

Digestibilité du phosphore du maïs grain humide (inerté ou ensilé) chez le porc et évaluation de la cinétique de dégradation de la forme phytique lors de la conservation

Justine DANIEL (1), Jean-Georges CAZAUX (2), Maria VILARIÑO (1)

(1) ARVALIS - Institut du végétal, Pouligne, 41100 Villerable, France

(2) FNPSMS, 21 Chemin de Pau, 64121 Montardon, France

j.daniel@arvalisinstitutduvegetal.fr

Avec la collaboration de Patrick CALLU (1) et Cécile GERVAIS (ARVALIS - Institut du végétal, 91720 Boigneville, France).

Phosphorus digestibility of high-moisture corn grain (ground or whole) in growing pigs and evaluation of the degradation kinetics of the phytic phosphorus throughout the preservation period

In growing pigs, the energy of high-moisture corn (HMC) grains, whole or ground, is better used than that in dry form. The value of the apparent total tract digestibility of phosphorus (ATTD P) used to formulate pig feeds, is characterized from dry corn grains, the only one available. A first trial was carried out in growing pigs to measure the ATTD P of one batch of corn preserved seven months in three forms: dry, high-moisture whole or ground. Five repetitions were made per treatment. The ATTD P values measured *in vivo* were 32% for dry corn grain, 49% for HMC whole grains and 63% for HMC ground grains. This improvement of digestibility from the first to the third form was linked to a decrease in phytic phosphorus (P) content, due to successive dephosphorylations of phytic acid. A second trial was carried out to follow the evolution of phytic P content throughout the preservation period in micro-silos. The purpose was to better know the degradation kinetics of this form not yet available for animals. The different analyses were performed at harvest, then after 1, 2, 3 and 4 weeks and 2, 4, 6, 8 and 10 months of preservation. The contents of IP6 (phytic acid) and its derived forms after dephosphorylation (IP5, IP4 and IP3) were measured. Throughout the conservation in micro-silos, the phytic P content decreased after 1 week for the ground form and after 4 months for the whole form.

INTRODUCTION

Pour la production porcine, la maîtrise des rejets en phosphore (P) constitue un enjeu environnemental important. La valeur des Tables INRA-AFZ (2004) de digestibilité du P pour le maïs grain sec (MGS) est de 28 %. La bibliographie rapporte des valeurs de digestibilité du P assez variables pour le MGS (12 à 26 % (Jongbloed *et al.*, 1999) ; 30,8 % (Skiba *et al.*, 2000) ; 22,9 à 54,3 % (Skiba *et al.*, 2004). Les références pour le maïs grain humide, notamment ensilé (MGHE), sont plus rares (36 à 52 %, Jongbloed *et al.*, 1999). Or, ce mode de conservation améliorerait la digestibilité du P (Skiba *et al.*, 2000).

Deux essais ont été réalisés, l'un pour mesurer *in vivo* la digestibilité du P d'un même lot conservé sous trois formes : MGS, MGHE ou inerté (MGHI), l'autre pour suivre la cinétique de dégradation du P phytique, au cours de la conservation.

1. ESSAI 1 - DIGESTIBILITE DU PHOSPHORE *IN VIVO*

1.1. Matériel et méthodes

Un même lot de maïs (variété demi-précoce de type corné-denté à 38,5 % d'humidité) a été conservé sous trois formes en big-bags : MGS, MGHI, MGHE. Les trois aliments expérimentaux étaient constitués à 99,3 % de maïs et à 0,7 % d'aliment minéral et vitaminé dépourvu de phosphore minéral.

Après 7 mois de conservation, la digestibilité fécale apparente du P a été mesurée sur cinq porcs en croissance pour chacune des trois formes de conservation sur 5 jours de collecte, après 14 jours d'adaptation. Les analyses de variance ont été réalisées avec le logiciel R 2.15.2 (modèle linéaire simple) et les moyennes comparées avec le test de Tukey. Les teneurs en P phytique (IP6 et ses dérivés (IP5, IP4, IP3)) des maïs ont également été mesurées. Les analyses chimiques ont été réalisées par le Pôle Analytique d'ARVALIS.

1.2. Résultats et discussion

Les coefficients d'utilisation digestive apparente du P (CUDa P) sont significativement différents entre les maïs ($P < 0,001$) et sont, respectivement, de 32, 49 et 63 % pour le MGS, le MGHI et le MGHE (Figure 1). Les teneurs en P digestible sont de 0,79, 1,23 et 1,63 g/kg de matière sèche (MS), respectivement pour le MGS, le MGHI et le MGHE. La valeur de P digestible du MGHE est donc doublée par rapport à celle du MGS.

L'amélioration du CUDa P est probablement liée à l'acidification du milieu, provoquée par la conservation en milieu anaérobie. En effet, le milieu acide ($4,4 < \text{pH} < 5,1$) semblerait favoriser les réactions de libération du P contenu dans le maïs sous forme d'inositol hexa phosphate (IP6 ou acide phytique), le rendant ainsi plus disponible pour l'animal.

L'acide phytique ($C_6H_{18}O_{24}P_6$ ou IP6) est composé d'un radical estérifié par six radicaux phosphates, impliqués dans des liaisons avec des cations. Les déphosphorylations successives vont libérer ces radicaux, réduisant la teneur en IP6, et augmentant la part des produits de dégradation IP5, IP4, IP3. Ces phosphates libérés sont alors disponibles pour l'animal.

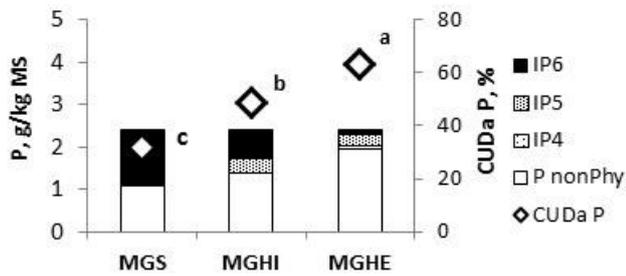


Figure 1 - Teneur en phosphore (P) phytique et non phytique et coefficient d'utilisation digestive (CUD) apparente du P du maïs grain conservé sous trois formes : MGS : sec, MGHI : humide inerté, MGHE : humide ensilé
(traitement statistique sur les CUDa P : $P < 0,001$)

2. ESSAI 2 - CINÉTIQUE DE DÉGRADATION DU PHOSPHORE PHYTIQUE

2.1. Matériel et méthodes

Un même lot de maïs (demi-précoce, denté) a été divisé après récolte (35,4 % d'humidité) afin d'être conservé sous trois formes (MGS, MGHI et MGHE) en micro-silos. Un micro-silo, de capacité de stockage d'environ 3 kg, a été nécessaire pour chaque mesure, puisqu'à l'ouverture l'anaérobiose était perdue. Les teneurs en P phytique ont été mesurées sur le maïs humide à la récolte, après 1, 2, 3 et 4 semaines, et 2, 4, 6, 8 et 10 mois de conservation. Le maïs séché a servi de témoin avec des mesures à la récolte, après 4 semaines et 6 mois de conservation. La teneur en P non phytique, forme disponible pour l'animal a été calculée par différence entre les teneurs en P total et celles en P phytique (formes IP6, IP5, IP4 et IP3).

2.2. Résultats et discussion

Les maïs se sont bien conservés en micro-silos au cours du temps. Le lot, sain à la récolte, l'est resté jusqu'à la fin. A chaque ouverture de micro-silo, les échantillons avaient la couleur jaune et la légère odeur acide caractéristiques des formes humides. Les pertes de matières ont été limitées, les teneurs en MS sont restées stables.

A la récolte, l'échantillon contenait 8,1 % MS de protéines, 74,5 % MS d'amidon, 4,3 % MS de matières grasses (analyse avec hydrolyse), 2,5 % MS de cellulose brute, 11,1 % MS de NDF, 9,6 % MS de parois et 1,8 % MS de sucres. Les sucres avaient quasiment disparu dans les formes humides pendant la conservation. Le MGS contenait 2,75 g/kg MS de P total et

1,54 g/kg MS de P phytique (IP6 uniquement) pour 1,21 g/kg MS de P non phytique. Les teneurs en P phytique pour les différents échantillons de maïs humide sont représentées sur la figure 2.

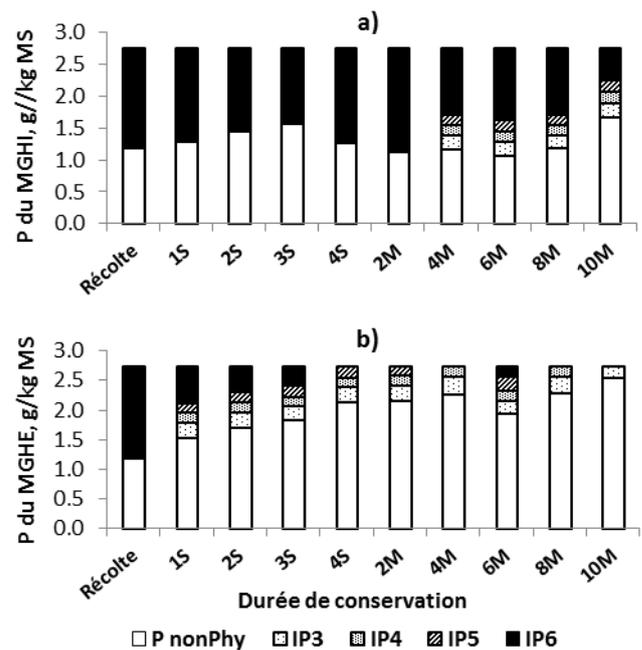


Figure 2 - Evolution des teneurs en P phytique et non phytique au cours de la conservation des MGH inerté (a) ou ensilé (b)

La teneur en IP6 diminue plus rapidement dans le MGHE que dans le MGHI. Les réactions chimiques se déroulant dans la masse de grains broyés, en milieu acide, favorisent les déphosphorylations. Dès 4 semaines après le début de la conservation, la forme la plus complexe du P phytique (IP6) n'est plus retrouvée dans le MGHE. La part de P non phytique sur P total passe de 43 à 83 % entre la récolte et 4 mois de conservation pour le MGHE alors qu'elle reste stable (43 % environ) pour le MGHI. Ces valeurs atteignent 93 et 61 % à 10 mois pour le MGHE et le MGHI.

La cinétique présente des irrégularités du fait d'une évolution des critères variable par micro-silo, un seul étant ouvert et analysé par stade, et de l'erreur analytique de la mesure.

CONCLUSION

La digestibilité du P du maïs grain humide est multipliée par 1,5 pour la forme inertée et par 2,0 pour la forme ensilée, par rapport au maïs grain sec. Cette amélioration est liée à la diminution de la teneur en P phytique, non disponible pour l'animal, au cours du temps. L'augmentation du P disponible est rapidement observée lors de la conservation pour le MGHE (dès 1 semaine) et plus tardivement pour le MGHI (dès 4 mois). Ces résultats confirment l'intérêt nutritionnel des MGH et d'autant plus de la forme ensilée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- INRA – AFZ, 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: 2^{ème} édition. Sauvant D., Perez J.M., Tran G., INRA Editions Versailles, 306 p.
- Jongbloed A.W., Everts H., Kemme P.A., Mroz Z., 1999. Quantification of absorbability and requirements of macroelements. In: I. Kyriazakis (Ed), Quantitative biology of the pig. CABI, Wallingford, UK, 275-298.
- Skiba F., Hazouard I., Bertin J.M., Chauvel J., 2000. Digestibilité du phosphore de 14 matières premières et influence de la phytase végétale dans l'alimentation du porc charcutier. Journées Rech. Porcine, 32, 169-175.
- Skiba F., Callu P., Castaing J., Paboeuf F., Chauvel J., Jondreville C., 2004. Variabilité intra-matière première de la digestibilité du phosphore des céréales et du pois chez le porc en croissance. Journées Rech. Porcine, 36, 9-16.