

A 7/06

## VALEUR ENERGETIQUE DE PULPES DE BETTERAVES DESHYDRATEES ET UTILISATION PAR LE PORC EN CROISSANCE-FINITION

*J. CHAUVEL (1), J. VILLAIN-GUILLOT (2), D. BOURDON (3)*

*(1) Institut Technique du Porc*

*M.N.E. - 149, rue de Bercy, 75579 Paris Cedex 12*

*(2) Etablissement Départemental de l'Élevage de l'Oise  
3, rue du Palais de Justice, 60000 Beauvais*

*(3) I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs  
C.N.R.Z., 78350 Jouy-en-Josas*

### INTRODUCTION

Le développement de la technique de déshydratation et son application aux pulpes de betteraves permet l'obtention d'un produit stable, de conservation aisée, facilement stockable, dont la composition se rapproche d'un aliment concentré. En raison de son taux de cellulose élevé (20 %), son utilisation est le plus souvent limitée aux bovins. Cependant comme l'ont déjà signalé, (LEROY A.M. et al., 1952 ; O'DONOVAN et al., 1965 ; MARAMBIO et al., 1966) son incorporation dans les aliments pour porcs est possible à un taux limite assez mal défini de 15 à 25 % selon les auteurs.

En l'absence de références précises quant à l'utilisation pratique des pulpes de betteraves déshydratées chez le porc, et à la demande des utilisateurs nous avons réalisé deux expériences : l'une en digestibilité, en vue de préciser la valeur énergétique du produit, et l'autre en lots dans les conditions pratiques :

### A/ EXPERIENCE A :

- Mesure de la valeur énergétique des pulpes de betteraves déshydratées par la méthode de substitution.

#### 1 - Matériel et méthodes

12 porcs mâles castrés de race Large White sont placés en cage à métabolisme et à l'issue d'une période d'adaptation de 10 jours durant laquelle ils reçoivent le même régime, sont répartis en 3 lots de quatre porcs, à un poids vif moyen de 28,1 kg.

Les animaux du lot 1 reçoivent un régime témoin à base de maïs et de tourteau de soja renfermant 16,8 % de matières azotées. Dans les régimes des lots 2 et 3, 10 et 20 % de pulpes de betteraves déshydratées remplacent une fraction équivalente du mélange maïs - tourteau de soja.

Les régimes dont la composition est rapportée au tableau 1, sont distribués sous forme de pâté (2 parties d'eau pour une partie d'aliment), à raison de trois repas par jour. Le complément d'eau de boisson est fourni à volonté entre les repas.

Au cours d'une période de 17 jours, comportant une phase finale de collecte de 10 jours consécutifs, les animaux sont soumis à une alimentation égalisée (1.160 g de matière sèche/jour en moyenne).

Les techniques utilisées ont été décrites dans un travail antérieur (HENRY et RERAT, 1966).

(voir tableau 1, page suivante)

**TABLEAU 1**  
COMPOSITION DES REGIMES EXPERIMENTAUX (%)  
EXPERIENCE A

REGIME	PRE- EXPERIMENTAL	1 REGIME de BASE	2	3
Pulpes de betteraves déshydratées (%)	—	—	10	20
Maïs . . . . . (1)	63	77 97	69,1 87	61,1 77
Tourteau de soja 50 % . . . . . (2)	19	20	17,9	15,9
Pulpes de betteraves déshydratées . . . (3)	—	—	10	20
Son de blé . . . . .	15	—	—	—
Mélange minéral . . . . . (4)	3	3	3	3
Vitamines . . . . . (4)	+	+	+	+
TOTAL . . . . .	100	100	100	100
<b>RESULTATS D'ANALYSE (%)</b>				
Matière sèche . . . . .	88,27	88,37	88,55	89,15
Matières azotées . . . . .	19,32	19,02	17,02	15,69
Matières minérales . . . . .	6,30	5,80	6,23	6,53
Cellulose brute . . . . .	4,56	3,80	5,60	7,39
Energie brute Kcal./kg MS . . . . .	4.337	4.320	4.305	4.241

Mouture sur grille de 4 mm.

- (1) m. sèche % : 87,7 - composition % m. sèche : m. azotées, 10,8 ; m. minérales, 2,07 ; cell. brute 3,21 ; énergie brute, 4.675 Kcal/kg m. sèche.
- (2) m. sèche % : 87,8 - composition % m. sèche : m. azotées, 51,2 ; m. minérales, 7,06 ; cell. brute 6,28 ; énergie brute, 4.465 Kcal/kg m. sèche.
- (3) m. sèche % : 91,95 - composition % m. sèche : m. azotées, 10,66 ; m. minérales, 5,14 ; cell. brute 21,44 ; énergie brute, 4.244 Kcal/kg m. sèche.
- (4) HENRY et BOURDON (1973).

## 2 - Résultats

Les performances réalisées durant la période totale d'observation (17 jours) ne font apparaître aucune différence significative, pour tous les critères de croissance et de consommation, étant donné la brièveté de la période expérimentale et le faible nombre d'animaux utilisés.

**TABLEAU 2**  
RESULTATS MOYENS DE CROISSANCE ET DE CONSOMMATION  
EXPERIENCE A

Nombre d'animaux par lot : 4  
Durée : 17 jours  
Poids moyen initial : 28,1 kg ; Final : 36,7 kg  
Age moyen initial : 91 jours

LOT	1 R.B.	2 R.B. + 10 % pulpes	3 R.B. + 20 % pulpes	MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE $\bar{S} \bar{x} C > 1$
Matière sèche ingérée, g/j . . . . .	1.158	1.163	1.158	1.160	— —
Gain moyen g/j . . . . .	514	523	479	505	19,7 (7,8)
Indice de consommation (Kg m. sèche/Kg gain) . . . . .	2,27	2,22	2,48	2,33	0,10 (8,5)

Néanmoins, au taux d'incorporation de 20 % de pulpes de betteraves dans le régime on note une diminution de croissance de 7 % et un accroissement de 9 % de l'indice de consommation. Avec seulement 10 % de pulpes de betteraves (lot 2) les résultats obtenus sont identiques au régime témoin.

Les résultats moyens de digestibilité sont détaillés dans le tableau 3.

**TABEAU 3**  
RESULTATS MOYENS DE DIGESTIBILITE ET DE RETENTION AZOTEE  
EXPERIENCE A

Durée de la période de collecte : 10 jours.  
Poids moyen initial : 31,8 kg - Final : 36,7 kg.  
Consommation moyenne de matière sèche g/j : 1.165 g

LOT	1 R.B.	2 R.B. + 10 % pulpes	3 R.B. + 20 % pulpes	SIGNIFICATION STATISTIQUE $\bar{S} \times C > 1$
<b>UTILISATION DES MATIERES AZOTEES</b>				
- CUD <sub>a</sub> N	84,46 <sub>a</sub>	81,43 <sub>a</sub>	75,11 <sub>b</sub>	T X P L ** 1,16 (2,9) **
- CRN	56,93	60,22	62,82	1,72 (5,7) NS
- CUPN	48,06	49,04	47,16	1,08 (4,5) NS
- N retenu g/j	17,03	15,59	13,82	T X P L ** 0,37 (4,7) **
<b>UTILISATION DE L'ENERGIE</b>				
- CUD <sub>a</sub> m. sèche	85,45 <sub>a</sub>	83,75 <sub>ab</sub>	81,67 <sub>b</sub>	T X P L ** 0,41 (0,98) **
- CUD <sub>a</sub> m. organique	87,17 <sub>a</sub>	85,64 <sub>ab</sub>	83,73 <sub>b</sub>	T X P L ** 0,42 (0,98) **
- CUD <sub>a</sub> én.	85,19 <sub>a</sub>	83,61 <sub>ab</sub>	81,20 <sub>b</sub>	T X P L ** 0,50 (1,2) **
- CUD <sub>a</sub> cel. brute (WEENDE)	48,44 <sub>a</sub>	58,08 <sub>b</sub>	62,04 <sub>b</sub>	T X P L * 2,60 (9,2) *
<b>VALEUR ENERGETIQUE, Kcal/kg MATIERE SECHE</b>				
- énergie digestible (ED <sub>a</sub> )	3680 ± 18	3599 ± 7	3443 ± 37	
- énergie métabolique (EM <sub>a</sub> )	3602 ± 16	3511 ± 7	3364 ± 40	
- EM % ED	97,9	97,5	97,7	
- Teneur matière sèche fécès	35,24	33,05	23,68	

$\bar{S} \times$  Ecart type de la moyenne - Entre parenthèses coefficient de variation,

\*\* Différence entre traitements significative au seuil  $P < 0,01$

T X P L Effet linéaire du taux de pulpe - Significatif au seuil \*\*  $P < 0,01$   
\*  $P < 0,05$

L'incorporation de pulpes de betteraves déshydratées à taux croissant (0, 10 et 20 %) dans la ration entraîne une élévation du taux de cellulose brute, soit respectivement 3,80 - 5,80 et 7,39. Il s'en suit une diminution linéaire hautement significative des coefficients d'utilisation digestive apparents (CUD<sub>a</sub>) de la matière sèche, de la matière organique, de l'énergie ainsi que des matières azotées.

Par analogie avec des études antérieures (HENRY, 1969, 1971 - BOURDON et HENRY, 1974), réalisées avec d'autres sources de cellulose (son, farine de luzerne, gluten feed), il est possible de chiffrer l'effet dépressif, sur l'utilisation de l'énergie et des matières azotées, provoqué par l'introduction de pulpes de betteraves déshydratées à haute teneur en cellulose.

L'analyse de régression des coefficients d'utilisation digestive apparents, sur le pourcentage de pulpes de betteraves déshydratées ou le pourcentage de cellulose brute par rapport à la matière sèche conduit aux équations suivantes :

● *Pour l'énergie :*

- En fonction du taux de pulpes de betteraves déshydratées  
 $CUDE = 85,33 - 0,199 X ; r = - 0,993$
- En fonction du taux de cellulose brute  
 $CUDE = 89,55 - 1,111 X ; r = - 0,993$

● *Pour les matières azotées :*

- En fonction du taux de pulpes de betteraves déshydratées  
 $CUDN = 85,01 - 0,467 X ; r = - 0,980$
- En fonction du taux de cellulose brute  
 $CUDN = 94,90 - 2,603 X ; r = - 0,980$

Il est à remarquer que le taux de diminution du  $CUD_a$  de l'énergie, en fonction du pourcentage de cellulose, 1,11, dans le cas des pulpes de betteraves déshydratées, est nettement inférieur à ceux que nous avons trouvés antérieurement pour le son de blé et la farine de luzerne, 2,98 (HENRY, 1971) ou pour le gluten feed, 2,60 (BOURBON et HENRY, 1974).

Par contre, l'effet dépressif sur le  $CUD_a$  des matières azotées, en fonction du taux de pulpes de betteraves déshydratées est nettement plus élevé que dans le cas du son et de la farine de luzerne déshydratée, 0,47 contre 0,32 et 0,16 (HENRY, 1971). Dans nos conditions expérimentales, quand le taux de pulpes augmente dans le régime le taux azoté diminue. De ce fait, à l'effet dépressif propre de l'apport de cellulose s'ajoute un ingrédient azoté moindre, donc une fraction azotée fécale qui augmente relativement à l'azote ingéré quand le taux de pulpes de betteraves déshydratées s'accroît dans le régime.

Les coefficients d'utilisation digestive apparents de l'énergie diffèrent au seuil  $P < 0,01$  de ceux obtenus avec le régime témoin maïs - tourteau de soja, seulement au taux d'introduction de pulpes le plus élevé (20 %).

Par ailleurs, il est à noter que la cellulose des pulpes de betteraves déshydratées est d'une nature particulière, et nettement plus digestible que les sources de cellulose tégumentaires des céréales et du tourteau de soja. En effet le coefficient d'utilisation digestive apparent de la fraction cellulosique augmente linéairement 48,4 - 58,1 et 62,04 (effet significatif au seuil  $P < 0,05$ ) quand le taux de pulpes de betteraves introduites dans le régime passe de 0 à 10 et 20 %.

A partir des résultats de digestibilité des rations entières et en supposant l'absence d'interaction entre les différents composants de la ration, nous avons calculé la valeur énergétique des pulpes de betteraves déshydratées par régression, selon une méthodologie décrite précédemment (HENRY et BOURDON, 1973). Les valeurs ainsi trouvées pour le régime de base et les pulpes de betteraves déshydratées sont respectivement de 3416 et 2356 Kcal d'énergie digestible et de 3340 et 2279 Kcal d'énergie métabolisable par Kg de matière fraîche ( $r = 0,995$ ). Pour une teneur en matière sèche de 91,95 %, la valeur énergétique des pulpes de betteraves déshydratées peut ainsi être estimée à 2562 Kcal d'énergie digestible et 2478 Kcal d'énergie métabolisable apparente par Kg de matière sèche. Pour une valeur de 4244 Kcal d'énergie brute par Kg de matière sèche, le coefficient d'utilisation digestive de l'énergie (CUDE) des pulpes de betteraves déshydratées est ainsi estimé à 60,37 %.

## B/ EXPERIENCE B :

- Utilisation des pulpes de betteraves déshydratées par le porc en croissance-finition en association avec le maïs et le tourteau de soja.

### 1 - Matériel et méthodes

L'essai s'est déroulé de février à juin 1974 dans l'Élevage de M. VINCENT.

Après avoir été soumis à un régime préexpérimental à partir de 26 Kg de poids vif moyen, 30 porcelets croisés Large White x Landrace, nés dans l'élevage, sont répartis en 3 lots de 10 animaux, à raison de 5 mâles castrés et 5 femelles par traitement.

Dans les 3 lots, les animaux reçoivent les régimes suivants (à base de maïs et de tourteau de soja 44 % avec ou sans pulpes de betteraves déshydratées) :

- lot 1 : témoin - maïs-tourteau de soja 44 %
- lot 2 : régime où 10 % de maïs sont remplacés par 10 % de pulpes de betteraves déshydratées
- lot 3 : régime où 20 % de maïs sont remplacés par 20 % de pulpes de betteraves déshydratées.

Les régimes dont la composition est rapportée dans le tableau 4, sont distribués sous forme de granulés, à raison de 2 repas par jour suivant un plan de rationnement (tableau 5) variable selon l'estimation de la valeur énergétique des régimes. Les régimes de croissance (17,5 % de protéines brutes) sont remplacés par les régimes finition (15,1 % de protéines brutes) à 55 kg de poids vif. Les animaux sont nourris collectivement par groupe de 10 (5 mâles castrés et 5 femelles). Ils sont élevés en loge bétonnée munie de caillebotis sur fosse à lisier et disposent d'eau à volonté.

**TABLEAU 4**  
COMPOSITION DES REGIMES (%)  
EXPERIENCE B

LOT	1 TEMOIN		2 PULPES		3 PULPES	
	-		10		20	
STADE	CROISSANCE	FINITION	CROISSANCE	FINITION	CROISSANCE	FINITION
Pulpes (%)	-		10		20	
Mais	74	80	64	70	54	60
Tourteau de soja 44 %	23	17	23	17	23	17
Pulpes	-	-	10	10	20	20
C.M.V.	3	3	3	3	3	3
TOTAL	100	100	100	100	100	100
<b>RESULTATS D'ANALYSE</b> (% matière fraîche)						
Matière sèche	85,7	87,9	86,0	87,9	85,4	88,6
Matières azotées	17,4	15,5	17,4	14,9	17,8	15,0
Matières minérales	4,4	4,0	4,9	4,5	4,8	5,3
Cellulose brute	2,8	2,6	3,8	3,7	5,5	4,8

Pour l'établissement des formules alimentaires et du plan de rationnement les valeurs estimées suivantes ont été retenues :

MATIERE PREMIERE	MAIS	PULPES	T. SOJA
E.D. Kcal/kg matière fraîche	3.487	2.860	3.476
Cellulose brute (%)	2	19	6

Les animaux sont pesés individuellement en début et en fin d'essai, et collectivement en fin de période de croissance. Ils sont abattus au poids vif moyen de 97,6 kg et une demi-carcasse par animal est découpée selon la technique parisienne.

## 2/ Résultats

L'interprétation statistique a été réalisée seulement sur les critères mesurés individuellement (poids vif, gain moyen quotidien, et critères de composition corporelle).

### a) Croissance et consommation (tableaux 5 et 6)

Le plan de rationnement décrit dans le tableau 5, a entraîné une consommation supérieure dans les lots 2 et 3 de respectivement 3 et 8 % par rapport au lot témoin.

Globalement le lot 2 (10 % de pulpes) a une croissance identique au lot témoin, par contre une détérioration de 5 % est à noter avec le lot 3 (20 % de pulpes) sans atteindre toutefois le seuil de signification étant donné le faible nombre d'animaux comparés. Du fait des consommations supérieures dans les lots avec pulpes, les indices de consommation augmentent de 4 % dans le lot 2 et de 14 % dans le lot 3.

TABLEAU 5  
EVOLUTION DES CONSOMMATIONS (Kg/j)

N° DE LA SEMAINE	1	2	3	4	5	6	7	8 et +
LOT 1	1,60	1,75	1,89	1,90	2,06	2,16	2,20	2,30
LOT 2	1,60	1,80	1,93	2,00	2,13	2,13	2,28	2,38
LOT 3	1,60	1,84	2,00	2,10	2,27	2,28	2,44	2,54

TABLEAU 6  
RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE, CONSOMMATION ET DE COMPOSITION CORPORELLE  
EXPERIENCE B

LOT	1 TEMOIN	PULPES	
		2	3
PULPES ( % )	—	10	20
Poids moyen début (kg)	26,0	25,2	24,3
Poids moyen final (kg)	98,3	98,9	95,7
Durée jours	112	112	115
<b>Croissance consommation :</b>			
Gain moyen journalier (g)	648	645	616
Consommation/j (kg)	2,12	2,19	2,29
Indice de consommation Kg aliment/Kg gain	3,27	3,39	3,72
<b>Composition corporelle</b>			
Rendement ( % ) *	80,2	79,4	77,5
Rapport Longe/Bardière	3,14	2,58	3,22
Epaisseur de lard $\frac{R + D}{2}$ mm	27,1	25,6	22,0

\* Poids de carcasse chaude avec tête/Poids vif avant abattage x 100.

Il faut remarquer que les mâles castrés ont une croissance supérieure à celle des femelles dans les lots témoin et 2 (de + 10 %), alors que c'est l'inverse avec 20 % de pulpes (4 % à l'avantage des femelles). Il n'y a aucune différence de croissance sur les lots femelles alors que chez les mâles castrés le lot 3 a une croissance diminuée de 8 % par rapport aux autres lots. L'introduction de 20 % de pulpes dans le régime avec le rationnement appliqué correspond à une restriction énergétique à laquelle les mâles castrés sont plus sensibles que les femelles.

*b) Composition corporelle (tableau 6)*

D'une manière générale, l'incorporation de pulpes de betteraves dans la ration améliore significativement la qualité des carcasses si l'on considère le rapport longe/bardière. Cette influence est d'autant plus importante d'une part chez les femelles au taux de 10 % de pulpes et d'autre part chez les mâles au taux de 20 %. En effet à 10 % de pulpes le rapport longe/bardière passe de 2,49 à 3,14 chez les femelles et l'épaisseur de lard diminue de 24,9 à 21,5 mm, puis changent peu à 20 % de pulpes, alors que les modifications ne sont sensibles chez le mâle castré qu'à partir du taux le plus élevé de pulpes, (le rapport longe/bardière augmente de 2,39 à 2,99 et l'épaisseur de lard diminue de 29,3 à 22,3 mm). Au taux de 20 % le rendement de carcasse diminue sensiblement 77,5 % contre 80,2 % avec le régime témoin.

Ces différences de composition corporelle sont illustrées par les résultats de classement commercial (tableau 7) où les femelles ont un classement identique dans les lots 2 et 3, alors que les mâles du lot 3 sont les mieux classés.

**TABLEAU 7**  
CLASSEMENT COMMERCIAL (EFFECTIF)

LOTS		1	2	3
<b>CLASSE I</b>	: Femelles . . . . .	1	3	3
	Mâles castrés . . . . .	1	—	3
	Total . . . . .	2	3	6
<b>CLASSE II</b>	: Femelles . . . . .	2	2	1
	Mâles castrés . . . . .	2	1	1
	Total . . . . .	4	3	2
<b>CLASSE III</b>	: Femelles . . . . .	2	—	—
	Mâles castrés . . . . .	2	3	1
	Total . . . . .	4	3	1

## CONCLUSION

Peu d'expériences ont été réalisées en vue de la détermination de la valeur énergétique des pulpes de betteraves déshydratées. Dans nos conditions expérimentales, nous avons pu l'estimer à 2.562 Kcal d'énergie digestible et 2.478 Kcal d'énergie métabolisable par Kg de matière sèche correspondant à un coefficient d'utilisation digestive de l'énergie (CUDE) de 60,37 %.

L'essai en lots nous permet de conclure à une bonne utilisation des pulpes de betteraves déshydratées malgré leur faible teneur en matières azotées (10,66 % de la matière sèche) et une teneur importante en cellulose (20 % de la matière sèche) en association avec une céréale très énergétique (en l'occurrence le maïs).

Néanmoins en accord avec les résultats d'O'DONOVAN et al., 1965, et MARAMBIO et al., 1966, on enregistre une diminution sensible du gain moyen journalier et une détérioration parallèle de l'indice de consommation quand le taux de pulpes déshydratées augmente, et qui s'avère importante (14 %) au taux de 20 %.

Cet effet négatif est en partie compensé par l'amélioration de la composition corporelle.

Par ailleurs, compte tenu de la diminution de la teneur en matière sèche des fécès, 35,24 - 33,05 et surtout 25,68 % pour les régimes à 0, 10 et 20 % de pulpes, il est permis de fixer pratiquement 20 % comme taux maximal d'introduction afin d'éviter les risques de diarrhée.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions M. VINCENT, éleveur à Sains Morainvillers (Oise), chez qui l'expérience B a été réalisée.

## BIBLIOGRAPHIE

- BOURDON D., HENRY Y., 1974 – Valeur alimentaire du "gluten-feed" pour le porc en croissance-finition. Journées Rech. Porcine en France, 159-174, I.N.R.A. - I.T.P., éd. Paris.
- HENRY Y., 1971 - Essai de prévision de la valeur en énergie digestible des aliments pour le porc, à partir de leurs teneurs en constituants membranaires. Journées Rech. Porcine en France, 57-64, I.N.R.A. - I.T.P., éd. Paris.
- HENRY Y., BOURDON D., 1973 - Utilisation digestive de l'énergie et des matières azotées de la féverole sous forme entière et décortiquée, en comparaison avec le tourteau de soja. Journées Rech. Porcine en France, 105-114, I.N.R.A. - I.T.P., éd., Paris.
- HENRY Y., GAYE A., 1969 - Observations préliminaires sur la détermination de la valeur énergétique des régimes à base de céréales chez le porc. Journées Rech. Porcine en France, 83-89, I.N.R.A.-I.T.P., éd. Paris.
- HENRY Y., RERAT A., 1966 - Utilisation des pommes de terre déshydratées et fraîches dans l'alimentation du porc en croissance, en comparaison avec l'orge. Ann. Zootech., 15, 231-251.
- LEROY A.M., LERY G., ZELTER Z., 1952 - Contribution à l'étude de l'utilisation digestive des pulpes de betteraves desséchées par les porcs et les ruminants. Ann. Zootech., 1, 1952, 29-49.
- MARAMBIO J., et SECULUEDA R., 1966 - Coseta seca de remolacha en enzorda de cerdos. Nutrición; Bromatol., Toxicol., 5, 7-13.
- O. DONOVAN P.B. and CURRAN S., 1965 - Dried beet pulp in pig fattening rations. Irish J. Agric. Res., 4 179-187.