Dale, 1994 ; Métayer et al, 1993 ; Leeson et al, 1977 ; Barrier-Guillot et al, 2001). Les valeurs EM mentionnées varient de moins de 3500 (Leeson et al, 1977) à plus de 3940kcal/kg de produit sec, voire à plus de 4000kcal pour des maïs riches en huile (Dale and Whittle, 1991, Rand et al, 1997). Pouvoir prédire l'EM de cette céréale à partir de sa composition centésimale ou de ses caractéristiques physiques permettrait au formulateur d'aliment de mieux calculer les rations.

L'objectif des travaux mis en place est de mesurer chez le coq adulte la valeur EM d'un nombre important d'échantillons de maïs. En parallèle aux mesures sur animaux, la composition centésimale des échantillons est déterminée. Dans un deuxième temps, les corrélations entre les critères analytiques et nutritionnels sont établies pour ensuite proposer des équations de prédiction de la valeur EM de la céréale.

## 1. Matériels et méthodes

37 lots de maïs grain, issus d'un pool de plus de 100 échantillons, ont été sélectionnés pour offrir la plus grande dispersion possible des principaux constituants analytiques, tout en limitant les corrélations usuelles entre constituants analytiques (analyses en infrarouge). Ce sont tous des hybrides commerciaux ou expérimentaux, récoltés et séchés dans des conditions optimales. Ils ont été analysés pour leur contenu en matière sèche (103°, 4h), matières azotées totales

(Kjeldahl à l'INRA et Dumas ou Kjeldahl à ARVALIS), matières grasses avec ou sans hydrolyse préalable à l'extraction à l'éther de pétrole sur 26 d'entre eux à ARVALIS, Amidon Ewers, parois insolubles dans l'eau (AFNOR V18-11), sucres totaux selon Luff-Schoorl et cendres brutes à ARVALIS, énergie brute (EB) à ARVALIS et à l'INRA (calorimètres isopériboles) et viscosité utile réelle (Carré et al, 1994) à l'INRA. Leur énergie métabolisable a été déterminée sur un minimum de 10 coqs adultes par maïs. Chaque échantillon est broyé à 0.75mm, puis un aliment expérimental composé de 90% de maïs et 10% de manioc également broyé est gavé en mélange avec de l'eau afin d'assurer un ingéré de 100g de matière sèche par oiseau (Lessire, 1990). Des déterminations de la valeur EM du manioc sont effectuées à chaque série de mesure afin de calculer par différence la valeur du maïs seul. Les valeurs énergétiques sont exprimées en EM apparente ou vraie, corrigée pour un bilan azoté nul (EMAn et EMVn). Les corrélations entre les différents critères analytiques entre eux et avec les énergies métabolisables sont calculées.

## 2. Résultats et discussion

Les résultats moyens ainsi que les valeurs extrêmes observées sur les maïs sont consignés au Tableau 1. Des comparaisons de moyennes sont effectuées entre les deux laboratoires pour les critères analytiques suivants : énergie brute et teneur en protéines, et des corrélations sont calculées entre les teneurs en lipides observées avec ou sans traitement préalable à l'acide chlorhydrique. Nous n'avons pas fait de distinction entre les maïs cornés et les corné-dentés représentant respectivement 1/3 et 2/3 de la population analysée.

Les moyennes des EB des 37 lots de maïs sont identiques dans les deux laboratoires : 4558 et 4568kcal/kg de matière sèche pour l'INRA et ARVALIS respectivement,

ces données sont sensiblement plus élevées (+51kcal) que celles observées lors de travaux précédents à ARVALIS (Barrier-Guillot et al, 2001). Il en est de même des teneurs en protéines qui s'élèvent respectivement à 11.9% à l'INRA et à 12.2% à ARVALIS, ces valeurs sont relativement élevées.

Les teneurs moyennes en lipides des 26 lots de maïs sont respectivement de 5.40% avec hydrolyse préalable et de 4.42% sans hydrolyse, soit une différence d'environ 1 point, ce que confirme la régression :  $MG_{HCl}=1.35+0.91MG$ , ( $r^2=0.96$ ) ; une différence similaire avait déjà été observée par Barrier-Guillot et al, en 2001, mais seulement sur 8 échantillons. Pour l'ensemble de la population analysée sans hydrolyse (N=37), les lipides représentent en moyenne 4.92% de la matière sèche. La teneur moyenne en amidon Ewers s'élève à 69.7% avec des valeurs comprises entre 63.9 et 74.6%. Les sucres totaux varient quant à eux de 0.73 à 3.21% pour une moyenne de 1.73%. Les niveaux de viscosité (VUR) sont très faibles : 0.46 mg/l en moyenne.

L'EMAn moyenne calculée sur l'ensemble des 37 échantillons s'élève à 3829 kcal/kg de matière sèche, soit 88kcal ou 2.4% de plus que les valeurs mentionnées par Barrier-Guillot et al, en 2001. Il est possible d'attribuer cette différence à la composition spécifique de certains de nos échantillons, en particulier à ceux riches en huile et dont la valeur EMAn dépasse 4000 kcal/kg. La valeur la plus élevée est en effet de 4093 kcal alors que la plus faible n'est que de 3635 kcal. Dans la mesure où les niveaux d'ingestion des coqs sont élevés, les valeurs EMAn ne diffèrent pas significativement des EMVn, ces grandeurs sont fortement corrélées :

$$EMAn = -70.04 + 1.007EMVn \quad (r^2 = 0.99)$$

La matrice des corrélations entre les différents paramètres analysés est présentée au Tableau 2. L'énergie brute est corrélée négativement à la teneur en amidon et positivement aux lipides, sucres. Les matières grasses sont corrélées aux fractions glucidiques :  $r = -0.45$  avec l'amidon et  $r = +0.47$  avec les sucres. Les teneurs en protéines évoluent en sens inverse de la quantité d'amidon ( $r = -0.59$ ) mais proportionnellement à la teneur en cendres ( $r = 0.8$ ). Sucres et amidon évoluent en sens inverse ( $r = -0.34$ ). Les EM sont corrélées positivement avec l'EB et donc les lipides et les sucres et négativement avec les parois, l'effet dilution des matières minérales est à la limite de la signification statistique ( $p = 0.06$ ). Les corrélations entre EB et EM sont supérieures lorsque l'on retient l'EB INRA, ce qui s'explique par le fait que cette EB est utilisée pour le calcul des EM.

Compte tenu de ces corrélations, des équations de prédiction de la valeur EMAn peuvent être calculées, elles font l'objet du Tableau 3. Elle ont été calculées en retenant les analyses effectuées par le laboratoire n'ayant pas réalisé les bilans digestifs (ARVALIS).

La teneur en lipides totaux (équation 3) est le prédicteur le plus puissant ( $r^2 = 0.69$  ; ETR=71kcal). L'utilisation de l'énergie brute déterminée à ARVALIS permet d'atteindre un écart-type résiduel de 89kcal (équation 2). Le critère « parois insolubles dans l'eau » pris seul est peu performant. Les deux caractéristiques analytiques indépendantes qui aboutissent à la meilleure précision sont les matières grasses et les parois (équation 6), on aboutit ainsi à un écart-type résiduel très proche de la variabilité que l'on observe *in vivo* sur animaux lors d'un bilan digestif. La prise en compte des critères sucres et cendres n'améliore pas les équations. La relation entre EMAn mesurée sur animaux et calculée par l'équation 6 est illustrée à la Figure 1

## Conclusion

Les maïs étudiés présentent une variabilité de composition et donc de valeur énergétique très importante, beaucoup plus importante que celle mentionnée dans les travaux de Barrier-Guillot et al, 2001. Les conclusions sont cependant assez similaires dans la mesure où les deux études aboutissent à des équations de prédiction précises et utilisant les mêmes critères analytiques : lipides et parois. Dans le cas de la présente étude, la teneur lipides est un prédicteur plus puissant que les parois, mais notre échantillon, à l'inverse de celui de l'autre étude, était composé de plusieurs maïs riches en huiles, ce qui augmente la variabilité et le poids relatif des lipides par rapport aux parois. En effet, lorsqu'une variabilité importante des teneurs en lipides est observée, ce critère s'avère très performant (Dale and Whittle, 1991).

En définitive, il est donc possible de prédire la valeur nutritionnelle du maïs chez les volailles de façon précise en utilisant des critères simples et faciles à analyser au laboratoire.

## Références bibliographiques

- Barrier-Guillot B., Métayer J.P., Roffidal L., 2001. 4<sup>ème</sup> JRA, 205-208.
- Carré B., Gomez J., Melcion J.P., Giboulot B., 1994. INRA Prod. Anim., 7, 369-379.
- Dale N., 1994. J. Appl. Poult. Resh., vol 10, 83-86.
- Dale N., Whittle E., 1991. Poult. Sci. 70 Suppl.1:32.
- Leeson S., Summers J.D., Daynard T.B., 1977. Poult. Sci., 56, 154-156.
- Lessire M., 1990. Brit. Poult. Sci., 31, 785-793.
- Lessire M., 1985. 1ère conférence avicole, Groupe Français WPSA, Cahier n°1, 26-36.
- Métayer J.P., Grosjean F., Castaing J., 1993. Anim. Feed Sci. Technol., 43, 87-108.
- Rand N., Noy Y., Stilborn H., 1997. Proc. 11<sup>th</sup> Europ. Symp. Poult. Nut., 65-77.

**TABLEAU 1 :** Caractéristiques analytiques et nutritionnelles des 37 maïs utilisés, valeurs exprimées sur sec

	<b>EB Arvalis</b>	<b>EB INRA</b>	<b>MG*</b>	<b>MG HCl**</b>	<b>MAT Arvalis</b>	<b>MAT INRA</b>	<b>Amid.</b>	<b>Parois</b>	<b>Sucres</b>	<b>Cendres</b>	<b>VUR</b>	<b>EMAn</b>	<b>EMVn</b>
<b>Moy.*</b>	4568	4558	4.92	5.40	12.20	11.90	69.7	9.86	1.73	1.55	0.41	3829	3871
<b>Min.</b>	4368	4429	2.67	3.50	8.88	8.60	64.0	7.62	0.73	1.26	0.14	3635	3698
<b>Max.</b>	4718	4712	8.37	8.80	17.12	16.71	74.6	12.38	3.21	1.91	0.72	4093	4133

\*pour N=26, moyenne=4,42%, minimum=2,67%, maximum=8,37%.

\*\*N=26.

**TABLEAU 2 :** Matrice des corrélations entre les critères analytiques et nutritionnels des 37 lots de maïs étudiés

	<b>EB Arvalis</b>	<b>EB inra</b>	<b>MG</b>	<b>MAT Arvalis</b>	<b>MAT inra</b>	<b>Amidon</b>	<b>Parois</b>	<b>Sucres</b>	<b>Cendres</b>	<b>VUR</b>	<b>EMAn</b>	<b>EMVn</b>
<b>EB Arvalis</b>	1											
<b>EB inra</b>	0,89***	1										
<b>MG</b>	0,87***	0,91***	1									
<b>MAT Arvalis</b>	0,13	0,05	-0,27	1								
<b>MAT inra</b>	0,09	4E-4	-0,32	0,99***	1							
<b>Amidon</b>	0,68***	0,67***	0,45**	0,59***	-0,56***	1						
<b>Parois</b>	-0,13	-0,15	-0,13	-0,17	-0,16	-0,12	1					
<b>Sucres</b>	0,40*	0,41*	0,47**	-0,26	-0,27	-0,34	0,01	1				
<b>Cendres</b>	0,13	0,01	-0,21	0,80***	0,80***	-0,63***	0,16	-0,04	1			
<b>VUR</b>	0,07	-0,08	-0,10	0,22	0,23	-0,21	0,21	0,12	0,35	1		
<b>EMAn</b>	0,72***	0,82***	0,84***	-0,19	-0,24	-0,29	-0,48**	0,33*	-0,31	-0,26	1	
<b>EMVn</b>	0,72***	0,82***	0,84***	-0,19	-0,24	-0,29	-0,48**	0,33*	-0,32	-0,27	1***	1

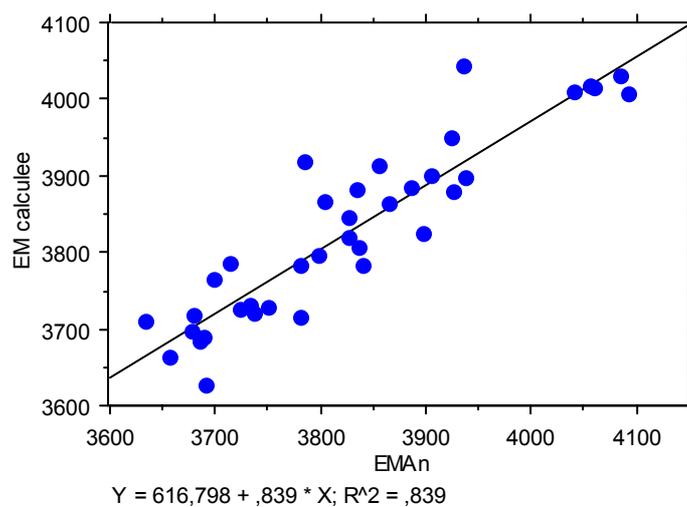
\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$

**TABLEAU 3 : Equations de prédiction de la valeur EMAn du maïs grain**

Equation	constante	EB	MG	Parois	Sucres	Cendres	R <sup>2</sup>	ETR
1	-1714,8	1,216*					0,66	75
2	-1135,1	1,087					0,51	89
3	3502,3		66,4				0,69	71
4	4345,3			-52,38			0,20	114
5	-365,3	1,01		-42,7			0,65	75
6	3929,9		62,69	-41,51			0,83	53
7	3934,3		64,59	-41,12	-10,17		0,83	53
8	4040,4		62,9	-39,76	-9,07	-73,16	0,83	52
9	-182,0	0,97		-43,22	14,56		0,64	76

\*avec EB *inra*

**FIGURE 1 : Relation entre EMAn mesurée et EMAn calculée**



## VALEUR ENERGETIQUE DE DIFFERENTS ALIMENTS DISTRIBUES DE FACON CONTINUE OU ALTERNEE CHEZ LE POULET LOURD

Vilariño Maria <sup>1</sup>, Barrier-Guillot Bruno <sup>2</sup>, Bouvarel Isabelle <sup>3</sup>, Boutten Bruno <sup>4</sup>, Roffidal Lucien <sup>5</sup>,  
Castaing Julien <sup>6</sup>, Leterrier Christine <sup>7</sup>, Picard Michel <sup>7</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS, Pouline, 41100 Villerable, <sup>2</sup> ARVALIS, Boigneville, 91720 Maisse,  
<sup>3</sup> ITAVI, 28 rue du Rocher, 75008 Paris, <sup>4</sup> CTSCCV, 7 av. du Général de Gaulle, 94704 Maison-Alfort Cedex, <sup>5</sup>  
INZO°, Chierry, 02400 Château-Thierry, <sup>6</sup> ADÆSO, chemin de Pau, 64121 Montardon  
<sup>7</sup> INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly

### Résumé

La distribution alternée de deux aliments différents par leur concentration en énergie et en protéines a été proposée comme une technique permettant de réduire les problèmes liés à l'élevage des poulets lourds. Trois essais ont été réalisés dans le but de vérifier l'additivité de la valeur énergétique des régimes offerts en alternance. Le principe des trois essais repose sur la formulation de deux régimes, l'un dit « protéique » et l'autre dit « énergétique » qui, distribués aux poulets de manière séparée dans le temps, sont censés avoir la même valeur nutritionnelle pour le poulet qu'un aliment complet distribué en continu. Le bilan digestif est réalisé sur des poulets mâles Cobb 500 de 21 à 24 jours d'âge. Les résultats montrent que l'alimentation alternée ne perturbe pas la digestibilité des aliments et que la valeur énergétique de deux aliments offerts séparément n'est pas différente de celle attendue pour un aliment similaire unique et distribué en continu.

### Introduction

Le poulet de type lourd permet un rendement intéressant quand il est utilisé pour la découpe. Cependant, son élevage est plus long ce qui entraîne des mortalités, des saisies plus importantes et des coûts de production plus élevés. Des nouvelles techniques d'alimentation cherchent à améliorer cette production et à la rendre plus rentable. Il s'agit de moduler la courbe de croissance par une technique d'alimentation séquentielle, permettant de gérer les apports protéiques et énergétiques par l'offre séparée dans le temps de deux aliments de caractéristiques différentes (Bouvarel et al., 2003). Différentes stratégies d'alimentation (formules, rythmes...) ont été évaluées au niveau zootechnique (Larroudé et al, 2003) ainsi que sur les propriétés technologiques des viandes issues de ce type de système d'alimentation (Boutten et al, 2003). La teneur en Energie Metabolisable Apparente à bilan azoté nul (EMAn) du blé, mesurée sur des jeunes poulets, semble être similaire qu'il soit présenté entier, en farine ou en granulés (Barrier-Guillot et al, 1997). Différents travaux sur la distribution de grains de céréale en alternance avec un aliment complémentaire ont ouvert la voie à des régimes complexes utilisant dans un même élevage deux aliments différents au cours d'un cycle de 24 heures (Picard et al, 2000) L'alimentation séquentielle a été évaluée dans plusieurs conditions au niveau expérimental. Les poussins semblent capables, d'établir une stratégie de choix efficace rapidement,

s'ils comprennent la situation (Yo, 1994). Cependant, la différenciation entre deux aliments se fait selon des critères complexes, qui peuvent combiner des caractères intrinsèques et extrinsèques de ces aliments (Picard et al, 1996)

Cette technique permettra *in fine* d'ajuster les apports en fonction d'un objectif de production et de donner aux animaux une souplesse d'adaptation à leur environnement.

L'objectif de ces essais est de vérifier que l'utilisation de l'énergie de deux aliments, différents par leur niveau de protéine et d'énergie, consommés de façon séparée dans le temps (alimentation alternée), est comparable à celle que l'on pourrait obtenir, de façon théorique, par le calcul de la valeur énergétique de chacun des régimes quand ils sont offerts seuls en alimentation continue.

### Schéma expérimental général

Trois essais sont réalisés à ARVALIS à la station expérimentale de Pouline. Des poussins de souche Cobb 500, âgés de 1 jour, sont élevés en poussinière de J1 à J15 avec un aliment démarrage du commerce. A J16, les poussins sont pesés individuellement, puis repartis en blocs homogènes sur le critère du poids corporel. Les poulets retenus sont alors placés (1 ou 2 selon l'essai) dans leurs cages et reçoivent les aliments expérimentaux soit en continu, soit en alterné jusqu'à J24. Le bilan digestif est réalisé de J20 à J24, avec des périodes de jeûne avant et en fin de collecte. Les rythmes d'alimentation testés dans

chaque essai sont présentés dans le schéma suivant. Tous les bilans sont précédés d'une période d'adaptation pendant 4 jours avec des rythmes identiques.

Heure début	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Jeune		Jeune 16h	Jeune 16h
8h00	Jeune 24h	P	P
16h00	P	P	P
24h00	P	P	P
8h00	E	E	E
16h00	P	E	E
24h00	P	E	E
8h00	E	P	P
16h00	P	P	P
24h00	P	P	P
8h00	E	E	E
16h00	Jeune 24h	Jeune 16h	Jeune 16h

Les cellules en gris représentent la période d'extinction de lumière. Le changement d'aliment est fait en début d'éclairage. P : Aliment protéique ; E : Aliment énergétique ou blé

Les performances de croissance de 16 à 24 jours sont enregistrées (consommation, gain de poids). Dans ces trois essais, différentes formules et différents rythmes de distribution sont testés.

La mesure de l'EMAn de chaque aliment offert seul en continu permet de calculer l'EMAn théorique du mélange offert en alimentation séquentielle. Ainsi, si l'EMAn est additive la différence entre mesurée et théorique doit être faible. La EMAn théorique de l'alimentation en alternance est obtenue par calcul avec la formule :

$(EMAn\ P \times \% \text{ consommation } P) + (EMAn\ E \times \% \text{ consommation } E)$  ; où P = aliment protéique (g/heure) et E = aliment énergétique (g/heure). L'expression en g/heure permet de comparer la proportion d'aliment E et P consommé indépendamment des différences de temps d'accès pendant le bilan.

## 1. Essai 1

### 1.1. Matériels et méthodes

Ce premier essai se différencie des deux suivants par l'inclusion de régimes avec du blé en miettes et grains entiers, et par une période d'alternance plus rapprochée. A 15 jours d'âge, 140 animaux sont placés par groupes de deux dans 10 blocs de 7 traitements. Du blé entier est mis à leur disposition en poussinière pour faciliter leur adaptation. L'alternance de distribution testée est de 8h (Tableau 1). En alimentation alternée, les poulets reçoivent soit un aliment complémentaire (Cc) en alternance avec du blé, soit un aliment protéique (Pm) en alternance avec un aliment énergétique (Em), équivalent à un "blé enrichi".

Les écarts de matière azotée totale (MAT=78 g/kg MS) et d'énergie (77 kcal/kg MS) entre les aliments Em et Pm ne sont pas très élevés. Les écarts

plus forts sont entre la MAT du blé et de l'aliment complémentaire (133 g/kg MS)

## 1.2. Résultats et discussion

Les résultats de consommation montrent que pendant le bilan (J20-J24) les poulets ont tendance à surconsommer les aliments "protéiques" et à sous consommer les aliments "énergétiques". Pendant cette phase, le blé a été particulièrement mal consommé, quelle que soit leur présentation physique (entier, en miettes ou incorporé dans le granulé). Les aliments Em/Pm sont par contre mieux consommés.

Le Tableau 1 présente les résultats obtenus pendant le bilan avec les différents traitements. La valeur énergétique mesurée en alimentation alternée est similaire à celle attendue par calcul de l'énergie apportée par chaque régime séparément. En alimentation séquentielle le régime avec du blé entier semble mieux valorisé (3408 kcal/kg MS) que le régime avec du blé en miettes (3321 kcal/kg MS).

Dans cet essai, un deuxième bilan a été fait de J34 à J38 (résultats non présentés). La consommation d'aliment énergétique a augmenté, sans changements dans l'utilisation de l'énergie des aliments en alternance.

*La digestion des poulets n'est pas perturbée par une distribution alternée des aliments. L'EMAn de deux aliments distribués en alternance dans une journée est très proche de l'EMAn calculée à partir des aliments testés séparément. Deux régimes formulés avec des caractéristiques différentes semblent mieux acceptés qu'une alimentation avec du blé et un aliment complémentaire.*

## 2. Essai 2

### 2.1. Matériels et méthodes

Dans ce deuxième essai, l'objectif est de vérifier si le principe d'additivité se confirme en faisant varier les durées d'alternance de distribution des aliments (un jour sur deux), et ceci pour deux types de formules des aliments "énergétique" et "protéique".

Trois aliments sont formulés et fabriqués par l'INRA : Témoin (EMA=3103 kcal/kg, MAT=205 g/kg), Em (EMA=3335 kcal/kg, MAT=150 g/kg) et Pm (EMA=2871 kcal/kg, MAT=260 g/kg). Trois autres sont formulés et fabriqués par l'ADÆSO : Témoin (EMA=3250 kcal/kg, MAT=180 g/kg), Em (EMA=3400 kcal/kg, MAT=142 g/kg) et Pm (EMA=3100 kcal/kg, MAT=214 g/kg).

Les aliments Em et Pm sont distribués seuls en continu, ou en alternance. Les 8 traitements sont évalués sur 144 poulets, soit 9 répétitions de 2 poulets.

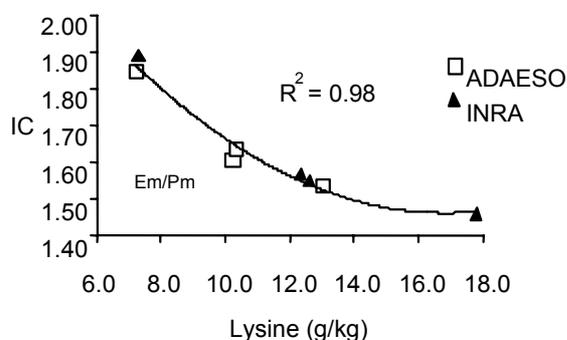
## 2.2. Résultats et discussion

Les écarts de MAT et EMAn mesurés entre les aliments Em et Pm sont, respectivement de 12.7 g/kg MS et 397 kcal/kg MS pour les aliments INRA et de 6,4 g/kg MS et 317 kcal/kg MS pour les aliments ADÆSO.

Les aliments ADÆSO ont été légèrement plus consommés que les aliments INRA. Les poids vifs (PV) à 24 jours les plus élevés sont obtenus avec les aliments témoins et les aliments Pm (1040 g en moyenne), ainsi que les meilleurs IC (1.50 en moyenne). Les PV les plus faibles ainsi que les moins bons IC à J24 sont observés avec les aliments Em (970 g PV et 1.87 respectivement), c'est à dire, les plus faibles en protéines. Les performances de croissance des poulets lourds ne sont pas dégradées par une alimentation de type alternée (1012g PV en moyenne vs 1048 g PV pour les témoins). Les indices de consommation obtenus avec les aliments consommés en alternance sont très proches de ceux obtenus avec les aliments témoins respectifs en alimentation continue (1.61 vs. 1.58).

La Figure 1 illustre l'excellente relation qui existe entre la teneur en lysine de l'aliment et l'IC ( $r^2=0.98$ ). Cette relation est similaire entre la MAT et l'IC ( $r^2=0.99$ ).

**FIGURE 1** : Relation entre l'indice de consommation et la quantité de lysine ingérée par traitement



Ceci montre d'une part, que les poulets lourds ont des besoins importants en protéines et acides aminés, et d'autre part, que les performances des poulets lourds entre 15 et 24 jours dépendent beaucoup plus des apports protéiques que des apports énergétiques.

Le Tableau 2 présente les résultats obtenus pendant le bilan avec chacun des traitements.

Les animaux ont consommé de 50 à 55% de l'aliment énergétique. Quel que soit l'écart protéique entre les aliments, la valeur énergétique mesurée en alternance est similaire à la valeur théorique et cela pour les deux formules, avec un écart maximal de 9 kcal/kg MS. L'additivité observée avec une alternance de 8h est validée aussi pour des périodes plus longues de 24 heures.

*Les performances de croissance des poulets lourds ne sont pas dégradées par l'alternance des aliments toutes les 24 heures. La valeur énergétique des aliments distribués séparément un jour sur deux peut reposer sur le principe d'additivité, même avec deux aliments de caractéristiques extrêmes.*

## 3. Essai 3

### 3.1. Matériels et méthodes

Dans cet essai, 3 formules fabriquées par l'ADÆSO sont testées. Les teneurs en protéines des aliments énergétiques et protéiques, sont semblables à celles des aliments Em et Pm testés dans l'essai 2. Ils sont formulés pour obtenir des écarts en protéines identiques entre les aliments des trois traitements en alternance (14 vs 26 % entre E et P).

Les traitements diffèrent entre eux principalement par l'écart de valeur énergétique entre les aliments "E" et "P", soit un écart de 0, 750 et 150 kcal/kg pour les traitements Tbb/Thh, Em/Pb et Em/Ph, respectivement. Les aliments distribués seuls en continu permettent de mesurer la valeur énergétique de chacun des aliments. Les 9 traitements sont testés sur 72 poulets, soit 8 répétitions de 1 poulet par traitement.

### 3.2. Résultats et discussion

Les écarts attendus entre les aliments distribués en alternance, sont retrouvés dans la plupart des cas. On retrouve bien la même valeur énergétique pour les aliments Tbb et Thh. L'écart prévisionnel entre Em et Pb est un peu plus faible (633 kcal/kg) et l'écart entre Em et Ph est un peu plus élevé (182 kcal/kg).

Les poids des poulets les plus élevés à J24 (916 g) sont obtenus avec le traitement Tbb/Thh, dont les teneurs en protéines sont extrêmes et les valeurs énergétiques identiques. Les relations entre la MAT ou la lysine de l'aliment et l'IC sont plus faibles que dans l'essai précédent ( $r^2=0.74$  et  $r^2=0.86$  respectivement), mais ces relations sont nettement améliorées ( $r^2=0.87$ ,  $P<0.01$  et  $r^2=0.95$ ,  $P<0.001$  respectivement) si on retire l'aliment Pb (teneur élevée en MAT mais très faible valeur énergétique).

Le Tableau 3 présente les résultats obtenus pendant le bilan avec l'alimentation alternée. La variabilité observée sur les résultats d'EMAn des aliments ne semble pas dépendre du mode de distribution des aliments. Dans la comparaison entre l'EMAn mesurée en alimentation alternée et l'EMAn théorique, les valeurs individuelles montrent une variabilité importante entre les animaux, et cela dans tous les traitements (-253 à +49 kcal/kg MS). Toutefois, cette différence est indépendante des niveaux de consommation des poulets et de la part de l'aliment énergétique consommée l'écart entre les deux n'est en

moyenne que de 58, 30 et 53 kcal/kg MS pour les trois traitements en alternance.

valeur énergétique des aliments est obtenue quel que soit le régime dans les trois essais.

*Les résultats observés dans cet essai confirment ceux observés dans les deux essais précédents. La valeur énergétique de deux aliments offerts en alternance (1 jour sur deux) repose sur le principe d'additivité de la valeur individuelle de chacun des aliments et cela pour des aliments ayant des compositions et des caractéristiques extrêmes.*

## Conclusion

Les poulets lourds sont capables d'ajuster les quantités consommées de deux aliments de niveau protéique et / ou énergétique différent distribués en alternance, soit dans une journée, soit un jour sur deux. L'utilisation de l'énergie ne semble pas affectée par le rythme de distribution. Une additivité de la

## Références bibliographiques

- Barrier-Guillot, B. ; Métayer J. P. ; Bouvarel I. ; Castaing, J. ; Picard, M. ; Zwick J.L., 1997. 2<sup>ème</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours, 8-10-avril 1997, 37--40.  
 Boutten, B., Larroudé, P., Bouvarel, I., Picard, M., Barrier-Guillot, B., Roffidal, L. 5<sup>ème</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26-27 Mars 2003  
 Larroudé, P., Castaing, J., Bouvarel, I., Barrier-Guillot, B., Picard, M., Roffidal, L., Boutten, B., 5<sup>ème</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26-27 Mars 2003  
 Picard M. ; Vilarinho M. ; Yo T. ; Faure J., 1996. 3<sup>ème</sup> Journée SEPALM. Cassen – France. 07/06/96  
 Picard, M. ; Le Fur, J. ; Melcion, J. P. ; Bouchot, C. INRA Prod. Anim., 2000, 13(2), 117-130.  
 Yo T. ; Picard M. ; Guerin H. ; Dauvilliers P., 1994. Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop., 47 : 319-327

**TABLEAU 1 :** Résultats de la part de blé ou aliment énergétique consommé (%), EMAn mesuré et EMAn théorique (kcal/kg MS) des traitements (moyenne et *écart type*) de l'essai 1

Traitement	Cc	Cc+blé <sup>(1)</sup>	Bm/Cc	Be/Cc	Em	Pm	Em/Pmc
Distribution	continue	continue	alternée	alternée	continue	continue	alternée
% « E »			23	12			44
EMAn mesurée	3356	3355	3321	3408	3395	3318	3319
EMAn théorique			3356	3356			3351

*% « E » : Quantité d'aliment énergétique consommé pendant le bilan par rapport au total. (1)Cc + blé en miettes mélangés puis granulés*

**TABLEAU 2 :** Résultats de la part d'aliment énergétique consommé (%), EMAn mesurée de l'aliment EMAn théorique (kcal/kg MS) des traitements (moyenne et *écart type*) de l'essai 2

Traitement	ADÆSO				INRA			
	Témoin	Em	Pm	Em + Pm	Témoin	Em	Pm	Em + Pm
% « E »				50.0				55.2
EMAn aliment	3573	3779	3416	3581	3425	3630	3179	3398
EMAn théorique				3598				3428

*% « E » : Quantité d'aliment énergétique consommé pendant le bilan par rapport au total*

**TABLEAU 3 :** Résultats de la part d'aliment énergétique consommé (%), EMAn mesurée de l'aliment EMAn théorique (kcal/kg MS) des traitements (moyenne et *écart type*) de l'essai 3

	Tbb	Thh	Tbb+hh	Em	Pb	Em / Pb	Em	Ph	Em / Ph
% « E »			56			53			58
EMAn aliment	3466	3458	3404	3645	2913	3276	3669	3452	3506
EMAn théorique			3462			3309			3577

*% « E » : Quantité d'aliment énergétique consommé pendant le bilan par rapport au total*