

## DIGESTION PAR LE PORC EN CROISSANCE DE QUATRE SOURCES DE PAROIS VÉGÉTALES UTILISÉES SEULES OU EN ASSOCIATION

Elisabeth CHABEAUTI, J. NOBLET

I.N.R.A., Station de Recherches Porcines, Saint-Gilles, 35590 L'HERMITAGE.

avec la collaboration technique de Y. LEBRETON et A. ROGER pour les mesures sur animaux et de Annick BLANCHARD, Martine FILLAULT et Nadine MEZIERE pour les analyses de laboratoire.

Les digestibilités totale et iléale de la matière sèche (MS), de l'azote (N), de l'énergie (E), du NDF, de l'ADF et la digestibilité totale des polysaccharides non amylicés (PNA) de 8 régimes qui contenaient tous 40% de blé ont été mesurées chez le porc en croissance (4 animaux de 35 kg par traitement). De l'amidon complétait le régime témoin (B) et était partiellement ou totalement remplacé dans les 7 autres régimes par 22% (SB) ou 44% (2SB) de son de blé, 16% de pulpes de betterave (Pu), 19% de coques de soja (CS), 22% de paille de blé (Pa), 19% de son de blé + 14% de pulpes de betterave (SB+Pu) et 16% de son de blé + 16% de paille de blé (SB+Pa).

Quelle que soit la source de fibres ajoutée dans les 7 régimes, les digestibilités apparentes totales de la MS, de l'N et de l'E sont significativement inférieures à celle du régime témoin. A taux de PNA similaires (régimes 2SB, Pu, CS, Pa, SB+Pu et SB+Pa), les coefficients d'utilisation digestive de la MS et de l'E sont les plus élevés dans les régimes Pu et CS (0,841 et 0,834 pour l'E) et les plus bas dans les régimes Pa et SB+Pa (0,736 et 0,728 pour l'E, respectivement). L'utilisation digestive totale de l'azote ne varie pas significativement entre les différents régimes précédemment cités (0,803 en moyenne).

Les digestibilités fécale et iléale du NDF des régimes ou des matières premières sont inférieures à celles des PNA totaux mais suivent la même évolution (régimes Pa < SB+Pa < 2SB < SB < SB+Pu < Pu < CS). L'introduction d'un taux croissant de son de blé dans le régime entraîne une décroissance non-linéaire de la digestibilité totale de ces constituants pariétaux. Dans les régimes contenant des taux comparables de PNA, les parois végétales des régimes CS, Pu et SB+Pu sont les mieux digérées (0,745, 0,676 et 0,693 pour les PNA totaux, respectivement), celles du régime Pa les moins dégradées (0,297), celles des régimes 2SB et SB+Pa étant intermédiaires (0,507 et 0,414, respectivement). Les variations des coefficients de digestibilité des PNA sont discutées en fonction de la composition en oses des régimes et de leur digestibilité.

### Utilization of plant cell walls from four different sources used alone or in combination in growing pig diets

Total and ileal apparent digestibilities (TAD and IAD, respectively) of dry matter (DM), nitrogen (N), energy (E), NDF, ADF and the TAD of non-starch polysaccharides (NSP) were measured on Large White growing pigs of 35 kg fed on 8 diets that contained 40% wheat. In comparison with the control diet (B) where the added carbohydrate source was only provided by starch, starch was partly replaced in the seven other diets by 22% (SB) and 44% (2SB) wheat bran, 16% sugar beet pulp (Pu), 19% soya bean hulls (CS), 22% wheat straw (Pa diet), 19% wheat bran + 14% sugar beet pulp (SB+Pu) and 16% wheat bran + 16% wheat straw (SB+Pa).

Whatever the fibre source added in the diets, the TAD of DM, N and E were significantly reduced relatively to the control diet. In diets with similar NSP contents (2SB, Pu, CS, Pa, SB+Pu, SB+Pa), the TAD of DM and E were higher in Pu and CS diets (0,841 and 0,834 for E, respectively) and lower in Pa and SB+Pa diets (0,736 and 0,728 for E, respectively). No significant change in TAD of N (0,803 on average) was observed in the fibrous diets.

The TAD of NDF measured on diets or calculated for the fibrous ingredients varied as those of total-NSP (Pa < SB+Pa < 2SB < SB < SB+Pu < Pu < CS) but with lower values. Increasing the amounts of wheat bran in diets was associated to a non-linear decrease of the TAD of plant cell walls. In diets with similar amounts of NSP, plant cell walls from CS, Pu and SB+Pu were highly digestible (0,745, 0,676 and 0,693 for total-NSP, respectively) while those from Pa diet were the least degraded (0,297), TAD of total-NSP from 2SB and SB+Pa diets being intermediate (0,507 and 0,414, respectively). The variations observed in NSP digestibilities between diets were discussed in relation with their ose composition and their respective digestibilities.

## INTRODUCTION

En Europe, les céréales sont progressivement remplacées dans l'alimentation du porc par de nombreux sous-produits de l'industrie alimentaire généralement plus riches en parois végétales. L'utilisation digestive de quelques-unes de ces fibres alimentaires et leurs implications physiologiques ont été largement étudiées (HENRY, 1976; LEE et CLOSE, 1987; CHERBUT et al, 1988). Mais, dans la plupart de ces travaux, les parois végétales étaient déterminées selon la méthode de la cellulose brute, critère particulièrement imprécis lorsque les matières premières utilisées contiennent de fortes teneurs en hémicelluloses, en substances pectiques et/ou en lignine (RINAUDO et CHAMBAT, 1976; GIGER et POCHET, 1987). Des informations plus précises et plus complètes quant à l'utilisation digestive des fibres alimentaires peuvent être obtenues par la méthode de VAN SOEST avec la détermination d'estimateurs des fractions hémicellulosiques, cellulosique et de la lignine (DROCHNER, 1984; STANOGLIAS et PEARCE, 1985; VAREL et al, 1988). Cependant, cette méthode ne prend pas en compte les substances pectiques et les polysaccharides solubles (CARRÉ et BRILLOUET, 1986). Aussi a-t-on vu se développer récemment des méthodes permettant de déterminer l'ensemble des oses constitutifs des polysaccharides non amylacés solubles et insolubles -constituants principaux des parois végétales- dans les études de digestibilité (GRAHAM et al, 1986; LONGLAND et LOW, 1989).

Parmi les sous-produits fibreux employés, le son de blé et les pulpes de betterave ont fait l'objet de nombreuses études (GRAHAM et al, 1986; LONGLAND et LOW, 1989). Mais, il est à noter que l'origine botanique et la composition des parois végétales donnent lieu à d'importantes variations de leur propre utilisation digestive (DROCHNER, 1984). De plus, la formulation de régimes plus complexes associant deux ou plusieurs sources de parois végétales chez le porc en crois-

sance passe par la connaissance des éventuelles interactions sur l'utilisation digestive des constituants de la ration (CHEEKE et STANGEL, 1973; JOST et al, 1982; LAPLACE et al, 1989).

Aussi, dans le présent travail, nous avons voulu mesurer les effets d'un taux croissant de fibres alimentaires (son de blé) et l'influence de l'origine botanique et tissulaire des parois végétales (son de blé, pulpes de betterave, coques de soja, paille de blé) et de leurs associations (son de blé et pulpes de betterave, son de blé et paille de blé) sur les digestibilités apparentes totale et iléale des parois végétales chez le porc en croissance, en utilisant conjointement la méthode de VAN SOEST et la détermination des polysaccharides non amylacés (CARRÉ et al, 1990).

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Les régimes

Huit régimes (Tableau 1) ont été comparés. Tous contiennent 40% de blé et 4,5% d'un complément minéral et vitaminé mais des taux variables d'isolat de soja de façon à avoir un rapport constant entre protéines et énergie digestibles (I.N.R.A., 1984). De l'amidon complète le régime de base (B) et est partiellement ou totalement remplacé dans les 7 autres régimes par 22% (régime SB) ou 44% (régime 2SB) de son de blé, 16% de pulpes de betterave (régime Pu), 19% de coques de soja (régime CS), 22% de paille de blé (régime Pa), 19% de son de blé + 14% de pulpes de betterave (régime SB+Pu) et 16% de son de blé + 16% de paille de blé (régime SB+Pa). Le régime B peut être considéré comme régime témoin. Les taux d'introduction des sources de fibres ont été calculés de sorte que les teneurs en polysaccharides non amylacés totaux (voir tableau 2) soient comparables pour les régimes testés et n'entraînent pas de perturbations digestives (diarrhées,...).

TABLEAU 1  
COMPOSITIONS CENTÉSIMALE ET CHIMIQUE DES ALIMENTS EXPÉRIMENTAUX  
(g/kg de matière sèche (MS))

RÉGIMES	B	SB	2SB	Pu	CS	Pa	SB+Pu	SB+Pa
<b>Composition:</b>								
Blé	390,5	391,8	393,6	388,6	389,3	387,8	389,9	390,0
Son de Blé	-	218,3	437,0	-	-	-	186,9	157,5
Pulpes de Betterave	-	-	-	161,1	-	-	141,2	-
Coques de Soja	-	-	-	-	190,4	-	-	-
Paille de Blé	-	-	-	-	-	221,3	-	161,6
Amidon de Blé	394,4	227,0	57,4	256,3	236,1	206,8	121,4	134,7
Huile de Maïs	16,1	8,1	-	16,0	13,7	18,3	9,2	2,6
Protéines de soja	147,3	103,2	59,9	126,4	119,0	114,3	99,7	91,9
Lysine-HCl	0,5	1,0	1,5	0,5	0,5	-	0,5	0,5
Complément minéral et vitaminique	51,2	50,6	50,6	51,1	51,0	51,5	51,7	51,2
<b>Composition chimique:</b>								
Cendres	52,9	63,0	74,3	62,9	61,7	66,4	72,0	70,1
Protéines (N*6,25)	207,5	190,6	191,3	178,1	198,1	170,0	194,7	177,4
Energie Brute (MJ/kgMS)	18,4	18,2	18,3	18,0	18,2	18,0	18,0	18,1

## 1.2. Les animaux

### 1.2.1. Digestibilité Totale

Trente-deux porcs mâles castrés de race Large White (4 porcs/régime) sont placés en cage individuelle vers 35 kg. Après une période d'adaptation aux conditions expérimentales de 10 jours, la collecte totale des fèces est effectuée quotidiennement les 10 jours suivants. Les fèces sont conservées à +4°C, poolées puis, à la fin de la période, pesées et mélangées. Un échantillon représentatif est lyophilisé pour les analyses chimiques ultérieures. Les urines sont également cumulées sur l'ensemble de la période de collecte, pesées et échantillonnées à la fin de la période. Les animaux sont pesés au début et à la fin de la période de collecte. Les porcs reçoivent un seul repas à 9 heures et disposent d'eau à volonté. Les aliments sont distribués sous forme granulée, les quantités étant allouées sur la base de 1,45 MJ ED/kg de poids métabolique (P<sup>0,75</sup>). Un échantillon d'aliment est prélevé pour les analyses de laboratoire selon la technique du repas fictif. Les éventuels refus sont récupérés et séchés.

### 1.2.2. Digestibilité Iléale

4 animaux d'environ 35 kg ont été opérés selon la technique de l'anastomose iléo-rectale termino-latérale (LAPLACE et al, 1985). Après une période de récupération post-opératoire de 3 semaines, les animaux reçoivent les aliments expérimentaux précédemment décrits, supplémentés en minéraux et vitamines. Chaque animal reçoit successivement les 8 régimes de façon équilibrée. Après une période d'adaptation de 4 jours, les effluents iléaux sont collectés les 3 jours suivant puis poolés, homogénéisés et lyophilisés.

### 1.3. Les analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche, cendres et azote des matières premières, des régimes et des excréta (fèces ou effluents iléaux) sont estimées selon la méthodologie AOAC (1975). La

teneur en énergie brute est déterminée à l'aide d'une bombe calorimétrique adiabatique. Les taux des différents composants des parois végétales (NDF, ADF, ADL) sont déterminés dans les aliments et les excréta selon la procédure décrite par VAN SOEST (1963) et VAN SOEST et WINE (1967) et modifiée par Giger et al (1987). La teneur en WICW (water insoluble cell wall) est déterminée sur les régimes selon la technique décrite par CARRÉ et BRILLOUET (1989).

Les polysaccharides non amylacés (PNA) neutres sont dosés, quant à eux, par chromatographie en phase gazeuse de leurs acétates d'alditols correspondants (BLAKENEY et al, 1983) selon la méthodologie décrite par CARRÉ et al (1990). Les acides uroniques sont estimés à partir des hydrolysats acides précédemment obtenus, par la méthode au m-phénylphénol (BLUMENKRANTZ et ASBOE-HANSEN, 1973) utilisant l'acide galacturonique comme standard. Les PNA ont été dosés uniquement sur les aliments et les fèces.

### 1.4. Les calculs et les analyses statistiques

Les coefficients de digestibilité des différents paramètres testés sont calculés par les procédés habituels alors que ceux des fractions pariétales des quatre matières premières sont obtenus par différence des quantités sèches ingérées et excrétées entre le régime témoin (B) et le régime testé.

Les analyses statistiques sont réalisées en utilisant le logiciel SAS (Statistical Analysis System, 1987) dont la procédure GLM (General Linear Model) inclue le calcul d'analyses de variance et le test de Duncan.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Composition des régimes expérimentaux (tableau 2)

Les teneurs en NDF des régimes sont inférieures à celles en WICW (13,5 g/kg de MS de différence, en moyenne), les

**TABLEAU 2**  
COMPOSITION DES PAROIS VÉGÉTALES DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX  
(g/kg de matière sèche)

RÉGIMES	B	SB	2SB	Pu	CS	Pa	SB+Pu	SB+Pa
NDF	44	114	191	137	141	188	159	239
ADF	17	39	60	71	88	103	73	100
ADL	7	9	13	7	8	13	12	16
WICW	54	123	207	155	165	201	187	229
<b>Composition des PNA<sup>(1)</sup> :</b>								
Arabinose	10,1	24,3	32,9	33,5	19,0	11,8	39,5	21,3
Xylose	16,6	42,2	63,3	25,3	29,8	50,4	43,1	62,4
Mannose	1,6	3,0	1,8	2,6	9,7	1,8	5,8	4,5
Galactose	3,2	3,4	6,9	8,9	10,2	ND*	11,8	0,0
Glucose	9,2	25,9	44,2	47,9	59,0	73,9	43,1	66,0
Acides Uroniques	4,1	6,8	9,0	25,6	21,2	7,7	24,2	8,5
PNA totaux <sup>(2)</sup>	44,8	105,6	158,1	143,8	148,9	145,6	167,5	162,7
PNA solubles / PNA totaux	0,212	0,109	0,074	0,179	0,115	0,054	0,136	0,059

(1) somme des polysaccharides non amylacés insolubles et solubles.

(2) somme des polysaccharides non amylacés dans le régime.

\* ND: non déterminé.

différences étant plus importantes pour les régimes contenant des pulpes de betteraves ou des coques de soja. Les pourcentages de PNA totaux en fonction de la MS vont de 4,5 (régime B) à 16,8 (régime SB+Pu) avec des différences faibles entre les régimes 2SB, Pu, CS, Pa, SB+Pu et SB+Pa (15,8, 14,3, 14,9, 14,6, 16,8 et 16,3, respectivement). Dans les régimes contenant des fibres ajoutées, les PNA solubles représentent 5,4% (régime Pa) à 17,9% (régime Pu) des PNA totaux.

Les compositions en PNA totaux des régimes B, SB, et 2SB sont très proches lorsqu'elles sont exprimées en pourcentage de leurs WICW respectifs. Cependant, le rapport PNA solubles/PNA totaux diminue avec l'addition de son de blé dans ces régimes (21,2%, 10,9%, 7,4%, respectivement). Les aliments Pu, CS et SB+Pu contiennent les plus forts taux d'acides uroniques (17,8%, 14,2% et 14,4% des PNA totaux). Le régime Pa dont la source majeure de fibres est la paille de blé contient principalement du xylose et du glucose alors que les régimes B, SB et 2SB dont les sources de parois végétales sont ou dérivent de la graine de blé sont composés de plus d'arabinose, de moins de glucose et d'autant de xylose que le régime précédent. Les compositions en polysaccharides des régimes SB+Pu et SB+Pa reflètent celles des principales sources de parois végétales qui y sont incluses: un taux important d'acides uroniques et une teneur faible en xylose dans les parois végétales de l'aliment SB+Pu par rapport à un régime comprenant simplement des céréales et un taux plus

élevé d'arabinose dans l'aliment SB+Pa par rapport à un régime comprenant essentiellement de la paille comme source de fibres.

## 2.2. Utilisation digestive apparente totale des principaux éléments des rations (tableau 3)

L'incorporation d'une ou plusieurs sources de parois végétales à un taux quelconque dans les régimes a entraîné une dégradation significative de la digestibilité apparente totale de la matière sèche, de l'énergie et de l'azote. Pour un même taux de PNA totaux (régimes 2SB, Pu, CS, Pa), les coefficients d'utilisation digestive de la matière sèche et de l'énergie sont les plus élevés pour les régimes Pu et CS et le plus faible pour le régime Pa. Cependant, aucune variation significative de l'utilisation digestive de l'azote selon la source de fibres employée n'a été mise en évidence. L'association de deux sources de parois végétales entraîne des effets variables sur la digestibilité suivant les sources végétales employées. Ainsi, l'association de son de blé et de pulpes de betteraves du régime SB+Pu a eu un effet intermédiaire au régime 2SB et au régime Pu sur la digestibilité de la matière sèche, de l'énergie alors que l'utilisation digestive de l'azote est plus faible que celles du régime 2SB et surtout du régime Pu. Par contre, l'utilisation digestive des principaux éléments du régime SB+Pa est comparable voire inférieure à celle du régime Pa.

TABLEAU 3  
UTILISATION DIGESTIVE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS DES RÉGIMES ET BILAN AZOTÉ

RÉGIMES	B	SB	2SB	Pu	CS	Pa	SB+Pu	SB+Pa	ETR*
Poids Vif (kg)	41,4ab	40,6ab	39,2b	39,0b	39,1b	43,4ab	46,5a	40,3b	3,7
<b>Coefficient de digestibilité:</b>									
Matière Sèche	0,911a	0,847b	0,772d	0,839b	0,840b	0,742e	0,801c	0,731e	0,013
Energie Brute	0,920a	0,854b	0,778d	0,841b	0,834b	0,736e	0,800c	0,728e	0,014
Azote	0,918a	0,867b	0,798cd	0,829c	0,805cd	0,806cd	0,781d	0,800cd	0,020
<b>Energie Digestible Ingérée (MJ/j)</b>	21,0a	20,0a	18,8a	19,1a	19,2a	19,7a	22,2a	19,4a	2,2
<b>Bilan Azoté (g/j):</b>									
Ingéré	42,6ab	40,6ab	41,9ab	35,7b	40,0ab	41,1ab	47,2a	41,7ab	4,6
Retenu	24,0a	22,1ab	19,4ab	18,4b	20,6ab	21,1ab	22,3ab	18,3b	3,1

\*ETR: Ecart-Type Résiduel;

a,b: les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

L'azote retenu (20,0 g/j en moyenne) est identique entre les régimes contenant des fibres ajoutées, la rétention azotée tendant à être plus élevée dans le régime B. Les valeurs légèrement plus faibles observées avec les régimes 2SB, Pu et SB+Pa sont dues à l'existence de refus associés à une diminution des apports en protéines digestibles pour ces régimes.

## 2.3. Utilisation digestive apparente totale des constituants pariétaux des régimes et des matières premières (tableaux 4 et 5)

L'incorporation croissante de son de blé dans les régimes

entraîne une diminution de l'utilisation digestive des PNA totaux dans ces régimes. Cette diminution, significative entre les régimes SB et 2SB, vient principalement d'une dégradation plus importante des unités arabinose et acides uroniques dans le régime SB par rapport au régime 2SB (13,8 et 13,9 points de moins, respectivement). La digestibilité du NDF, quant à elle, n'est pas affectée par l'addition du son de blé alors que celle de l'ADF décroît.

Les coefficients de digestibilité du NDF sont toujours inférieurs à ceux des PNA totaux. Ils suivent toutefois la même évolution, à savoir par ordre de digestibilité décroissante des régimes: CS, SB+Pu, Pu, SB, 2SB, SB+Pa et Pa. Les hémicelluloses

**TABLEAU 4**  
DIGESTIBILITÉ TOTALE APPARENTE DES COMPOSÉS PARIÉTAUX DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX.

RÉGIMES	B	SB	2SB	Pu	CS	Pa	SB+Pu	SB+Pa	ETR*
<b>Composants des constituants pariétaux:</b>									
Arabinose	0,592c	0,531c	0,394d	0,838a	0,779a	0,452d	0,700b	0,430d	0,043
Xylose	0,722ab	0,696bc	0,639c	0,442d	0,765a	0,282e	0,668bc	0,425d	0,042
Mannose	0,891ab	0,933a	0,614ab	0,670ab	1,000a	0,501b	0,976a	1,000a	0,240
Galactose	0,726b	0,382c	0,389c	0,768b	1,000a	-	0,734b	-	0,119
Glucose	0,428cd	0,482bc	0,434cd	0,558ab	0,616a	0,260e	0,590ab	0,364de	0,071
Uronic acids	0,669c	0,559d	0,419ef	0,884a	0,805b	0,461e	0,825b	0,380f	0,037
<b>PNA totaux</b>	0,634bc	0,594c	0,507d	0,676ab	0,745a	0,297f	0,693ab	0,414e	0,042
<b>NDF</b>	0,429c	0,433c	0,410c	0,546ab	0,602a	0,215d	0,521b	0,357c	0,047
<b>ADF</b>	0,345b	0,302bc	0,233cd	0,497a	0,572a	0,151d	0,490a	0,151d	0,056
<b>NDF-ADF</b>	0,481c	0,500c	0,491c	0,600ab	0,650a	0,292d	0,547bc	0,506c	0,044
<b>ADF-ADL</b>	0,248cd	0,367b	0,294bc	0,552a	0,605a	0,172d	0,574a	0,181d	0,059

\*ETR: Ecart-Type Résiduel;

a,b: les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

(NDF-ADF) sont mieux dégradées que la cellulose (ADF-ADL), à l'exception du régime SB+Pu.

Pour un même taux de PNA totaux, on observe que la digestibilité globalement faible des polysaccharides du régime Pa est à mettre en relation avec des unités xylose et glucose peu digestibles. Par contre, la digestibilité élevée des PNA totaux du régime Pu est principalement due à la forte digestibilité des unités arabinose, galactose et acides uroniques alors que celle observée pour le régime CS vient d'une forte dégradabilité de tous les polysaccharides de ce régime. Il est à noter une digestibilité du xylose beaucoup plus faible pour le régime Pu que pour le régime CS. Toutes ces différences observées pour les régimes sont accentuées lorsqu'on considère les digestibilités des PNA des matières premières calculées par dif-

férence (tableau 5).

L'association de son de blé et de pulpes de betterave n'entraîne pas de modification significative de la digestibilité des PNA totaux et du NDF par rapport au régime Pu. Les fractions cellulosiques (glucose, ADF-ADL) et pectiques (acides uroniques) sont dégradées de façon identique dans ces deux régimes. La fraction hémicellulosique (xylose) du régime SB+Pu est, quant à elle, aussi digestible que celle du régime 2SB. L'utilisation digestive des PNA totaux ou du NDF du régime SB+Pa est intermédiaire entre celles des régimes 2SB et Pa. Le glucose et (ADF-ADL) sont aussi peu dégradés dans le régime SB+Pa que dans le régime Pa. Alors que la digestibilité de la fraction hémicellulosique (NDF-ADF) du régime SB+Pa est comparable à celle du régime 2SB, l'utilisation digestive du xylose est intermédiaire entre les régimes 2SB et Pa.

**TABLEAU 5**  
DIGESTIBILITÉ TOTALE APPARENTE DES CONSTITUANTS PARIÉTAUX DES MATIÈRES PREMIÈRES.  
(déterminée par différence)

MATIÈRES PREMIÈRES	SB1*	SB2**	Pu	CS	Pa
<b>Composants des constituants pariétaux:</b>					
Arabinose	0,488	0,306	0,944	0,992	-
Xylose	0,680	0,610	-	0,820	0,066
Galactose	-	0,100	0,792	1,125	0,726
Glucose	0,512	0,435	0,589	0,651	0,259
Uronic acids	0,388	0,208	0,925	0,838	0,222
<b>PNA totaux</b>	0,560	0,458	0,690	0,791	0,163
<b>NDF</b>	0,435	0,404	0,601	0,679	0,150
<b>ADF</b>	0,270	0,190	0,540	0,622	0,112
<b>NDF-ADF</b>	0,511	0,493	0,684	0,826	0,204

\*SB1: Les valeurs de cette colonne sont les coefficients de digestibilité obtenus par différence entre les régimes B et SB.

\*\*SB2: Les valeurs de cette colonne sont les coefficients de digestibilité obtenus par différence entre les régimes SB et 2SB.

## 2.4. Utilisation digestive apparente iléale de l'ensemble des constituants des régimes (tableau 6)

Les variations observées sur l'utilisation digestive apparente iléale de la matière sèche, de l'énergie et de l'azote lors de l'introduction de parois végétales dans les régimes à des taux croissants ou à taux constant mais issues de différentes sources végétales sont similaires à celles précédemment observées au niveau de l'utilisation digestive totale de ces trois paramètres, excepté pour la digestibilité iléale de l'azote du régime Pa (0,824) qui diffère significativement de celle des

autres régimes (0,783 en moyenne) où les teneurs en PNA sont comparables.

Les coefficients d'utilisation digestive apparente iléale des constituants pariétaux des régimes contenant des fibres ajoutées suivent la même évolution que ceux observés en digestibilité apparente totale, avec toutefois des différences moins marquées entre les différents régimes. A teneur comparable en PNA totaux, la digestibilité iléale du NDF représente de 32% à 63% de sa digestibilité totale (régimes SB+Pa <CS <SB+Pu <Pu <Pa <2SB).

**TABLEAU 6**  
DIGESTIBILITÉ ILÉALE APPARENTE DES COMPOSANTS DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX.

RÉGIMES	B	SB	2SB	Pu	CS	Pa	SB+Pu	SB+Pa	ETR*
<b>Composants majeurs de la ration</b>									
Matière Sèche	0,886a	0,787b	0,711d	0,749c	0,749c	0,699d	0,713d	0,653e	0,018
Énergie	0,895a	0,796b	0,719d	0,766c	0,761c	0,713d	0,728d	0,661e	0,018
Azote	0,888a	0,830b	0,796c	0,790c	0,772c	0,824b	0,776c	0,782c	0,018
<b>Constituants pariétaux</b>									
NDF	0,361a	0,186bcd	0,258b	0,269b	0,220bc	0,130cd	0,215bc	0,113d	0,060
ADF	0,270a	0,065cd	0,139bc	0,202ab	0,157bc	0,066cd	0,114b	0,000d	0,067
NDF-ADF	0,415a	0,248bc	0,312b	0,342ab	0,323b	0,206c	0,218c	0,211c	0,058
ADF-ADL	0,101bc	0,103bc	0,200ab	0,248a	0,156ab	0,102cd	0,232a	0,025c	0,066

\*ETR: Ecart-Type Résiduel;

a,b: les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Utilisation digestive des principaux éléments des régimes expérimentaux

L'incorporation de taux croissant de parois végétales dans la ration diminue significativement et linéairement les digestibilités apparentes totale et iléale de la matière sèche et de l'énergie. Des résultats comparables ont déjà été rapportés par HENRY (1976), DROCHNER (1984), STANOGLIAS et PEARCE (1985), LONGLAND et LOW (1989) et NOBLET et al (1989). Cette diminution est à relier à la digestibilité plus faible des parois végétales (40 à 50% en moyenne) ainsi qu'à la moindre dégradation des éléments nutritifs non fibreux qu'elles apportent, à une plus faible disponibilité des nutriments en présence de sources fibreuses, à un transit digestif plus rapide (EHLE et al, 1982; BARDON et FIORAMONTI, 1983; STANOGLIAS et PEARCE, 1985), à une augmentation des pertes microbiennes (VAREL et al, 1988) et endogènes (GREEN et al, 1987) et à la difficulté d'accès des enzymes (ZOÏOPOULOS et al, 1978). Il en résulte que, malgré une digestibilité non négligeable, les parois végétales ont une contribution très faible à l'apport d'énergie digestible et, a fortiori, d'énergie nette à l'animal (NOBLET et al, 1989).

En accord avec les données de DROCHNER (1984), FLEMING et WASILEWSKI (1984) et GRAHAM et al (1986), la diminution de la digestibilité apparente totale de l'azote obser-

vée avec des taux croissants de parois végétales n'est pas significativement affectée par les origines botaniques de ces parois végétales. Mais, STANOGLIAS et PEARCE (1985) ont trouvé que la réduction de la digestibilité fécale azotée est variable suivant la source de fibres utilisée. En fait, les différences observées entre les régimes 2SB, Pu, CS, Pa, SB+Pu et SB+Pa pour ce paramètre sont difficiles à expliquer car la baisse de la digestibilité de l'azote peut être associée à l'augmentation des pertes azotées endogènes et microbiennes (régimes Pa et Pu) et/ou à une moindre disponibilité des protéines de ces différentes sources de parois végétales (régimes 2SB et CS). Les digestibilités apparentes iléales de la fraction azotée de ces différents régimes sont similaires, excepté pour le régime Pa où la paille semblerait n'exercer qu'un effet de diluant.

### 3.2. Utilisation digestive des constituants pariétaux des régimes expérimentaux

L'augmentation du taux de son de blé dans les régimes entraîne une diminution de la digestibilité des parois végétales apportées par le son de blé. Les digestibilités des PNA totaux (solubles et insolubles) reflètent mieux ce phénomène que celles des paramètres (insolubles) Van Soest. Un effet curvilinéaire dans la décroissance des digestibilités totales des paramètres fibreux est donc observable. La diminution de la digestibilité de l'ADF sans variation de la digestibilité de la

cellulose (ADF-ADL) entre les régimes B, SB et 2SB suggère que la lignine est un des facteurs intervenant dans le processus de dégradation des fibres. De plus, comme l'énergie digestible ingérée était identique pour l'ensemble des régimes, les porcs nourris avec le régime 2SB ont reçu des rations journalières plus importantes d'où un transit digestif probablement accéléré et, consécutivement, un taux de fermentation et de dégradation des parois végétales plus faible.

En accord avec les données de GRAHAM et al (1986) et LONGLAND et LOW (1989), les digestibilités fécales des PNA des régimes Pu et CS sont plus élevées que celles des régimes 2SB et Pa. Ces différences ne peuvent pas être expliquées par la quantité plus importante de PNA solubles dans les régimes Pu et CS car le calcul des digestibilités des PNA insolubles, en supposant une digestion complète des PNA solubles, ne les réduit que faiblement. La composition physico-chimique des parois végétales apportent quelques réponses à ces différences de digestibilité entre les régimes ou les matières premières. Ainsi, les pulpes de betterave et les coques de soja contiennent des quantités importantes de substances pectiques (ROUAU, 1987) qui sont très digestibles (DROCHNER, 1984; GRAHAM et al, 1986) alors que les céréales sont pauvres en pectines (BRILLOUET et MERCIER, 1981). De plus, la lignine est liée de façon covalente à la cellulose (glucose) et aux hémicelluloses (xylose, acide glucuronique) (VAN SOEST et MAC QUEEN, 1973; VAN SOEST, 1985). Or, la lignine n'est apparemment pas dégradée par le porc (DROCHNER, 1984). Les faibles coefficients d'utilisation digestive du régime Pa peuvent donc découler de la teneur élevée en lignine de la paille (20% du résidu pariétal) (AGOSIN et al, 1986; THEANDER et AMAN, 1978) et des liaisons établies avec les autres composés pariétaux. Par contre, les hémicelluloses (xylose) du régime CS et la cellulose des régimes Pu et CS sont mieux dégradées que dans les autres régimes, la lignine étant un composant mineur des coques de soja et des pulpes de betterave (20 g/kg de matière sèche) (VAN SOEST, 1985). Malgré leur teneur identique en lignine, les digestibilités du glucose et, plus spécialement, du xylose des pulpes de betterave sont plus faibles que celles des coques de soja.

Les unités arabinose et acides uroniques sont les moins bien digérées du régime 2SB. Ceci serait dû à la structure hautement branchée des arabinoglucuronoxylanes du péricarpe externe des PNA du blé (BRILLOUET et MERCIER, 1981) et/ou à leurs liaisons avec d'autres polymères par l'intermédiaire d'acides phénoliques.

Lors de l'association de deux sources de parois végétales dans un même régime, aucun effet d'interaction sur la digestibilité totale apparente des constituants pariétaux n'a été mis en évidence. En effet, les constituants pariétaux apportés

majoritairement dans le régime par une ou l'autre des matières premières entraînent une digestibilité totale apparente de ceux-ci comparables à celle du régime contenant cette matière première seule. Ainsi, l'utilisation digestive de la cellulose et des acides uroniques du régime SB+Pu provenant en quantité plus importante des pulpes de betterave est semblable à celle du régime Pu alors que la fraction hémicellulosique (xylose) provenant essentiellement du son de blé est aussi digestible que celle du régime 2SB. De même, pour l'association du son de blé et de la paille de blé, le glucose est aussi digestible que celui du régime Pa alors que l'utilisation digestive du xylose qui provient en quantité équivalente du son de blé et de la paille est intermédiaire entre celle des régimes SB et Pa.

De nombreux auteurs (KASS et al, 1980; DROCHNER, 1984; GRAHAM et al, 1986; LAPLACE et al, 1989; NOLL J., communication personnelle) ont mis en évidence l'existence d'une dégradation non négligeable des parois végétales à la fin de l'intestin grêle chez le porc en croissance. Pour un même taux de PNA, les variations des rapports entre digestibilités iléale et totale du NDF montrent une fermentation variable des fibres suivant leur origine botanique au niveau du segment coecocolique. Ainsi, comme l'ont déjà observé GRAHAM et al (1986) et LAPLACE et al (1989), le NDF des coques de soja serait plus fermenté dans le gros intestin que celui des pulpes de betterave, lui-même plus fermenté que celui du son de blé. Toutefois, dans notre étude, les animaux ayant été opérés selon la technique d'anastomose termino-latérale, l'importance des dégradations associées au reflux éventuel des effluents iléaux dans le colon n'est pas maîtrisée (LAPLACE et al, 1985). Une telle réserve ne s'applique toutefois pas aux données de GRAHAM et al (1986), de LAPLACE et al (1989) et de NOLL (communication personnelle).

## CONCLUSION

Cette étude souligne la grande variabilité qui existe dans la digestibilité des constituants pariétaux de différentes sources végétales chez le porc en croissance. De plus, la présence des parois végétales semble modifier de façon non négligeable la digestion des autres éléments nutritifs du régime et/ou le «fonctionnement» du tube digestif (vitesse de transit, sécrétions endogènes,...). En dehors des aspects liés à la détermination de la valeur nutritionnelle des sources de parois végétales, il serait donc également important d'étudier les conséquences de leur présence sur la physiologie digestive du porc. Enfin, aux niveaux méthodologique et analytique, il est urgent de mettre en place des techniques physico-chimiques en complément des techniques purement chimiques actuellement disponibles afin de mieux caractériser le degré de dégradabilité des parois végétales chez le porc.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGOSIN, E., TOLLIER, M.T., BRILLOUET, J.M., THIVEND, P., ODIER, E. (1986). *Journal of Science of Food Agriculture* 37, 97-106.
- BARDON, T., FIORAMONTI J. (1983). *British Journal of Nutrition* 50, 685-690.
- BLAKENEY, A. B., HARRIS, P. J., HENRY, R. J., STONE, B. A. (1983). *Carbohydrate Research* 113, 291-299.
- BLUMENKRANTZ, N., ASBOE-HANSEN, G. (1973). *Analytical Biochemistry* 54(2), 484-489.
- BRILLOUET, J. M., MERCIER, C. (1981). *Journal of Science of Food Agriculture* 32, 243-251.
- CARRÉ, B., BRILLOUET, J.M. (1986). *Journal of Science of Food Agriculture* 37, 341-351.
- CARRÉ, B., BRILLOUET, J.M. (1989). *Journal of the Association of*

- Official Agricultural Chemists 72 , 463-467.
- CARRÉ, B., DEROUET, L., LECLERCQ, B (1990). Poultry Science. In press.
  - CHEEKE, E.T., STANGEL, D.E. (1973). Journal of Animal Science 37, 1142-1146.
  - CHERBUT, c., barry, j.l., wyers, m., delort-laval, j. (1988). Animal Feed Science and Technology 20, 327-333.
  - DROCHNER, W. (1984). Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde, Beihefte 14, pp 125.
  - EHLE, F.R., JERACI, J.L., ROBERSTON, J.B., VAN SOEST, P.J. (1982). Journal of Animal Science 55(5), 1071-1080.
  - FERNANDEZ, J.A., JORGENSEN, J.N. (1986). Livestock Production Science 15, 53-71.
  - FLEMING, S. E., WASILEWSKI, M. M. (1984). Nutrition Reports International 30(4), 825-834.
  - GIGER, S., POCHET, S. (1987). Bulletin technique du Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix 70, 49-60.
  - GORDON, A.H., LOMAX, J.A., CHESSON, A. (1983). Journal of Science of Food Agriculture 34, 1341-1350.
  - GRAHAM, H., HESSELMAN, K., AMAN, P. (1986). Journal of Nutrition 116, 242-251.
  - GREEN, S., BERTRAND, S.L., DURON, M.J.C., MAILLARD, R.A. (1987). Journal of Science of Food Agriculture 41, 29-43.
  - HARTLEY, R.D. (1972). Journal of Science Food of Agriculture 23(11), 1347-1354.
  - HENRY, Y. (1976). Proceedings, First International Symposium Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and Computerization of Diets, Utah State University, Logan, Utah, U.S.A..
  - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, (1984). L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles, I.N.R.A. éd., France, 282 p.
  - JOST, M., FEVRIER, C., STOLL, P., CHENUZ, M. (1982). Journées de la Recherche Porcine en France 14, 239-248.
  - KASS, M.L., VAN SOEST, P.J., POND, W.G., LEWIS, B., MC DOWELL, R.E. (1980). Journal of Animal Science 50, 175-191.
  - KATO, Y., NEVINS, D.J. (1985). Carbohydrate Research 137, 139-150.
  - LAPLACE, J.P., DARCY-VRILLON, B., PICARD, M. (1985). Journées de la Recherche Porcine en France 17, 353-370.
  - LAPLACE, J.P., DARCY-VRILLON, B., PEREZ, J.M., HENRY, Y., GIGER, S., SAUVANT, D. (1989). British Journal of Nutrition 61, 75-87.
  - LEE, P., CLOSE, W. H. (1987). Livestock Production Science 16, 395-405.
  - LONGLAND, A.C., LOW, A.G. (1989). Animal Feed Science and Technology 23, 67-78.
  - NOBLET, J., FORTUNE, H., DUBOIS, S., HENRY, Y. (1989). Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, énergie métabolisable et énergie nette des aliments pour le porc. I.N.R.A. éd., Paris, 106p.
  - RINAUDO, M., CHAMBAT, G. (1976). Revue des Corps Gras 23, 605-608.
  - ROUAU, X., BERTIN, C., THIBAUT J.-F. (1987). Food Hydrocolloids 1(5/6), 439-443.
  - SAS INSTITUTE INC. (1987). SAS User's Guide: Statistics, 1987 Ed., SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc., Cary, NC.
  - STANOGLIAS, G., PEARCE, G. R. (1985). British Journal of Nutrition 53, 513-530.
  - THEANDER, O., AMAN, P. (1978). Swedish Journal of Agricultural Research 8, 189-194.
  - VAN SOEST, P. J. (1963). Journal of the Association of Official Agricultural Chemists 46, 825-829.
  - VAN SOEST, P. J., WINE, R. H. (1967). Journal of the Association of Official Agricultural Chemists 50 (1), 50-55.
  - VAN SOEST, P.J. (1985). Recent Advances in Animal Nutrition, 55-70. VAN SOEST, P.J., MAC QUEEN, R.W. (1973). Proceedings of the Nutrition Society 32, 123-130.
  - VAREL, V.H., JUNG, H.G., POND, W.G. (1988). Journal of Animal Science 66, 707-712.
  - ZOÏPOULOS, P.E., TOPPS, J.H., ENGLISH, P.R. (1978). Proceedings of Nutrition Society 37, 78A.