

LE MAÏS GRAIN ET SES SOUS-PRODUITS EN ALIMENTATION DE VOLAILLE AU BÉNIN : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

M. S. E. GUEDOU*, M. F. HOUNDONOUGBO**, C. A. A. M.
CHRYSTOSTOME** & G. A. MENSAH*

*Institut National des recherches Agricoles du Bénin (INRAB) 01 BP 884 Recette
Principale, Cotonou, République du Bénin

**Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC) 01
BP 526 Cotonou, République Bénin

RÉSUMÉ

Le maïs (*Zea mays* L.) est la céréale de choix pour l'alimentation des animaux monogastriques, en l'occurrence la volaille. Cette étude a pour objectif de faire une synthèse bibliographique sur l'utilisation du maïs grain et ses sous-produits en aviculture en vue de permettre une meilleure valorisation de ces matières premières dans la formulation des aliments. De la synthèse bibliographique effectuée, il ressort que 13 principales variétés de grain de maïs sont vulgarisées au Bénin dont 3 sont acceptées sur toute l'étendue du territoire. Le grain de maïs a la valeur énergétique la plus élevée et la plus stable au cours de l'année (3.635 - 4.093 Kcal EM/Kg.MS). Il est pauvre en protéines (8 - 11,8 %) et sa teneur en matière grasse est relativement élevée en comparaison aux autres céréales (4,8 % MS). La valeur nutritive des sous-produits de grain de maïs varie en fonction du mode d'alimentation et de la technologie utilisée. Les volailles nourries essentiellement au maïs grain offrent en général une bonne qualité de viande. Toutefois, les produits avicoles issus d'une alimentation à base du grain de maïs contiennent parfois de substances anti-nutritionnelles compte tenu du fait que le maïs est infecté ou infesté. Les conditions de récolte et de stockage, la sensibilité variétale, l'infestation des insectes foreurs expliquent la présence des substances anti-nutritionnelles dans les produits avicoles. Les résultats de cette étude permettront de mettre au point des rations alimentaires efficaces pour volailles, en particulier les poulets.

Mots clés : Céréales, viande, œuf, Bénin

MAIZE GRAIN AND ITS BY-PRODUCTS IN POULTRY FEEDING IN BENIN: A REVIEW

ABSTRACT

Maize grain (*Zea mays* L.) is the most used cereal in monogastric animals' feeding, especially in poultry. This study aimed to carry out a literature review on the utilization of maize grain and its by-products in the aim to allow a better valorization of these ingredients in poultry feed formulation. From the literature review, it appeared that 13 major varieties of maize grain are disseminated in Benin, and 3 of them are accepted throughout the country. Corn grain has the highest and most stable energy value during the year (3630 and 4093 Kcal ME/Kg dry matter). Its protein content is low (8 - 11.8 %) and its fat content is relatively high compared to other cereals (4.8 % dry matter). The nutritional value of maize grain's by-products varies according to the feeding strategy and the processing technology used. The poultry fed essentially with maize grain generally offer a good quality of meat. However, poultry products from maize grains based diet may contain anti-nutritional factors if the maize is infected or infested. Harvest and storage conditions, varietal susceptibility, borers' infestation are the causes of the appearance of such factors. The results of this study will help to formulate efficient feeds for poultry, especially chicken.

Keywords : Cereal, egg, meat, Benin

INTRODUCTION

Avec 70 millions de tonnes produites par an dans le monde, la volaille, dont près de 85 % de poulet, est la seconde viande consommée au monde juste derrière le porc. L'Afrique représente 13 % de la population mondiale et ne fournit que 4 % de la production mondiale de volaille (Huart, 2004). La production mondiale de volaille, après une croissance limitée en 2013, est estimée à 108,7 millions de tonnes en 2014 (FAO, 2014). Au Bénin, la volaille constitue la seconde source de consommation de viande (21 %) après les bovins (58 %) (Fanou, 2006).

L'aviculture regorge de nombreuses potentialités ; mais en Afrique et au Bénin en particulier, elle peine à se développer. D'après Sodjinou (2011), le développement de l'aviculture implique l'amélioration des conditions d'élevage notamment les aspects de la santé et de l'alimentation. En effet, l'alimentation représente 60 à 80 % du coût des inputs en aviculture commerciale (Branckaert *et al.*, 2000). Le renchérissement du coût de l'alimentation est aggravé par la volatilité du prix des matières premières, ce qui fragilise les éleveurs et particulièrement les producteurs d'animaux à cycle court tels que les porcs et les volailles dont l'alimentation est composée de 75 % de céréales (Kambashi *et al.*, 2010). Au nombre des céréales utilisées, le maïs occupe une place de choix. En effet, partout dans le monde, le maïs est utilisé comme base de l'alimentation animale surtout en aviculture et existe sous forme de grain et de fourrage (AGPM, 2015). Le maïs grain est destiné à l'alimentation animale dans les pays industrialisés alors qu'il est fortement utilisé en alimentation humaine dans les pays en développement des zones intertropicales. Une synthèse bibliographique des travaux de recherche a été faite sur la filière maïs de 2000 à 2012 au Bénin (Adégbola *et al.*, 2013). Mais, cette étude est surtout orientée vers les systèmes de production, la consommation par les populations humaines et les ruminants, la commercialisation.

L'objectif de l'étude est de faire une synthèse bibliographique sur le maïs grain et ses sous-produits en liaison avec l'aviculture en abordant : la systématique et la botanique, l'aspect variétal, la valeur nutritive, les formes d'utilisation et les technologies de transformation. En effet, une plus large connaissance du maïs grain et ses sous-produits en rapport avec la production de volaille, permettra aux aviculteurs de mieux les valoriser en alimentation avicole au Bénin.

SYSTÉMATIQUE ET BOTANIQUE DU GENRE ZEA

Le maïs appartient au règne végétal, à la classe des Liliopsidées, à l'ordre des cypéales, à la famille des Poacées, à la sous-famille des panicoidées, au genre *Zea* et à l'espèce *Zea mays*. L'origine botanique du maïs, a longtemps été sujette à controverses. C'est une plante qui ne peut se multiplier à l'état naturel sans l'intervention de l'homme c'est ce qui expliquerait son absence à l'état sauvage (Dongmo, 2009).

Le maïs est une céréale de la famille des Poacées. C'est une plante dont la structure botanique comprend les racines (les racines séminales et les racines adventistes), la tige (2-3m de hauteur, 3-4cm de diamètre avec des nœuds et entre nœuds bien définis), l'inflorescence ou fleur (l'inflorescence mâle appelée panicule et l'inflorescence femelle appelée épis). Le fruit (grain) est une caryopse qui se développe en ligne le long de l'épi (Ekobo, 2006)

Variétés de maïs grain

Deux grandes catégories de maïs grain sont à distinguer au Bénin, à savoir : les variétés locales et les variétés améliorées. Une grande variabilité est observée dans la qualité du maïs cultivé au Bénin. Les variétés locales ont des petits grains à tendance farineuse et tendre tandis que les cultivars améliorés ont plutôt des gros grains vitreux et friables (Nago *et al.*, 2001)

Parmi les premières variétés de maïs vulgarisées au Bénin, trois (3) ont été acceptées sur toute l'étendue du territoire (Yallou *et al.*, 2010) compte tenu de leur texture mi-vitreuse et mi-farineuse à savoir: TZPB SR W (cycle de 120 jours), DMR ESR W (cycle de 90 jours) et TZEE SR W (cycle de 75 jours). Des travaux de recherche ont conduit à la mise au point en collaboration avec les agriculteurs d'autres variétés performantes telles que 2000 Syn. EE W (cycle de 75 jours), FAABA/QPM (cycle de 105 jours au Nord) ou HOUINLIN MI (cycle de 105 jours au Sud) et AK 94 DMR ESR Y (cycle de 90 jours). La plupart de ces variétés sont déjà en vulgarisation (Toukourou *et al.*, 2004 ; Badu- Apraku et Yallou, 2009,).

Treize variétés de maïs ont été décrites en fonction de dix critères (Tableau 1) : la durée du cycle végétatif, le nombre de rangées de grains par épi, le nombre de grains par rangée, le type de grains, la texture du grain, la couleur du grain, le poids de 1000 grains, la résistance à la sécheresse, le rendement potentiel en station et le rendement en milieu paysan (Yallou *et al.*, 2010).

Des corrélations positives entre le rendement de grains et les grains par épi

($r = 0.70$ ***) ont été obtenues chez dix variétés de maïs (DMR-L-SR-W, SUWAN 1, EV 9043-DMR, TZPB-SR, TZSR-Y, 8321-18, 8535-23, 8644-27, 8644-31 et 8805-4) de 1995 à 1997 à Ibadan, au Nigéria dans la zone forestière (Agbaje *et al.*, 2000).

La calibration et la validation du modèle sur les rendements historiques des variétés améliorées et locales de maïs de la commune de Tanguiéta au Bénin ont permis de déterminer les impacts des différents scénarios constitués suivant les tendances évolutives du climat local. De ces études d'impacts il ressort que les scénarios présentant de réels risques de mauvais rendements pour les variétés de maïs à Tanguiéta sont ceux de hausse des températures et de baisse des pluviométries

(Tidjani & Akponikpe, 2012) .

Des hybrides de maïs adaptés aux conditions de l'Afrique centrale et occidentale ont été mis au point par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au cours des années 80. Malgré la performance agronomique supérieure des hybrides, les agriculteurs préfèrent encore leurs cultivars traditionnels dans certaines localités parce qu'ils sont dotés des caractéristiques de stockage et de transformation recherchées (Maziya *et al.*, 2000).

VALEUR NUTRITIVE DU MAÏS GRAIN

La composition morphologique de la plante de maïs évolue jusqu'au stade vitreux du grain (35 % de matière sèche dans la plante entière), le grain a alors atteint sa maturité physiologique et représente 40 à 50 % de la matière sèche (MS). Concomitamment, la composition chimique évolue relativement peu après la floraison sauf la teneur en amidon qui augmente au détriment de la teneur en glucides solubles (Demarquilly, 1994).

En l'absence de facteurs limitants (eau, nutriments, lumière), le maïs ou le sorgho ont une bonne efficacité en eau car ils produisent 40 kg de MS/mm/ha, tandis que le blé ou le ray-grass ne produisent que 25 kg MS/mm/ha, et la luzerne 20 kg MS/mm/ha. En d'autres termes, le maïs grain et fourrager nécessite moins d'eau pour produire autant de biomasse que la luzerne ou le blé, grâce à leur efficacité physiologique d'utilisation de l'eau. Toutefois, en situation de stress hydrique, le maïs perd cette exceptionnelle efficacité d'utilisation de l'eau. Comparé aux autres céréales, le maïs grain a la valeur énergétique la plus élevée et la plus stable au cours de l'année (Larbier & Leclercq, 1992)

La valeur d'énergie métabolisable du maïs varie dans de grandes proportions (Lessire *et al.*, 2003). Cette variabilité est due en grande partie à une grande variation des teneurs en lipides totaux (2,67 à 8,37 %). Cet auteur a obtenu des valeurs de l'énergie métabolisable comprises entre 3635 et 4093 kcal/kg de matière sèche. Cowieson (2005) a rapporté que la composition chimique de maïs grain varie substantiellement d'un lot à un autre et induit par conséquent une variation de sa valeur énergétique en alimentation de volaille.

La forte teneur du maïs grain en énergie est due au fait qu'il est riche en amidon (72,5 % de MS) et contient également une forte proportion de sucre représentant (2,4 % de MS) (Larbier & Leclercq, 1992). Pour ces mêmes auteurs, le maïs grain contient une quantité relativement importante de pigments xanthophylles (environ 25 ppm). Les céréales contiennent peu de lipides mais de bonne qualité à cause de la forte proportion des acides gras polyinsaturés (Agnès *et al.*, 2009). Pour le cas particulier du maïs, sa proportion de matières grasses (4,8 % de MS) est relativement élevée (FAO, 1993). Par contre, le taux de protéines du maïs grain (8 % de MS) est faible (Smith, 1992). Pour Ghol (1982), la teneur en protéines du maïs grain est non seulement faible, mais en plus, la moitié de ses protéines est constituée par la zéine. Mieux, le profil des acides aminés du maïs grain est déséquilibré car il y a un excès de leucine et une déficience en lysine et en tryptophane.

La détermination des acides N-terminaux du maïs grain établit une prédominance de la thréonine sur la phénylalanine et un rapport arginine/histidine compris entre 1,1 et 1,2 (Landry, 2014).

Les céréales sont pauvres en sels minéraux (Agnès *et al.*, 2009) ; mieux Larbier & Leclercq (1992) ont établi que le maïs grain est presque dépourvu de sodium (0,01 % de MS) et de calcium (0,01 % de MS). Quant à la teneur en phosphore du maïs grain, bien qu'elle soit élevée, elle se trouve en grande partie piégée sous forme de phosphore phytique. En effet, l'acide phytique forme des complexes stables et indigestibles avec les minéraux surtout les cations (Mg, Zn, Fe, Ca) et ce phénomène réduit fortement la disponibilité des nutriments (Agnès *et al.*, 2009). Dans le même ordre d'idée, d'autres auteurs ont mentionné que le phosphore du maïs est quasi indispensable en raison de l'absence ou du faible taux de phytases endogènes (Ghol, 1982 ; Larbier et Leclercq, 1992). A l'exception du maïs jaune et de certains mils qui contiennent de caroténoïdes actifs, les céréales n'ont pas d'activité vitaminique A. La vitamine C fait également défaut mais le germe est riche en vitamine E. Les vitamines du groupe B sont présentes à l'exception de la

vitamine B₁₂; cependant le décortilage et le blutage éliminent une bonne partie de ces vitamines (Favier, 1989)

Avec une augmentation de la fertilité du sol en azote, une augmentation du taux de protéines et de lysine a été enregistrée dans le maïs grain des variétés Opaque-2 et Normal (Cromwell *et al.*, 1983). L'augmentation du taux de protéine de maïs grain par la fertilisation du sol affecte négativement l'équilibre en acides aminés essentiels des variétés. (Keeney, 1970). Une différence de 26,9 g/kg de MS de protéines et de 0,4 MJ/kg de MS d'énergie métabolisable a été observée, chez les poulets de chair en phase démarrage entre 1 et 3 semaines d'âge, en faveur de la variété locale Gbogboé de maïs grain comparée à la variété améliorée DMR-ESRW.. La teneur en protéines a été de 11,8 % pour la variété locale et 9,1 % pour la variété améliorée. (Houndonougbo *et al.*, 2009).

Le maïs grain présente d'une manière générale, une excellente digestibilité qui s'explique par la bonne digestibilité de son amidon, la bonne digestibilité de ses protéines, sa faible proportion en cellulose (2,5 % de MS) et l'absence de facteurs antinutritionnels tels que les tanins. Son amidon est le plus digestible chez les oiseaux avec une digestibilité d'environ 98 % (Larbier & Leclercq, 1992)

Les volailles nourries essentiellement au maïs grain offrent une bonne qualité de viande. En effet, du fait de sa composition (présence de carotènes et d'acide linoléique entre autres), le maïs grain possède des spécificités très intéressantes notamment pour l'élevage des poulets sous label et des poules pondeuses. Toutefois, différents travaux de recherche ont montré que les variétés de maïs grain cultivées au Bénin sont infectées par des mycotoxines notamment lors du stockage (Hell *et al.*, 2000, Fandohan *et al.*, 2004 ; Fandohan *et al.*, 2006) alors qu'elles représentent des risques pour la santé humaine et animale (Duval, 2006).

Les fumonisines sont des mycotoxines largement répandues dans le monde et produites par *Fusarium verticillioides* lors de son développement sur le maïs. La teneur maximale de fumonisines recommandée dans les aliments est de 20 mg/kg (seuil fixé au niveau européen). Cette dose est bien tolérée chez la dinde et le canard en croissance mais inacceptable chez le canard en gavage. En cas de contamination à la dose de 20 mg/kg d'aliment le foie se révèle le tissu le plus infecté tandis que dans le muscle, aucun résidu de fumonisines n'est observé (Guerre *et al.*, 2007). L'infestation des insectes foreurs explique à hauteur de 24 % la présence de fumonisines dans le maïs grain et la

sensibilité variétale en explique moins de 20 %. Le taux de fumonisines est multiplié par quatre entre des épis sains et des épis fortement attaqués par la pyrale ou la sésamie. Quant aux facteurs pédoclimatiques, ils expliquent pour près de 50 % les taux des fumonisines et de la zéaralénone à la récolte. Enfin, les facteurs récolte (date et humidité du grain) et la sensibilité variétale expliquent chacun un peu plus de 20 % la présence de la zéaralénone à la récolte. (Froment & Gautier, 2007).

Le maïs grain comme les autres céréales contiennent des NSP, polysaccharides non amylacés (Choct, 1997). Une partie de ces polysaccharides est soluble dans l'eau (Choct, 1997) et seule cette fraction a été longtemps considérée comme anti-nutritionnelle du fait de son pouvoir viscosant. Une deuxième hypothèse de mode d'action anti-nutritionnelle des polysaccharides, liée cette fois-ci à la partie insoluble dans l'eau, a été émise plus tard. En effet, les fibres de la paroi des cellules du grain semblent limiter l'accès des enzymes endogènes aux nutriments réduisant ainsi leur digestion (Maisonnier *et al.*, 2001).

VALEUR NUTRITIVE DES SOUS-PRODUITS DU MAÏS GRAIN

Des sous-produits agro-industriels et agro-alimentaires provenant de la fabrication de produits à base de grains de maïs, existent sur le marché et sont commercialisés pour l'alimentation animale. Les analyses en nutriments des sous-produits sont plus variables que celles des matières premières et doivent être soumises à un contrôle rigoureux de la qualité (Pelletier Grenier & Valiquette, 2009)

Les drêches de blé ou de maïs sont des sources potentielles d'énergie et de protéines susceptibles d'être utilisées dans les aliments des différentes catégories de volailles sans que leurs performances ne soient altérées. Toutefois, leurs caractéristiques nutritives doivent être minutieusement étudiées et être prises en compte pour la formulation des aliments (Cozannet *et al.*, 2010). Les drêches sont disponibles au Bénin, de même que le son du maïs, la rafle et les spaths du maïs.

Les drêches de distillerie de maïs (avec solubles) sont décrites par Pelletier Grenier et Valiquette (2009). Elles proviennent de la fabrication de la bière et de l'éthanol composé de maïs et de levures. Le maïs est fermenté avec des enzymes et de levures pour extraire l'amidon (albumen farineux et corné) du grain. Suite à la fermentation, la majeure partie de l'amidon aura été extraite du grain et il ne restera que les résidus, soit l'enveloppe, le germe, le capuchon et une petite fraction d'amidon. La partie soluble des résidus subit

une évaporation et est ensuite séchée et mélangée à la partie solide des résidus afin de composer les drêches de distillerie. Les drêches de distillerie sont une bonne source de protéine, de matière grasse, de fibres, de minéraux et de vitamines ; toutefois, il faut surveiller les niveaux de toxines. Ce sous-produit est habituellement de couleur jaune doré mais des variations sont possibles selon les usines de fabrication, les sources de maïs et la qualité du produit. Les taux d'incorporation maximums recommandés pour les volailles sont de 5 % pour le poussin, 10 % pour le poulet de chair et de 15 % pour la pondeuse.

Sous la forme humide, les drêches de distillerie de maïs peuvent contenir 50 à 90 % d'eau (Cameron, 2007). Ainsi, un entreposage adéquat suivi d'une reprise rapide s'impose. La forme déshydratée contient moins de 15 % d'eau et son entreposage est facile. Pour le même auteur, le niveau de protéines des drêches de distillerie est élevé (23 à 32 % de protéine brute) et elles peuvent être utilisées comme des sources protéiques. De plus, lors du procédé d'extraction en distillerie, l'ajout de levures apporte des vitamines, des oligoéléments et améliore la digestibilité du phosphore.

Le fin gluten et le gros gluten sont deux autres sous-produits du maïs décrits par Pelletier-Grenier & Valiquette (2009). Le fin gluten provient de la fabrication de l'huile et du sirop du maïs. Il est composé de la fraction protéique du maïs obtenue lors du retrait de l'amidon (albumen farineux) du grain. Ce produit ne contient que le gluten du maïs aussi appelé albumen corné. Malgré son haut contenu en protéines qui le rend avantageux en nutrition avicole, ce sous-produit est déficient en lysine, un acide aminé majeur en nutrition animale. Le fin gluten est très riche en xanthophille, un pigment de couleur jaune. Ainsi, une grande quantité de fin gluten dans une moulée peut affecter la pigmentation des pattes des poulets ou des jaunes d'œufs lesquels prendront une teinte plus jaunâtre. Par contre ce pigment ne nuit en rien aux performances des oiseaux. Les taux d'incorporation maximums recommandés pour les volailles sont de 15 % pour le poussin et de 20 % pour le poulet de chair et la pondeuse.

Le gros gluten provient également de la fabrication de l'huile et du sirop de maïs. A la différence du fin gluten, il est composé d'une partie du gluten (albumen corné), mais dilué avec le son de maïs (l'enveloppe du grain de maïs). L'ajout de son, fait en sorte que ce sous-produit est beaucoup moins riche en protéine que le fin gluten, mais est sept fois plus riche en fibre. Les taux d'incorporation maximums recommandés sont identiques à ceux du fin gluten.

La digestibilité de l'énergie des drêches de blé ou de maïs ou leurs teneurs en énergie métabolisable, peuvent varier avec la couleur maïs, elles sont surtout dépendantes de leur composition chimique et notamment de leur teneur en matières grasses et en parois végétales (Cozannet *et al.*, 2010)

FORMES D'UTILISATION ET TECHNOLOGIES DE TRANSFORMATION DU MAÏS GRAIN EN AVICULTURE

Le maïs est utilisé sous différentes formes : en grains principalement pour les volailles et les porcs, sous forme de fourrage pour les bovins et sous forme d'aliments composés industriels (Bassaler, 2000).

Un poulet au sein d'un groupe est capable de sélectionner un régime globalement équilibré lorsqu'il est confronté à différents aliments d'égale disponibilité dans son environnement (Chrysostome *et al.*, 2010, Covasa et Forbes, 1995). L'identification de l'aliment est une capacité acquise par l'apprentissage (Picard, 1997). Il permet à l'animal d'assurer les critères de différenciations sensorielles (forme, couleur, odeur, saveur, propriétés tactiles) et les caractéristiques nutritionnelles des aliments. L'interprétation des choix alimentaires des animaux est souvent confuse. Le « bon » choix pour le poulet n'est pas forcément celui qui lui permet de maximiser sa croissance (Siegel *et al.*, 1997).

Noirot *et al.* (1998) ont rapporté les résultats des travaux de comparaison de trois principaux modes de distribution de deux (2) aliments à savoir : de céréales entières et un aliment complémentaire riche en protéines, chez les poulets de chair. Il s'agit de l'alimentation séparée dans l'espace où les deux aliments sont simultanément présentés au poulet dans deux mangeoires distinctes ; de l'alimentation sous forme de mélange des deux aliments dans la même mangeoire et de l'alimentation séquentielle. Dans ce dernier cas, céréales et aliment complémentaire sont distribués de façon alternée dans le temps. Le but recherché est d'obtenir des vitesses de croissance, efficacité alimentaire et composition corporelle les plus proches possibles de celles de poulets consommant un aliment complet. Les résultats de l'alimentation séparée sont très variables en termes de performances de croissance, de qualité des carcasses et du niveau de consommation de la céréale entière. Le mélange céréale entière plus aliment complémentaire conduit aux mêmes performances de croissance qu'un aliment complet unique. Quant à l'alimentation séquentielle, elle donne des résultats comparables à ceux obtenus avec un aliment complet, mais la durée des séquences de distribution doit être adaptée à l'âge des poulets. Au Bénin, l'utilisation de céréales

entières notamment le maïs sans apport d'aliment complémentaire est répandue en alimentation des volailles traditionnelles.

Les recherches menées sur l'utilisation des céréales entières vont au-delà de la simple mesure des performances de croissance. Elles analysent aussi les effets de l'utilisation des graines entières sur la nutrition, le comportement et la santé animale. Ainsi, en libre choix, la forme de présentation, des deux aliments proposés intervient en plus de leurs caractéristiques nutritionnelles dans la sélection alimentaire chez le poulet. Elle modifie les proportions de céréales (blé ou maïs) et d'aliment complémentaire consommées (Rose *et al.*, 1986 ; Yo *et al.*, 1998). La forme de présentation des céréales influence peu, l'efficacité de sa digestion. La teneur en énergie métabolisable du blé sur des jeunes poulets de chair est la même que le blé soit présenté sous forme de grain entier, de farine ou de granulés. En revanche, s'agissant du maïs, elle est inférieure de 120 kcal/kg de matière sèche pour le maïs grain entier par rapport à la farine ou aux granulés (Barrier-Guillot *et al.*, 1997).

Les poulets en alimentation séparée expriment un comportement alimentaire différent de ceux recevant un aliment complet. En alimentation séparée, les accès aux deux types de mangeoires (maïs et aliment complémentaire) sont plus courts et plus nombreux que ceux consacrés à l'aliment complet. L'accès aux deux aliments n'est pas aléatoire : à 30 jours, les accès aux mangeoires de maïs entier sont deux fois plus nombreux que ceux aux mangeoires d'aliment complémentaire. Le poulet module donc la fréquence d'accès aux deux aliments pour réguler son ingestion énergétique et protéique et il est capable d'identifier l'aliment par la mémorisation de sa localisation dans le lieu de vie (Yo, 1996).

L'aptitude technologique des variétés de maïs est déterminée principalement par les caractéristiques physiques et mécaniques de leurs grains (Nago & Richard, 1997). La technologie de séchage par entraînement d'air chaud dénature les principales familles des protéines du maïs, ce qui entraîne la diminution de leur solubilité (Malumba *et al.*, 1998). Par ailleurs, Calet & Lambilly (1960) ont démontré que le grain stocké 24 heures avant le séchage, subit une fermentation et par conséquent, son efficacité pour la croissance est affectée. En effet, l'échauffement du grain entraîne une destruction de principes nutritifs. Par contre, ces mêmes auteurs ont prouvé que la température de l'air qui sert à sécher artificiellement le maïs grain n'influe ni sur sa valeur nutritive ni sur la disponibilité de ses acides aminés lorsque le traitement thermique est appliqué aussitôt après la récolte.

PROBLÈME

Le maïs grain et ses sous-produits sont des matières premières couramment utilisées en alimentation des volailles au Bénin. Mieux, le maïs grain occupe souvent la plus grande proportion dans la formulation et la fabrication des aliments aux volailles dans notre pays. Or, dans la littérature, les connaissances détaillées sur le maïs et ses sous-produits sous plusieurs aspects et en rapport avec l'aviculture font défaut. D'où, la synthèse bibliographique proposée permettra de combler ce vide afin que les avicultures valorisent mieux ces matières premières.

IMPLICATION

La connaissance des variétés de maïs grain et de ses sous-produits doit permettre de faire la promotion de certaines variétés de maïs grain en aviculture en mettant l'accent sur les variétés jaunes de maïs grain. En effet, ces variétés jaunes améliorent la qualité du jaune d'œuf et sont peu consommées par les populations humaines.. Aussi, une meilleure connaissance de la valeur nutritive des sous-produits du maïs grain va inciter à les rendre éventuellement disponibles pour les intégrer dans des formules alimentaires pour une meilleure efficacité des productions de volailles.

AVENIR

Les données recueillies dans cette synthèse bibliographique sont pour la plupart relatives au poulet. Des rations alimentaires à partir de différentes variétés de maïs grain et des sous-produits du maïs grain vont être expérimentées et des formules alimentaires conséquentes vont être recommandées aux aviculteurs pour la production de poulets de chair, de coquelets, des poules pondeuses et des poulets locaux dans le cadre de notre formation doctorale. Ainsi, sur cette base,, les autres espèces aviaires à savoir la dinde, le canard, l'oie, la pintade, le pigeon vont être prises en compte plus tard.

CONCLUSION

Au total, 54 documents sont exploités pour la synthèse des connaissances sur les variétés du maïs grain, la valeur nutritive du maïs grain et de ses sous-produits, les formes d'utilisation et les technologies de transformation du maïs grain en aviculture. Les connaissances recueillies sur les résultats de

recherche permettent d'établir des formules alimentaires à tester chez les volailles dans les conditions du Bénin. Le maïs étant une céréale de choix en alimentation humaine au Bénin, nous suggérons que des recherches soient menées sur le grain de maïs jaune qui améliore la qualité du jaune d'œuf et qui est peu consommé par les populations humaines, afin de booster la production avicole.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADÉGBOLA Y. P. ; DJINADOU A. K. A. ; AHOYO ADJOVI N. R. ; ALLAGBÉ C. M. ; GOTOÉCHAN M. H. ; ADJANOHOOUN A. & MENSAH G. A. 2013. Synthèse bibliographique des travaux de recherche effectués sur la filière maïs de 2000 à 2012 au Bénin .Document Technique et d'Information. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 978 – 99919 – 1 · 612 – 5 ; 119 p.
- AGBAJE G. O., ABAYOMI Y. A. & AWOLEYE F. 2000. Grain yield potential and associated traits in maize (*Zea mays* L.) varieties in the forest zone of Nigeria. *Ghana Journal of Agricultural Science*, 33 : 191-198.
- AGNES N., MARIE-PIERRE L. M., MICHEL M., YVES N. & CATHÉRINE J. 2009. Voies nutritionnelles d'économie de phosphore chez le poulet. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 102-109.
- ASSOCIATION GÉNÉRALE DES PRODUCTEURS DE MAÏS (AGPM). MAIZ'EUROP'. 2015. Le maïs dans l'alimentation animale, http://www.agpm.com/mais_animal.php
- BADU-APRAKU B. & YALLOU C. G. 2009. Registration of Resistant and Drought-Tolerant Tropical Early Maize Populations TZE-W Pop DT STR C and TZE-Y Pop DT STR C. *Journal of Plant*, 3 (1) : 86-90.
- BARRIER-GUILLOT B., METAYER J. P., BOUVAREL I., CAS-TAING J., PICARD M. & ZWICK J. L. 1997. Valeur énergétique du blé et du maïs présentés en grains entiers, en farine et en granulés chez le poulet de chair. Deuxièmes journées de la Recherche Avicole, ITAVI, Paris (FRA), 37-39
- BASSALER N. 2000. Le maïs et ses avenir. Cahier publié par GERPA avec le concours d'Electricité de France, Mission-Perspectives, 47p.
- BRANCKAERT R D S, GAVIRIA L, JALLADE J. & SEIDERS R W 2000. Transfer of technology in poultry production in developing countries. *In*: FAO Sustainable Development. Retiré, 25 Juin 2010, de <http://www.fao.org/sd/cddirect/cdre0054.htm>
- CALET C. & DE LAMBILLY H. 1960. Influence du mode de séchage sur la disponibilité des acides aminés. *Ann Zootech* 9: 181-184.
- CAMERON J. 2007. Les sous-produits... peut-on en tirer profit ? CEPOQ, Ovin Québec, 5p.
- CHOCT M., 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling International*, June Issue, 13-26.
- CHRYSOSTOME C. A. A. M., HOUNDONOUGBO M. F. & KPOMASSÈ C. C., 2010. Stratégie alimentaire des coquelets en zone tropicale : Ration complète comparée au système cafétaria. *Livestock Research for Rural Development*, <http://www.lrrd.org/lrrd22/11/chri22211.htm>
- COVASA M. & FORBES J. M. 1995. Application of diet selection by poultry with particular reference to whole cereals. *World Poult. Sci. J.*, 51: 149-165.

- COWIESON A. J. 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology* 119 : 293-305.
- COZANNET P., LESSIRE M., LMETAYER J. P., GADY C., PRIMOT Y., GERAERT P. A., LE TOUTOU L., SKIBA F. & NOBLET J. 2010. Valeur nutritive des drêches de blé et de maïs pour les volailles. Institut National de la Recherche Agronomique. *Productions Animales*, 5 (23) : 405-414.
- CROMWELL G. L., BITZER M. J., STAHLY T. S. & JOHNSON T. H. 1983. Effects of soil nitrogen fertility on the protein and lysine content and nutritional value of normal and opaque-2 corn. *Journal of Animal Science*, 57(6) : 1345-1351.
- DEMARQUILLY C. 1994. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim: 73 : 177-189.
- DONGMO J. C. 2009. Performances des hybrides variétaux et top-cross de maïs (*zea mays L.*) sur sols acides de la zone forestière humide du Cameroun Université de Yaoundé, Extrait Mémoire DESS, 3p.
- DUVAL B. & FOURNIER A. 2006. Moisissures dans le maïs : gare aux toxines ! www.lecourriersud.com
- EKOBO C. E. 2006. Biodiversité et Gestion durable des Ressources Génétiques du maïs au Cameroun, 12p.
- FANDOHAN P., GNONLONFIN B., HELL K., MARASAS W. F. O. & WINGFIELD M. J. 2004. Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. *International Journal of Food Microbiology*, 99 : 173-183.
- FANDOHAN P., GNONLONFIN B., HELL K., MARASAS W. F. O. & WINGFIELD M. J. 2006. Impact of indigenous storage systems and insect infestation on the contamination of maize with fumonisins. *African Journal of Biotechnology*, 5 : 446-452
- FANOU U. 2006. Revue du secteur avicole. Division de la Production et de la Santé Animales de la FAO. Centre d'Urgence pour les Maladies Animales Transfrontalières. Unité de Socio-Économie, Production et Biodiversité, 44p.
- FAVIER J. C., 1989. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations : 285-297. In : AUPELF-UREF (eds.). Céréales en régions chaudes. John Libbey Eurotext. Paris.
- FROMENT A. & GAUTIER P. 2007. Évaluation des risques agro-climatiques DON, Zéaralénone et Fumonisines en maïs. Progrès et perspectives de la recherche sur les mycotoxines de *Fusarium* dans les céréales: INRA UR 1264 «Mycologie et Sécurité des Aliments » (MycSA) ; Arcachon, France, <http://www.symposcience.org/exl-php/articles>
- GHOL B. 1982 Les aliments du bétail sous les tropiques : Données sommaires et valeurs nutritives, Rome : FAO, 543 p.
- GUERRE P., TARDIEU D., BAILLY J.-D., BENARD G., SKIBA F., METAYER J.-P., GROSJEAN F., AUVERGNE A. & BABILE R. 2007. Nouvelles données sur le devenir et les effets des fumonisines chez la volaille. Progrès et perspectives de la recherche sur les mycotoxines de *Fusarium* dans les céréales. INRA UR 1264 « Mycologie et Sécurité des Aliments » (MycSA) ; Arcachon, France, <http://www.symposcience.org/exl-php/articles>.
- HELL K., CARDWEL K. F., SETAMOU M. & POEHLING H. M. 2000. The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agro ecological zones of Benin, West Africa. *Journal of Stored Product Research*, 36 : 365-382.
- HOUNDONUGBO M. F., CHWALIBOG A. & CHRYSOSTOME C. A. A. M. 2009. Is the nutritional value of grains in broiler chickens' diets affected by environmental factors of soybean (*Glycine max*) growing and the variety of maize (*Zea mays*) in Benin? *Livestock Research for Rural Development*, 21(2). <http://www.lrrd.org/lrrd21/2/houn21022.htm>.

- HUART A. 2004. La production de la volaille dans le monde et en Afrique. Eco Congo, Agriculture, 3 p.
- KAMBASHI M. B., BOUDRY C., PICRON P., MULAN D., KIATOKO H., THEWIS. A. & BINDELLE J. 2010. La valorisation des aliments non conventionnels dans les systèmes d'élevage porcin en RDC, ORBI, info:eu-repo/semantics/conference.
- KEENEY D. R. 1970. Protein and amino acid composition of maize grain as influenced by variety and fertility Journal of the Science of Food and Agriculture 21(4) :182-184.
- LANDRY J. 2014. La zéine du grain de maïs : Préparation et caractérisation [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9084\(79\)80211-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9084(79)80211-4).
- LARBIER M. & LECLERCQ B.1992. Nutrition et alimentation des volailles. Paris INRA.-355 p.
- LESSIRE M., HALLOUIS J. M., BARRIER-GUILLOT B., ORLANDO D., CHAMPION M. & FEMINAS N. 2003. Prédiction de la valeur énergétique métabolisable du maïs chez le coq adulte. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, www.heliospir.net/.../8eme_heliospir_Femenias.pdf.
- MAISONNIER S., GOMEZ J. & CARRE B. 2001. Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum. *British Poultry Science*, 42, 102-110. <http://prodinra.inra.fr/record/61239>
- MALUMBA K. P., DEROANNE C., MASIMANGO T. & BERA F. 1998. Influence du séchage par entraînement d'air chaud sur l'aptitude au fractionnement par voie humide du maïs. In M., Sakho & J., Crouzet (eds.).Transformation, Conservation et Qualité des Aliments: Nouvelle Approche de Lutte contre la Pauvreté. Paris, France.
- MAZIYA-DIXON B. B., KING J. G. & OKORUWA A. E. 2000 Physical, Chemical, and Water Absorption Characteristics of Tropical Maize Hybrids. African Crop Science Journal, ISSN : 1021-9730, Vol 8 N° 4
- NAGO C. M. & RICHARD H. 1997. La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Bénin : Détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage ; relations avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés Travaux Universitaires Thèse d'Etat, 262 p.
- NAGO M., HOUNHOUIGAN J., AKISSOË N. & DAVRIEUX F. 2001. Qualité comparée des grains de maïs Béninois issus des écotypes locaux et des cultivars améliorés: Mise au point de tests rapides de sélection. Actes de l'atelier scientifique, 1 : 187-194.
- NOIROT V., BOUVAREL I., BARRIER-GUILLOT B., CASTAING J., ZWICK J. L. & PICARD M. 1998. Céréales entières pour les poulets de chair : le retour ? INRA Prod. Anim., 11 (5), 349-357
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO).1993. Livestock and improvement of pasture, feed and forage. Comité de l'agriculture, 12^e session, Rome, Italie. 19 p.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO) 2014. Perspectives relatives aux développements du secteur mondial de la volaille .Afrique de l'Ouest, Afrique Australe, Volaille.
- <http://www.fao.org/docrep/019/I3751E/I3751E.pdf>
- PELLETIER-GRENIER M. & VALIQUETTE K. 2009. Des ingrédients alternatifs, POURQUOI PAS ? AGRI-NOUVELLES : 30-35.
- PICARD M. 1997. Broiler behaviour and nutritional conditions. European Symposium on Poultry Nutrition, WPSA Danish Branch, Copenhagen (DK), 11 : 175-180.
- ROSE S. P., BURNETT A. & ELMAJEED R. A. 1986. Factors affecting the diet selection of choice feed broilers. Br. Poult. Sci., 27, 215-224.

- SIEGEL P. B., PICARD M., NIR I., DUNNINGTON E. A., WILLEMSSEN M. H. A. & WILLIAMS P. E. V. 1997. Responses of meat-type chickens to choice feeding of diets differing in protein and energy from hatch to market weight. *Poult. Sci.*, 76, 1183-1192.
- SMITH A. J. 1992. L'élevage de la volaille. G-P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T, (les Techniciens de l'Agriculture Moderne). CTA-vol1, 13-110 ; vol2 :294-296
- SODJINOU E. 2011. Poultry-Based Intervention as Tool for Poverty Reduction and Gender Empowerment: Empirical Evidence from Benin. PhD thesis. Institute of Food and Resource Economics. Faculty of Life Sciences. University of Copenhagen, 239 p.
- TIDJANI M. A. & AKPONIKPE P. B. I. 2012. Évaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin. *African Crop Science, Journal*, 20 : 425-441
- TOUKOUREU A. M., ADEGBOLA P. Y., YALLOU C. G. & GBÈHOUNOU G. 2004. Évaluation des variétés améliorées de maïs EVDT 97 STR C1 et TZEE-W SR (variété extra précoce) dans les zones infestées par *Striga hermonthica* au Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 45 : 36-46.
- YALLOU C. G., AIHOU K., ADJANOHOOUN A., BACO M. N., SANNI O. A. & AMADOU L. 2010. Répertoire des Variétés de Maïs (*Zea mays* L.) Vulgarisées au Bénin. Document. Technique d'Information et de vulgarisation. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Dépôt légal N° 4920 du 03 Décembre 2010, 4^{ème} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-368-4-0, 19p.
- YO T. 1996. Adaptation comportementale au choix alimentaire du poulet de chair et de la poule pondeuse (*Gallus domesticus*) en milieu tropical. Thèse Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes (FRA), 265 p.
- YO T., SIEGEL P., FAURE J. M. & PICARD M. 1998. Self selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate: adaptation when exposed to choice feeding at different ages. *Poult. Sci.*, 77, 502-508.

Tableau 1. Principales variétés de maïs vulgarisées au Bénin

Variétés	Cycle Végétatif (j)	Nombre de rangées de grains par épi	Nombre de grains par rangée	Type du Grain	Texture du grain	Couleur du grain	Poids de 1000 grains (g)	Résistance à la sécheresse	Rendement potentiel en station (t/ha)	Rendement en milieu paysan (t/ha)
DMR ESR W	90	14	33	Mi denté	Mi farineux mi vitreux	Blanche	1100	Assez bonne	4	2,5 à 3,5
DMR ESR W/QPM	90	14	36	Mi denté	Farineuse	Blanche	900	Passable	4	2,5 à 3
EV DT 97 STR W	90	14	36	Denté	Mi farineuse mi vitreuse	Blanche	1150	Assez bonne	4	2,5 à 3,5
TZ EE SR W	75	12	33	Corné	Vitreuse	Blanche	800	Bonne	3	1,5 à 2
2000 Syn. EE W	75	14	35	Corné	Vitreuse	Blanche	1040	Bonne	3,5	2 à 3
OBATAMPA	105	16	16	Denté	Mi Farineuse mi vitreuse	Blanche	1250	Passable	4 à 5	3 à 4
TZPB SR W	120	16	43	Corné	Vitreuse	Blanche	1300	Passable	4 à 5	3 à 4
AK 94 DMR ESR Y	90	14	33	Mi- denté	Mi farineuse mi vitreuse	Jaune	900	Passable	4	2,5 à 3
DT SR-W Co	105	14	36	Corné	Vitreuse - farineuse	Blanche	930	Très Tolérante	4 à 5	3 à 3,5
I W D C2 Syn. F2	105	14	38	Denté	Mi-farineuse mi vitreuse	Blanche	910	Très tolérante	4 à 5	3 à 3,5
TZE Composite 3 DT	90	12	34	Corné	Vitreuse	Blanche	770	Très tolérante	3 à 4	2 à 3
Bag TZE Composite 3 x 4	90	14	34	Corné	Vitreuse	Blanche	980	Très tolérante	3 à 4,5	2,5 à 3,5
ACROSS TZL COMP ₁ C ₁ F ₂	120	16	43	Denté	Mi vitreuse mi farineux	Blanche	1200	Passable	4 à 5	3 à 4

Source : Répertoire des Variétés de Maïs (Zea mays L.) Vulgarisées au Bénin (YALLOU et al., 2010)

Le rendement en milieu paysan est obtenu avec 200 kg/ha NPK comme engrais de fond et 50 kg/ha d'urée comme engrais d'appoint