

SON DE MAÏS



LE SON DE MAÏS EST UN COPRODUIT DE DIVERSES INDUSTRIES DE TRANSFORMATION DU MAÏS, TELLES QUE L'AMIDONNERIE, L'ÉTHANOLERIE ET DES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES PRODUISANT DES ALIMENTS À BASE DE MAÏS. C'EST UN COPRODUIT VARIABLE QU'IL FAUT TOUJOURS ANALYSER, NOTAMMENT POUR LA FRACTION ÉNERGÉTIQUE.

AUTRES NOMS COMMUNS

Sons de maïs, tourteau de maïs



Description

Le son de maïs est un coproduit de diverses industries de transformation du maïs, telles que l'amidonnerie, l'éthanolerie et des industries agro-alimentaires produisant des aliments à base de maïs. Tandis que le son de maïs devrait, en principe, ne contenir que les enveloppes des grains de maïs retirées lors des premières étapes de transformation, le son de maïs commercial utilisé en alimentation animale est en fait un mélange de son et d'autres coproduits du maïs. Par conséquent, c'est un produit très mal caractérisé, et de composition très variable. En éthanolerie, le son de maïs est défini comme le mélange de la fraction de son avec des solubles de distillerie (Kalscheur et al., 2012). En amidon-

nerie, le son de maïs est généralement mélangé avec de la liqueur de trempage pour produire du corn gluten feed. En meunerie, où on utilise un procédé de broyage à sec, le son de maïs est mélangé avec les grains cassés, les tourteaux de germes obtenus après extraction de l'huile, ainsi que le périsperme et l'endosperme (les fractions inséparables du germe), pour produire ce qu'on appelle « hominy feed » (Stock et al., 1999). Son de maïs et hominy feed sont présentés ensemble dans cette fiche technique car ces deux produits sont étroitement liés et forment un continuum en termes de composition chimique. Il faut noter que l'hominy feed est parfois appelé « hominy » (par exemple dans Leeson et al., 1988), bien que l'hominy soit un produit destiné à la consommation humaine, et non un coproduit.

Distribution

Son de maïs et hominy feed sont des produits commercialisés dans le monde entier. Dans les pays industrialisés, le son de maïs est souvent mélangé avec d'autres coproduits du maïs. Dans les pays en développement, il constitue un ali-

ment à part entière. Au Malawi, par exemple, où le son de maïs est fortement demandé à la fois pour la consommation humaine et la consommation animale, il peut devenir rare et cher (Mulumpwa et al., 2009).

Attributs nutritionnels

Le son de maïs a une teneur en protéines relativement faible qui varie entre 9 et 15 % de MS, supérieure à celle des grains de maïs, mais inférieure à celle des drêches de maïs ou du corn gluten feed. La teneur en fibres (cellulose brute 5-20 % MS, NDF 20-60 % MS) a tendance à être plus élevée que pour les autres coproduits du maïs, et

beaucoup plus variable. Les protéines et la teneur en paroi cellulaire sont peu corrélés dans le son de maïs, mais la cellulose brute et les cendres sont corrélées positivement ($R = 0,65$). La teneur en amidon est également très variable (17 à 54 % de MS), étroitement et négativement liée à la teneur en paroi cellulaire. Le son de maïs contient généralement moins de 10 % d'huile (base MS). La teneur en cendres est

d'environ 6 % MS, similaire à celle du corn gluten feed et des drêches de maïs (DDGS), mais elle est plus variable.

L'hominy feed est comparable au son de maïs, mais moins variable et plus riche en protéines (15 contre 12 % MS en moyenne) et en amidon (40 contre 35 %), et plus pauvre

en fibres (cellulose brute 6,5 contre 12 % de MS), avec, par conséquent, une valeur nutritive plus élevée. Aux États-Unis, l'hominy feed doit contenir plus de 4 % de matières grasses (sur brut) (AAFCO, 2002).

Tableau 1 : Principaux constituants du son de maïs de distillerie

Constituants organiques	Matière sèche (% sur brut)	91,0
	Protéines brutes (% MS)	11,3
	Cellulose brute (% MS)	8,2
	NDF (% MS)	38,0
	ADF (% MS)	10,3
	Lignine (% MS)	1,7
	Matières grasses brutes (% MS)	4,5
	Matières grasses hydrolyse (% MS)	-
	Cendres (% MS)	4,5
	Amidon (% MS)	6,4
	Sucres totaux (% MS)	39,1
	Energie brute (kcal/kg MS)	4 570
	Minéraux	Calcium (g/kg MS)
Phosphore (g/kg MS)		3,3
Potassium (g/kg MS)		7,5
Sodium (g/kg MS)		0,13
Magnésium (g/kg MS)		2,2
Manganèse (mg/kg MS)		16
Zinc (mg/kg MS)		77
Cuivre (mg/kg MS)		8
Fer (mg/kg MS)		63
Acides aminés	Alanine (g/kg MS)	9,9 (soit 6,6 g/16 gN)
	Arginine (g/kg MS)	7,9 (soit 5,4 g/16 gN)
	Acide aspartique (g/kg MS)	6,4 (soit 7,8 g/16 gN)
	Cystine (g/kg MS)	2,6 (soit 2,1 g/16 gN)
	Acide glutamique (g/kg MS)	15,6 (soit 14,5 g/16 gN)
	Glycine (g/kg MS)	5,4 (soit 5,2 g/16 gN)
	Histidine (g/kg MS)	3,6 (soit 2,9 g/16 gN)
	Isoleucine (g/kg MS)	3,2 (soit 3,4 g/16 gN)
	Leucine (g/kg MS)	11,4 (soit 10,0 g/16 gN)
	Lysine (g/kg MS)	4,3 (soit 4,3 g/16 gN)
	Méthionine (g/kg MS)	1,7 (soit 1,8 g/16 gN)
	Phénylalanine (g/kg MS)	3,3 (soit 4,5 g/16 gN)
	Proline (g/kg MS)	5,9 (soit 7,5 g/16 gN)
	Sérine (g/kg MS)	4,6 (soit 4,3 g/16 gN)
	Thréonine (g/kg MS)	4,0 (soit 3,9 g/16 gN)
	Tryptophane (g/kg MS)	0,7 (soit 0,6 g/16 gN)
	Tyrosine (g/kg MS)	2,6 (soit 3,3 g/16 gN)
Valine (g/kg MS)	5,3 (soit 5,3 g/16 gN)	

Contraintes potentielles

Dans les pays tempérés, les grains de maïs destinés au marché humain doivent être exempts de contamination par les mycotoxines, et, de ce fait, les coproduits qu'ils génèrent sont également de très bonne qualité (Blair, 2008). Dans les pays tropicaux, le son de maïs peut être fortement contaminé par les mycotoxines, en particulier pendant la saison

chaude et pluvieuse (Rava, 1996 ; Scudamore et al., 1998). En Tanzanie, dans le cadre d'une enquête sur le son de maïs destiné à l'alimentation de la volaille, 50 % des échantillons ont été contrôlés positifs à l'aflatoxine B1, et 20 % en contenaient plus de 20 ppb (Kajuna et al., 2013).

Ruminants

Son de maïs et hominy feed sont principalement utilisés comme sources d'énergie pour les ruminants. Ces produits sont moins coûteux que le maïs grain et, selon leur compo-

sition chimique, leur valeur nutritive permet une performance légèrement inférieure, égale ou même supérieure au grain entier.

Digestibilité et valeur énergétique

La teneur en parois cellulaires du son de maïs varie considérablement, ce qui affecte la digestibilité et la teneur en énergie, en dépit d'une assez bonne digestibilité des parois cellulaires du maïs. La digestibilité du son de maïs (76 % TDN d'après NRC, 2001 ; DMO = 70 % d'après les tables INRA-AFZ, Sauvant et al., 2004) est généralement considérée comme correspondant à environ 89 % de celle du corn gluten feed et 80 % de celle des grains de maïs. La teneur en EM du son de maïs représente environ 90 et 80 % de l'EM du corn gluten feed et du maïs grain, respectivement. L'hominy feed contenant 5-8 % de matière grasse et 20 % d'amidon possède une valeur énergétique égale à 87 % de la valeur énergétique du maïs grain pour les bouvillons (Larson et al., 1993).

Pour des moutons castrés recevant une ration d'entretien, l'énergie nette (EN) pour la croissance du son de maïs humide a été estimée à 1600 kcal/kg MS (Fiems et al., 1996),

une valeur compatible avec la valeur EN de 1553 kcal/kg MS pour la croissance proposée par les tables INRA-AFZ (Sauvant et al., 2004). Du son de maïs ensilé offert à des taurillons a eu un effet positif sur l'efficacité énergétique, en remplacement de 40 % d'ensilage de maïs (base MS), et on a conclu que la digestibilité in vivo de la MO était sous-estimée (Fiems et al., 1996). Chez les bouvillons en finition, le son de maïs issu de la production d'éthanol (un mélange de sons et solubles) a montré une valeur énergétique de 100-108 % par rapport à celle du maïs, ce qui pourrait s'expliquer par des interactions digestives négatives induites par le maïs aplati de la ration de contrôle (Bremer et al., 2005). Cependant, la substitution du maïs aplati ou du maïs floconné à la vapeur par un son de maïs non traité a diminué les coefficients de conversion (gain de poids : aliment) de 5,2 et 13,8 %, respectivement (Macken et al., 2004).

Valeur protéique

Le son de maïs, comme beaucoup de coproduits de maïs, a une assez faible dégradabilité effective des protéines (43 %, Sauvant et al., 2004), et peut être considéré comme un fournisseur moyen de protéines métabolisables (7.7 % dans NRC, 2001, et 10,3 % MS dans les tables INRA-AFZ (Sauvant

et al., 2004). Toutefois, il est probable que la dégradabilité de la protéine du maïs et de l'hominy feed dépendent en fait de la transformation subie par le grain lors de la mouture humide ou sèche.

Vaches laitières

Le son de maïs peut être utilisé en remplacement complet du maïs grain dans les concentrés pour vaches laitières moyennes productrices, sans affecter la qualité du lait (Cardenas et al., 2002 ; Tahir et al., 2002). Cependant, le son de maïs doit être combiné avec un supplément de pro-

téines. Un avantage du son de maïs réside dans le fait qu'il fournit de l'énergie sans provoquer d'interactions digestives négatives avec d'autres ingrédients. Aux États-Unis, l'incorporation de 10 à 25 % de son de maïs dans la ration a eu une influence positive sur l'ingestion d'énergie et la production

de lait (Janicek et al., 2007). Lorsque du son de maïs a complètement remplacé du maïs grain moulu déshydraté dans le concentré pour des rations à base de fourrage de haute ou faible qualité, le remplacement a diminué l'ingestion de MO, la production de lait, l'énergie du lait et les protéines de lait. Une stratégie dans laquelle le son de maïs ne remplace que partiellement le maïs et une partie du fourrage broyé peut être préférable (Arndt et al., 2014). L'hominy feed, avec une composition proche de celle du maïs grain pourrait être utilisé comme source d'énergie, seul ou en combinaison avec du maïs grain, chez des vaches laitières recevant du sorgho et de l'ensilage de ray-grass (Boyd et al., 2008). De même,

de l'hominy feed contenant 47 % d'amidon (MS) a pu être incorporé à 28-35 % (base MS) comme principal complément énergétique pour des vaches en milieu de lactation recevant de l'ensilage de maïs et de ray-grass, et a donné des performances similaires à celles obtenues avec du maïs grain moulu, ou du maïs cuit floconné à la vapeur (Cooke et al., 2009). En Australie, des granulés contenant 60 % d'hominy feed et 34 % de remoulages de blé ont remplacé efficacement le sorgho grain chez des vaches laitières pâturant des fourrages tropicaux pendant l'automne. Comme ils sont bien appétés, ils ont accru la production de lait et les marges bénéficiaires (Ehrlich et al., 1992).

Bovins viande

Aux États-Unis, le son de maïs issu de mouture humide, offert au bétail à raison de 15 ou 30 % de la ration (base MS), seul ou en combinaison avec de la liqueur de trempage (steep liquor), a accru l'ingestion de MS et le gain moyen quotidien par rapport à un régime essentiellement constitué de maïs grain aplati. Le son de maïs a également réduit l'acidose, mais il a eu tendance à réduire la digestibilité et l'énergie de la ration (Scott et al., 1997). Pour les bouvillons en finition, le son de maïs issu d'éthanolierie (un mélange de son et de solubles), incorporé jusqu'à 45 % dans la ration (base MS) a amélioré le poids final, le gain moyen quotidien, l'ingestion de MS, et l'efficacité alimentaire (gain de poids/quantité d'aliment), par rapport à un mélange de grains humides et grains aplatis (Bremer et al., 2005). Le même type de son de maïs incorporé jusqu'à 40 % de la ration de bovins en

croissance et finition a remplacé le maïs grain sans causer de perte de performances (Buckner et al., 2007 ; Larson et al., 2007). Une combinaison de son de maïs et de liqueur de trempage remplaçant entièrement le maïs aplati n'a pas modifié l'efficacité alimentaire chez les bovins en croissance, et, à l'instar de l'étude de Scott et al., 1997, cela a légèrement diminué la digestibilité de la MO, et augmenté le pH du rumen (Sayer et al., 2013). Le son de maïs issu d'éthanolierie introduit à hauteur de 45 % dans la ration de bouvillons en finition a entraîné des performances similaires à celles obtenues avec la même quantité de drêches (Bremer et al., 2005). L'hominy feed contenant 5-8 % de matières grasses et 20 % d'amidon a remplacé jusqu'à 45 % du maïs grain dans des rations pour bovins en finition, sans compromettre leurs performances (Larson et al., 1993).

Ovins et caprins

Les agriculteurs des pays en développement utilisent souvent du son de maïs comme aliment complémentaire pour les petits ruminants, à des taux d'incorporation compris entre 10 et 25 % de la ration totale (Katongole et al., 2009). Le son de maïs est particulièrement intéressant lorsqu'il est utilisé avec des fourrages pauvres. Au Kenya, des chèvres nourries avec du foin d'herbe de Rhodes (*Chloris Gayana*) ont montré de meilleures performances quand la ration a été complétée avec des feuilles de *Gliricidia sepium* et du son de maïs. De plus, les nutriments ont eu une meilleure

digestibilité. Le son de maïs a ainsi permis une meilleure utilisation de feuilles de *gliricidia* (Ondiek et al., 1999). De même, en Tanzanie, des chèvres paissant du *Cynodon nlemfuensis* ont mis à profit la supplémentation avec *Leucaena leucocephala* lorsque du son de maïs a été incorporé dans leur ration (Mjema-Mweta et al., 1995). Au Nigeria, pendant la saison sèche, un apport de tiges séchées de maïs, d'urée, et de 150g/j de son de maïs, a provoqué un gain de poids vif correct et rentable chez des chevreaux (Yahaya et al., 2013).

Tableau 2 : Valeurs alimentaires du son de maïs destinées aux ruminants

Digestibilité de la matière organique (%)	80,0
Digestibilité de l'énergie (%)	-
Energie digestible (kcal/kg MS)	3 530
Energie métabolisable (kcal/kg MS)	2 940
UFL (/kg MS)	1,07
UFV (/kg MS)	1,04
Digestibilité de l'azote (%)	64,0
Dégradabilité théorique de l'azote (k=6%) (%)	43
Digestibilité intestinale de l'azote (%)	85
PDIA (g/kg MS)	61
PDIN (g/kg MS)	85
PDIE (g/kg MS)	109



Le son de maïs et l'hominy feed peuvent remplacer plus ou moins complètement le maïs grain dans les régimes pour porcs, en fonction de leur composition. L'hominy feed, en particulier, est considéré comme un excellent aliment pour les porcs (Blair, 2007). Cependant, le son de maïs et l'hominy feed présentent des quantités variables d'amidon, de fibres et de graisses qui affectent toutes la valeur énergétique de chaque ingrédient pour les porcs. Dans deux comparaisons de coproduits de maïs aux États-Unis, le son de maïs avait une des plus basses valeur d'EM (2960 à 3080 kcal/kg MS) correspondant à 78-80 % de celle du maïs grain (Anderson et al., 2012 ; Liu et al., 2014). Cette valeur est supérieure à la valeur d'EM de 1950 kcal/kg MS (51 % de celle du maïs) rapportée par les tables INRA-AFZ (Sauvant et al., 2004). L'hominy feed a une valeur d'EM de 3680 kcal/kg qui correspond à 94 % de celle du maïs (Rojas et al., 2013). Au Nigeria, le son de maïs incorporé à 25 % dans l'aliment

pour porcs en croissance a donné le meilleur gain quotidien moyen, et le deuxième meilleur résultat après les drêches de brasserie, comparé à plusieurs coproduits tels que le tourteau de palmiste, les résidus de blé, le son de riz et les drêches de brasserie (Akinfala et al., 2014). En Espagne, de l'hominy feed incorporé à 12-12,5 % dans des aliments pour porcs en croissance et en finition, en substitution partielle de sorgho et d'orge, n'a pas eu d'incidence sur les performances de croissance, le rendement carcasse et la qualité de la viande (Moset et al., 2013). Aux États-Unis, l'incorporation d'un maximum de 37,5 % (sur brut) d'hominy feed dans des aliments pour porcs en finition, en substitution partielle du maïs, a entraîné une diminution du gain de poids et de l'ingestion alimentaire quotidienne. Cette baisse de performance devrait être prise en compte pour savoir si l'hominy feed est rentable dans les rations pour porcs en finition (Potter et al., 2009).

Tableau 3 : Valeurs alimentaires du son de maïs destinées aux porcs

Digestibilité de l'énergie (porc croissance) (%)	65,0
Energie digestible (porc croissance) (kcal/kg MS)	2 980
Energie métabolisable (porc croissance) (kcal/kg MS)	2 870
Energie nette (porc croissance) (kcal/kg MS)	2 130
Digestibilité fécale de l'azote (porc croissance) (%)	61,0
Digestibilité de l'énergie (porc adulte) (%)	76,0
Energie digestible (porc adulte) (kcal/kg MS)	3 480
Energie métabolisable (porc adulte) (kcal/kg MS)	3 300
Energie nette (porc adulte) (kcal/kg MS)	2 440
Digestibilité fécale de l'azote (porc adulte) (%)	87,0

Le son de maïs et l'hominy feed peuvent être utilisés en remplacement partiel du maïs grain dans l'alimentation des volailles, en fonction de leur composition. L'hominy feed, en particulier, est considéré comme un excellent aliment pour la volaille (Blair, 2008). Le son de maïs est souvent cité dans la littérature scientifique comme un ingrédient majeur pour la volaille en Afrique et en Asie (Malawi, Gondwe et al., 2007 ; Nigeria, Iyayi et al., 2005 ; Ghana, Donkoh et al., 2009 ; Afrique du Sud, Swatson et al., 2003 ; Inde, Byju et al., 2012 ; Iran, Manafi et al., 2011). Des enzymes ajoutées à un régime riche en son de maïs et/ou hominy feed pourront limiter l'impact négatif de leur richesse en fibres et améliorer les performances des oiseaux recevant des quantités importantes de ces deux produits (Kaczmarek et al., 2009 ; Manafi et al., 2011 ; Ademola et al., 2012 ; Ademola et al., 2013).

La valeur énergétique du son de maïs et de l'hominy feed est variable, et dépend de la composition du produit. Dans un essai sur des poulets de chair aux États-Unis, de l'hominy feed riche en graisses (matières grasses 7,7 % DM) a eu une valeur d'EM de 3730 kcal/kg MS, identique à celle du maïs grain, et a donné des performances de croissance similaires pour les poulets, les dindes et les dindonneaux. Cependant, un hominy feed à faible teneur en matières grasses (2,4 % MS) a eu une EM plus basse (3250 kcal/kg MS) et a diminué la croissance (Leeson et al., 1988). Au Brésil, un hominy feed à haute teneur en matières grasses (14,6 % MS) offert à des poulets de chair a donné une EM de 3420 kcal/kg MS (Santos et al., 2013). Au Ghana, une valeur beaucoup plus faible de 2510 kcal/kg pour l'EM a été signalée pour le son de maïs (Donkoh et al., 2009).

Poulets de chair

En Inde, du son de maïs incorporé jusqu'à 7,5 % dans un aliment pour poulets de chair a provoqué un accroissement significatif du poids corporel et du poids de carcasse prêt-à-cuire, avec une meilleure rentabilité du coût alimentaire. L'addition d'enzymes n'a pas été nécessaire (Byju et al., 2012). En Indonésie, un hominy feed à faible teneur en matières grasses (3 % du brut) a été incorporé à 18 % dans l'aliment de poulets de chair (en remplacement de 33 % du maïs) sans diminuer les performances. Cependant, des taux plus élevés ont été préjudiciables (Kompang et al., 1998). Au Nigeria, l'incorporation de 40 % de son de maïs, en substitution partielle du maïs grain dans l'alimentation des poulets de chair, s'est révélée préjudiciable à la prise de poids et à l'ingestion, mais elle a augmenté l'acceptabilité générale

de la viande de poulet (Iyayi et al., 2005). En Iran, du son de maïs incorporé à 40 % dans l'aliment des poulets de chair, avec un supplément d'enzymes, n'a montré aucun effet négatif sur les oiseaux (Manafi et al., 2011). En Pologne, les poulets de chair recevant un aliment où l'hominy feed a remplacé 50 à 100 % du maïs grain ont eu des taux inférieurs de croissance et de conversion alimentaire, mais la supplémentation enzymatique a amélioré le taux de conversion alimentaire et la digestibilité des nutriments (Kaczmarek et al., 2009). Au Nigeria, avec des poulets stressés par la chaleur et recevant des aliments comportant respectivement 3 % (starter) et 20 % (finition) de son de maïs, la supplémentation enzymatique a seulement amélioré le taux de conversion alimentaire (Ademola et al., 2013).

Poules pondeuses

Au Nigeria, l'incorporation de 30 % de son de maïs dans un aliment pour poules pondeuses à base de maïs et de tourteau d'arachide n'a pas modifié la production d'œufs et la quantité d'aliments nécessaire pour un kg d'œufs, mais a amélioré la taille des œufs et leurs autres caractéristiques, sauf l'épaisseur de la coquille (Odunsi et al., 2002). Dans

une comparaison de plusieurs régimes pour pondeuses à base de sons de céréales, avec ou sans enzymes ajoutées, un aliment à base de son de riz (25 %) supplémenté en enzymes, et de son de maïs (30 %), a donné le meilleur coefficient de conversion alimentaire et la meilleure production journalière d'œufs (Ademola et al., 2012).

Tableau 4 : Valeurs alimentaires des drêches d'orge de distillerie destinées aux volailles

Energie métabolisable (coq) (kcal/kg MS)	2 500
Energie métabolisable (poulet) (kcal/kg MS)	2 450

- AAFCO, 2002. Official publication. American Association of Animal Feed Control Officials
- Ademola, S. G. ; Egbewande, O. O. ; Lawal, T. E. ; Isah, A. T. ; Kuranga, S. M., 2012. Effects of Roxazyme G and Maxigrain on performance, egg quality, cost-benefit and haematological parameters of laying hens fed wheat offal, corn bran and brewery dry grain diets. *Int. J. Poult. Sci.*, 11 (1): 33-38
- Ademola, S. G. ; Shittu, M. D. ; Ayansola, M. O. ; Lawal, T. E. ; Tona, G. O., 2013. Effect of Maxigrain supplement on growth performance, economic indices and haematological parameters of heat-stress broilers fed three dietary fibre sources. *Online J. Anim. Feed Res.*, 3 (4): 159-164
- Adeyina, A. O. ; Apata, D. F. ; Annongu, A. A. ; O. ; Latunde, O. A. ; O. I. ; A. ; Okupke, K. M., 2010. Performance and physiological response of weaner rabbits fed hot water treated cocoa bean shell based diet. *Res. J. Anim. Vet. Sci.*, 5: 53-57
- Aderemi, F. ; Wuraola, A., 2010. Effects of dietary replacement of maize with malted or unmalted sorghum on the performance of weaner rabbits. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, 10 (9): 4032-4046
- Ajasin, F. O. ; Omole, A. J. ; Oluokun, J. A. ; Obi, O. O. ; Owosibo, A., 2006. Performance characteristics of weaned rabbit fed plantain peel as replacement for maize. *World J. Zool.*, 1 (1): 30-32
- Akinfala, E. O. ; Macaulay, O. ; Ogundeji, S. T., 2014. Comparative utilization of different fibre feedstuffs by weaning/growing pigs in the tropics. *J. Agric. Sci. Technol.*, 4 (2): 149-154
- Anderson, P. V. ; Kerr, B. J. ; Weber, T. E. ; Ziemer, C. J. ; Shurson, G. C., 2012. Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical analysis of corn coproducts fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 90 (4): 1242-1254
- Arndt, C. ; Armentano, L. E. ; Hall, M. B., 2014. Corn bran versus corn grain at 2 levels of forage: Intake, apparent digestibility, and production responses by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97 (9): 5676-5687
- Blair, R., 2007. Nutrition and feeding of organic pigs. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK
- Blair, R., 2008. Nutrition and feeding of organic poultry. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK
- Boyd, J. A. ; Bernard, J. K. ; West, J. W. ; Parks, A. H., 2008. Performance of lactating dairy cows fed diets based on sorghum and ryegrass silage and different energy supplements. *Prof. Anim. Scient.*, 24 (4): 349-354
- Bremer, V. B. ; Erickson, G. E. ; Klopfenstein, T. J. ; Gibson, M. L. ; Vander Pol, K. J. ; Greenquist, M. A., 2005. Feedlot performance of a new distillers byproduct (Dakota Bran) for finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, 83:(Suppl. 1.)
- Buckner, C. D. ; Klopfenstein, T. J. ; Erickson, G. E. ; Vander Pol, K. J. ; Karges, K. K. ; Gibson, M. L., 2007. Characterization of a modified dry distillers byproduct and dry distillers grains for use in growing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 85 (Suppl. 2): 131
- Butterworth, M. H. ; Chintsanya, N. C. C. ; Phiri, K. M. J. ; Mitengo Gama, P. W. S., 1984. Stall feeding beef cattle with agricultural by products in Malawi. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 61 (1): 25-28
- Byju, S. ; Moorthy, M. ; Edwin, S. C. ; Mohan, B., 2012. Impact of maize bran in broiler diet. *Indian J. Poult. Sci.*, 47 (2): 194-198
- Cardenas, M. A. ; Godoy, S. ; Obispo, N. E. ; Chicco, C. F., 2002. Complete substitution of corn by free fat germ and corn bran in dairy cows diets. *Zoot. Trop.*, 20 (2): 247-258
- Chandrasekharaiah, M. ; Sampath, K. T. ; Thulasi, A. ; Anandan, S., 2001. In situ protein degradability of certain feedstuffs in the rumen of cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, 71 (3): 261-264
- Chapoutot, P., 1998. Étude de la dégradation in situ des constituants pariétaux des aliments pour ruminants. Thèse Docteur en Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris (FRA), 1998/11/17.
- Chestnut, A. B. ; Laseinde, E. A. O. ; Olumeyan, D. B., 1983. The effect on performance and the economic feasibility of substituting maize hominy for maize in tropical broiler diets. *Trop. Anim. Prod.*, 8 (4): 279-287
- Cooke, K. M. ; Bernard, J. K. ; West, J. W., 2009. Performance of lactating dairy cows fed ryegrass silage and corn silage with ground corn, steam-flaked corn, or hominy feed. *J. Dairy Sci.*, 92 (3): 1117-1123
- Donkoh, A. ; Attoh-Kotoku, V., 2009. Nutritive value of feedstuffs for poultry in Ghana: chemical composition, apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility. *Livest. Res. Rural Dev.*, 21 (3)
- Ehrlich, W. K. ; Moss, R. J. ; Ansell, J. ; Martin, P., 1992. Hominy based concentrate as a supplement for grazing dairy cows. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 19: 103-105
- El-Sayed, A. F. M., 2013. Tilapia feed management practices in sub-Saharan Africa. In: M.R. Hasan and M.B. New, eds. On-farm feeding and feed management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 377-405
- Fiems, L. O. ; Cottyn, B. G. ; Boucque, C. V., 1996. Digestibility of ensiled wet maize gluten feed and maize bran in sheep and its use for beef production. *Wirtschaftseigene Futter*, 42 (1): 40-51
- Garleb, K. A. ; Fahey, G. C. Jr. ; Lewis, S. M. ; Kerley, M. S. ; Montgomery, L., 1988. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-product feedstuffs fed to ruminants. *J. Anim. Sci.*, 66 (10): 2650-2662
- Getachew, G. ; Robinson, P. H. ; DePeters, E. J. ; Taylor, S. J., 2004. Relationships between chemical composition, dry

- matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 111: 41-56
- Gondwe, T. N. ; Wollny, C. B. A., 2007. Local chicken production system in Malawi: household flock structure, dynamics, management and health. *Trop. Anim. Health Prod.*, 39 (2): 103-113
 - Green, D. A. ; Stock, R. A. ; Goedeken, F. K. ; Klopfenstein, T. J., 1987. Energy value of corn wet milling by-product feeds for finishing ruminants. *J. Anim. Sci.*, 65 (6): 1655-1666
 - Ham, G. A. ; Stock, R. A. ; Klopfenstein, T. J. ; Larson, E. M. ; Shain, D. H. ; Huffman, R. P., 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.*, 72: 3246-3257
 - Herold, D. W. ; Klemesrud, M. ; Klopfenstein, T. J. ; Milton, T. ; Stock, R., 1998. Solvent-extracted germ meal for receiving calves. *Nebraska Beef Cattle Report 1998*, Agricultural Research Division, University of Nebraska Cooperative Extension, and Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln
 - Herold, D. W. ; Klemesrud, M. ; Klopfenstein, T. J. ; Milton, T. ; Stock, R., 1998. Solvent-extracted germ meal, corn bran, and steep liquor blends for finishing steers. *Nebraska Beef Cattle Reports. Paper 337*
 - Herold, D. W. ; Cooper, R. ; Klopfenstein, T. J. ; Milton, T. ; Stock, R., 1999. Corn bran, solvent-extracted germ meal, and steep liquor blends for finishing yearlings. *Nebraska Beef Cattle Rep. MP71-A. pp 29-31. Lincoln, NE*
 - Hoffmann, I. ; Stier, C. H. ; Gall, C. F. ; Kobling, S., 1993. Rabbit production with local feeds in Burkina Faso. 1. Effect on reproductive performance. *Zuchtungskunde*, 65 (1): 58-68
 - Hoffmann, I., 1990. Rabbit production in Burkina Faso. *J. Applied Rabbit Res.*, 12: 268-292
 - Iyayi, E. A. ; Ogunsola, O. ; Ijaya, R., 2005. Effect of three sources of fibre and period of feeding on the performance, carcass measures, organs relative weight and meat quality in broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 4 (9): 695-700
 - Janicek, B. N. ; Kononoff, P. J. ; Gehman, A. M. ; Karges, K. ; Gibson, M. L., 2007. Short communication: Effect of increasing levels of corn bran on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.*, 90 (9): 4313-4316
 - Kaczmarek, S. ; Bochenek, M. ; Jozefiak, D. ; Rutkowski, A., 2009. Effect of enzyme supplementation of diets based on maize or hominy feed on performance and nutrient digestibility in broilers. *J. Anim. Feed Sci.*, 18 (1): 113-123
 - Kajuna, F. F. ; Temba, B. A. ; Mosha, R. D., 2013. Surveillance of aflatoxin B 1 contamination in chicken commercial feeds in Morogoro, Tanzania. *Livest. Res. Rur. Dev.*, 25 (3): 51
 - Kalscheur, K. F. ; Garcia, A. D. ; Schingoethe, D. J. ; Diaz Royón, F. ; Hippen, A. R., 2012. Feeding biofuel co-products to dairy cattle. In: Makkar, H. (Ed.), *Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges*, Chapter 7: 115-154
 - Karimuribo, E. D. ; Chenyambuga, S. W. ; Makene, V. W. ; Mathias, S., 2011. Characteristics and production constraints of rural-based small-scale pig farming in Iringa region, Tanzania. *Livest. Res. Rur. Dev.*, 23 (8): 172
 - Katongole, C. B. ; Sabiiti, E. N. ; Bareeba, F. B. ; Ledin, I., 2009. Performance of growing indigenous goats fed diets based on urban market crop wastes. *Trop. Anim. Health Prod.*, 41 (3): 329-336
 - Kelzer, J. M. ; Kononoff, P. J. ; Tedeschi, L. O. ; Jenkins, T. C. ; Karges, K. ; Gibson, M., 2010. Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products. *J. Dairy Sci.*, 93 (6): 2803-2815
 - Kompang, I. P. ; Supriyati, 1998. Nutritional evaluation of hominy as poultry feed. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 3 (3): 158-164
 - Larson, E. M. ; Stock, R. A. ; Klopfenstein, T. J. ; Sindt, M. H. ; Shain, D. H., 1993. Energy value of hominy feed for finishing ruminants. *J. Anim. Sci.*, 71 (5): 1092-1099
 - Larson, D. M. ; Bauer, M. L. ; Lardy, G. P. ; Karges, K. K. ; Gibson, M. L., 2007. Effect of Dakota Bran inclusion on DMI, gain, efficiency, and carcass characteristics of finishing steers. *J. Anim. Sci.*, 85 (Suppl. 1): 171
 - Lebas, F. ; Bannelier, C. ; Adoukonou, J. ; Djago, A. Y., 2012. Chemical composition of some raw materials available for rabbit feeding in Benin. *Proc. 10th World Rabbit Congress, 3-6 September 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt*, 581-584
 - Lebas, F., 2013. Estimation de la digestibilité des protéines et de la teneur en énergie digestible des matières premières pour le lapin, avec un système d'équations. *15ème Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, 19-20 novembre 2013*
 - Leeson, S. ; Hussar, N. ; Summers, J. D., 1988. Feeding and nutritive value of hominy and corn grits for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 19 (4): 313-325
 - Li, M. H. ; Oberle, D. F. ; Lucas, P. M., 2012. Effects of dietary fiber concentrations supplied by corn bran on feed intake, growth, and feed efficiency of channel catfish. *N. Am. J. Aquacult.*, 74 (2): 148-153
 - Liti, D. M. ; Mugo, R. M. ; Munguti, J. M. ; Waidbacher, H., 2006. Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three brans (maize, wheat and rice) in fertilized ponds. *Aquacult. Nutr.*, 12 (3): 239-245
 - Liu, Y. ; Song, M. ; Almeida, F. N. ; Tilton, S. L. ; Cecava, M. J. ; Stein, H. H., 2014. Energy concentration and amino acid digestibility in corn and corn coproducts from the wet-milling industry fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 92 (10): 4557-4565
 - López, N. ; Chicco, C. F. ; Godoy, S., 2003. Nutritive value of bran and defatted corn germ meal in swine feeding. *Zootecnia Trop.*, 21 (3)
 - Macken, C. N. ; Erickson, G. E. ; Klopfenstein, T. J. ; Milton, C. T. ; Stock, R. A., 2004. Effects of dry, wet, and rehydrated corn bran and corn processing method in beef finishing diets. *J. Anim. Sci.*, 82 (12): 3543-3548
 - Manafi, M. ; Bagheri, H. ; Yazdani, M., 2011. Effect of polyezyme in broilers fed with corn (*Zea mays* L.) bran-based diets. *Adv. Environ. Biol.*, 5 (7): 1651-1655
 - McNitt, J. A., 1979. Methods of small holder rabbit production. *Workshop Rabbit Husb. Africa, Morogoro, Tanzania, 16-21 December 1978*, 100-112

- Mjema-Mweta, W. J. ; Mtimuni, J. P. ; Kamwanja, L. A. , 1995. The effect of leucaena and/or maize bran (madeya) supplementation of goats grazing star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) on birth weight of kids. *Int. J. Anim. Sci.*, 10 (1): 35-40
- Mlay, P. S. ; Pereka, A. E. ; Balthazary, S. T. ; Phiri, E. C. J. ; Hvelplund, T. ; Weisbjerg, M. R. ; Madsen, J., 2005. The effect of maize bran or maize bran mixed with sunflower cake on the performance of smallholder dairy cows in urban and peri-urban area in Morogoro, Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.*, 17 (1): 2
- Mopaté, L. Y. ; Kaboré-Zoungrana, C. Y. ; Facho B., 2011. Availability and nutritive value of rice bran, maize bran and sorghum bran used for pig feeding in N'Djamena (Chad). *J. Appl. Biosci.*, 41: 2757-2764
- Moset, V. ; Ferrer, P. ; Torres-Pitarch, A. ; Bonet, J. ; Coma, J. ; Martinez, M. ; Villagra, A. ; Gomez, E. ; Cerisuelo, A., 2013. The use of cereal by-products in growing pig diets: effects on growth performance, digestibility and carcass quality. XV Jornadas sobre Produccion Animal, Zaragoza 14 y 15 de mayo de 2013, 141-143
- Muinga, R. W. ; Topps, J. H. ; Rooke, J. A. ; Thorpe, W., 1995. The effect of supplementation with *Leucaena leucocephala* and maize bran on voluntary food intake, digestibility, live weight and milk yield of *Bos indicus* * *Bos taurus* dairy cows and rumen fermentation in steers offered *Pennisetum purpureum ad libitum* in the semi-humid tropics. *Anim. Sci.*, 60 (1): 13-23
- Muir, J. P. ; Massaete, E. S., 1996. Seasonal growth in rabbits fed wheat and maize bran with tropical forages. *Livest. Res. Rural Dev.*, 8 (1)
- Mulumpwa, M. ; Kang'ombe, J., 2009. Effect of feeding soybean-based diets on the survival, growth and feed utilization of *Tilapia rendalli* in a semi-intensive pond culture system. *Aquacult. Res.*, 40 (9): 1099-1101
- Njidda, A. A. ; Isidahomen, C. E., 2011. Hematological parameters and carcass characteristics of weanling rabbits fed sesame seed meal (*Sesamum indicum*) in a semi-arid region. *Pakistan Vet. J.*, 31 (1): 35-39
- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised Edition, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture and Natural Resources, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, 384 p.
- Odunsi, A. A. ; Akande, T. O. ; Yusuph, A. S. ; Salami, R. I., 2002. Comparative utilisation of high inclusion rates of four agro-industrial by-products in the diets of egg type chickens. *Arch. Zootec.*, 51 (196): 465-468
- Oliveira, A. F. G. ; Scapinello, C. ; Maria, B. G. ; Jobim, C. C. ; Monteiro, A. C. ; Furuta, L. ; Ferreira, W. M., 2008. Use of simplify diet with cassava by products for rabbits. Proc. 9th World Rabbit Congress, 10-13 June 2008, Verona, Italy, 775-779
- Onakpa, M. M. ; Onuh, F. ; Gode, D. S., 2006. Effects of graded levels of maize bran on the growth and carcass characteristics of weaned rabbits. *ARNP J. Agric. Biol. Sci.*, 6 (5): 45-48
- Ondiek, J. O. ; Abdulrazak, S. A. ; Tuitoek, J. K. ; Bareeba, F. B., 1999. The effects of *Gliricidia sepium* and maize bran as supplementary feed to Rhodes grass hay on intake, digestion and liveweight of dairy goats. *Livest. Prod. Sci.*, 61 (1): 65-70
- Ouattara, N. I. ; N'Douba, V. ; Teugels, G. G. ; Philippart, J. C., 2005. Effects of three agricultural by-products on cage culture growth performances of a landlocked population of *Sarotherodon melanotheron* (Teleostei: Cichlidae) in man-made Lake Ayame, Cote d'Ivoire. *Afr. J. Aquatic Sci.*, 30 (2): 125-129
- Piccioni, M., 1965. Dictionnaire des aliments pour les animaux. Edagricole, 640 pp.
- Potter, L. M. ; Matterson, L. D., 1960. Metabolizable energy of feed ingredients for the growing chick. *Poult. Sci.*, 39 (3): 781-782
- Potter, M. L. ; Jacela, J. Y. ; Dritz, S. S. ; Tokach, M. D. ; DeRouchey, J. M. ; Goodband, R. D. ; Nelssen, J. L., 2009. Effects of increasing hominy feed in diets on finishing pig performance. Kansas State University Swine Day 2009. Report of Progress 1020, 168-173
- Rausch, K. D. ; Belyea, R. L., 2006. The future of coproducts from corn processing. *Appl. Biochem. Biotech.* 128:47-85
- Rava, E., 1996. Mycotoxins in maize products of the 1994/95 season. *Mycotoxin Res.*, 12: 25-30
- Rojas, O. J. ; Liu, Y. ; Stein, H. H., 2013. Phosphorus digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 91 (11): 5326-5335
- Santos, M. J. B. dos ; Ludke, M. C. M. M. ; Ludke, J. V. ; Torres, T. R. ; Lopes, L. dos S. ; Brito, M. S., 2013. Chemical composition and metabolizable energy values of alternative ingredients for broilers. *Ciênc. Anim. Bras.*, 14 (1): 32-40
- Sarwatt, S. V. ; Laswai, G. H. ; Ubwe, R., 2003. Evaluation of the potential of *Trichanthera gigantea* as a source of nutrients for rabbit diets under small-holder production system in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.*, 15 (11)
- Sauvant, D. ; Perez, J. M. ; Tran, G., 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: 2ème édition. ISBN 2738011586, 306 p. INRA Editions Versailles
- Sayer, K. M. ; Buckner, C. D. ; Erickson, G. E. ; Klopfenstein, T. J. ; Macken, C. N. ; Loy, T. W., 2013. Effect of corn bran and steep inclusion in finishing diets on diet digestibility, cattle performance, and nutrient mass balance. *J. Anim. Sci.*, 91 (8): 3847-3858
- Scott, T. ; Klopfenstein, T. ; Stock, R. ; Klemesrud, M., 1997. Evaluation of corn bran and corn steep liquor for finishing steers. University of Nebraska, Nebraska Beef Report, 72-74
- Scudamore, K. A. ; Nawaz, S. ; & Hetmanski, M. T., 1998. Mycotoxins in ingredients of animal feeding stuffs: II. Determination of mycotoxins in maize and maize products. *Food Add. & Contam.*, 15 (1): 30-55

- Stock, R. A. ; Lewis, J. M. ; Klopfenstein, T. J. ; Milton, C. T., 1999. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. Am. Soc. Anim. Sc., Proceedings of the American Society of Animal Science, 1999: 1-12
- Swatson, H. K. ; Nesamvumi, E. ; Tshovhote, J. ; Ranwedzi, N. E. ; Fourie, C., 2003. Growth patterns and dynamics of indigenous chicken under traditional farming systems. In: Swatson, H.K., Nsahlai, I.V., The potential of free-ranging poultry development in improving the livelihoods and food security of rural households. Proc. 1st Workshop on indigenous poultry development, Pietermaritzburg, South Africa, 29-30/10/2003
- Tahir, M. I. ; Khalique, A. ; Pasha, T. N. ; Bhatti, J. A., 2002. Comparative evaluation of maize bran, wheat bran and rice bran on milk production of Holstein Friesian cattle. Int. J. Agric. Biol., 4 (4): 559-560
- Togun, V. A. ; Farinu, G. O. ; Ojebiyi, O. O. ; Awotunde, A. I., 2009. Effect of replacing maize with a mixture of rumen content and blood meal on the performances of growing rabbits: initial study with mash feed. World Rabbit Sci., 17 (1): 21-26
- Yahaya, M. B. ; Kibon, A., 2013. Effect of supplementation and voluntary feed intake in Red Sokoto goats offered a basal diet of treated maize stover. Int. J. Agric. Biosci., 2 (1): 30-34

Rédaction : Valérie Heuzé et Gilles Tran (AFZ : Association Française de Zootechnie) - Benoît Rouillé (Institut de l'Élevage)
Conception : Marie-Catherine Leclerc (Institut de l'Élevage) - **Mise en page :** Corinne Maigret (Institut de l'Élevage)
Sources : AFZ et Feedipedia (www.feedipedia.org) - **Crédit photo :** Denis Bastianelli CIRAD - **Réf IE :** 0023 302 027 - Avril 2023