

Influence de la teneur en protéines, de la germination et du poids spécifique sur la composition et la valeur alimentaire des blés chez le porc

Fabien Skiba (1), Patrick Callu (1), Jean-Paul Métayer (2), Bruno Barrier-Guillot (2)

(1) ITCF, Station Expérimentale de Pouline, 41100 Villerable

(2) ITCF, Station Expérimentale, 91720 Boigneville

Influence de la teneur en protéines, de la germination et du poids spécifique sur la composition et la valeur alimentaire des blés chez le porc

L'influence de la teneur en protéines (MAT) du blé sur sa valeur alimentaire a été étudiée dans un premier essai de digestibilité chez des porcelets mâles castrés de 11 kg. Trois lots de variété Trémie et 4 lots de variété Shango ont permis de constituer une gamme allant de 84 à 144 g/kg MS de MAT. L'augmentation de la MAT des blés s'accompagne de modifications du profil des différentes catégories de protéines contenues dans le grain et donc du profil en acides aminés. Les relations reliant les protéines aux acides aminés sont linéaires et confirment la validité des équations proposées par MOSSE et al. (1985). L'augmentation de la teneur en MAT des blés s'accompagne d'une amélioration de l'ED pour les lots de la variété Trémie alors qu'elle est sans conséquence dans le cas des lots de la variété Shango. Par contre l'augmentation de la MAT se traduit, pour les deux variétés, par une amélioration du CUD de la MAT. Dans un deuxième essai conduit sur porcs charcutiers de 46 kg, 2 lots de blés germés et 2 lots à faibles PS ont été comparés à un blé témoin. La germination ou les faibles PS n'ont aucune conséquence sur la digestibilité et la valeur énergétique des blés.

Influence of crude protein content, sprouting and specific weight on the composition and the nutritional value of wheat for pigs.

In a first trial, the nutritional effect of the wheat crude protein (CP) content was studied in 11 kg male castrated piglets. Three batches of the Tremie variety and four batches of the Shango variety were selected in order to get a CP gradient going from 84 to 144 g/kg DM. The CP increase was linked with modifications of the profile of grain protein fraction and with changes in amino acid profile. The relations linking CP and amino acids were linear and confirmed the previous work of MOSSE et al. (1985). As the CP increased, the DE value of the Tremie variety batches increased while the DE value of the Shango variety batches remained constant. Nevertheless, for both varieties, the CP increase was followed by a crude protein digestibility coefficient improvement. In a second trial, in 46 kg growing pigs, two sprouted and two low specific weight wheat batches were compared with a control regular wheat. Sprouting or low specific weight had no consequence on the digestibility or the energy value of the wheat.

INTRODUCTION

Le blé est une matière première très utilisée dans l'alimentation des porcs que ce soit chez le porcelet ou le porc charcutier. On lui attribue en général une valeur énergétique relativement constante comme cela a été confirmé par plusieurs auteurs (WISEMAN et al., 1982 ; FULLER et al., 1989 ; WISEMAN, 2000). Toutefois, suivant les conditions de culture de l'année, il est possible de trouver des blés à faible teneur en protéines (MAT) ou à faible poids spécifique (PS), ou encore germés, dont les utilisateurs se demandent s'ils doivent leur attribuer la même valeur énergétique qu'à un blé standard. Les enquêtes réalisées chaque année par l'ONIC et l'ITCF montrent que la teneur en MAT des blés se situe souvent entre 10 et 14 % (Nx6,25 sur sec) avec des lots encore plus extrêmes (ONIC-ITCF, 2000). Or un certain nombre d'équations de prédiction de la valeur énergétique du blé prennent en compte la teneur en protéines (ZIJLSTRA et al., 1999 ; NOBLET et LE GOFF, 2000). Par ailleurs, à cette variation de teneur en protéines est associée une variation de la nature des différentes fractions protéiques présentes dans le grain de blé (LE BRUN et al., 2001) d'où un effet potentiel sur la digestibilité de la MAT et des acides aminés. Nous avons donc souhaité explorer dans un premier essai, sur porcelets, l'influence éventuelle de la MAT, critère largement utilisé, sur la composition et la digestibilité fécale des blés et dans un deuxième essai, sur porcs charcutiers, l'influence du PS et de la germination.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Matières premières et aliments expérimentaux

1.1.1. Essai 1 : Influence de la teneur en protéines (tableaux 1 et 2)

Sept lots de blé issus de mélanges de lots élémentaires provenant d'essais ITCF de la récolte 1999 portant sur la conduite de la fertilisation azotée de la culture (0 à 400 kg/ha d'azote) ont été testés. Deux variétés (Trémie et Shango) ont été retenues. Les mélanges ont été constitués de façon à obtenir un gradient de teneur en protéines par variété le plus étendu possible.

1.1.2. Essai 2 : Influence du PS et de la germination (tableau 3)

Compte tenu des conditions climatiques de l'été 2000, il nous a été possible de collecter une parcelle de variété Isengrain dont une partie n'était pas versée (lot peu germé) et une partie était versée (lot très germé), les deux lots se caractérisant visuellement par la présence de « radicelles » sur les épis. Par ailleurs un lot de variété Charger et un lot de variété Trémie, tous deux à faibles PS, ont été collectés.

Les mélanges de lots du premier essai ont été testés sur porcelets, en raison des faibles quantités disponibles, alors que le second essai a été réalisé sur porcs charcutiers. Les lots du

Tableau 1 - Caractéristiques des mélanges de blés (g/kg MS ou unités spécifiques indiquées) – Essai 1

Variété de blé	Trémie			Shango			
N° Mélange de blés	430	431	432	433	434	435	436
Matière sèche (g/kg)	837,0	840,5	839,4	841,9	841,5	836	842,2
Matières azotées totales	84	108	127	97	111	126	144
Cellulose brute	22,4	20,9	21,6	22,3	22,4	21,0	23,4
Parois insolubles	108	106	106	100	99	98	100
NDF	125	121	116	116	112	109	116
ADF	31,9	29,8	29,2	29,5	28,2	28,3	28
ADL	8,2	7,6	6,6	7,2	6,9	8,9	8,8
Amidon Ewers	726	711	706	733	723	718	704
Matières grasses	15,0	14,7	15,5	17,3	16,7	13,2	12,8
Matières minérales	17,0	15,8	15,7	16,6	16,2	16,2	16,3
Arabinoxylanes solubles *	5,2	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,5
Arabinose	2,5	2,5	2,6	2,3	2,4	2,3	2,5
Xylose	3,3	3,2	3,2	3,5	3,5	3,6	3,7
Arabinose/xylose	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
Energie brute (kcal/kg MS)	4395	4415	4460	4440	4440	4440	4450
Poids spécifique (kg/hl)	76	77	77	79	81	77	81
Poids de 1000 grains (g/MS)	45	43	43	41	44	42	44
Dureté (N.H.S.) **	47	66	78	59	75	63	83
Diamètre médian (µm) ***	348	356	374	312	357	315	345
Somme ****	955	961	975	969	972	977	982

(*) : Arabinoxylnes solubles (chromatographie en phase gazeuse) = (arabinose + xylose) x 0,88

(**) : dureté déterminée par méthode infrarouge (Nir Hardness Score, méthode AACC 39-70 A)

(***) : diamètre médian calculé par la méthode ASAE S 319,2

(****) : MAT + Parois insolubles + amidon Ewers + MG sans hydrolyse + MM + AX solubles (g/kg MS)

Tableau 2 - Types de protéines et teneurs en acides aminés des mélanges de blés – Essai 1

Variété de blé	Trémie			Shango			
N° Mélange de blés	430	431	432	433	434	435	436
Matières azotées totales	84	108	127	97	111	126	144
Fractions des protéines (g/kg MS)							
F1	9,0	11,7	13,8	11,5	13,4	15,1	16,8
F2	16,8	22,9	27,1	19,4	23,2	27,3	30,7
F3	7,6	10,0	11,9	8,3	9,8	11,0	13,8
F4	26,8	38,0	46,6	32,1	38,3	44,6	53,4
F5	23,8	25,8	27,2	26,0	26,7	28,1	29,1
Proportion des différentes fractions (g/100 g MAT)							
F1	10,7	10,8	10,9	11,8	12,0	12,0	11,7
F2	20,0	21,1	21,4	20,0	20,8	21,7	21,3
F3	9,0	9,2	9,4	8,5	8,8	8,7	9,6
F4	31,9	35,1	36,8	33,0	34,4	35,4	37,1
F5	28,4	23,8	21,5	26,7	24,0	22,3	20,2
F1/F2	0,53	0,51	0,51	0,59	0,58	0,55	0,55
F3+F4/F1	3,84	4,08	4,24	3,52	3,61	3,69	3,98
Teneurs en acides aminés (g/kg MS)							
Lysine	2,8	3,3	3,6	3,1	3,4	3,8	3,9
Thréonine	2,5	3,2	3,6	3,1	3,3	3,8	4,0
Méthionine	1,4	1,8	2,0	1,5	1,8	2,0	2,2
Cystéine	2,1	2,4	2,6	2,3	2,6	2,9	3,0
Méthionine + Cystéine	3,5	4,2	4,7	3,9	4,5	4,8	5,2
Tryptophane	1,0	1,4	1,5	1,3	1,5	1,8	1,7
Alanine	3,3	4,0	4,5	3,7	4,1	4,8	5,0
Arginine	4,3	5,3	6,0	4,9	5,6	6,6	7,0
Acide Aspartique	4,6	5,6	6,3	5,2	5,8	6,8	7,6
Acide Glutamique	20,1	28,4	34,8	25,1	30,2	34,6	40,2
Glycine	3,5	4,4	4,9	4,1	4,7	5,4	5,8
Histidine	1,8	2,5	2,9	2,2	2,6	3,0	3,3
Isoleucine	2,8	3,6	4,1	3,1	3,7	4,2	4,7
Leucine	5,5	7,1	8,3	6,4	7,4	8,3	9,2
Phénylalanine	3,5	4,6	5,5	4,0	4,8	5,5	6,3
Sérine	3,8	4,9	5,6	4,6	5,3	5,9	6,4
Tyrosine	2,2	2,6	3,1	2,3	2,9	3,1	3,7
Valine	3,8	4,7	5,5	4,1	4,8	5,5	6,1
Somme aa/MAT (%)	87	87	87	87	89	90	87

F1 = Gluténines haut poids moléculaire

F2 = Gluténines faible poids moléculaire

F3 = ω gliadines

F4 = α , β , γ gliadines

F5 = Albumines et globulines

premier essai ont été broyés à l'aide d'un broyeur à marteaux à la grille de diamètre 2 mm alors que ceux du second essai l'étaient à la grille de 4 mm mais avec la même vitesse dans les deux cas (3000 tr/mn soit 64 m/s). Les aliments, présentés sous forme de farine, étaient composés de 96 % de blé et de 4 % d'un aliment minéral et vitaminé spécifique aux porcelets ou aux porcs charcutiers.

1.2. Analyses chimiques

Les analyses des matières premières ont été réalisées à l'ITCF par le Laboratoire d'Analyses Biochimiques (Boigneville-41) pour les critères chimiques et physiques et par le Laboratoire Qualité des Céréales (Paris-75) pour les critères de dureté, indice de chute de Hagberg et qualité des protéines (métho-

Tableau 3 - Caractéristiques des matières premières (g/kg MS ou unités spécifiques indiquées) – Essai 2

Variété de blé	Isengrain			Charger	Trémie
	Non germé	Peu germé	Très germé	Faible PS	Faible PS
N° Blé	488	469	470	471	493
Matière sèche (g/kg)	872	880	885	852	855
Matières azotées totales	119	150	150	123	139
Cellulose brute	25,7	23,1	24,0	27,8	24,4
Parois insolubles	106	114	112	121	120
Amidon Ewers	700	666	670	677	673
Matières grasses	13,8	13,2	17,9	15,4	17,7
Matières minérales	15,7	16,5	16,1	18,1	16,5
Arabinoxylanes solubles *	4,7	5,9	6,5	7,1	7,2
Arabinose	2,9	3,4	3,8	4,0	4,0
Xylose	2,4	3,2	3,7	4,1	4,1
Arabinose/xylose	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
Energie brute (kcal/kg MS)	4410	4460	4430	4425	4430
Poids spécifique (kg/hl)	78	73	71	68	68
Poids de 1000 grains (g/MS)	35	32	30	29	33
Dureté (N.H.S.) **	44	32	32	36	46
Indice de chute de Hagberg (s)	341	123	89	252	201
Somme ***	959	965	972	961	973

(*) : Arabinoxylanes solubles (chromatographie en phase gazeuse) = (arabinose + xylose) x 0,88

(**) : dureté déterminée par méthode infrarouge (Nir Hardness Score, méthode AACCI 39-70 A)

(***) : MAT + Parois insolubles + amidon Ewers + MG sans hydrolyse + MM + AX solubles (g/kg MS)

de ITCF ProfilBlé® par chromatographie liquide haute performance d'exclusion de taille, MOREL et al., 2000). Les aminogrammes ont été effectués par le laboratoire Ajinomoto-Eurolysine (Amiens-80).

1.3. Mesures de digestibilité

Les mesures de digestibilité ont été effectuées sur des porcelets (six par traitement) et des porcs charcutiers (quatre par traitement) mâles castrés de génotype Naïma x P76. Les animaux ont consommé l'aliment expérimental pendant 12 jours. Les fèces ont été collectées intégralement pendant les 3 derniers jours et conservés à -18°C. Les animaux ont reçu l'aliment deux fois par jour sous forme de farine humidifiée à l'auge (1,5 volume d'eau pour un volume de farine), à raison d'environ 3 % et 3,1 % de leur poids vif pour les porcelets et les porcs en croissance, pour un poids respectif en collecte de 11 et 46 kg. Les quantités de matière sèche ingérées et excrétées ont été mesurées individuellement et quotidiennement. Les constituants chimiques des régimes ont été dosés dans les fèces après homogénéisation, échantillonnage et lyophilisation ainsi que dans les aliments et les matières premières. La digestibilité des aliments a été calculée directement à partir des bilans. Etant donnée la composition des régimes les coefficients d'utilisation digestive (CUD) des aliments sont identiques à ceux des matières premières.

Les données ont été traitées par analyse de variance suivant un dispositif en randomisation totale avec 6 ou 4 répétitions par traitement et avec comme facteur étudié le lot de blé. Les données de composition ainsi que les valeurs alimentaires des blés du premier essai ont servi à constituer une matrice de corrélation dont les résultats les plus importants ont été rapportés dans le chapitre suivant.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Composition des blés

2.1.1. Essai 1 : Influence de la teneur en protéines (tableaux 1 et 2)

Les blés se différencient essentiellement par leurs teneurs en protéines et en amidon. La teneur en matières azotées totales (MAT, Nx6,25) des 3 mélanges de blé Trémie varie de 84 à 127 g/kg MS, et celle des 4 mélanges de blé Shango de 97 à 144 g/kg MS. Les teneurs en amidon des 3 blés Trémie varient de 726 à 706 g/kg MS, et celle des 4 blés Shango de 733 à 704 g/kg MS. Les variations de teneurs en MAT des blés sont principalement compensées par l'amidon. On observe ainsi une relation négative et significative entre la MAT et la teneur en amidon ($r = -0,80$, $P < 0,05$). De tels résultats avaient été observés par variété et par année (LEYGUE, 2000). Lorsque l'on regarde la somme des critères mesurés (MAT + Parois insolubles + amidon Ewers + matières grasses sans hydrolyse + matières minérales + arabinoxylanes solubles), le complément à 1000, qui correspond probablement majoritairement aux sucres solubles totaux, est d'autant plus élevé que la teneur en protéines des blés est faible ($r = 0,90$, $P < 0,01$). Les teneurs en fibres, que ce soit le NDF (109 à 125 g/kg MS) ou les parois insolubles dans l'eau (99 à 108 g/kg MS) sont peu variables entre les mélanges de blé.

Le poids de 1000 grains (PMG) est très homogène entre les mélanges et est indépendant des caractéristiques chimiques mesurées. Le poids spécifique est en moyenne de 77 kg/hl pour la variété Trémie, et de 80 kg/hl pour Shango. On n'observe pas de relation significative entre le PS et les caractéristiques chimiques ce qui confirme les résultats de

STEWART et al. (1997). Les duretés varient de 47 à 78 pour Trémie et de 59 à 83 pour Shango. Ces valeurs confirment le caractère médium hard (dureté comprise entre 50 et 75) de ces deux variétés (ITCF, 2000). On observe une relation significative positive entre la dureté et la MAT ($r=0,86$, $P<0,05$) ce qui semble logique puisque ce sont les liaisons protéines amidon qui sont responsables de la dureté des blés (BRANLARD et al., 1997, ABECASSIS et al., 1997) même si le critère dureté est principalement à déterminisme variétal. Le diamètre médian (d50) des farines est en moyenne de 344 μ m et il n'existe pas de liaison entre le d50 et les caractéristiques physiques et chimiques des mélanges de blé. Toutefois, on observe une tendance à l'augmentation du d50 lorsque la dureté augmente. Cette tendance est encore plus marquée lorsque l'on examine les données par variété.

Dans le tableau 2 figurent les différentes fractions (F1, F2, F3, F4, F5) de protéines exprimées soit en g/kg MS, soit pour 100 g de protéines. Les protéines contenues dans le grain de blé sont classées en deux grands types principaux. D'une part les protéines solubles comprenant les albumines et les globulines, qui représentent de 20 à 28 % des protéines du grain de blé et qui sont présentes principalement dans la couche à aleurone mais aussi dans le péricarpe et l'embryon. Elles ont un rôle actif dans le métabolisme du grain. D'autre part les protéines de réserve (gluten) comprenant les gliadines et les gluténines, qui représentent de 72 à 80 % des protéines et qui sont stockées dans l'endosperme. Toutes les fractions augmentent avec l'augmentation de la teneur en MAT des blés mais pas toutes dans les mêmes proportions quand celle-ci augmente. Ainsi la part de gluténines à haut poids moléculaire (F1) et à faible poids moléculaire (F2) est indépendante de la MAT et donc du niveau de fertilisation azotée. La proportion de F1 de la variété Shango est légèrement supérieure à celle de la variété Trémie (respectivement 11,9 vs. 10,8 %). La proportion de gliadines augmente avec la MAT du blé. Cet effet est surtout marqué pour F4 ($r=0,95$, $P<0,001$). De plus, on peut noter un effet variétal important. Ainsi, l'augmentation de la part des F4 est plus importante pour Trémie que pour Shango. Le rapport gliadines/gluténines (F3+F4/F1) augmente avec la MAT. La part des protéines solubles (F5) diminue lorsque le niveau de protéines augmente ($r=-0,98$, $P<0,001$). Ces résultats, bien qu'obtenus sur une mouture complète, confirment ceux décrits par LE BRUN et al. (2001) sur l'influence de la fertilisation azotée (dose et mode de fractionnement des apports) sur le profil protéique de la farine de blé destinée à la panification.

L'analyse des acides aminés (AA) des lots de blé montre que leur teneur augmente linéairement avec la teneur en MAT confirmant ainsi les résultats de MOSSE et al. (1985) et de BOILA et al. (1996). On remarque que la somme des AA dosés dans cette étude, représente de 87 % à 90 % de la MAT. L'écart entre la MAT et la somme des AA dosés s'explique principalement par la proline qui n'est pas dosée et représente environ 10 % des AA (MOSSE et al., 1985). La plage de variation de la MAT des sept mélanges de blé étant importante (84 à 144 g/kg MS), nous avons regardé d'une part, les liaisons entre les AA essentiels et la MAT, et d'autre part, nous avons comparé pour la lysine, la thréonine, la

méthionine, la cystéine et le tryptophane, les résultats obtenus dans cette étude avec les équations de prédiction de MOSSE et al. (1985). Les équations de prédiction établies avec nos 7 lots de blés présentent, quel que soit l'AA considéré, de très bons coefficients de détermination (r^2 allant de 0,95 à 0,99, $P<0,001$). Nous avons effectué la comparaison entre les sept données de cet essai et les trente données individuelles publiées par MOSSE et al. (1985) à l'aide d'un test t de Student qui permet de comparer les pentes et les ordonnées à l'origine des droites de régression obtenues avec les deux groupes de données. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les équations de MOSSE et al. (1985) ou celles obtenues à partir de cet essai pour les 5 AA étudiés. Nous confirmons ainsi la validité de ces équations pour la prédiction de la teneur en AA des blés en fonction de leur teneur en protéines et ceci malgré les évolutions variétales apparues depuis les années 1970-1980. Nous avons également recherché les relations qui pouvaient exister entre les différentes proportions de fractions protéiques (F1 à F5 en % de la MAT) et les profils en acides aminés exprimés en g/16 g d'azote (ou % de MAT, données non présentées dans les tableaux). Il existe une forte corrélation positive entre F5 et la proportion de Lys, Thr, Cys, Met+Cys, Ala, Arg, Asp dans la protéine ($r=0,80$ à $0,97$, $P<0,05$) et négative entre F5 et Glu, Phe ($r=-0,90$ et $-0,79$, $P<0,05$). On observe exactement les mêmes relations, mais avec un signe opposé, entre F4 et ces mêmes AA. Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par FAN et al. (2001) pour qui les albumines et les globulines sont plus riches en Lys et Thr que les protéines de réserve, qui elles sont plus riches en Glu et Pro que les protéines solubles. Nous avons par ailleurs observé une forte corrélation négative entre F1 et Ile et Val ($r=-0,88$ et $-0,93$, $P<0,01$) et entre F3 et Trp ($r=-0,76$, $P<0,05$).

Il apparaît donc que lorsque la MAT augmente, la proportion des protéines de réserve et donc celle de Glu et Phe augmente alors que la proportion des protéines solubles et donc celle de Lys, Thr, Met+Cys diminue.

2.1.2. Essai 2 : Blés germés et à faible PS (tableau 3)

Le lot de blé témoin Isengrain est conforme à la composition des blés figurant dans les tables d'alimentation ITP-ITCF-AGPM (1998). Les deux lots de blé germés ont des compositions chimiques proches l'une de l'autre et se caractérisent par des teneurs en MAT très élevées (150 g/kg MS) et par une plus faible teneur en amidon (668 g/kg MS en moyenne) que le témoin (700 g/kg MS). Les lots germés présentent une teneur en arabinoxylanes solubles supérieure au témoin. Ils se caractérisent par des temps de chute de Hagberg très faibles (respectivement 123 et 89 s pour les lots peu germés et très germés) qui correspondent bien à un phénomène de germination et donc à un développement de l'activité amylasique dans le grain. En ce qui concerne les autres critères chimiques, les lots germés sont assez proches du témoin.

Les deux lots à faible PS sont très proches en terme de caractéristiques chimiques et ils sont également très similaires au lot témoin Isengrain. Les seules différences par rapport au témoin concernent leur faible teneur en amidon (675 g/kg

MS en moyenne vs. 700 pour le témoin) ainsi que leur plus forte teneur en arabinoxylanes solubles (7,1 g/kg MS vs. 4,7). Par ailleurs ils ont été sélectionnés pour leur faible PS (68 kg/hl), le PS moyen observé sur la récolte française 2000 n'étant que de 74,5 (ONIC-ITCF, 2000b). Les cinq lots présentent par contre des duretés assez faibles pour des lots de catégorie medium-hard.

2.2. Utilisation digestive et valeur énergétique des lots de blé

2.2.1. Blés à teneurs différentes en MAT (tableau 4)

Dans le cas des trois mélanges Trémie, les coefficients d'utilisation digestive (CUD) augmentent avec la teneur en MAT des blés, les deux lots extrêmes en terme de teneurs en MAT présentant des CUD significativement différents pour ces trois critères (MS, MO, EB). Par contre, ces mêmes CUD ne sont pas différents pour les quatre mélanges Shango. Toutefois lorsque l'on compare les sept valeurs obtenues inter variétés, on voit que seul le mélange Trémie 430 présente des CUD de la MS, de la MO et de l'EB significativement différents des six autres mélanges. On observe une augmentation significative de l'énergie digestible (ED) avec la teneur en MAT dans le cas des mélanges Trémie, liée principalement à l'augmentation du CUD de l'EB mais aussi aux valeurs d'EB différentes de ces trois lots alors que l'ED des mélanges Shango est assez stable. Avec les sept mélanges analysés, il se dégage une relation linéaire reliant l'ED à la MAT avec un coefficient de corrélation (r) significatif de 0,78, deux des trois lots Trémie pesant toutefois fortement dans la relation. Ce r est à comparer aux valeurs de 0,67 et 0,72 rapportées respectivement par WISEMAN et al. (1982) et ZIJLSTRA et al. (1999). Toutefois les meilleures équations de prédiction de l'ED établies par ZIJLSTRA et al. (1999) pour le blé ou NOBLET et LE GOFF (2000) pour le blé et leurs co-produits prennent en compte, en plus de la MAT, un critère lié aux fibres comme la CB ou le NDF. A l'aide des 29 valeurs de la base de données ITCF, nous n'avons pu mettre en évidence aucune relation significative entre MAT et ED. On peut souligner les valeurs d'ED élevées obtenues pour les blés de cet essai car les valeurs se situent plus généralement entre 3800 et 3880 kcal/kg MS (ITP-ITCF-AGPM, 1998 ; NOBLET et LE GOFF, 2000).

Par contre lorsque l'on s'intéresse aux CUD de la MAT, on peut mettre en évidence, et ceci quelle que soit la variété, une relation linéaire significative reliant ce critère à la MAT, le CUD augmentant de façon concomitante à la MAT. Ainsi une différence d'environ 9 points de CUD peut être observée entre les lots extrêmes. Une telle relation est observée dans le cas du blé par WISEMAN et al. (1994) au niveau fécal et par BURACZEWSKA et al. (1987) sur l'orge au niveau iléal. De plus, FAN et al. (2001) montrent que les blés les plus riches en MAT présentent une digestibilité iléale de la Lys et de la Thr plus faible que celle du Glu, Phe ou Pro. Toutefois, ils n'observent pas de relation claire entre MAT et CUD MAT. Ainsi, puisque une augmentation de la teneur en MAT est associée, d'une part, à une augmentation de la proportion relative de la fraction F4 (et donc de Glu, Phe, Pro) au détriment de la fraction F5 (Lys et Thr) et d'autre part, que cette fraction F4 est plus digestible, on pourrait expliquer ainsi l'augmentation globale du CUD de la MAT avec l'augmentation de la teneur en MAT observée dans notre essai. En effet, les protéines de réserve sont plus accessibles aux enzymes digestives que les protéines solubles de par leur localisation dans le grain. Toutefois notre étude, réalisée au niveau fécal, nécessiterait d'être confirmée au niveau iléal par des mesures de digestibilité vraies et non apparentes comme celles de FAN et al. (2001) afin d'éliminer un éventuel effet de l'endogène. Par ailleurs, FAN et al. (2001) sur le blé et BURACZEWSKA et al. (1987) sur l'orge montrent, comme mentionné pour l'énergie, que le principal facteur de variation de la digestibilité iléale des AA des céréales serait la teneur en NDF, alors que dans notre essai le critère « fibre » le plus corrélé au CUD MAT serait l'ADF ($r=-0,84$, $P<0,05$).

2.2.2. Blés germés et à faible PS (tableau 5)

Aucune différence significative n'apparaît, chez le porc charcutier, entre le blé témoin et les lots de blé peu germé ou très germé d'une part et les lots à faible PS d'autre part et ceci quels que soient les critères considérés (CUD MS, MAT, MO, EB ou ED). Ces résultats, sur les blés germés, confirment ceux de GATEL et BOURDON (1989) qui montrent que la germination n'entraîne pas de diminution de la digestibilité des blés, des lots germés conduisant de plus aux mêmes performances zootechniques, chez le porcelet, qu'un lot témoin non germé. Les résultats concernant l'absence d'effet du PS sur l'ED des blés confirment ceux obtenus par WISEMAN et

Tableau 4 - Coefficients d'Utilisation Digestive (CUD en %) et Energie Digestible (ED) des blés chez le porcelet – Essai 1

Variété de blé	Blé Trémie			Blé Shango				Proba (1)	ETR (2)
	N° Mélange blés	430	431	432	433	434	435	436	
MAT (g/kg MS)		84	108	127	97	111	126	144	
CUD MS		87,5 b	88,6 ab	89,5 a	88,8 ab	89,4 a	89,4 a	89,2 a	*
CUD MAT		78,1 d	81,2 cd	86,2 ab	80,1 cd	83,6 bc	86,3 ab	87,7 a	***
CUD MO		89,6 b	90,3 ab	91,4 a	90,7 ab	91,3 a	91,2 a	91,0 a	**
CUD EB		86,7 b	87,8 ab	89,2 a	88,2 ab	88,8 a	88,8 a	88,6 a	**
ED (kcal/kg MS)		3810 c	3875 b	3975 a	3915 ab	3940 ab	3945 ab	3940 ab	***

(1) Probabilités *** : $P < 0,001$; ** : $0,001 < P < 0,01$; * : $0,01 < P < 0,05$; NS : $P > 0,05$

(2) ETR : écart type résiduel pour l'analyse de variance

a, b, c, d : groupes homogènes par le test de Newman et Keuls

Tableau 5 - Coefficients d'Utilisation Digestive (CUD en %) et Energie Digestible (ED) des blés chez le porc charcutier – Essai 2

Variété de blé	Isengrain			Charger	Trémie	Proba (1)	ETR (2)
	Non germé	Peu germé	Très germé	Faible PS	Faible PS		
N° Blé	488	469	470	471	493		
CUD MS	87,9	87,3	86,4	86,2	86,3	NS	1,2
CUD MAT	84,6	86,0	85,3	82,7	82,6	NS	3,2
CUD MO	90,1	89,5	89,0	88,6	88,6	NS	1,0
CUD EB	87,2	86,6	85,8	85,5	85,5	NS	1,3
ED (kcal/kg MS)	3840	3865	3800	3780	3785	NS	58

(1) Probabilités NS : $P > 0,05$

(2) ETR : écart type résiduel pour l'analyse de variance

al. (2000), ZIJLSTRA et al. (1999), ANDERSON et BELL (1983) pour des PS compris respectivement entre 71 et 82, 65 et 80, 50 et 77 kg/hl. De plus, STEWART et al. (1997) sur le porc charcutier (PS de 60 à 72 kg/hl) ou MILLER et al. (2001) sur le porcelet (PS de 64 à 78 kg/hl) n'ont pu observer aucun effet du PS sur les performances zootechniques des animaux. Par ailleurs, WISEMAN et al. (2000) ne trouvent pas non plus de corrélation entre l'ED et d'autres critères physiques comme la dureté ou le PMG.

CONCLUSION

L'augmentation de la MAT du blé s'accompagne de modifications du profil des différentes catégories de protéines contenues dans le grain et donc du profil en AA. Les rela-

tions entre MAT et AA mises en évidence par MOSSE et al. (1985) se trouvent confirmées. L'augmentation de la teneur en MAT du blé s'accompagne d'une amélioration de l'ED dans le cas de la variété Trémie alors qu'elle est sans effet pour la variété Shango. Par contre cette augmentation de la MAT se traduit pour les deux variétés par une amélioration linéaire du CUD de la MAT. Ces résultats mériteraient toutefois d'être complétés par des mesures de digestibilité iléale vraie des protéines. Par ailleurs, il se confirme que les faibles PS ou le début de germination n'ont aucune conséquence sur la valeur nutritionnelle des blés chez le porc, dans les conditions de notre travail, notamment à partir du moment où le blé est stocké dans des conditions d'humidité qui le protègent de contaminations fongiques indésirables.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABECASSIS J., MABILLE F., HADDAD Y., AUTRAN J.C., BENET J.C., 1997. Industries des Céréales, 101, 11-18.
- ANDERSON D.M., BELL J.M., 1983. Can. J. Plant. Sci., 63, 393-406.
- BOILA R.J., STOTHERS S.C., CAMPBELL L.D., 1996. Can. J. Anim. Sci., 76, 163-169.
- BRANLARD G., FELIX I., LEBLANC A., KOENIG J., BODET C., MARION D., MAHAUT B., 1997. Industries des Céréales, 101, 5-10.
- BURACZEWSKA L., SCHULZ E., SCHRÖDER H., 1987. Arch. Anim. Nutr., 37 (10), 861-867.
- FAN M.Z., SAUER W.C., II S., 2001. J. Anim. Feed Sci. Technol., 10, 103-118.
- FULLER M.F., CADENHEAD A., BROWN D.S., BREWER A.C., CARVER M., ROBINSON R., 1989. J. Agric. Sci., 113, 149-163.
- GATEL F., BOURDON D., 1989. Pig News and Information, 10 (2), 159-160.
- ITCF, 2000. Céréales – Variétés 2000. Institut Technique des Céréales et des Fourrages Ed., Paris, 24 p.
- ITP-ITCF-AGPM, 1998. Tables d'alimentation pour les porcs. ITP Ed., Paris, 31 p.
- LE BRUN D., BAR-L'HELGOUAC'H C., SALVO L., DUBOIS M., 2001. Perspectives Agricoles, 266, 20-25.
- LEYGUE J.P., 2000. Perspectives Agricoles, 255, 24-29.
- MILLER H.M., TOPLIS P., BLANCHARD P., RAWLING R., 2001. Proceedings of the British Society of Animal Science, 213.
- MOREL M.H., Dehlon P., Autran J.C., Leygue J.P., Bar L'Helgouac'h C., 2000. Cereal Chemistry, 77, 5, 685-691.
- MOSSE J., HUET J.C., BAUDET J., 1985. J. Cereal Sci., 3, 115-130.
- NOBLET J., LE GOFF G., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 177-183.
- ONIC-ITCF, 2000. Qualités des blés – Alimentation animale – récolte 2000, ITCF Ed., 2 p.
- ONIC-ITCF, 2000b. Qualités des blés français – récolte 2000, ONIC Ed., 10 p.
- STEWART A.H., ACAMOVIC T., TAYLOR A.G., FRASER H., 1997. Proceedings of the British Society of Animal Science, 66.
- WISEMAN J., COLE D.J.A., LEWIS D., 1982. J. Agric. Sci., 98, 89-97.
- WISEMAN J., NICOL N., NORTON G., 1994. In Recent Advances in Animal Nutrition. 7-32. Nottingham University Press Ed., Loughborough, 291 p.
- WISEMAN J., 2000. Anim. Feed Sci. Technol., 84, 1-11.
- ZIJLSTRA R.T., DE LANGE C.F.M., PATIENCE J.F., 1999. Can. J. Anim. Sci., 79, 187-194.