

VALEUR ALIMENTAIRE DU "GLUTEN FEED" POUR LE PORC EN CROISSANCE-FINITION

*D. BOURDON et Y. HENRY **

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

En raison de la faible valeur biologique de ses protéines, déficientes en lysine et tryptophane, et de sa teneur relativement élevée en cellulose (7 à 10 p. 100), le "GLUTEN FEED" (1), sous-produit de l'extraction de l'amidon de maïs, est généralement utilisé comme seul supplément protéique dans les aliments pour bovins (vaches laitières, bovins à l'engrais). Son emploi dans l'alimentation du porc est nettement plus controversé et même parfois déconseillé, compte tenu de la qualité médiocre de ses protéines. Son utilisation maximale dans les rations est généralement évaluée à 10-15 p. 100. Certains auteurs par contre (GUILIANI, PICCIONI, 1965 ; YEN et al., 1971) estiment que le Gluten Feed peut être introduit à raison de 30 à 50 p. 100 dans les régimes pour porcs, en remplacement partiel du maïs et du tourteau de soja.

Afin de mieux connaître les possibilités d'utilisation de ce sous-produit dans l'alimentation du porc, une étude a été réalisée sur des porcs en croissance-finition. Elle avait pour but de préciser :

- Les taux limite et optimum d'incorporation du "Gluten-Feed" seul et sa valeur de remplacement vis-à-vis du tourteau de soja.
- La valeur de l'association "Gluten-Feed - Gluten de Maïs" (2) en remplacement du tourteau de soja, pour une même teneur en matières azotées (44 p. 100).
- La valeur énergétique du "Gluten Feed" pour le porc en croissance au cours d'un essai de digestibilité.

MATERIEL ET METHODES

L'étude a porté sur quatre expériences dont les modalités sont résumées dans le tableau 1.

(1) L'appellation commerciale du Gluten Feed, produit par la Société des Produits du Maïs, est "GLUTAGLOBE"

(2) L'appellation commerciale du gluten de Maïs, à 60 p.100 de matières azotées, produit par la Société des Produits du Maïs, est Prairie Gold "GLOBAZOTE".

* Avec la collaboration technique de B. DABIEL, G. CONSEIL, J.P. HAUTDUCŒUR, Jeanine JUNG, Michèle SEREZAT et P. VAISSADE.

TABLEAU 1
MODALITES EXPERIMENTALES

EXPERIENCE	I	II	III	IV
TYPE D'EXPERIENCE	EN LOTS			
BUT	Détermination du taux limite d'incorporation du "Gluten Feed" entre 0 et 45 p. 100 dans des régimes à base de Maïs. Remplacement partiel du tourteau de soja par le "Gluten Feed" avec ou sans addition de lysine sous forme libre.	Détermination du taux optimum d'incorporation du "Gluten Feed" entre 0 et 30 p. 100 dans des régimes à base de Maïs. Remplacement partiel du tourteau de soja par le "Gluten Feed" additionné de lysine seule ou de lysine + tryptophane.	Détermination de la valeur d'une combinaison de 40 p. 100 de "Gluten Feed" et de 60 p. 100 de Gluten de Maïs en remplacement du tourteau de soja dans les régimes à base de Maïs.	Détermination de la valeur énergétique du Gluten Feed chez le porc
Nombre de lots	7	7	8	4
Nombre total d'animaux	84	70	96	16
RACE	LARGE-WHITE 42 mâles castrés 42 femelles	LARGE-WHITE 35 mâles castrés 35 femelles	LARGE-WHITE 48 mâles castrés 48 femelles	LARGE-WHITE 16 mâles castrés
Période expérimentale	25/90 kg	30/90 kg	30/100 kg	32/49 kg 37/56 kg
Conditions d'hébergement	Loges collectives sur soi nu en béton			
Alimentation	Individuelle semi ad libitum 2 repas longs/jour	Collective, rationnée selon le sexe		Alimentation égalisée "paired-Feeding" 3 repas/jour
Mode de présentation du régime	FARINE	GRANULES	GRANULES	FARINE

● **EXPERIENCE I : Détermination du taux limite d'incorporation du Gluten-Feed dans un régime Maïs-tourteau de soja chez le porc en croissance-finition entre 25 et 90 kg de poids vif.**

L'essai est réalisé à l'aide de régimes à base de Maïs et de tourteau de soja renfermant le même taux de matières azotées (16 p. 100 en croissance, 13 p. 100 en finition) et des taux croissants de Gluten Feed (0,15, 30 et 45 p. 100) ; on procède à une supplémentation en lysine sous forme libre pour réajuster le taux de lysine totale dans la ration à 0,80 p. 100 en croissance et 0,65 p. 100 en finition.

10/ **Schéma expérimental** est le suivant :

LOT

1	.....	Régime témoin Maïs - T. Soja 15 p. 100 de Son
2	.....	Maïs T. Soja + 15 p. 100 de Gluten Feed
3	.....	Régime 2 + 0,10 de L. Lysine
4	.....	Maïs T. Soja + 30 p. 100 de Gluten Feed
5	.....	Régime 4 + 0,20 de L. Lysine
6	.....	Maïs T. Soja + 45 p. 100 de Gluten Feed
7	.....	Régime 6 + 0,30 de L. Lysine

La composition des régimes est détaillée dans le tableau 2.

TABLEAU 2

EXPERIENCE 1

COMPOSITION DES REGIMES p. 100 — C Période de croissance (25/60 Kg)
F Période de finition (60/90 Kg)

REGIMES	Préex.	1		2 et 3		4 et 5		6 et 7	
Gluten Feed p. 100	—	—	—	15		30		45	
L. Lysine sup. p. 100	—	—	—	— 0,10		— 0,20		— 0,30	
Type d'aliment		C	F	C	F	C	F	C	F
- Maïs (1)	63	63	71,5	65	74,5	54	63,5	43	52,5
- T. Soja 44	19	19	11	17	8	13	4	9	—
- Gluten Feed	—	—	—	15	15	30	30	45	45
- Son de Blé	15	15	15	—	—	—	—	—	—
- Mélange minéral (2) et vitaminique (3)	3	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5
Matières azotées p. 100 frais									
Teneur estimée	16	16	13	16	13	16	13	16	13

- (1) Céréale broyée sur grille de 4 mm. Régimes présentés sous forme de farine. Maïs composition % : m. sèche, 89,8 ; m. azotées, 10,4.
 (2) Composition en % du régime Phosphate bicalcique, 1,3 en croissance, 0,8 en finition ; craie broyée, 1,1 ; sel marin, 0,5 ; mélange oligoéléments, 0,1 (HENRY et BOURDON, 1971).
 (3) HENRY et BOURDON (1971). La lysine est ajoutée au mélange vitaminique dans un prémélange à base de Maïs 4 kg csp.

20/ **Résultats :**

a) *Croissance et consommation* (tableau 3) :

● **Influence de l'introduction de taux croissants de Gluten Feed :** Par rapport au régime témoin, l'introduction de Gluten Feed à taux croissant (15 à 45 p. 100) entraîne une diminution linéaire du gain moyen

journalier, parallèlement à une légère dépression du niveau de consommation. Corrélativement, l'indice de consommation est augmenté aussi bien en période de croissance qu'en période de finition.

Nous remarquons cependant qu'au taux de 15 p. 100 de Gluten Feed, l'écart de croissance entre 25 et 60 kg de poids vif est assez faible, alors qu'il est plus accentué en finition.

● **Influence de la supplémentation en lysine :** La supplémentation en lysine au taux de 0,10 p. 100 est surtout bénéfique en présence de 15 p. 100 de Gluten Feed. Elle permet dans ce cas l'obtention de performances comparables à celles du témoin. Si elle se révèle encore efficace au taux de 0,20 p. 100 avec 30 p. 100 de Gluten Feed, elle ne l'est plus lorsque ce dernier est introduit à raison de 45 p. 100, ce qui laisse supposer l'existence d'un autre acide aminé limitant, peut-être le tryptophane.

TABLEAU 3
EXPERIENCE 1
RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE-CONSOMMATION

	Poids moyen (kg)	Age moyen (j)
- début expérience	24,3	88
- fin croissance	60,5	183
- fin expérience	91,9	241

	GLUTEN FEED p. 100				SEXE		SIGNIFICATION STATISTIQUE $S\bar{x}$ (1)
	Lysine supp.	0	15	30	45	MC F	
Période de croissance 25/60 kg Gain moyen journalier g.	-	418 _{AB}	401 _{AB}	368 _B	369 _B		
	+		447 _A	401 _B	338 _B	395 389	16,7 (14,7)**
Consommation aliment frais Kg/j	-	1,48	1,39	1,42	1,45		
	+		1,43	1,40	1,24	1,41 1,39	0,04 (10,9)
Indice de consommation Kg aliment frais/Kg gain	-	3,54 _{ABC}	3,49 _{BC}	3,88 _{AB}	3,99 _A		
	+		3,20 _C	3,49 _{BC}	3,69 _{AB}	3,59 3,64	0,10 (9,5) **
Période finition 60/90 kg Gain moyen journalier, g.	-	651 _A	563 _{AB}	535 _{AB}	452 _B		
	+		620 _A	560 _{AB}	339 _C	561 501	26,9 (17,5)**
Consommation aliment frais Kg/j	-	2,37 _a	2,32 _a	2,43 _a	2,39 _a		
	+		2,29 _{ab}	2,34 _a	2,12 _b	2,43 2,21	0,06 (9,8) *
Indice de consommation Kg aliment frais/Kg gain	-	3,68 _A	4,17 _{AB}	4,65 _B	5,39 _C		
	+		3,71 _A	4,26 _{AB}	6,48 _D	4,55 4,69	0,17 (12,9)**
Période totale 25/90 kg Gain moyen journalier, g.	-	498 _A	462 _{AB}	426 _B	399 _B		
	+		510 _A	459 _{AB}	337 _C	456 427	14,7 (11,5) **
Consommation aliment frais Kg/j	-	1,78	1,74	1,80	1,83		
	+		1,74	1,77	1,70	1,82 1,71	0,04 (7,8)
Indice de consommation Kg aliment frais/Kg gain	-	3,59 _{EF}	3,79 _E	4,25 _C	4,64 _B		
	+		3,43 _F	3,86 _{DE}	5,05 _A	4,07 4,09	0,08 (6,8) **

- (1) $S\bar{x}$: Ecart-type de la moyenne entre parenthèses coefficient de variation.
** différence entre traitements significative au seuil $P \leq 0,01$
* différence entre traitements significative au seuil $P \leq 0,05$

Les valeurs ayant un indice des lettres différentes, diffèrent significativement.
Lettres majuscules seuil $P \leq 0,01$
Lettres minuscules $P \leq 0,05$.

b) Composition corporelle :

TABLEAU 4

EXPERIENCE I
RESULTATS DE COMPOSITION CORPORELLEPoids vif moyen à l'abattage 91,9 kg
Age moyen à l'abattage 241 jours

	GLUTEN FEED p. 100				SEXE		SIGNIFICATION STATISTIQUE S \bar{x} (1)	
	Lysine supp.	0	15	30	45	MC		F
Rendement poids net p. 100 poids vif	- +	72,6 72,3	73,5 72,3	72,1 71,6	71,7 71,5	72,2	72,2	0,45 (2,1)
Jambon + Longe p. 100 du poids net	- +	52,7 51,3	50,7 51,3	51,2 51,3	50,4 52,1	* *	50,5 52,3	0,59 (4,0)
Bardière + Panne p. 100 du poids net	- +	17,7 18,6	19,5 18,6	18,6 19,1	18,9 16,9	* *	19,6 17,3	0,60 (11,2)
Epaisseur de lard Rein + dos mm 2	- +	25,2 25,0	27,0 25,0	26,3 26,5	23,5 23,6	26,6	24,0	1,16 (15,9)

L'élévation du taux d'introduction de Gluten Feed entraîne une diminution du rendement des carcasses, qui est due essentiellement à une augmentation du poids des contenus et du tractus digestif, elle-même induite par l'augmentation du taux de cellulose de la ration.

La supplémentation en lysine se révèle avoir le même effet mais pour une cause différente : obtention de carcasses plus maigres, diminution de l'épaisseur de lard dorsal et de la proportion de morceaux gras (bardière + panne), parallèlement à une augmentation de la proportion de morceaux nobles (jambon et longe). Par rapport aux témoins, les animaux soumis aux régimes additionnés de Gluten Feed fournissent des carcasses plus grasses. Ce phénomène s'explique avant tout par un équilibre moins favorable en acides aminés indispensables.

• **Niveau global des performances** : la faiblesse des performances enregistrées, même avec le régime témoin, s'explique non seulement par le contexte sanitaire (atteinte de pneumonie en cours d'expérience) mais également comme l'ont déjà signalé (YEN et al.) par le niveau de consommation très bas enregistré avec les régimes additionnés de Gluten Feed, présentés en farine.

EN RESUME, les résultats de cette expérience permettent de situer le taux optimum de Gluten Feed à 15 p. 100 avec une supplémentation de 0,10 p. 100 de Lysine ; en tout état de cause le taux limite d'introduction ne saurait dépasser 30 p. 100.

• **EXPERIENCE II : Introduction du Gluten Feed dans des rations équilibrées en lysine.**

Une deuxième expérience a été réalisée sur 7 lots de 10 animaux (5 mâles castrés et 5 femelles), dans le but :

- 1^o/ de déterminer le taux optimum d'incorporation de Gluten Feed (entre 0 et 30 p. 100) dans des régimes à base de Maïs et de tourteau de soja, renfermant la même teneur en lysine (0,80 P. 100) et des taux croissants de matières azotées, dont il convenait d'étudier les effets sur les performances de croissance et les caractéristiques de composition corporelle : lots 1 à 4.
- 2^o/ de comparer deux régimes renfermant le même taux de matières azotées (18 p. 100), mais qui diffèrent par la nature du complément azoté : t. soja seul (lot 5, T. soja + Gluten Feed (lot 3).

30/ de contrôler l'efficacité d'une supplémentation d'un régime à base de Gluten Feed et normalement pourvu en matières azotées (16 p. 100) par la lysine sous forme libre (lot 6) et la présence éventuelle d'un acide aminé limitant secondaire : le tryptophane (lot 7).

10/ Schéma expérimental :

LOT

1	.....	Régime Maïs T. Soja à 16 p. 100 de matières azotées et 0,8 p. 100 de lysine
2	.....	Régime Maïs T. Soja + 10 p. 100 de Gluten Feed et 0,8 p. 100 lysine
3	.....	Régime Maïs T. Soja + 20 p. 100 Gluten Feed et 0,8 p. 100 lysine
4	.....	Régime Maïs T. Soja + 30 p. 100 Gluten Feed et 0,8 p. 100 lysine
5	.....	Régime Maïs T. Soja à 18 p. 100 de Matières azotées
6	.....	Régime Maïs à taux réduit de T. de soja + 20 p. 100 de Gluten Feed à 16 p.100 de matières azotées + 0,14 p. 100 de lysine et à 0,80 p. 100 de lysine.
7	.....	Régime 6 + 0,03 p. 100 de Tryptophane.

La composition des régimes est donnée dans le tableau 5.

TABLEAU 5
EXPERIENCE II
COMPOSITION DES REGIMES (p. 100)

	Pré- expérimental	1	2	3	4	5	6	7
Gluten Feed p. 100 . . .	—	—	10	20	30	—	20	20
L. Lysine supp. p. 100 . . .	—	—	—	—	—	—	0,14	0,14
L. Tryptophane p. 100 produit pur	—	—	—	—	—	—	—	0,03
Maïs (1)	68	67	67	57,5	48	63	62	62
T. Soja 44 p. 100	19	20	20	19,5	19	24	15	15
Gluten Feed	—	—	10	20	30	—	20	20
Son de blé grossier	10	10	—	—	—	10	—	—
Mélange minéral (2)	3	3	3	3	3	3	3	3
Mélange vitaminique (2)	+	+	+	+	+	+	+	+
Résultats d'analyse p. 100 poids frais								
Matière sèche	—	83,6	83,7	83,9	84,5	83,2	84,3	84,0
Matières azotées	—	15,9	16,5	17,2	18,5	17,6	16,1	15,9
Cellulose brute	—	4,4	4,5	4,1	4,4	3,2	4,6	4,1

(1) Céréales broyées sur grille de 4 mm. Régimes présentés sous forme de granulés 5 mm.
Composition % : M. Sèche, 87,09 ; M. Azotées, 10,45 ;

HENRY et BOURDON, (1971). La lysine et le tryptophane sont introduits dans le prémélange vitaminique à base de maïs.

20/ Résultats :

a) Croissance et consommation (tableau 6).

● **Influence du taux d'incorporation de Gluten Feed entre 0 et 30 p. 100 (lots 1 à 4) :** Pour une ingestion d'aliment égale on note à 20 et 30 p. 100 de Gluten Feed dans la ration une diminution du gain moyen journalier, accompagnée d'une augmentation de l'indice de consommation, soit respectivement 3,2 - 3,4 et 3,7 à 10 - 20 et 30 p. 100 de Gluten Feed entre 30 et 60 kg de poids vif. La même évolution des performances se retrouve en finition, entre 60 et 90 kg, ainsi que sur la période totale d'engraissement. Par ailleurs, si l'introduction de 10 p. 100 du Gluten Feed dans le régime, en remplacement du son, améliore légèrement les performances durant la période de croissance, elle conduit à des résultats équivalents à ceux réalisés avec le régime témoin pendant la période totale d'engraissement.

TABEAU 6
EXPERIENCE II
RESULTATS DE CROISSANCE-CONSOMMATION

	Poids moyen (kg)	Age moyen (j.)
Début expérience	31,7	101
Fin période de croissance	61,0	158
Fin d'expérience	93,0	202

LOT OU REGIME	1	2	3	4	5	6	7	MOYENNE		SIGNIFICATION STATISTIQUE S \bar{x} (1)
	MC		F							
Gluten Feed p. 100	—	10	20	30	—	20	20			
T. Soja à p. 100	20	20	19,5	19	24	15	15			
Lysine	—	—	—	—	—	+	+			
Tryptophane	—	—	—	—	—	—	+			
Période de croissance 30/60 kg										
Gain moyen journalier en g.	523	554	519	476	532	539	536	512 539	22,9 (13,7)	
Consommation aliment frais kg/j	1,75	1,77	1,76	1,76	1,75	1,76	1,76	1,74 1,78	0,04 (8,1)	
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	3,38	3,21	3,41	3,74	3,37	3,33	3,33	3,45 3,33	0,13 (12,1)	
Période de finition 60/90 kg										
Gain moyen journalier en g.	766 _{ab}	723 _{ab}	680 _b	676 _b	679 _b	804 _a	721 _{ab}	728 714	28,3 (12,4)*	
Consommation aliment frais kg/j	2,62	2,54	2,44	2,61	2,39	2,66	2,46	**	2,65 2,41	0,07 (9,0)
Indice de Consommation kg aliment frais/kg gain	3,45	3,60	3,60	3,91	3,54	3,30	3,43	*	3,69 3,40	0,15 (13,3)
Période totale 30/90 kg										
Gain moyen journalier en g.	620 _{ab}	621 _{ab}	587 _{ab}	564 _b	617 _{ab}	646 _a	614 _{ab}	606 614	16,6 (8,6) *	
Consommation aliment frais kg/j	2,10	2,10	2,06	2,14	2,08	2,13	2,06	2,14 2,06	0,04 (6,6)	
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	3,41 _A	3,39 _A	3,51 _{AB}	3,82 _B	3,38 _A	3,31 _A	3,37 _A	*	3,54 3,36	0,09 (8,5)**

(1) S \bar{x} : Ecart-type de la moyenne - Entre parenthèses coefficient de variation.

● **Influence d'une supplémentation en acides aminés.**

Lysine : A taux identique de Gluten Feed (20 p. 100), dans les lots 3 et 6, l'apport de lysine industrielle, malgré une diminution du taux de protéines de 1 point (16,1 dans le lot 6 contre 17,2 dans le lot 3), permet l'obtention de performances égales. Comparé au lot témoin I. Maïs-tourteau de soja - son, le lot 6 à 20 p. 100 de Gluten Feed supplémentation en lysine, compte tenu de l'identité des performances obtenues, conduit à la relation d'équivalence suivante :

$$\begin{array}{l} 20 \text{ points de Gluten Feed }) \\ + 0,14 \text{ p. 100 de lysine }) \end{array} = 5 \text{ points de T. de soja} + 5 \text{ points de Maïs} + 10 \text{ points de son.}$$

Tryptophane. De la comparaison des lots 6 et 7, il ressort qu'au taux d'introduction de 20 p. 100 de Gluten Feed l'apport de 0,03 p. 100 de tryptophane est sans effet améliorateur.

● **Influence du taux azoté :** La comparaison des résultats obtenus dans le lot témoin 1 à 15,9 p. 100 de matières azotées et dans le lot 5 à 17,6 p. 100 de matières azotées, ne fait apparaître aucune différence.

b) Composition corporelle :

TABLEAU 7

RESULTATS DE COMPOSITION CORPORELLE

Poids vif moyen à l'abattage 93,0 kg

Age moyen à l'abattage 202 jours

LOT OU REGIME	1	2	3	4	5	6	7	MOYENNE MC F	SIGNIFICATION STATISTIQUE \bar{s}_x (1)
Gluten Feed p. 100	—	10	20	30	—	20	20		
T. Soja p. 100	20	20	19,5	19	24	15	15		
Lysine	—	—	—	—	—	+	+		
Tryptophane	—	—	—	—	—	—	+		
Rendement poids net p. 100 du poids vif	70,1	70,5	71,2	70,2	70,0	70,8	70,3	70,2 70,7	0,54 (2,4)
Longe p. 100 du poids net	30,6	30,0	30,6	30,1	30,2	30,8	31,2	** 29,3 31,7	0,47 (4,8)
Jambon p. 100 du poids net	22,4	21,8	22,3	22,6	22,7	22,7	22,0	** 21,9 22,8	0,28 (4,0)
Bardière p. 100 du poids net	14,9	14,6	14,9	15,4	14,9	14,7	14,0	** 16,0 13,6	0,43 (9,2)
Panne p. 100 du poids net	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	** 2,6 2,0	0,14 (19,2)
Ep. de lard $\frac{R + D}{2}$, mm	26,3	25,5	27,0	26,4	26,0	24,6	25,7	** 28,0 23,8	1,04 (12,7)

(1) \bar{s}_x : Ecart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

Les résultats de composition corporelle sont identiques quel que soit le régime.

Ils démontrent clairement la possibilité d'introduction du Gluten Feed dans les régimes pour porcs jusqu'à 20 p. 100 de la ration, soit en substitution de la céréale et du son pour un taux constant de tourteau de soja, soit en substitution partielle de l'apport de soja avec addition de lysine sous forme libre. Globalement, l'écart de teneur en matières azotées sur l'ensemble de la croissance (entre 16 et 18 p. 100) pour un taux suffisant de lysine, est sans effet sur les résultats de découpe des carcasses à l'abattage.

● **EXPERIENCE III :** Détermination de la valeur d'une source azotée en remplacement du tourteau de soja, renfermant le même taux de matières azotées, mais plus pauvre en lysine (mélange à 40 p. 100 de Gluten Feed et 60 p. 100 de Gluten de Maïs).

L'utilisation du Gluten de Maïs * (60 à 65 p. 100 de matières azotées) au taux de 7 à 10 p. 100 dans les régimes pour porc s'est limitée à assurer un apport d'azote non indispensable ou à ajuster le taux azoté d'une ration (HENRY 1972 ; CASTAING et MOAL 1973). Son association au Gluten Feed permet d'obtenir une source de protéines qui, rééquilibrée en acides aminés (lysine et tryptophane), peut assurer une substitution partielle du tourteau de soja. Les conclusions des études réalisées par DESMOULIN (1971), MOAL et al. (1972), nous ont conduit à soumettre les mâles castrés et les femelles à un rationnement différentiel en alimentation collective. De plus, nous appliquons des régimes à teneur en matières azotées différentes selon le sexe (18 à 20 p. 100 pour les femelles et 16 à 18 p. 100 pour les mâles castrés). Compte tenu de ces hypothèses de travail le schéma expérimental est le suivant :

1^o/ Schéma expérimental :

LOT	
FEMELLES	1. Régime témoin maïs T. Soja à 18 p. 100 de protéines et 0,90 p. 100 de lysine. 2. Régime maïs T. Soja + 10 p. 100 de mélange de gluten à 18 p. 100 de protéines et 0,70 p. 100 de lysine. 3. Régime maïs T. de soja + 25 p. 100 de mélange gluten à 19 p. 100 de protéines et 0,20 p. 100 de L-lysine supplémentaire. 4. Régime 3 + 0,03 p. 100 de tryptophane supplémentaire.
MALES CASTRES	5. Régime témoin maïs T. de soja à 16 p. 100 de protéines et 0,80 p. 100 de lysine. 6. Régime maïs T. de soja + 10 p. 100 de mélange Gluten à 17 p. 100 de protéines + 0,60 p. 100 de lysine. 7. Régime maïs T. de soja + 20 p. 100 de mélange Gluten à 17 p. 100 de protéines + 0,10 p. 100 de lysine supplémentaire. 8. Régime 7 + 0,03 p. 100 de tryptophane.

PLAN DE RATIONNEMENT

POIDS VIF MOYEN kg	KG ALIMENT FRAIS PAR ANIMAL PAR JOUR	
30	1,4	
35	1,6	
40	1,8	
45	1,95	
50	2,10	
55	2,20	
60	2,30	
	MALES CASTRES	FEMELLES
65	2,3	2,4
70	2,3	2,5
75	2,3	2,6
80	2,3	2,7
85	2,3	2,7
90	2,3	2,7

* Gluten de Maïs : appellation commerciale S.P.M. GLOBAZOTE ou Prairie Gold.
 Composition % = m. sèche, 88,96 ; m. azotées, 60,27 ; m. minérales, 2,37 ; cellulose brute, 0,92.
 Composition en acides aminés en g/16 gN ou p. 100 des protéines. (J. JUNG, 1973).
 Lysine, 1,66 ; Histidine, 2,16 ; Arginine, 3,37 ; ac. aspartique, 6,14 ; Thréonine, 3,48 ; Sérine, 5,28 ; acide glutamique, 22,68 ; Proline, 9,93 ; Glycine, 2,69 ; Alanine, 8,93 ; Valine, 4,53 ; Isoleucine, 4,50 ; Leucine, 16,98 ; Tyrosine, 5,38 ; Phénylalanine, 6,54 ; cystine, 2,22 ; Méthionine, 2,68.

La composition des régimes est indiquée dans le tableau 8.

TABEAU 8
EXPERIENCE III
COMPOSITION DES REGIMES p. 100

REGIME	Pré- expérimental	FEMELLES				MALES CASTRES			
		1	2	3	4	5	6	7	8
Gluten Feed p. 100	—	—	4	10	10	—	4	8	8
Gluten de maïs p. 100	—	—	6	15	15	—	6	12	12
L. lysine supp. p. 100	—	—	—	0,20	0,20	—	—	0,10	0,10
Produit pur	—	—	—	—	0,03	—	—	—	0,03
Tryptophane supp. p. 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maïs (1)	61	61	63	65	65	65	67	70	70
Mélasses	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T. Soja 44 p. 100	19	24	16	5	5	20	12	5	5
Gluten Feed	—	—	4	10	10	—	4	8	8
Gluten de maïs	—	—	6 ¹⁰	15 ²⁵	15 ²⁵	—	6 ¹⁰	12 ²⁰	12 ²⁰
Son de blé grossier	15	10	6	—	—	10	6	—	—
Mélange minéral (2)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mélange vitaminique (3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Résultats d'analyse (p. 100 aliment frais)									
Matière sèche	88,6	87,4	87,7	87,9	87,4	87,1	87,2	87,5	87,8
Matières azotées	16,7	18,3	18,8	20,2	19,9	16,9	19,9	17,9	18,0
Teneur en lysine estimée p. 100 régime	—	0,90	0,70	0,70	0,70	0,80	0,70	0,60	0,60

(1) Céréale broyée sur grille de 4 mm. Régimes présentés sous forme de granulés de 5 mm.

(2) et (3) HENRY et BOURDON, (1971). La lysine et le tryptophane sont introduits dans le prémélange vitaminique à base de maïs.

2°/ Résultats :

a) Croissance et consommation (tableau 9).

L'examen des résultats de Croissance-consommation permet de conclure à une similitude des performances obtenues avec l'introduction de 10 à 25 p. 100 du mélange de Gluten dans les régimes pour femelles et 10 à 20 p. 100 dans les régimes pour les mâles castrés. Néanmoins, dans le cas des femelles, on peut remarquer en période de croissance une légère augmentation de l'indice de consommation avec l'introduction du mélange du Gluten : 3,28 à 10 p. 100, 3,27 à 25 p. 100 contre 3,05 dans le régime témoin. Ce résultat s'explique par un équilibre en acides aminés moins favorable dans les régimes à base de Gluten, en comparaison avec le régime témoin : le taux de 0,70 p. 100 de lysine dans ces régimes apparaît ainsi marginal pour la croissance des femelles entre 20 et 60 kg de poids vif. On enregistre, par contre, un effet inverse en période de finition, ce qui conduit à l'obtention de résultats identiques sur la période totale d'engraissement. Chez les mâles castrés les résultats sont en tout point comparables quelle que soit la période considérée.

La supplémentation en tryptophane (lots 4 et 8) au taux de 0,03 p. 100 est sans effet tant sur les performances de croissance que sur l'efficacité alimentaire.

TABLEAU 9
EXPERIENCE III
RESULTATS GENERAUX DE CROISSANCE ET DE CONSOMMATION

Nombre d'animaux par lot n = 12

	Poids moyen/kg	Age moyen (j)
Début expérience	29,8	102
Fin de période de croissance	60,0	158
Fin d'expérience	99,9	219

REGIME	FEMELLES				MALES CASTRES				MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE \bar{s}_x (1)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Gluten Feed p. 100 Gluten de maïs p. 100 T. Soja 44 p. 100		4 6 16	10 15 5	10 15 5		4 6 12	8 12 5	8 12 5		
Période de croissance 30/60 kg										
Gain moyen journalier, g	567	526	546	546	500	542	530	503	533	23,6 (6,3)
Consommation aliment frais kg/j	1,72	1,73	1,68	1,68	1,72	1,72	1,71	1,72	1,71	- -
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	3,05	3,28	3,27	3,27	3,44	3,28	3,46	3,43	3,31	0,07 (3,08)
Période de finition 60/100 kg										
Gain moyen journalier, g	638	734	739	773	625	708	648	677	693	35,6 (7,2)
Consommation aliment frais kg/j	2,48	2,52	2,56	2,50	2,24	2,30	2,23	2,29	2,39	- -
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	3,68	3,54	3,51	3,40	3,68	3,69	3,56	3,48	3,57	0,11 (4,4)
Période totale 30/100 kg										
Gain moyen journalier, g	629	630	640	650	566	618	592	593	615	14,9 (3,4)
Consommation aliment frais, kg/j	2,11	2,11	2,09	2,05	1,99	2,02	1,97	2,01	2,05	- -
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	3,41	3,43	3,41	3,34	3,58	3,51	3,52	3,46	3,46	0,08 (3,1)

(1) \bar{s}_x : Ecart-type de la moyenne entre groupes - Entre parenthèses coefficient de variation.

b) Composition corporelle (tableau 10).

● **Effet de l'introduction du mélange Gluten de Maïs :**

Chez les femelles, l'utilisation du mélange Gluten à 10 ou 25 p. 100, en abaissant le taux de lysine dans le régime à 0,70 p. 100, conduit à l'obtention de carcasses légèrement plus grasses : pourcentage de longe plus

faible, pourcentages de bardière, panne et épaisseur du lard accrues. Ceci montre que même avec un apport libéral de matières azotées le taux de 0,70 p. 100 de lysine, dans les conditions de rationnement semble insuffisant pour obtenir des carcasses de bonne qualité, surtout pendant la première phase de croissance. Ce résultat a d'ailleurs été confirmé dans une autre étude (HENRY, DESMOULIN et BOURDON, 1974). Même avec un rationnement plus sévère, les mâles castrés fournissent des carcasses de qualité inférieure à celles des femelles. Il en est de même lorsqu'on introduit 10 à 20 p. 100 du mélange Gluten dans la ration, ce qui laisse supposer que le taux de 0,60 p. 100 de lysine est marginal pour ce type d'animal en début de croissance.

TABEAU 10
EXPERIENCE III
RESULTATS DE COMPOSITION CORPORELLE

Poids vif moyen à l'abattage 99,9 kg
Age moyen à l'abattage 219 jours

REGIME	FEMELLES				MALES CASTRES				MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE \bar{Sx} (1)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Gluten Feed p. 100	—	4	10	10	—	4	8	8		
Gluten de maïs p. 100	—	6	15	15	—	6	12	12		
T. Soja 44 p. 100	24	16	5	5	20	12	5	5		
Rendement poids net p. 100 du poids vif	74,0	73,7	74,1	74,5	73,8	73,3	73,6	74,8	73,9	0,47 (2,2)
Jambon p. 100 du poids net	22,0 A	22,0 A	21,2 AB	21,3 AB	21,4 AB	20,9 AB	20,8 AB	20,1 B	21,2	0,29 (4,8)**
Longe p. 100 du poids net	30,9 A	30,1 A	29,5 AB	29,3 AB	30,1 A	27,5 B	27,6 B	27,7 B	29,1	0,42 (5,0)**
Bardière p. 100 du poids net	14,0 A	14,6 ABC	16,5 BCDE	16,0 ABCD	15,4 ABCD	16,8 CDE	17,1 DE	18,3 E	16,1	0,48 (10,4)**
Panne p. 100 du poids net	2,2 A	2,7 AB	2,8 AB	2,8 AB	2,7 AB	2,9 AB	3,0 B	3,4 B	2,8	0,16 (20,0)**
Epaisseur de lard R + D mm 2	24,7 A	27,2 AB	28,3 AB	28,7 AB	26,5 AB	28,0 AB	29,6 AB	32,2 B	28,2	1,20 (14,8)**

(1) \bar{Sx} : Ecart-type de la moyenne - Entre parenthèses, coefficient de variation.

EN RESUME, avec une supplémentation correcte en lysine, le mélange Gluten Feed - Gluten de Maïs peut être introduit, sans inconvénient majeur, en remplacement du tourteau de soja dans les régimes pour porcs en croissance-finition.

● **EXPERIENCE IV : Essai de digestibilité.**

Détermination de la valeur énergétique du Gluten Feed chez le porc en croissance, après introduction à taux croissant dans le régime entre 0 et 30 p. 100.

1^o/ Matériel et méthodes :

Seize porcs mâles castrés de race LARGE WHITE, dont un groupe de 8 animaux de poids vif moyen initial de 27,2 kg et un groupe de 8 animaux de poids vif moyen initial de 44,9 kg, placés en cages de digestibilité, sont répartis à l'issue d'une période préexpérimentale en quatre lots de quatre animaux (2 de chaque groupe).

2^o/ Schéma expérimental :

LOT

1	.....	Régime maïs T. Soja à 19 p. 100 de protéines
2	.....	" + 10 p. 100 Gluten Feed
3	.....	" + 20 p. 100 Gluten Feed
4	.....	" + 30 p. 100 Gluten Feed

Le Gluten Feed remplace pondéralement une quantité égale de maïs, afin de calculer par régression, la valeur en énergie digestible du Gluten Feed, la valeur énergétique du tourteau de soja étant supposée connue (HENRY et BOURDON, 1973).

Les régimes, dont la composition est rapportée au tableau 11, sont distribués sous forme humide, à raison de 3 repas par jour. Le complément d'eau de boisson est fourni à discrétion. Après une période de précollecte de 7 jours, les animaux sont soumis à une alimentation égalisée durant une période de collecte de 10 jours : 1.300g par jour pour les animaux du 1er groupe, 1.600 g par jour pour les animaux du second groupe. Les méthodes utilisées ont été décrites dans un travail antérieur (HENRY et RERAT, 1966).

TABLEAU 11
COMPOSITION DES REGIMES (p. 100)

REGIME	Préexp.	1	2	3	4
Gluten Feed p. 100	—	—	10	20	30
Mais (1)	63	77	67	57	47
T. Soja 44	19	20	20	20	20
Son de blé	15	—	—	—	—
Gluten Feed (2)	—	—	10	20	30
Mélange minéral (3)	3	3	3	3	3
Mélange vitaminique (4)	+	+	+	+	+
Teneurs en acides aminés calculées en p. 100 du régime					
Lysine	—	0,77	0,78	0,80	0,81
Méthionine + lysine	—	0,56	0,59	0,63	0,66
Tryptophane	—	0,18	0,20	0,21	0,22
Résultats d'analyse					
Matière sèche p. 100	88,5	87,7	87,7	88,0	88,6
Matières azotées, p.100 matière sèche	19,7	19,0	20,3	21,4	22,6
Cellulose brute	—	2,6	3,4	4,6	5,3
Matières minérales	6,2	6,0	5,3	5,6	6,4
Energie brute Kcal/kg MS	—	4568	4473	4487	4449

(1) Mouturé sur grille de 4 mm. Régimes présentés sous forme de farine M. sèche % 87,09 — composition % m.sèche: matières azotées, 10,45 ; m. minérales, 1,73 ; énergie brute, 4,582 Kcal/kg m. sèche.

(2) M. sèche % : 87,53. Composition % m. sèche : m. azotées, 22,14 ; m. minérales, 5,38 ; cellulose brute, 9,55 ; énergie brute, 4,514 Kcal/kg m. sèche, composition en acides aminés en g/16 gN ou p. 100 des protéines : (J. JUNG 1973) Lysine, 4,02 ; Histidine, 3,65 ; arginine, 4,23 ; ac. aspartique, 5,58 ; Théonine, 3,84 ; Sérine, 4,46 ; ac. Glutamique, 16,01 ; Proline, 9,84 ; Glycine, 4,54 ; alanine, 7,28 ; valine, 4,76 ; Isoleucine, 3,24 ; leucine, 9,61 ; Tyrosine, 3,07 ; Phénylalanine, 3,77 ; cystine, 3,08 ; Méthionine, 1,84.

(3) et (4) HENRY et BOURDON (1971).

30/ Résultats :

a) Croissance et consommation :

Seules les performances enregistrées pendant la période de collecte de 10 jours sont rapportées dans le tableau 13.

TABLEAU 13

RESULTATS DE CROISSANCE ET DE CONSOMMATION

Durée de la période de collecte 10 jours

Nombre d'animaux par lot n = 4

Poids moyen

	Groupe 1	Groupe 2
Début collecte	31,6 kg	49,2 kg
Fin collecte	37,0 kg	55,6 kg
Aliments g/j	1.300	1.600

LOT OU REGIME	1	2	3	4	MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE \bar{Sx} (1)
Gluten Feed p. 100	0	10	20	30		
Gain moyen journalier (g)	640	590	580	540	587	41,9 (14,3)
Consommation d'eau en g/jour	3.230	3.320	3.440	3.700	3.420	— —
Indice de consommation kg aliment frais/kg gain	2,30	2,49	2,50	2,69	2,50	0,16 (12,7)

(1) \bar{Sx} : Ecart-type de la moyenne, entre parenthèses coefficient de variation.

Etant donné le faible nombre d'observations enregistrées et la variabilité importante des critères retenus, on ne note aucune différence significative entre les lots. Remarquons toutefois que la vitesse de croissance a tendance à diminuer à mesure que le taux de Gluten Feed augmente, tandis que l'indice de consommation, pour un même niveau de consommation, augmente de 8,6 p. 100 à 10 et 20 p. 100 de Gluten Feed et 16,9 p. 100 à 30 p. 100.

Ces effets résultent d'un abaissement de l'apport énergétique, consécutif à une augmentation du taux de cellulose dans le régime, comme il a été déjà signalé par ailleurs (HENRY et ETIENNE, 1969). A la suite de l'élévation du taux de cellulose, on note également une augmentation de la quantité d'eau consommée spontanément, en relation avec une hydratation accrue des matières fécales, (HENRY et ETIENNE, 1969).

b) Digestibilité :

Les résultats moyens de digestibilité sont rapportés dans le tableau 14.

L'incorporation de Gluten Feed à taux croissant (0, 10, 20 et 30 p. 100), dans le régime, entraîne une élévation du taux de cellulose brute, soit respectivement 2,58, 3,36, 4,61 et 5,32. La conséquence directe est une diminution linéaire des coefficients d'utilisation digestive apparents de la matière sèche, de la matière organique et de l'énergie.

Par analogie avec une étude antérieure (HENRY, 1969, 1971), réalisée avec d'autres sources de cellulose, (son, farine de luzerne), il est possible de chiffrer l'effet dépressif sur l'utilisation de l'énergie, provoqué par l'introduction de sous produits du maïs à teneur élevée en cellulose. L'analyse de la régression du CuDa de l'énergie sur le pourcentage de Gluten Feed ou le taux de cellulose brute par rapport à la matière sèche aboutit aux équations suivantes :

TABLEAU 14

RESULTATS DE DIGESTIBILITE

Nombre d'animaux par lot n = 4

Durée de la période de collecte : 10 jours

Poids moyen

	Groupe 1	Groupe 2
Initial	31,6 kg	49,2 kg
Final	37,0 kg	55,6 kg

LOT OU REGIME	1	2	3	4	MOYENNE	SIGNIFICATION STATISTIQUE \overline{Sx} (1)
Gluten Feed p. 100	0	10	20	30		
Utilisation de l'énergie						
CuDa M. sèche	88,25	86,01	82,21	81,60	84,51	0,51 (1,2)
CuDa M. organique	90,16	87,97	84,17	83,27	86,39	0,46 (1,1)
CuDa Energie	88,83	86,50	82,92	81,87	85,02	0,49 (1,2)
Valeur énergétique Kcal/Kg M.S.						
Energie digestible (E.D.)	4.058 ± 35	3.869 ± 21	3.721 ± 17	3.635 ± 17		
Energie métabolisable (E.M.)	3.953 ± 41	3.749 ± 29	3.592 ± 20	3.497 ± 5		

1. $s\overline{x}$: Ecart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

2. CuDa (CuD apparent)

$$\frac{\text{élément ingéré} - \text{élément fécal}}{\text{élément ingéré}} \times 100$$

- Pour le pourcentage de Gluten Feed,

(1) C.U.D.E. = $88,70 - 0,24 x$; $r = - 0,980$

- Pour le taux de cellulose brute,

(2) C.U.D.E. = $95,34 - 2,60 x$; $r = - 0,994$.

Il est à remarquer que le taux de diminution du CuDa de l'énergie en fonction du pourcentage de cellulose est peu différent de celui que nous avons trouvé antérieurement avec des régimes renfermant du son de blé, soit 2,98 (HENRY, 1971).

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 du Gluten Feed par régression, selon une méthodologie décrite précédemment (HENRY et BOURDON, 1973), après déduction de la fraction d'énergie fournie par le tourteau de soja (3.720 Kcal ED/Kg pour 88,5 p. 100 de matière sèche); cette dernière est constante pour tous les régimes. Les valeurs ainsi trouvées pour le Maïs et le Gluten Feed sont respectivement de 4.140 et 2.900 Kcal d'énergie digestible/kg de matière sèche, correspondant à des CuD de l'énergie de 90,4 et 64,1.

Il est permis de penser que la valeur énergétique du Gluten Feed obtenue par cette méthode soit légèrement sous-estimée au bénéfice de celle du Maïs. En effet, le calcul du CUD de l'énergie du Gluten Feed à partir de la relation (2) précédente, aboutit à une valeur de 70,5. Quoiqu'il en soit, la valeur estimée est voisine de celle du son pour une teneur en cellulose comparable.

En définitive, le Gluten Feed présente pour le porc une valeur énergétique de l'ordre de 2.900 Kcal ED./Kg. Matière sèche, pour un CUD apparent de l'énergie de 64 p. 100 et un taux de cellulose brute de 9 p. 100 par rapport à la matière sèche.

D'une manière générale, pour les issues d'amidonnerie à base de Gluten, on peut proposer une correction de leur valeur énergétique en fonction du taux de cellulose brute, sur la base d'une diminution du CUD de l'énergie de 2,6 points pour une augmentation de 1 p. 100 du taux de cellulose brute par rapport à la matière sèche et vice-versa.

CONCLUSION

Correctement supplémenté en lysine, le Gluten Feed peut assurer une substitution partielle des protéines de soja complémentaires que l'on peut estimer à 25 p. 100 pour un taux d'introduction optimum de 20 p. 100. De même, le mélange Gluten (40 p. 100 de Gluten Feed - 60 p. 100 de Gluten de maïs) à 44 p. 100 de protéines, rééquilibré en lysine, utilisé au taux de 25 p. 100 et assure 75 à 80 p. 100, de l'apport complémentaire de protéines. La valeur énergétique du Gluten Feed pour le porc en croissance peut être estimée à 2.900 Kcal E.D./kg de matière sèche, correspondant à un CUD apparent de l'énergie de 64 p. 100.

REMERCIEMENTS

Cette étude a fait l'objet d'un contrat entre l'I.N.R.A. (Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs) et la Société des Produits du Maïs - 379, avenue de la Libération - 92140, CLAMART.

Nous tenons à remercier vivement les responsables de cet organisme pour avoir permis sa réalisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTAING J., MOAL J., 1973. Substitution totale ou partielle du tourteau de soja cuit dans des rations à base de maïs.
Journées Rech. Porcine en France - 129-135, I.N.R.A., I.T.P., éd. PARIS.
- DESMOULIN B., BOURDON D., 1971. La séparation des porcs mâles castrés et des porcs femelles en alimentation restreinte depuis le sevrage.
Journées Rech. Porcine en France - 73-90, 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 ou décortiquée, en comparaison avec le tourteau de soja.
Journées Rech. Porcine en France - 105-113, I.N.R.A., I.T.P., éd. PARIS
- HENRY Y., 1972. Effets comparés de la lysine et des matières azotées sur les performances du porc en finition.
Journées Rech. Porcine en France - 163 - 168, I.N.R.A., I.T.P., éd. PARIS
- HENRY Y., DESMOULIN B., BOURDON D., 1974. Relation entre le besoin en lysine et le niveau de rationnement énergétique chez le porc en croissance, avec ou sans incorporation de matières grasses au régime.
Journées Rech. Porcine en France.
- HENRY Y., ETIENNE M., 1969. Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. 1) Influence sur l'utilisation digestive des nutriments.
Ann. Zootech., 18, 337-357.
- 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.
- MOAL J., GAYE A., DESMOULIN B., 1972. Rationnement progressif des Porcs recevant des régimes "Maïs + Soja".
Journées Rech. Porcine en France - 121 - 125, I.N.R.A., I.T.P., éd. PARIS.
- PICCONI M. 1965 - Dictionnaire des aliments pour les animaux, p. 216, La Maison Rustique, éd. PARIS.
- YEN J.T., BAKER D.H., HARMON B.G., JENSEN A.H., 1971. Corn Gluten Feed in swine diets and effect of pelleting on tryptophane availability to pigs and rats.
J. anim. Sci., 31, 987-991.