



EFFET DU POIDS SPECIFIQUE SUR LA VALEUR ENERGETIQUE DES CEREALES CHEZ LES ANIMAUX MONOGASTRIQUES (SUITE DU N°44)

Valorisation des blés à faible PS chez les poulets

Les conditions météorologiques défavorables de 2016 (pluviométrie très abondante et faible ensoleillement) ont eu non seulement des répercussions sur les rendements des blés français (-32,7% pour le blé par rapport à 2015) mais aussi un impact considérable sur la quantité et la qualité (Poids Spécifique (PS) très hétérogène sur le territoire). Les mesures de PS étant un des critères importants pour la commercialisation des blés, les faibles valeurs obtenues pour 2016 posent la question de la valorisation de ces céréales.

Dans le News@lim N°44, nous avons présenté les résultats de récents essais utilisant des lots de blés de la récolte 2016. Lorsque les écarts de PS sont importants (> 5 kg/hl), les variations de composition chimique associées ont un impact négatif sur la valeur énergétique, mesurée chez le coq ou prédite chez le porc. Néanmoins, cet impact est réduit car il représente environ 3% de l'énergie des céréales à PS très faible. Afin de poursuivre ces travaux, un essai similaire a été conduit chez le poulet qui pourrait théoriquement montrer une sensibilité plus importante aux caractéristiques chimiques de ces céréales à faible PS.

Plusieurs études seront discutées dans cet article, elles complètent celles déjà présentées dans le News@lim N°44 : la valorisation chez les poulets, la relation entre PS et composition chimique des blés et triticales et enfin l'impact du nettoyage sur la composition chimique de différents lots de blé.

Nous remercions la société Thivat Nutrition Animale pour la fourniture d'un lot de blé et d'un lot d'orge à faible PS, ce qui nous a permis d'avoir une plage de variation importante sur les lots étudiés.

La valeur nutritionnelle de 4 lots de blé avec des PS allant de 75 à 65 kg/hl a été évaluée chez le poulet de chair. Ces différents blés ont été incorporés à 50 % et ont été complétés avec un aliment à base de maïs, tourteau de soja et minéraux. Certains animaux recevaient uniquement l'aliment complémentaire ce qui a permis de calculer par différence la valeur énergétique de ces différents blés. Les performances de croissance ont également été mesurées. Les caractéristiques des blés utilisés sont détaillées dans le tableau 1.

Tableau 1 - Composition analytique des blés

Caractéristiques, % MS	Blé B	Blé C	Blé D	Blé E
Poids spécifique (kg/hl)	75,0	71,5	67,1	65,4
Protéines (Nx6,25)	15,7	16,2	15,6	12,3
Amidon (Ewers)	65,1	64,5	63,1	65,8
Parois végétales	12,7	13,0	15,5	15,1
NDF	14,9	17,0	16,8	15,9
ADF	4,0	4,0	4,8	4,5
Lysine	0,44	0,46	0,45	0,40
Méthionine + Cystéine	0,55	0,54	0,53	0,45
Tryptophane	0,16	0,17	0,18	0,15
Thréonine	0,44	0,45	0,44	0,37

NDF : Fibres insolubles dans le Détergent Neutre ; ADF : Fibres insolubles dans le Détergent Acide

Les poulets recevaient les aliments expérimentaux entre J14 et J28 et les mesures de digestibilité fécale ont été réalisées selon la méthode d'addition d'un marqueur indigestible dans l'aliment, permettant d'évaluer la valeur nutritionnelle des blés tout en mesurant les performances.

La large plage de variation de PS des blés évalués a permis de constater des différences significatives de la valeur énergétique (EMAn) chez le poulet (Tableau 2). Les valeurs d'EMAn les plus élevées sont celles des blés B, C et D (3314 à 3332 kcal/kg MS) avec des valeurs de PS allant de 75 à 68 kg/hl. Elles se différencient statistiquement seulement de la valeur du blé E (3027 kcal/kg MS) à plus faible PS (65 kg/hl). Cependant, bien que la variabilité intra-traitement ne permette pas de mettre en évidence statistiquement une différence, un écart de 76 kcal/kg MS en moyenne est constaté entre les blés B et C d'un côté et le blé D de l'autre.

Les poulets qui ont consommé les aliments avec les blés B, C et D montrent un poids vif à J28 supérieur aux poulets qui ont consommé l'aliment avec le blé E (Tableau 2). Les poulets des traitements avec les blés B et C présentent de meilleurs indices de consommation (IC) que ceux du traitement avec le blé E. Les poulets ayant consommé l'aliment avec le blé D ont des IC intermédiaires. L'incorporation du blé E induit un poids vif inférieur de 5 % et un IC dégradé d'environ 9 % par rapport au blé B. Cette dégradation de la performance s'explique par la moindre valeur énergétique (-280 kcal/kg MS) qui accompagne les 10 points d'écart de PS. Globalement, les performances sont cohérentes avec les différences de valeurs énergétiques observées sur les différents lots de blés utilisés.

L'analyse des données montre une forte corrélation entre le PS et l'EMAn des blés (Tableau 3). Il existe également une corrélation entre le PS et le coefficient de digestibilité de l'azote mais l'impact semble moins important. Le PS n'est cependant pas corrélé au coefficient de digestibilité de l'amidon. Néanmoins, ces corrélations sont à prendre avec précaution car basées sur seulement 4 lots de blé.

Le PS, qui reste un critère important pour le commerce du blé, ne semblait pas selon la plupart des travaux publiés, un critère déterminant de la qualité nutritionnelle d'un lot de blé. Cependant, les faibles niveaux de PS évalués dans cette étude, rarement trouvés, nous ont permis de mettre en évidence que chez le poulet, des effets sont envisageables et que la même hiérarchie entre les blés est observée chez les coqs (News@lim N°44) et les poulets.

Tableau 3 - Coefficients de corrélation linéaire (R) entre les caractéristiques des valeurs nutritionnelles et le PS des blés

Coefficient de corrélation linéaire R	PS (kg/hl)
EMAn blés kcal/kg, MS	0,627
EMAn/EB blés %	0,592
CUD Amidon blés %	-0,184
CUDa N blés %	0,402

Seuls les coefficients en gras sont statistiquement significatifs ($P < 0,05$).

Relation entre faible PS et composition chimique du blé tendre et du triticale

Dans le cadre des enquêtes FranceAgriMer / ARVALIS - Institut du végétal, nous avons pu sélectionner 30 échantillons de blé et 15 échantillons de triticale de la récolte française 2016, sur leurs profils très variés en PS, protéines et amidon. En complément de ces critères, le Pôle Analytique d'ARVALIS - Institut du végétal a réalisé d'autres analyses afin d'estimer la valeur énergétique pour les porcs et les volailles, à partir de différentes équations de prédiction disponibles et de préciser notamment l'impact des faibles valeurs de PS : sucres, matières grasses avec hydrolyse (MGB), matières minérales (MM), cellulose brute (CB), parois végétales insolubles dans l'eau (parois), fibres insolubles dans le détergent neutre (NDF), fibres insolubles dans le détergent acide (ADF), lignine (ADL) ainsi que la digestibilité de la matière organique *in vitro* (dMOv). Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 - Statistiques descriptives des valeurs de composition moyenne des blés utilisés dans l'étude.

Blé	Humidité %	PS kg/hl	MM	Amidon	MAT	MGB	CB	NDF	ADF	ADL	Parois	Sucres	dMOv %
moyenne	12,9	71,0	2,0	65,2	15,0	2,4	3,2	15,4	4,1	1,7	13,5	2,7	89,2
écart-type	1,1	7,0	0,2	3,2	2,1	0,2	0,6	1,3	0,6	0,7	1,3	0,8	1,3
min	10,6	57,0	1,6	60,0	10,5	2,1	2,4	12,5	3,0	0,5	11,7	1,1	85,5
max	14,7	81,0	2,2	71,7	19,0	3,1	5,0	18,6	5,8	3,4	16,9	4,7	91,0

Tableau 2 - Valeur nutritionnelle des blés (J22-J24) et performances de croissance chez le poulet (J21-J28) - moyenne et écart-type (e.t.)

Blé		B	C	D	E	P-value
PS, kg/hl		75	71,5	68	65	
EMAn, kcal/kg MS	Moy. e.t.	3314 a 107	3301 a 93	3232 a 75	3027 b 138	***
EMAn/EB, %	Moy. e.t.	73,7 a 2,4	73,3 a 2,1	72,3 a 1,7	67,7 b 3,1	***
CUD Amidon, %	Moy. e.t.	96,9 3,5	98,0 2,0	97,7 2,2	98,3 1,1	NS
CUDa N, %	Moy. e.t.	81,4 a 3,7	79,9 a 3,2	81,1 a 4,9	72,7 b 7,1	***
Poids J28, g	Moy. e.t.	1656 a 74	1665 a 92	1631 a 82	1570 b 93	***
CMJ J21-J28, g/j	Moy. e.t.	156,4 ab 10,3	162,7 a 11,7	159,8 a 9,4	155,3 ab 10,9	***
IC J21-J28, g/g	Moy. e.t.	1,674 a 0,075	1,691 a 0,103	1,735 ab 0,090	1,834 b 0,162	***

NS : $P > 0,05$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$ a, b, c : des lettres différentes indiquent des moyennes différentes (test de Tukey, $P < 0,05$)

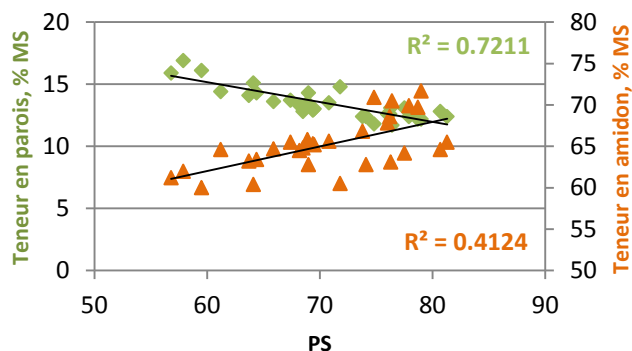
Du fait de la variabilité individuelle plus importante des poulets en croissance, un écart plus important de PS est nécessaire pour observer un effet significatif de ce critère sur la valeur énergétique des blés.

Le PS n'apparaît pas comme étant un critère qui permette de discriminer des lots de blé sur des différences de qualité nutritionnelle pour des valeurs proches. Néanmoins, pour des écarts entre 5 et 9 kg/hl, cette mesure permet d'alerter sur la nécessité de mesurer la composition chimique pour adapter au mieux la valeur réelle pour les animaux.

Pour les blés, les écarts de PS des échantillons choisis sont encore plus importants que ceux des lots utilisés pour l'essai poulets, avec un écart de 24,5 points entre les extrêmes (Tableau 4). Les autres critères sont également assez variables : 11,7 - 8,5 - 6,1 et 5,2 points d'écart respectivement entre les minima et maxima des teneurs en amidon, en protéines, en NDF et en parois. Les corrélations sont bonnes et significatives entre le PS et certains critères chimiques : les parois ($R^2=0,72$; figure 1), la dMOv ($R^2=0,66$), et moins importantes mais toujours significatives pour la CB ($R^2=0,49$), l'ADF ($R^2=0,48$) et l'amidon ($R^2=0,41$).

Il est possible d'extrapoler ces différences de composition chimique à la valeur nutritionnelle à partir d'équations de prédiction de l'énergie digestible (ED) chez le porc et de l'énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul (EMAN) chez la volaille.

Figure 1 – Relation entre le PS et la teneur en amidon et en fibres (parois végétales) pour les lots de blé tendre



Chez le porc en croissance, les meilleures corrélations entre l'ED chez le porc et le PS sont obtenues avec les équations prenant en compte la dMOv, la MG et soit la CB, soit l'ADF (Jaguelin-Peyraud et Noblet, 2003). L'ED moyenne pour les blés analysés est de 3850 kcal/kg MS avec une plage allant de 3690 à 3920 kcal/kg MS. Ces valeurs sont plus faibles que celles prédites à partir de la dMOv sur plusieurs récoltes (News@lim N°24).

Ainsi pour 10 points de PS en moins, l'ED diminue de 80 kcal/kg MS. Donc, même une différence de 10 points de PS, avec une baisse d'amidon de 3 points, et parallèlement une augmentation des fibres, n'a que peu d'effet sur la valorisation du blé chez le porc (environ 2 % de sa valeur énergétique).

Chez les volailles, il n'existe pas d'équation de prédiction satisfaisante pour prédire l'EMAN du blé compte tenu de la forte variabilité animale (News@lim N°27). Néanmoins, afin d'estimer l'impact d'une diminution de PS sur cette valeur, deux équations générales pour des aliments complets granulés ont été utilisées (Carré B., 2001 ; Carré B., Lessire M., Juin H., 2013). Les valeurs d'EMAN calculées sont différentes selon l'équation utilisée, en moyenne 3340 kcal/kg MS pour l'une et 3160 kcal/kg MS pour l'autre. Cependant, les écarts d'EMAN pour une même diminution de PS sont similaires. Ainsi, pour 10 points de PS en moins, la diminution serait de 80 kcal/kg MS, quelle que soit l'équation utilisée. Or, ces écarts sont faibles par rapport aux résultats obtenus dans l'essai *in vivo* présenté plus haut, dans lequel une baisse de 10 points de PS (entre 75 et 65) équivaut à une diminution de 280 kcal/kg MS d'EMAN. En effet, les critères pris par chacune des équations ne seraient pas assez complets : la première équation additionne la valeur énergétique des principaux nutriments (amidon, protéines, matière grasse,...) alors que la deuxième tient compte des effets négatifs des fibres, de la teneur en parois en particulier. Nos résultats montrent que la diminution du PS s'accompagne d'une diminution de la teneur en amidon et d'une augmentation de la teneur en parois, tout ceci allant dans le sens d'une diminution de l'EMAN. De plus, la différence de valorisation pour un même écart de PS augmenterait pour des valeurs de PS plus faibles.

Pour les triticales, les tendances sont relativement proches mais moins marquées (Tableau 5). Il faut noter que deux fois moins d'échantillons ont été analysés avec une plage de PS moins étendue. Les échantillons de triticales analysés ont des PS variant de 59 à 76 kg/hl, des teneurs en protéines variant de 10 à 18 % MS et en amidon de 60 à 69 % MS. En ce qui concerne les fibres, les plages de variation vont de 2 à 4 % MS pour la CB et de 11 à 16 % MS pour les parois.

Les corrélations sont significatives mais moins fortes que pour le blé entre le PS et certains critères (figure 2) : avec la CB ($R^2=0,41$), l'ADF ($R^2=0,38$), l'amidon ($R^2=0,3$) et les parois ($R^2=0,27$). Ainsi, une diminution de 5 points de PS correspond à une baisse d'amidon d'1,4 point, mais une augmentation de 0,4 point d'ADF et de 0,75 point de parois.

Figure 2 – Relation entre le PS et la teneur en amidon et en fibres (parois végétales) pour les lots de triticales

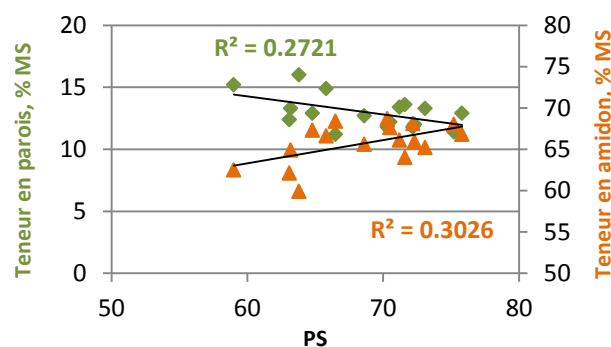


Tableau 5 - Statistiques descriptives des valeurs de composition moyenne des triticales utilisés dans l'étude

Triticale	Humidité %	PS kg/hl	MM	Amidon	MAT	MGb	% MS						dMOv %
							CB	NDF	ADF	ADL	Parois	Sucres	
moyenne	13,3	68,5	2,1	65,7	13,1	2,1	2,7	14,2	3,5	1,3	13,0	3,3	89,8
écart-type	0,7	5,0	0,4	2,5	2,1	0,2	0,5	1,8	0,6	0,3	1,3	0,9	1,7
min	12,3	59,0	1,7	59,9	9,9	1,8	2,0	11,9	2,8	0,9	11,2	2,2	86,3
max	14,7	76,0	3,2	68,7	18,1	2,5	3,9	18,8	5,1	2,3	16,0	4,9	92,0

Les valeurs calculées d'ED chez le porc donnent des corrélations moins bonnes avec le PS que pour les blés, probablement à cause du nombre moindre et de la plus faible variabilité des échantillons. L'équation qui semble la plus intéressante (basé sur l'ADF ; Noblet et Le Goff, 2000) donne une moyenne de 3870 kcal/kg MS et une plage de variation allant de 3685 à 3945 kcal/kg MS. En se basant sur ces estimations, pour une différence de PS de 16 points entre les triticales, l'écart d'ED est de 210 kcal/kg MS. Cependant, la relation ED prédite / PS n'est pas linéaire, la corrélation observée est moyenne ($R^2=0,38$), cela s'explique notamment par la variabilité de la composition chimique observée sur les échantillons à PS identique.

Chez les volailles, en suivant le même raisonnement que sur le blé, un écart de PS de 10 points est associé à une différence de valeurs d'EMAn estimée (Carré B., 2001 ; Carré B., Lessire M., Juin H., 2013) à 80 kcal/kg MS. En regardant la relation entre l'EMAn estimée et la teneur en parois, il apparaît que pour 5 points de parois en plus, la valeur énergétique diminue de 125 kcal/kg MS, ce critère est en effet beaucoup plus défavorable chez les volailles que chez les porcs.

Effet du nettoyage des blés à faible PS sur leur composition chimique et la valeur nutritionnelle prédite chez les porcs

Une étude globale sur l'efficacité du nettoyage à augmenter le PS des lots a été mise en œuvre par le Pôle Stockage et Conservation des Grains d'ARVALIS - Institut du végétal. Quatre facteurs ont été étudiés : le PS initial, la grille de criblage, la vitesse de l'air aspiré et le débit de travail du nettoyeur (lettre Stock@ge N°6). Cette étude a permis de mettre en évidence que le gain de PS le plus important avec le taux de freintes le plus faible était obtenu avec des lots de blés à PS inférieur à 72 kg/hl et en utilisant une grille de criblage de 2x20 mm. Afin d'étudier l'action du nettoyage sur la composition chimique des lots, 15 échantillons de blés issus de cette étude ont été choisis en fonction de ces deux paramètres. Les caractéristiques chimiques mesurées sur les lots de blés par méthode de référence avant et après nettoyage sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 - Composition chimique moyenne des blés avant et après nettoyage

Composition, % MS	Avant	Après
Poids Spécifique, kg/hl	71,38	73,95
Matières minérales	2,01	1,97
Protéines DUMAS Nx6,25	16,41	16,47
Amidon Ewers	64,51	64,75
NDF	19,34	18,28
ADF	5,25	4,54
ADL	1,20	1,31
Cellulose brute	3,11	2,76

Une première analyse globale a permis de mettre en évidence que sur les échantillons choisis, le PS est passé en moyenne de 71 à 74 kg/hl, soit une amélioration de 3,5 %.

Le nettoyage n'a pas eu d'impact sur la teneur en protéines, ni sur la teneur en amidon tandis que le niveau de matières minérales semble très légèrement réduit (-2 %). Par contre, il a eu un effet qui semble non négligeable sur les différentes formes de fibres en réduisant en moyenne de 6 % la teneur en NDF, de 15 % la teneur en ADF et de 10 % la teneur en CB.

En appliquant les équations de prédiction de Noblet et Le Goff (2000), prenant en compte le NDF ou l'ADF, afin de d'estimer l'ED des blés chez le porc, des différences entre les blés avant et après nettoyage sont mises en évidence. Elles s'expliquent principalement par la variation de la teneur en fibres. Chez le porc en croissance, la réduction de teneur en NDF et en ADF induit, selon l'équation de prédiction choisie, une augmentation d'ED comprise entre 38 et 80 kcal /kg MS, en moyenne pour tous les échantillons analysés, ce qui reste relativement faible.

Malgré un gain de PS d'environ 3 points, le nettoyage ne semble pas, à l'issue de cette étude, présenter un intérêt pour la nutrition animale. En effet, malgré une réduction de la teneur en fibres, le gain sur l'ED représente seulement 1 % de la valeur énergétique moyenne d'un blé pour l'alimentation des porcs.

Maxime TRAINÉAU
Justine DANÉL

Références bibliographiques

- Carré B., 2001. 4^{èmes} Journées Rech. Avic., 123-130.
 Carré B., Lessire M., Juin H., 2013. *Animal*, 7 (8), 1246-1258.
 Jaguelin-Peyraud Y., Noblet J., 2003. *Journées. Rech. Porcine*, 35, 75-82.
 Noblet J., Le Goff G., 2000. *Journées Rech. Porcine*, 32, 177-184.