

EFFET DU TYPE DE MAÏS ET DU TYPE D'AMIDON SUR LA VALEUR ALIMENTAIRE DU MAÏS POUR LE POULET DE CHAIR

Skiba Fabien¹, Barrier-Guillot Bruno², Métayer Jean Paul², Champion Michèle³

¹ARVALIS – Institut du végétal, Pouligne, 41100 VILLERABLE, ²ARVALIS – Institut du végétal, 91720 BOIGNEVILLE, ³LIMAGRAIN Agro-Industrie, 63720 CHAPPES

Effet du type de maïs et du type d'amidon sur la valeur alimentaire du maïs pour le poulet de chair

L'objectif de ce travail était d'étudier l'effet de la texture du maïs en interaction avec la nature de l'amidon sur la valeur alimentaire du maïs chez le poulet de chair en croissance. Nous avons mesuré par la méthode des bilans, sur des poulets de chair âgés de 21 à 25 jours, l'énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMAn), la digestibilité de l'amidon et de l'azote de 6 lots de maïs correspondant à un dispositif factoriel dans lequel on compare deux types (textures) de maïs (corné vs denté) présentant chacun trois types d'amidon (normal, waxy, amylose extender). Les maïs cornés sont plus riches en matières grasses que les maïs dentés. Nous avons mesuré peu de différence de composition entre les maïs waxy et normaux, quel que soit leur type. Par contre, les maïs amylose extender sont moins riches en amidon et plus riches en parois, en matières grasses et en protéines que les deux autres types. Les maïs à amidon normal présentent une digestibilité de l'amidon identique (98%) et une valeur énergétique un peu supérieure aux maïs à amidon waxy, la différence n'étant significative que dans le cas des maïs de type corné. Par contre les maïs à amidon amylose extender présentent une valeur énergétique significativement inférieure aux 4 autres lots testés (-1300 kcal d'EMAn par kg MS en moyenne). Cette différence s'explique principalement par une digestibilité beaucoup plus faible de l'amidon (55% à 65%).

Le type corné ou denté ou encore amidon normal vs amidon waxy n'influent pas sur la valeur énergétique des maïs. C'est seulement à travers les quelques différences de compositions chimiques, en particulier en parois ou en matières grasses, que l'on obtient des EMAn différentes entre les lots. Par contre l'augmentation de la teneur en amylose au travers de modifications structurales importantes des granules d'amidon dégrade fortement la digestibilité de l'amidon et donc l'EMAn des maïs.

Effect of the maize and starch types on the nutritional value of maize for broiler chickens

The aim of this study was to study the interaction between the maize type and the starch type on the nutritional value of maize for broiler chickens. We carried out a balance trial with broiler chickens from 21 to 25 days of age. We measured the apparent metabolizable energy (AMEn) and the apparent starch and nitrogen digestibilities of six maize lines arranged according to a 2 (flint vs dent type maize) x 3 (normal vs waxy vs amylase extender type starch) factorial design. Flint maize were richer in ether extract than dent ones. Few differences were noticed between normal and waxy maize whatever their type. However amylose extender maize contained less starch and more water insoluble cell walls, ether extract and crude protein than the two other starch types. Normal type starch maize had similar starch digestibility (98%) compared with waxy type starch maize. Their tiny higher AMEn values were only significant for the flint type. Amylose extender starch type maize had a AMEn value significantly lower than the four other maize batch tested (-1300 kcal/kg DM). This difference was mainly due to a lower starch digestibility (55 to 65%).

Flint or dent type maize or normal or waxy type starch did not have any effect on the nutritional value of maize. The AMEn differences between batches were only explained by the chemical composition differences between batches namely water insoluble cell walls and/or ether extract. The increase in amylose content resulted in lower starch digestibility and AMEn values, by the mean of starch granule structural modifications.

INTRODUCTION

Le maïs est considéré comme la céréale de choix pour l'alimentation des volailles, de par sa valeur énergétique élevée et la grande constance de celle-ci, que ce soit en fonction de l'année, ou de la région de production (Métayer et al., 1993). Toutefois, Barrier-Guillot et al. (2001) ou Lessire et al. (2003) en explorant la variabilité de la valeur énergétique ont montré que les teneurs en parois insolubles dans l'eau ou celles en matières grasses permettaient de prédire la valeur énergétique du maïs pour le coq adulte avec une bonne précision. Par contre peu d'auteurs ont étudié l'influence du type d'amidon sur la valeur alimentaire du maïs pour le jeune poulet. L'objectif de cette étude était donc de regarder, à titre exploratoire, à l'aide de 6 lignées de maïs expérimentales, l'influence du type de maïs (corné vs denté) en interaction avec la nature de l'amidon (normal vs waxy vs amylose extender) sur la digestibilité de l'énergie, de l'amidon et de l'azote chez le jeune poulet.

1. MATERIELS ET METHODES

Deux lignées de maïs correspondant à un schéma factoriel 2 x 3 à différentes textures (corné=lignée F564 vs denté=lignée OH43) et à différents types d'amidon ont été fournies par Limagrain. Les deux lignées F564 et OH43 étaient quasi-isogéniques et produites dans les mêmes conditions mais sur des lieux différents. Les 6 lots ont tous été séchés à basse température (40°C). Les trois types d'amidon en présence étaient le type normal, le type waxy, amidon composé uniquement d'amylopectine de structure ramifiée et le type amylose extender, amidon enrichi en amylose de structure linéaire. Les caractéristiques analytiques de ces lots ont été déterminées en suivant les méthodes décrites dans le programme 81 « analyses des aliments pour animaux » du COFRAC (laboratoire ARVALIS-Institut du végétal de Boigneville). Les fientes ont été analysées en utilisant les mêmes techniques analytiques. Les teneurs en amylose et en amylopectine ont été déterminées par le laboratoire de Limagrain. Les six lots de maïs ont été broyés à l'aide d'un broyeur à marteaux ECMA (3000 t/min 64 m.s⁻¹, grille de 4 mm de diamètre) et 65% de chaque lot a été mélangé à 30,7% de tourteau de soja 48 et 4,3% d'un mélange de minéraux, de vitamines et d'acides aminés et ne comportant pas d'anticoccidien. Les aliments étaient présentés en farine et distribués *ad libitum* aux poulets. L'essai a été conduit sur des poulets mâles ISA JV15 avec 12 cages contenant 2 poulets de même poids par aliment. Après une période d'adaptation de 5 jours aux cages et à l'aliment expérimental, 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.

L'énergie métabolisable à bilan azoté nul, ainsi que la digestibilité apparente de l'azote (dosage azote sous forme non urique, N Terpstra) et de l'amidon (méthode enzymatique) ont été déterminées pour chaque aliment. La valeur alimentaire des lots de maïs a ensuite été calculée à l'aide de la méthode de calcul par différence entre la valeur alimentaire des aliments et celle du tourteau de soja déterminée dans un essai précédent conduit dans les mêmes conditions (EMA=2645 kcal/kg MS, EMAN=2320 kcal/kg MS et CUDa N=86,4%). Les données ont été traitées par analyse de variance suivant un factoriel 2 x 3 (StatView 5.0, SAS Institute Inc.).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Composition chimique (tableau 1)

La teneur en matières azotées totales (MAT) des 6 maïs étudiés est en moyenne de 119,8 g/kg MS et varie de 106,3 à 134 g/kg MS. Ces teneurs sont particulièrement élevées, à comparer aux enquêtes ONIC - ARVALIS - Institut du végétal (moyenne 1983 à 2003 de 94 g/kg MS). Les lots de maïs dentés ont une teneur en MAT supérieure aux maïs cornés (126,5 vs 113,1 g/kg MS) d'une part, et les maïs amylose extender ont d'autre part une teneur en MAT plus élevée que les maïs normaux et waxy (128 vs 117 et 114,4 g/kg MS).

Concernant la teneur en amidon, deux méthodes de dosage ont été utilisées : méthode enzymatique prévue initialement et méthode Ewers dans un second temps devant la difficulté du premier dosage et le comportement particulier des maïs de l'étude (en particulier les maïs amylose extender). Les teneurs en amidon Ewers sont assez faibles et inférieures à celles des enquêtes ONIC - ARVALIS - Institut du végétal (moyenne 1983 à 2003 de 744 g/kg MS). Ceci peut être mis en relation avec des teneurs en MAT élevées. Les maïs amylose extender (corné et denté) se distinguent des autres maïs par des teneurs en amidon beaucoup plus faibles (571,6 vs 714,7 g/kg MS). Concernant la comparaison entre méthodes Ewers et enzymatique, cette dernière conduit à des résultats inférieurs à la méthode Ewers de 31 à 54,5 g/kg MS pour quatre maïs. Par contre, pour les maïs amylose extender, la méthode enzymatique conduit à des résultats supérieurs (de 42 g/kg MS) à la méthode Ewers, ce qui en théorie est aberrant. Toutefois, cela pourrait s'expliquer par le fait que la méthode enzymatique ne serait pas valable pour des amidons à forte proportion d'amylose, ce qui est le cas pour ces maïs. En effet, les données fournies par Limagrain donnent des rapports amylose/amylopectine d'environ 50/50 pour ces maïs amylose extender. Pour les maïs à amidon normal et waxy, ce rapport est respectivement de 20/80 et de 0/100.

Les teneurs en sucres totaux des maïs normaux, bien que proches de la moyenne de 11,4 g/kg MS publiée par Barrier-Guillot et al. (2001), sont inférieures à

celles des maïs waxy et amylose extender et ceci que les lots de maïs soient de type corné ou denté.

Concernant les constituants pariétaux, devant le comportement très particulier des maïs amylose extender (comme pour l'amidon), a été ajouté le dosage des parois insolubles dans l'eau en plus des NDF, ADF, ADL et cellulose brute prévus initialement. Les maïs amylose extender ont des teneurs en constituants pariétaux très supérieures aux autres maïs, quel que soit le critère considéré. Les teneurs en parois insolubles sont de 146,8 et 171,0 g/kg MS pour les maïs amylose extender corné et denté respectivement, contre 92,8 g/kg MS pour les autres maïs. Les résultats de NDF de ces deux maïs sont même de 214,5 et 243,5 g/kg MS mais ces valeurs sont très certainement aberrantes (la somme des différents constituants en incluant ceux du NDF dépasse largement les 1000 g/kg MS pour ces maïs, données non présentées). Les teneurs en constituants pariétaux des 4 lots normaux ou waxy sont par contre conformes à celles de Barrier-Guillot et al. (2001) ou de Lessire et al. (2003). Il faut noter que les mesures de teneurs en amidon ou en constituants pariétaux sont difficiles avec les amidons riches en amylose, ces derniers pouvant éventuellement résister au traitement de solubilisation à 100°C.

Les teneurs en matières grasses avec hydrolyse (procédé B, d'après la norme NFV 18-117) qui varient de 49,6 à 74,1 g/kg MS sont supérieures à celles issues des enquêtes ONIC - ARVALIS – Institut du végétal (moyenne 1983 à 2004 de 42 g/kg MS). Les maïs amylose extender ont des teneurs en matières grasses plus élevées que les autres maïs (67,2 vs 56,5 g/kg MS). Il en résulte une teneur en énergie brute supérieure pour ces maïs (4664 vs 4553 kcal/kg MS). Les maïs cornés présentent des teneurs en matières grasses plus élevées que les maïs dentés (67,2 vs 52,5 g/kg MS) ce qui est conforme aux données de Barrier-Guillot et al. (2001).

Des analyses de vitrosité et de proportion d'amidon vitreux et farineux ont été réalisées par Limagrain (données non présentées). Elles ne permettent pas de distinguer les maïs cornés des maïs dentés d'une part et les maïs selon la nature de leur amidon d'autre part. Par contre, il ressort très nettement que les maïs amylose extender ont un poids du grain inférieur aux autres maïs et qu'ils sont aussi caractérisés par une proportion plus importante d'embryon dans leur grain. La première observation expliquerait leur plus forte teneur en constituants pariétaux et la deuxième leur plus forte teneur en matières grasses.

2.1. Valeur alimentaire des aliments et des maïs (tableau 2)

Pour tous les critères considérés, excepté la digestibilité apparente de l'azote (CUDa N), il existe, sur les aliments, une interaction significative entre les deux facteurs étudiés à savoir le type de maïs (texture de l'amidon) et le type d'amidon.

Ainsi, si on s'intéresse à l'effet du type de maïs, on observe pour les maïs à amidon normal ou amylose extender, des coefficients de rétention de la matière sèche (CR MS), des énergies métabolisables à bilan azoté nul (EMAn) et des digestibilités de l'énergie (EMAn/EB) et de l'azote (CUDa N) significativement supérieures pour les maïs cornés par rapport aux maïs dentés. Par contre dans le cas des maïs waxy aucun effet significatif du type de maïs n'est observé même si la tendance reste la même. Dans le cas de la digestibilité de l'amidon (CUD amidon), l'effet significatif du type corné vs denté ne s'exprime que dans le cas de l'amidon amylose extender. Ces résultats confirment ceux de Barrier-Guillot et al. (2001) obtenus sur coqs, pour lesquels la supériorité énergétique des lots cornés dentés était à mettre en relation avec des teneurs en matières grasses supérieures pour ceux-ci. De plus, dans cet essai, à ces teneurs plus fortes en matières grasses des maïs cornés sont associées des teneurs plus faibles en constituants pariétaux et en particulier en parois insolubles dans l'eau, ces deux critères étant ceux ressortant dans les équations de prédiction de la valeur énergétique du maïs pour les coqs (Barrier-Guillot et al., 2001 et Lessire et al., 2003).

Si l'on regarde l'effet du type d'amidon, le type normal n'est supérieur au type waxy que dans le cas des lots cornés et encore de manière non significative sur les CUD amidon et CUDa N. Cela se traduit par une EMAn du lot normal corné supérieure de 58 kcal/kg MS au lot waxy corné (cette différence, non significative, n'est que de 32 kcal/kg MS dans le cas des lots dentés). L'amidon waxy composé à 100% d'amylopectine n'est donc pas digéré différemment de l'amidon normal contenant 20% d'amylose et 80% d'amylopectine. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ertl et Dale (1997) sur coqs ou ceux rapportés dans la synthèse de Carré (2004). L'effet le plus spectaculaire est celui des lots de maïs à amidon de type amylose extender puisqu'ils présentent, quel que soit le critère considéré, des valeurs très inférieures aux maïs normaux ou waxy. Les très faibles valeurs d'EMAn ou de digestibilité de l'amidon sont peut-être dues, pour partie, à la teneur beaucoup plus élevée en constituants pariétaux de ces deux lots alors qu'ils présentent par contre des teneurs plus élevées en matières grasses qui pourraient compenser partiellement cela. Ces différences de compositions chimiques expliquent le fait que le maïs amylose extender corné soit mieux valorisé que le maïs denté. Une autre partie de l'explication de ces très faibles valeurs provient de leur teneur plus élevée en amylose et donc de la génétique sous jacente de ces maïs. Tester et al. (2004) ont montré qu'*in vitro*, en présence d' α amylase, le taux d'hydrolyse des maïs waxy était supérieur aux maïs normaux, eux-mêmes supérieurs aux maïs riches en amylose. De plus, d'après ces auteurs, la présence de complexes formés entre les lipides et l'amylose (rappelons que nos maïs amylose extender sont plus riches en lipides que les

autres) empêcherait l'hydratation des grains d'amidon et la pénétration de l' α amylase dans les granules d'amidon et donc son hydrolyse. Carré (2004), dans une synthèse, rapporte aussi de faibles digestibilités de l'amidon pour des maïs à amidons riches en amylose c'est-à-dire de type cristallin B, ce type B étant également celui de l'amidon de certains tubercules comme la pomme de terre (20% d'amylose seulement) dont l'amidon est aussi très mal digéré (33 à 70%). Pour Evans et Thompson (2004), la haute résistance à l'hydrolyse enzymatique des amidons riches en amylose est à mettre en relation avec une organisation moléculaire altérée des granules d'amidon. Par ailleurs, une analyse granulométrique des lots de maïs de notre étude (données non présentées) montre que le pourcentage de particules supérieures à 2 mm est 1,5 à 2 fois supérieur pour les maïs amylose extender par rapport aux deux autres types qui ne diffèrent pas entre eux. Ceci pourrait aussi expliquer une moindre accessibilité des enzymes digestives à leur substrat (Carré, 2004).

2.3. Valeur alimentaire des maïs (tableau 3)

Les conclusions tirées pour les aliments restent les mêmes pour les maïs dont les EMA ou EMAN ont été obtenues après un calcul par différence. Les EMAN des six lots de cette étude vont de 3721 à 2223 kcal/kg MS. Les valeurs des quatre maïs normaux ou waxy sont proches de la valeur EMAN poulet figurant dans

les tables INRA-AFZ (2002) soit 3626 kcal/kg MS et inférieures aux valeurs minimales mesurées sur coqs (excepté le lot corné normal) des études de Barrier-Guillot et al. (2001) et Lessire et al. (2003). De plus, le fait que ces valeurs mesurées avec de la farine soient identiques aux valeurs de références mesurées avec des aliments granulés confirme les résultats de Barrier-Guillot et al. (1997) montrant que la valeur énergétique du maïs pour le poulet, comme celle du blé, n'est pas différente en farine ou en granulés.

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude confirment l'absence de différence de digestibilité de l'amidon entre des maïs cornés et dentés d'une part et des maïs présentant un amidon de type normal ou waxy (uniquement amylopectine) d'autre part. Les quelques différences de valeurs énergétiques observées entre ces lots sont donc plutôt à mettre sur le compte de différences de teneurs en constituants pariétaux et/ou en matières grasses. Les deux lots de maïs présentant un amidon enrichi en amylose ont, par contre, des digestibilités beaucoup plus faibles de leur amidon. La dégradation de la digestibilité de l'amidon de ces maïs se traduit par des valeurs énergétiques très faibles pour le jeune poulet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barrier-Guillot B., Métayer J.P., Bouvarel I., Castaing J., Picard M., Zwick J.L., 1997. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole, 2, 37-40.
- Barrier-Guillot B., Métayer J.P., Roffidal L., 2001. Quatrièmes Journées de la Recherche Avicole, 4, 205-208.
- Carré B., 2004. *World's Poultry Sci. J.*, 60, 76-89.
- Ertl D., Dale N., 1997. *J. Appl. Poultry Res.*, 6, 432-435.
- Evans A., Thompson D.B., 2004. *Cereal Chem.*, 81, 1, 31-37.
- INRA-AFZ, 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. SAUVANT D., PEREZ J.M., TRAN G. Coord., INRA Eds, Paris, 291 p.
- Lessire M., Hallouis J.M., Barrier-Guillot B., Orlando D., Champion M., Féménias N., 2003. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, 5, 253-256.
- Métayer J.P., Grosjean F., Castaing J., 1993. *anim. Feed Sci. Technol.*, 43, 87-108.
- ONIC – ARVALIS - Institut du végétal, 2003. Qualité du maïs français, 4 p.
- Tester R.F., Karkalas J., Qi X., 2004. *World's Poultry Sci. J.*, 60, 186-195.

Tableau 1 - Caractéristiques chimiques des lots de maïs (g /kg MS) - Laboratoire Arvalis - Institut du végétal

Type de maïs	Corné			Denté		
Type d'amidon	normal	waxy	amylose extender	normal	waxy	amylose extender
Matière sèche	884,5	883,2	878,5	858,1	862,1	847,3
Matières azotées totales	111,0	106,3	122,0	122,9	122,5	134,0
Amidon Ewers	721,6	708,3	578,1	714,1	714,7	565,1
Amidon enzymatique	690,6	653,8	604,8	678,7	670,9	622,3
Amylose (%) (1)	20,0	0,4	56,4	21,5	0,0	45,7
Amylopectine (%) (1)	80,0	99,6	43,6	78,5	100,0	54,3
Sucres totaux	12,2	19,2	19,9	9,2	11,5	12,7
Parois insolubles dans l'eau	85,7	92,6	146,8	92,8	100,2	171,0
NDF	93,9	100,6	214,5	110,5	117,5	243,5
ADF	19,9	22,2	43,5	25,9	28,1	55,4
ADL	2,5	2,6	3,3	3,2	3,4	4,4
Cellulose brute	19,8	18,6	28,6	20,1	21,3	26,6
Matières grasses avec hydrolyse	66,2	62,5	74,1	49,6	47,8	60,2
Matières minérales	14,7	16,9	19,1	15,5	16,7	18,4
Energie brute (kcal/kg MS)	4557	4598	4667	4526	4529	4660

(1) : Laboratoire Limagrain : méthode d'affinité à l'iode

Tableau 2 - Valeur alimentaire des aliments expérimentaux (kcal/kg MS)

Type de maïs	Corné			Denté			Probabilité *			ETR
Type d'amidon	normal	waxy	amylose extender	normal	waxy	amylose extender	T x A	T	A	
Aliment	1	2	3	4	5	6				
CR MS (%)	71,5 a	70,3 bc	49,8 d	70,5 b	69,5 c	45,4 e	<0,001	<0,001	<0,001	1,1
EMA	3316 a	3257 b	2481 c	3254 b	3219 b	2310 d	<0,001	<0,001	<0,001	45
EMAn	3149 a	3091 b	2338 d	3081 bc	3049 c	2179 e	<0,001	<0,001	<0,001	39
EMAn/EB (%)	71,3 a	69,7 b	52,3 c	70,2 b	69,3 b	49,1 d	<0,001	<0,001	<0,001	0,9
CUDa N (%)	85,0	84,6	84,2	84,3	84,0	83,4	NS	0,007	0,02	1,0
CUD amidon (%)	98,1 a	98,1 a	64,1 b	97,7 a	98,0 a	55,3 c	<0,001	<0,001	<0,001	1,2

CR MS : coefficient de rétention de la matière sèche ; EMA : énergie métabolisable apparente ; EMAn : énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul ; CUDa N et amidon : coefficients de digestibilité apparent de l'azote non urique et de l'amidon enzymatique

* Probabilité des facteurs : T x A : Interactions Type Maïs x Type Amidon ; T : Type maïs ; A : Type Amidon
ETR : écart-type résiduel ; a, b, c, d : groupes homogènes par le test de Newman et Keuls (les lettres ne sont indiquées après les moyennes que si l'interaction T x A est significative)

Tableau 3 - Valeur alimentaire des maïs (kcal/kg MS) – calcul par différence (Tx de soja : EMA = 2645 kcal/kg MS et EMAn = 2320 kcal/kg MS)

Type de maïs	Corné			Denté			Probabilité *			ETR
Type d'amidon	normal	waxy	amylose extender	normal	waxy	amylose extender	T x A	T	A	
EMA	3822 a	3731 b	2532 c	3727 b	3672 b	2268 d	<0,001	<0,001	<0,001	69
EMAn	3721 a	3629 b	2467 c	3628 b	3578 b	2223 d	<0,001	<0,001	<0,001	61