

## **SYNTHÈSE DES ESSAIS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS SUR L'UTILISATION DU POIS PROTÉAGINEUX PAR LES PORCINS (porcelets, porcs charcutiers et truies)**

*P. QUÉMÉRÉ*

*INSTITUT SUPÉRIEUR AGRICOLE, Département Zootechnie, 60026 BEAUVAIS.*

Une interpolation statistique des résultats expérimentaux français et étrangers permet d'apporter des éléments d'explication aux écarts de performances entre les régimes témoins et expérimentaux contenant du pois et de préciser les conditions optimales de son utilisation dans les aliments pour porcs. Chez le porc charcutier, le pois de printemps, associé au blé, ne provoque aucune baisse de performances, en valeur moyenne. La substitution totale (suppression du tourteau de soja) est possible avec un taux d'incorporation de 40 %, pour autant que le besoin de l'animal en acides aminés essentiels soit couvert. Associé au maïs, au delà d'un taux d'incorporation de 30 %, son utilisation peut réduire les performances. Une supplémentation en tryptophane peut alors restaurer intégralement les performances. Avec le pois d'hiver, il paraît prudent d'en limiter l'utilisation à 15-20 %. Une explication partielle de ce handicap est tentée. Chez le porcelet, il est possible d'introduire, au delà d'un poids vif de 10 kg, 15 à 20 % de pois sans risque zootechnique particulier. Les connaissances actuelles sont insuffisantes pour nuancer le conseil pratique en fonction du type de pois ou de la nature de la céréale.

### **A review of french and foreign experimental results concerning the utilization of peas in pigs diet**

A statistic interpolation of french and foreign experimental results enables us to provide explanations for the difference in performances between the control diets and the test diets including peas. This analysis also specifies the best conditions for utilizing peas in pig diets. With wheat, spring peas do not decrease the performance of the growing-finishing pig. The complete substitution of soja meal for peas is possible (40 % of introduction) if the essential amino acid requirements are covered. With maize, over 30 % of peas in the ration, the proteaginous may reduce performance. With winter peas, it seems advisable to limit the incorporation to 15-20 %. An explanation of this limitation is essayed. For piglet (over 10 kg), an introduction of peas up to 15-20 % is possible without any problem. At the present time, we have not enough knowledge to offer practical advice with regard to the type of pea or the kind of cereal to use in this context.

## INTRODUCTION

De 1979 à 1989, le pois protéagineux a connu, en France, un développement exponentiel, les surfaces cultivées évoluant de 34 000 ha à 543 000 ha (x 16). Dans le même laps de temps, les emblavements de la CEE à 10 sont passés de 60 000 ha à 802 000 ha (x 13). Globalement, les 2/3 de la production européenne (2,35 millions de tonnes sur un total de 3,52 millions en 1988) sont utilisés dans l'alimentation porcine.

Son utilisation dans l'alimentation du porc a fait l'objet de plusieurs publications aux Journées de la Recherche Porcine. Il a paru intéressant d'en réaliser une synthèse, en y intégrant d'autres résultats, en vue d'en dégager les facteurs explicatifs des écarts de performances des régimes expérimentaux aux témoins (sans pois) et les règles optimales d'utilisation pratique dans les régimes pour porcs charcutiers, porcelets et truies. Cette démarche est réalisée à partir d'une interpolation statistique des résultats expérimentaux français et étrangers.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Dépouillement Bibliographique

#### 1.1.1. Porcs Charcutiers

17 publications françaises parues de 1969 à 1989 ou communications personnelles et 16 compte-rendus d'essais (ITCF-AGPM, ITCF-SEAP, SEREP) sont analysés. Sur 56 rations expérimentales présentant un taux variable de pois, 28 régimes contiennent du pois d'hiver (H) et autant du pois de printemps (P). Ils sont tous comparés à un témoin sans pois, généralement simple (association céréale-tourteau de soja). Au total 2 400 porcs sont utilisés dans ces essais.

33 publications étrangères sur porcs charcutiers sont dépouillées. Elles proviennent des pays suivants : pays de l'Est (13), pays scandinaves (6), autres pays européens (5), Amérique du Nord (2), Australie (2). Au total 125 régimes expérimentaux, comparés à un témoin, sont retenus, représentant plus de 8 600 porcs mis en essai.

#### 1.1.2. Porcelets

A notre connaissance, 6 publications françaises et 8 étrangères concernent l'utilisation du pois par le porcelet sevré. Elles portent sur 5 200 porcelets. On dispose d'une synthèse des essais français (FEKETE et al, 1984). Nous tentons ici une approche plus détaillée et plus large en :

- reprenant 13 compte-rendus expérimentaux (ITCF-SEAP, ITCF-AGPM, SEREP) français.
- intégrant des résultats étrangers. Parmi ces derniers, 2 sont pris en compte dans l'interprétation statistique des résultats (GORANSSON, 1978 ; EGOROV, 1984). 2 autres sont portés sur les représentations graphiques sans être pris en compte dans le traitement statistique, soit par absence de renseignements sur la composition des régimes (MOSZKU-TELO et al, 1984), soit parce que les porcelets sont trop lourds en début d'essai relativement aux essais français (VLCEK et NAVRATIL, 1972).

### 1.2. Variables analysées

Les variables quantitatives analysées dans les essais sur porcs charcutiers et leur représentation symbolique figurent au tableau 1.

TABLEAU 1  
LISTE DES VARIABLES RÉPERTORIÉES DANS LES ESSAIS  
SUR PORCS CHARCUTIERS.

Variables	Symboles
<b>I - Caractéristiques générales du régime expérimental</b>	
1. % Pois	%PO
2. % Tourteau de soja	%TS
3. teneur en facteurs antitrypsiques du pois	FAP
<b>II - Caractéristiques nutritionnelles brutes du régime expérimental</b>	
4. ED (kcal/kg d'aliment)	EDA
5. MAT en % aliment	MAT
6. cellulose brute en % aliment	CB
7. lysine en % aliment	LYA
8. méthionine + cystine en % aliment	MCA
9. tryptophane en % aliment	TRA
10. thréonine en % aliment	THA
<b>III - Calcul d'ingérés/jour en % du témoin</b>	
11. facteurs antitrypsiques (UIT)	FAi
12. ED	%Di
13. MAT	%Ai
14. cellulose brute	%Bi
15. lysine	%Li
16. tryptophane	%Ti
17. thréonine	%Ei
<b>IV - Variables zootechniques à «expliquer» en % du témoin</b>	
18. consommation	CON
19. gain moyen quotidien	GMQ
20. indice de consommation	IC
21. indice de conversion énergétique	ICE
22. épaisseur de lard dorsal	ELD
23. bardière + panne (% poids carcasse)	B+P
24. longe/bardière	L/B

Dans les essais sur porcelets, 5 variables concernent les caractéristiques générales des animaux au sevrage et en début d'essai (âge et poids au sevrage, durée et GMQ de la période pré-expérimentale, poids en début d'essai). Les caractéristiques nutritionnelles des régimes expérimentaux sont les mêmes que pour les porcs charcutiers.

### 1.3. Traitements des données

Deux démarches sont utilisées. La première correspond à une attitude descriptive. Elle caractérise (moyenne, écart-type, histogramme) et structure sommairement les variables (régression et corrélation). Elle fait appel aux statistiques classiques. La seconde est plus «explicative» (1). Elle recherche les facteurs susceptibles d'«expliquer» (1) les écarts de perfor-

(1) Nous mettons volontairement les termes «explicative» et «expliqué» entre guillemets pour rappeler que la liaison statistique n'établit pas une relation de causalité.

mances par rapport au témoin. Elle nécessite l'utilisation des techniques d'analyse multidimensionnelle (régressions multiples et analyse factorielle des correspondances).

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Résultats français sur porcs charcutiers

Deux séquences de résultats sont analysées :

- La croissance (25 à 60 kg) des femelles seules. Ce sexe et cette période, connus pour leur plus grande sensibilité aux traitements comparés, sont privilégiés dans une démarche d'analyse « explicative ».

- La période totale d'engraissement (25 à 100 kg) des mâles castrés et des femelles. L'analyse est ici orientée vers un bilan de résultats zootechniques à des fins pratiques.

#### 2.1.1. Résultats préliminaires sur les régimes avec pois

Le tableau 2 récapitule les caractéristiques générales des essais ayant fait l'objet du traitement statistique. Sur 28 régimes expérimentaux testés en France dans H et P, la céréale la plus fréquemment associée au pois est le maïs (60 % des cas). L'alimentation rationnée est quasi-générale (90 %).

Dans le tableau 3, sont présentées les caractéristiques nutri-

tionnelles des régimes expérimentaux. Dans les deux populations (H et P), la variabilité des paramètres est comparable. Elle est naturellement élevée pour le pourcentage de pois puisque les expérimentateurs comparent divers taux d'incorporation. Elle entraîne celle de la cellulose brute et du tryptophane dont le pois est faiblement pourvu. Par contre, la variabilité des autres critères est faible (< 10 %) illustrant l'homogénéité des essais français.

**TABLEAU 2**  
ESSAIS FRANÇAIS SUR PORCS CHARCUTIERS  
Caractéristiques générales des essais.

	Pois Hiver	Pois Printemps
n	28	28
<b>Céréale associée</b>		
Orge	4	3
Blé	4	8
Maïs	20	14
Mélange	0	3
<b>Supplémentation</b>		
Tryptophane	5	4
Méthionine	3	3

**TABLEAU 3**  
CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX  
Essais français sur porcs charcutiers.

	Hiver		Printemps		Proba sous Ho	% des régimes sous les recommandations INRA	
	Moy.(1)	CV(2)	Moy.	CV		Hiver	Printemps
% pois	30,80	29	29,50	26	NS		
% Tourteau de soja	5,20		5,60		NS		
Facteurs antitryptiques du pois (UIT/mg)	8,85	32	3,87	18	0,000	-	-
ED (kcal/kg)	3255	2	3255	3	NS	-	-
MAT (%)	154,1	7	153,4	8	NS	21	39
CB (%)	36,9	16	32,90	21	0,02	-	-
Lysine (%)	0,84	7	0,85	5	NS	32	11
M + C (%)	0,51	11	0,52	9	NS	43	29
Tryptophane (%)	0,16	14	0,16	18	NS	29	32
Thréonine (%)	0,58	7	0,56	8	0,19	0	18

(1) Moy. = moyenne ; (2) CV = Coefficient de variation = Moy./écart type

Dans les deux populations, le taux d'incorporation moyen du pois est comparable et voisin de 30 %. La variabilité autour de la moyenne est du même ordre de grandeur. Il sera donc possible de comparer les deux groupes sur leurs résultats zootechniques moyens d'autant que les régimes expérimentaux sont iso-énergétiques et iso-azotés.

#### 2.1.2. Résultats zootechniques sur femelles [Performances d'engraissement en croissance (25 à 60 kg) et qualités de carcasse]

a) selon le type de pois (hiver ou printemps) (tableau 4)

Les régimes avec pois d'hiver entraînent des ingrédients énergé-

tiques (% Di) inférieurs ( $P = 0,07$ ) aux régimes avec pois de printemps, illustrant une plus grande fréquence des refus rencontrée dans la bibliographie. Cette baisse (- 1,1 point) ne suffit pas à expliquer l'écart important ( $P < 0,001$ ) des performances d'engraissement (GMQ, ICE) : - 7 à - 8 points. Dans P, ces performances ne sont handicapées que de 3 à 4 points relativement aux régimes témoins sans pois. L'adiposité des carcasses des femelles est, en moyenne, supérieure dans H, quand on considère le critère B + P ( $P < 0,001$ ).

**TABLEAU 4**  
INGÉRÉS JOURNALIERS, PERFORMANCES  
D'ENGRASSEMENT EN CROISSANCE, QUALITÉS  
DE CARCASSE DES FEMELLES SELON LE TYPE  
VARIÉTAL (en % des témoins - résultats français).

Variables	Hiver		Printemps		Proba. sous Ho
	Moy	s	Moy	s	
FAi	478,2	224,0	207,1	59,9	0,000
%Di	98,9	2,7	100,0	1,6	0,07
%Ai	92,3	6,7	87,6	6,9	0,01
%Bi	135,2	16,6	125,2	30,6	0,14
%Li	102,3	7,3	99,1	2,9	0,04
%Mi	85,4	7,3	84,1	7,2	NS
%Ti	80,6	14,5	77,2	9,9	NS
%Ei	92,4	7,8	87,1	7,1	0,01
CON	99,2	3,1	99,6	1,6	NS
GMQ	89,5	8,2	96,8	4,5	0,000
ICE	111,3	7,5	103,0	4,7	0,000
RDT	100,3	0,8	100,3	0,7	NS
B+P	103,1	6,9	96,0	7,2	0,000

b) selon le taux d'incorporation et la nature de la céréale

Sur la figure 1, sont répertoriés 60 résultats de GMQ obtenus sur les femelles en croissance. Ils montrent une grande variabilité pour un même taux de pois. Au delà de 25 %, la tendance générale est à la baisse. En réalité, une interaction «céréale x type de pois» est manifeste. L'association blé-pois de printemps présente une régression linéaire de pente nulle et pratiquement confondue avec l'abscisse. Avec maïs-pois de printemps, le GMQ baisse linéairement de 0,4 %, par point d'incorporation de pois ( $P < 0,001$ ). Au delà de 25 % les résultats «ajustés» sont inférieurs au témoin, mais la variabilité résiduelle reste élevée. Le modèle n'explique que 32 % de la variabilité des résultats. Avec maïs-pois d'hiver, la chute de performance est encore plus sévère. L'apport quadratique est significatif. En substitution totale (35 à 45 % de pois), le GMQ des femelles en croissance peut être réduit de 10 à 20 %.

c) selon la supplémentation en tryptophane

La supplémentation en tryptophane (9 régimes) portant le taux de 0,13 à 0,17 % (tableau 5) :

- restaure, en majeure partie, la consommation (de 91,6 % à 99,8 %) en présence de 37 % de pois ;
- récupère les deux tiers du handicap sur les performances d'engraissement. Ainsi, le GMQ, par rapport au témoin, passe de 76 % à 91,3 %.

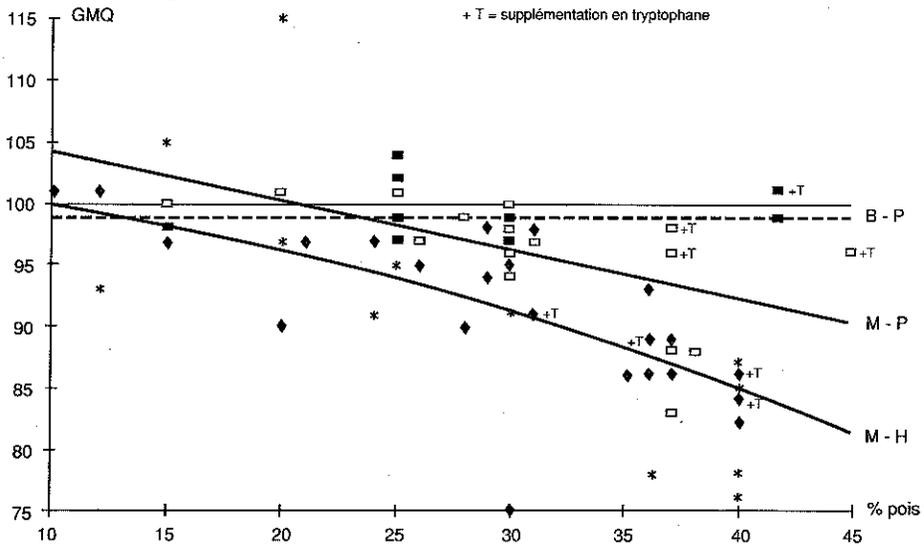
d) analyse en régressions multiples

Pour tenter de relier les écarts de performances zootechniques, par rapport aux témoins, aux variables «explicatives» potentielles, on réalise une régression multiple ascendante en introduisant pas à pas, à partir du modèle avec 4 acides aminés (groupe A) : la MAT (% Ai), la cellulose (% Bi), l'énergie digestible (% Di), les facteurs antitryptiques (FAi) et le taux de pois (% PO). Les résultats figurent au tableau 6 où ne sont transcrits que les «prédicteurs» entrant dans une combinaison linéaire intéressante ( $R^2 > 0,50$ ).

**TABLEAU 5**  
INFLUENCE D'UNE SUPPLÉMENTATION EN TRYPTOPHANE  
Résultats français sur femelles en croissance (n = 9 régimes).

Critères	Régimes		
	Témoin	Expérimental	Expérimental + Tryptophane
% PO	0	37	37
LYA (%)	0,83	0,85	0,86
MCA	0,59	0,48	0,50
TRA	0,19	0,13	0,17
THA	0,63	0,54	0,56
MAT	173,00	143,00	148,00
CON	100	91,6	99,8
GMQ	100	76,0	91,3
ICE	100	124,2	108,8

FIGURE 1  
GMQ DES FEMELLES EN CROISSANCE EN FONCTION DU TAUX D'INCORPORATION DU POIS (% DU TÉMOIN).



Association	Légende	n	Equations	R <sup>2</sup>	Probabilité (1) sous H0
Blé - Pois de printemps	B-P ■	8	Y = 99	0	-
Maïs - Pois de printemps	M-P □	17	Y = 108,2 - 0,40 (%PO)	0,32	0,000
Maïs - Pois d'hiver	M-H ◆	23	Y = 102,3 - 0,18 (%PO) - 0,007 (%PO)	- 0,49	0,000
Autres	*	12			

(1) E(r) = 0.

Avec le pois d'hiver, la seule prise en compte des 4 acides aminés (groupe A) n'est pas satisfaisante. Par contre, la variabilité de % Ai «explique», à elle seule, plus de la moitié de celle des performances d'engraissement. % Di (groupe C), tenant compte des refus et du plan de rationnement, améliore le CD sur le GMQ (0,80) et l'ICE (0,66). L'introduction supplémentaire de FAi (groupe D) améliore encore légèrement le score. La variabilité des qualités de carcasse est mal «prédite» avec les variables disponibles. A noter que la variable % Mi

n'intervient pas, alors que 43 % des régimes ont une teneur inférieure aux recommandations (tableau 3).

Avec le pois de printemps, la thréonine et le tryptophane «expliquent» à eux seuls la quasi-totalité de la variabilité «explicable» (R<sup>2</sup> = 0,64 et 0,57, respectivement pour GMQ et ICE), dès le premier niveau d'introduction (groupe A). FAi n'intervient plus.

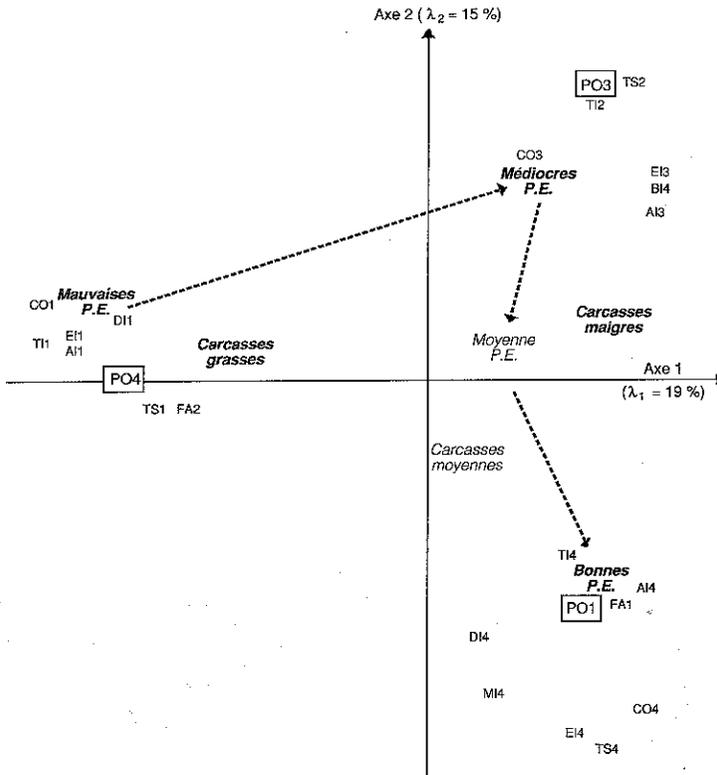
TABLEAU 6  
POIDS RELATIF (R<sup>2</sup> EN %) DE CHAQUE VARIABLE OU GROUPE DE VARIABLES «EXPLICATIVES» DANS LES ÉCARTS DE PERFORMANCES ZOTECHNIQUES AU TÉMOIN

Groupes de Variables «explicatives» Critères	R <sup>2</sup>	A Variables	R <sup>2</sup>	B Variables	R <sup>2</sup>	C Variables	R <sup>2</sup>	D Variables	R <sup>2</sup>	E Variables
- GMQ			58	% Ai	80	%Di,%Ai	83	%Di,FAi	84	%Di,%PO
H - ICE			52	% Ai	66	% Ai,%Di	72	FAi,%Ai	72	%PO,%Di
- B + P						% Bi		%Di		
P - GMQ	64	% Ei,%Ti	64	%Ei,%Ti	64	%Ei,%Ti	64	%Ei,%Ti	64	%Ei,%Ti
- ICE	57	%Ti,%Ei	57	%Ti,%Ei	57	%Ti,%Ei	62	%Ei,%Ti	62	%Ei,%Ti
- B + P	50	%Mi,%Ei								

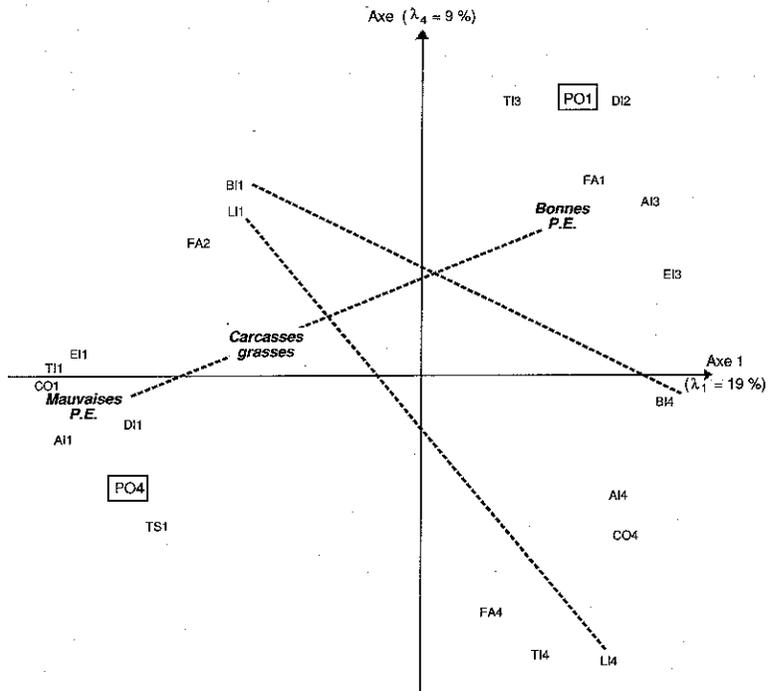
Groupe A : % Li, % Mi, % Ti, % Ei  
Groupe B : % Mi, % Ti, % Ei, % Ai

Groupe C : % Mi, % Ti, % Ei, % Ai, % Bi, % Di  
Groupe D : % Li, % Mi, % Ti, % Ei, % Ai, % Bi, % Di, FAi  
Groupe E : % Li, % Mi, % Ti, % Ei, % Ai, % Bi, FAi, % PO

**FIGURE 2**  
ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES SUR H  
(PLAN 1 - 2)



**FIGURE 3**  
ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES SUR H  
(PLAN 1 - 4)



e) analyse factorielle des correspondances

### Pois d'hiver

Le plan 1 - 2 est présenté figure 2. L'axe 1 oppose la substitution totale du tourteau de soja (TS 1) par du pois (P04) aux substitutions partielles (P01, P03). Elle entraîne les apports les plus faibles en tryptophane (T11), en thréonine (E11) et en MAT (A11). Elle occasionne des refus et donc les consommations (C01) et les ingrédés énergétiques (D11) les plus faibles. Les mauvaises performances d'engraissement et les carcasses grasses se projettent dans cette zone.

L'axe 2 oppose un apport modéré du pois (P01 = 12 à 24 %, TS4 = 9 à 14 %) à un apport élevé (P03 : 31 à 36 %, TS2 = 4 à 6 %). Cet apport modéré entraîne les ingrédés les plus élevés (C04) en énergie (D14), en tryptophane (T14), accompagnés des ingrédés les plus réduits en facteurs antitryptiques (FA1). Dans cette zone, se projettent les bonnes performances d'engraissement.

Dans le plan 1 - 4 (figure 3), l'axe 4 oppose des ingrédés élevés en facteurs antitryptiques (FA4) avec des ingrédés faibles (FA1). Il est intéressant d'observer qu'à proximité de FA4, les ingrédés les plus élevés (C04) de tryptophane (T14), de lysine (LI4) et de MAT (A14) sont relativement éloignés des bonnes performances alors qu'à proximité de FA1 des ingrédés plus faibles (D12, T13, A13) en permettent quand même le voisinage. Dans ce plan, une certaine orthogonalité (indépendance) existe entre la direction des performances et celle reliant les classes extrêmes de lysine (LI1 - LI4) et de cellulose (BI1 et BI4).

Dans le tableau 7 sont rassemblées, suivant les 4 classes de GMQ, les moyennes des autres variables confirmant les projections graphiques.

### Pois de printemps

Les données du tableau 8 montrent, en particulier, que dans la classe des croûtes les plus faibles (GM1), les teneurs moyennes en acides aminés soufrés et en tryptophane sont inférieures aux recommandations INRA. Comme dans H, l'indépendance des variables suivantes est vérifiée : % Bi (cellulose) et % Li (lysine). Par contre :

- % Di (énergie digestible) n'intervient plus (absence de refus notables), ni FAi (facteurs antitryptiques) ( $r_{GMQ, FAi}$  voisin de 0).
- % Mi (méthionine + cystine), neutre dans H, décroît avec le G.M.Q. dans P
- l'absence de liaison significative avec % PO, % TS et % Ai confirme l'observation déjà réalisée : avec les variétés de pois de printemps, la substitution importante ou totale ne correspond pas systématiquement à une baisse des performances et réciproquement. Les corrélations entre G.M.Q. et % PO sont respectivement de - 0,67 ( $P < 0,001$ ) et - 0,38 ( $P = 0,05$ ) dans H et P.

#### 2.1.3. Résultats zootechniques sur mâles castrés et femelles (de 25 à 100 KG)

a) selon le taux d'incorporation

Les évolutions du GMQ sur la période totale sont représentées

**TABEAU 7**  
VALEURS MOYENNES DES VARIABLES EN FONCTION DES 4 CLASSES DE GMQ DE L'AFIC (Femelles en croissance) DANS H

Classes de GMQ	GM1	GM2	GM3	GM4	Proba. bilité
% du témoin	[75-85]	[86-89]	[90-94]	[95-115]	sous Ho
n	7	7	7	7	
ICE B + P	120,0a 109,0a	115,1b 99,8 b	108,1c 102,1b	101,8d 101,5b	0,000 0,06
FAi	564 ab	686 a	431 b	232 c	0,000
% Di	96,3 b	100,3a	99,4 a	101,5a	0,001
% Ai	85,0	92,0 b	95,0 ab	98,0 a	0,000
% Bi	124,0b	147,0a	132,0ab	138,0ab	0,05
% Li	98,4	105,8	100,9	104,2	NS
% Mi	85,4	81,2	85,7	89,3	NS
% Ti	68,9	79,2	86,7	86,2	0,15
% Ei	85,3 b	92,3 ab	94,9 a	97,1 a	0,03
% PO	38,0 a	37,1 a	25,6 b	22,4 b	0,000
% TS	0,9 c	3,5 c	6,3 b	10,1 a	0,000

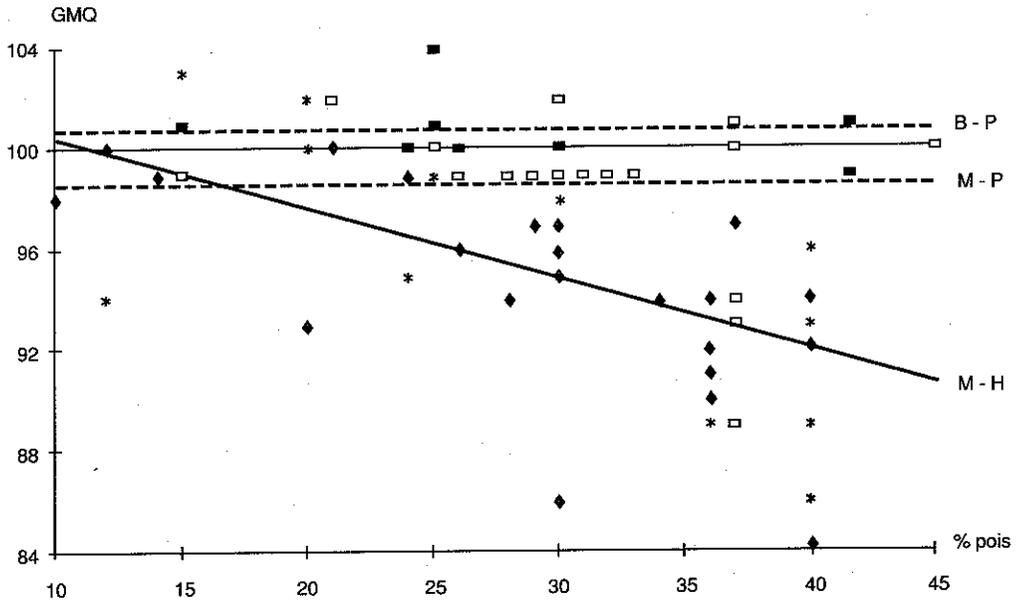
**TABEAU 8**  
VALEURS MOYENNES DES VARIABLES EN FONCTION DES 4 CLASSES DE GMQ DE L'AFIC (Femelles en croissance) DANS P

Classes de GMQ	GM1	GM2	GM3	GM4	Proba. bilité
% du témoin	[83-95]	[96-97]	[98-99]	[>=100]	sous Ho
n	6	8	7	7	
ICE ELD	108,0 a 100,2	102,4 b 101,5	101,3 b 100,6	98,6 c 100,1	0,000 NS
FAi	223	209	201	196	NS
% Di	99,4	99,3	99,6	98,9	NS
% Ai	82,7	87,5	87,4	92,2	0,10
% Bi	127	126	117	131	NS
% Li	96,5	100,0	99,3	99,9	0,08
% Mi	76,8 b(*)	84,6 a	83,5 ab	90,2 a	0,01
% Ti	65,6 a(**)	76,9 b	77,8 b	86,8 a	0,000
% Ei	81,3 b	86,0 b	87,0 b	93,7 a	0,01
% PO	32,7	30,3	29,5	25,9	NS
% TS	3,1	5,3	6,0	7,8	0,2 6

(\*) Correspond à une teneur moyenne de 0,47 % (recommandations INRA : 0,50 %)

(\*\*) Correspond à une teneur moyenne de 0,14 % (recommandations INRA : 0,15 %)

**FIGURE 4**  
GMQ DES MÂLES CASTRÉS + FEMELLES SUR LA PÉRIODE TOTALE D'ENGRASSEMENT (% du témoin)  
EN FONCTION DU TAUX DE POIS.



Association	Légende	n	Equations	R <sup>2</sup>	Probabilité (1) sous H <sub>0</sub>
Blé - Pois de printemps	B-P ■	8	Y = 100,8	0	-
Maïs - Pois de printemps	M-P □	17	Y = 98,4	0	-
Maïs - Pois d' hiver	M-H ◆	23	Y = 103,2 - 0,28 (%PO)	0,35	0,10
Autres	*	12			

sur la figure 4. La dispersion reste importante. La régression de ces deux paramètres sur le taux de pois n'est significative que pour l'association maïs-pois d'hiver. Elle est linéaire, mais présente une forte variabilité résiduelle (R<sup>2</sup> = 0,35). Pour les associations du pois de printemps avec le blé ou le maïs, ces régressions restent parallèles à l'axe des abscisses, avec une supériorité significative du blé.

b) selon le type de pois (tableau 9)

En croissance (25 à 60 kg), la supériorité moyenne du GMQ

avec le pois de printemps est de 7 points. Sur l'ensemble de la période d'engraissement (25 à 100 kg), les performances moyennes dans P sont proches du témoin (99,1 % et 100,2 % respectivement pour le GMQ et l'IC) alors que, dans H, elles restent handicapées de 6 points.

#### 2.1.4. Bilan zootechnique des essais français sur porcs charcutiers

a) synthèse des principaux résultats sur femelles en croissance - Attitude « explicative »

**TABLEAU 9 :**  
PERFORMANCES D'ENGRASSEMENT, EN CROISSANCE, EN FINITION ET SUR LA PÉRIODE TOTALE ET QUALITÉS DE CARCASSE  
(% du témoin) DES MÂLES CASTRÉS + FEMELLES

Périodes	Croissance			Finition			Totale		
	H	P	Proba. ss Ho	H	P	Proba. ss Ho	H	P	Proba. s/s Ho
Consommation	99,3	99,5	NS	99,6	99,5	NS	99,3	99,4	NS
GMQ	90,0	97,3	0,000	97,7	101,1	0,000	93,9	99,1	0,000
IC	111,1	102,6	0,000	103,0	98,3	0,000	106,2	100,2	0,000
						RDT	100,2	100,1	NS
						B + P	103,2	98,6	0,01
						J + L	99,5	99,9	NS

En attitude «*explicative*», les conclusions suivantes peuvent être formulées :

1. Les deux groupes de variétés (hiver et printemps) se comportent différemment (performances et liaisons statistiques divergentes) ;
2. Les écarts de performances aux témoins sont exacerbés dans le cas où la céréale associée au pois est le maïs ;
3. Avec le pois de printemps, les variables nutritionnelles ayant un poids statistique important, dans l'«*explication*» des écarts de performances au témoin, sont le tryptophane et la thréonine. La substitution de ce dernier acide aminé, dans un modèle linéaire, par une autre variable azotée (% Ai, % Mi) ne permet pas une aussi bonne «*prédiction*» des performances. L'effet «*pois*» est intégralement pris en compte en considérant les acides aminés ;
4. Avec le pois d'hiver, les acides aminés ne suffisent plus à expliquer l'effet «*pois*». Des facteurs «*antinutritionnels*» (au sens large), statistiquement corrélés aux facteurs antitypsiques, interviennent comme première variable «*exogène*» ;
5. La variabilité des quantités ingérées de lysine, d'acides aminés soufrés et de cellulose brute est relativement indépendante de celle des performances.

b) Synthèse des principaux résultats sur les mâles castrés et les femelles (période totale) - Attitude «*pratique*»

En attitude «*pratique*», on peut tirer les conclusions suivantes :

1. Sur l'ensemble de la période d'engraissement, à un taux moyen de 30 % de pois, les performances d'engraissement sont proches (- 1 %) des témoins avec les variétés de printemps et restent inférieures (- 6 %) avec les variétés d'hiver ;
2. L'association blé-pois de printemps ne provoque, en valeur moyenne, aucune baisse significative des performances avec l'accroissement du taux d'incorporation, quelle que soit la période considérée. L'association maïs-pois de printemps entraîne en valeur «*ajustée*», pendant la croissance, une réduction des performances au delà d'un taux d'incorpora-

tion de 25 - 30 % avec les variétés de printemps, et de 15 % avec les variétés d'hiver. Sur la période totale d'engraissement, le handicap disparaît avec les variétés de printemps mais subsiste bien qu'amoindri, avec les variétés d'hiver ;

3. La substitution totale du tourteau de soja par le pois, surtout avec les variétés d'hiver, entraîne plus fréquemment une réduction des performances de croissance associée à un risque accru de carence en acides aminés ;
4. La qualité des carcasses est affectée (adiposité) dans le seul cas de la substitution totale avec les variétés d'hiver.

## 2.2. Résultats étrangers sur porcs charcutiers

### 2.2.1. Caractéristiques nutritionnelles moyennes comparée des régimes étrangers et des régimes français (tableau 10)

125 régimes expérimentaux étrangers sont connus sur leurs caractéristiques nutritionnelles et, au moins, leurs performances d'engraissement (GMQ, IC) sur la période totale. Ils présentent un taux moyen de pois de 26,2 %. 58 % d'entre eux (73/125) sont à base d'orge. Il en résulte des régimes expérimentaux, en moyenne, moins énergétiques ( $P = 0,001$ ), plus riches en cellulose ( $P < 0,001$ ) et en tryptophane ( $P = 0,02$ ) que les régimes français plus fréquemment à base de maïs (61 %).

A l'inverse, les aliments témoins étrangers présentent des teneurs moyennes inférieures en MAT et en acides aminés ( $0,000 < P < 0,05$ ). A noter, en particulier, que 46 % d'entre eux n'atteignent pas la recommandation pour la teneur en lysine ( $< 0,80$  %). A priori, on pourrait donc s'attendre, comparativement aux résultats français, à une amélioration des performances de croissance à des taux modérés de pois, confondue avec un effet lysine.

### 2.2.2. Influence du taux de pois sur les performances d'engraissement et les qualités de carcasse

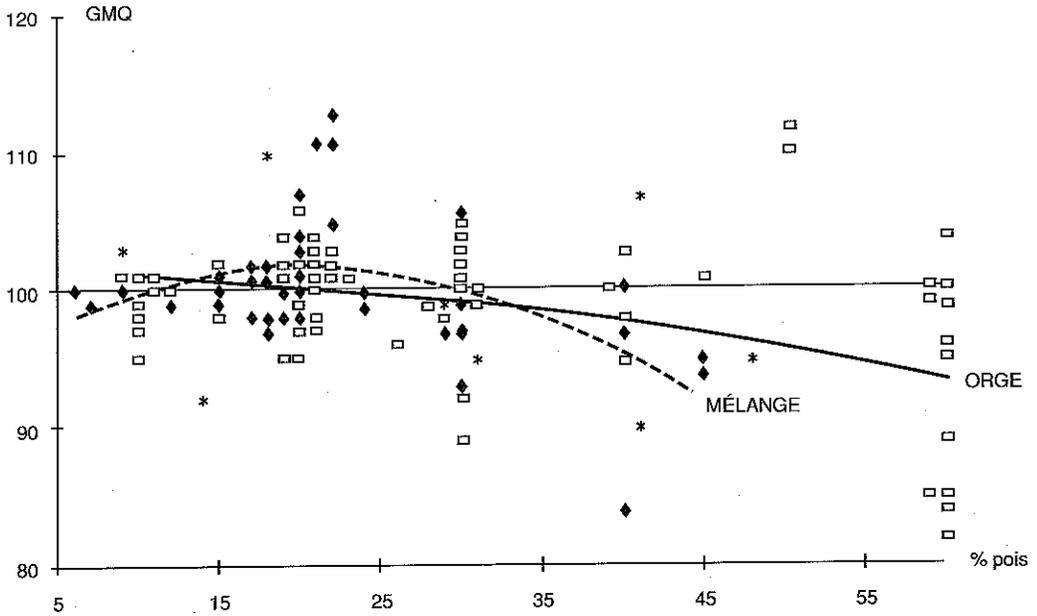
La figure 5 représente l'évolution des GMQ (% du témoin) en fonction du taux de pois. Dans les deux sous-ensembles (orge

TABLEAU 10

CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES COMPARÉES DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX ET TÉMOINS, ÉTRANGERS ET FRANÇAIS

Critères	Étrangers		Français		Probabilité sous Ho
	Moy	CV	Moy	CV	
<b>Expérimentaux</b>					
%PO	26,2	55	30,1	27	0,02
%TS	5,5	-	5,4	-	-
EDA	3 159	3	3 255	3	0,001
MAT	161,8	10	153,8	7	0,000
CB	4,4	20	3,5	18	0,000
LYA	0,88	15	0,85	6	0,02
MCA	0,52	10	0,51	9	NS
TRA	0,17	17	0,16	16	0,02
THA	0,58	12	0,57	7	NS
<b>Témoins</b>					
TED	3 157	4	3 263	3	0,000
TAT	166,0	11	170,5	6	0,03
TCB	4,0	24	2,8	27	0,000
TLA	0,81	16	0,83	4	0,05
TMA	0,57	26	0,60	5	0,03
TTA	0,19	18	0,20	10	0,02
TEA	0,59	12	0,63	5	0,000

**FIGURE 5**  
GMQ (% du témoin) SUR LA PÉRIODE TOTALE D'ENGRAISSEMENT EN FONCTION DU TAUX DE POIS  
(mâles castrés + femelles - résultats étrangers)



Association	Légende	n	équation	R <sup>2</sup>	Proba sous H0
Orge-Pois	□	73	$Y = 101,40 - 0,0022 (PO)^2$	0,26	0,03
Mélange Céréales-Pois	◆	41	$Y = 94,82 + 0,89 (PO) - 0,0167(PO)^2$	-0,28	0,09
Autres	*	11	-	-	-

et mélange de céréales), la régression quadratique est significativement plus précise que la régression linéaire au seuil  $\alpha = 0,10$ , mais, dans les deux cas, la dispersion résiduelle est forte ( $R^2 = 0,25$ ). Avec le mélange de céréales, la courbe passe par un maximum situé vers 20-22 % de pois. Dans les deux cas, elle demeure au dessus de l'axe des abscisses (> témoin) jusque vers 30 % de pois. On peut être surpris par le comportement satisfaisant (figure 5) de 7 traitements sur les 12 situés à 60 % de pois en croissance (45 % en finition). En réalité, tous ces traitements sont supplémentés en méthionine, et certains en tryptophane (3) et en thréonine (4). Deux autres font l'objet d'un traitement technologique (cuisson et dépelliculage - MADSEN et MORTENSEN, 1985).

### 2.2.3. Aspects particuliers des essais étrangers

#### a) La supplémentation en méthionine (tableau 11)

15 régimes expérimentaux supplémentés sont simultanément comparés à un régime expérimental non supplémenté avec un même taux de pois et avec un régime témoin sans pois. Dans 6 cas, la supplémentation est efficace. Elle restaure intégralement le handicap de croissance (95 % à 101,7 %), la teneur des régimes étant inférieure ou égale à la recommandation INRA (1984). Dans les 9 autres cas, la supplémentation est inefficace, la recommandation étant atteinte ou dépassée.

#### b) Incidence sur la qualité de la viande et des graisses

HANSEN et WULFF (1972) testant des taux croissants de pois (0 - 10 - 20 et 30 %), ne trouvent aucune différence significative sur la couleur de la viande, l'indice d'iode et la fermeté du gras. Ces résultats sont confirmés par ALAVIUKHOLA (1979). LUND et HAKANSSON (1986) concluent à l'absence d'effet sur le pH de la viande.

Par rapport à un témoin contenant 21 % de pois et 30 % de maïs, NARDIELLO et al (1980) observent qu'un régime à 40 % de pois et 17 % de maïs provoque un accroissement de la teneur en acides gras saturés aux dépens des acides gras insaturés.

#### 2.2.4. Bilan zootechnique des essais étrangers sur porcs charcutiers

En résumé, les principales conclusions sont les suivantes :

1. Les régimes expérimentaux étrangers sont plus fréquemment à base d'orge (58 %). Les régimes témoins sont souvent (46 %) inférieurs à la recommandation INRA (1984) pour la teneur en lysine. Il est donc normal que les meilleures performances d'engraissement, en valeur moyenne soient obtenues en présence de 20 à 25 % de pois.

**TABEAU 11**  
**INFLUENCE D'UNE SUPPLÉMENTATION EN MÉTHIONINE SUR LES PERFORMANCES D'ENGRAISSMENT**  
 (mâles castrés + femelles - résultats étrangers)

D'après les résultats de BELL et WILSON, 1970 ; HANSEN et WULFF, 1972 ; ALAVIUKHOLA, 1979 ; KRACHT et al, 1979 ; NARDIELLO et al, 1980 ; KRACHT et al, 1981 ; MADSEN et MORTENSEN, 1985

Critères	Régime		
	Témoin	Expérimental	Expérimental + Méthionine
<b>I - Cas où la supplémentation est efficace</b>			
n	6	6	6
%PO (extrêmes)	-	(22 à 60)	(22 à 60)
MCA (extrêmes)	(0,50 - 0,61)	(0,44 - 0,50)	(0,50 - 0,55)
<b>Total</b>			
. CON	100	103,0	104,0
. GMQ	100	95,0	101,7
. IC	100	109,7	101,8
<b>II - Cas où la supplémentation est inefficace</b>			
n	9	9	9
%PO (extrêmes)	-	(10 à 30)	(10 à 30)
MCA (extrêmes)	(0,53 à 0,57)	(0,50 à 0,55)	(0,54 à 0,60)
<b>Total</b>			
. CON	100	99,0	100,0
. GMQ	100	98,3	99,2
. IC	100	100,9	100,8

2. Les pays scandinaves et les pays de l'Est qui fournissent l'essentiel des publications, cultivent évidemment des variétés de printemps. Il est donc logique que les résultats étrangers ressemblent aux résultats français sur pois de printemps. Cependant, relativement aux essais français, on observe une plus grande fréquence de résultats équivalents aux témoins, à des taux de pois supérieurs à 30 %, en relation avec la moindre fréquence d'association avec le maïs (risque de carence en tryptophane) et une moindre fréquence des régimes expérimentaux sous les recommandations pour les autres acides aminés, sauf pour la lysine ;

3. La supplémentation en méthionine n'est efficace que dans 1 cas sur 3. Dans ce cas, tous les régimes expérimentaux ont une teneur inférieure à la recommandation ;

4. Le pois n'a aucune influence défavorable sur la qualité de la viande ou de la graisse ;

5. Par ailleurs, nous avons pu observer que, à volonté, les régimes contenant des taux élevés de pois ne posent pas de problème particulier d'appétence, pour autant que la teneur en tryptophane respecte la recommandation ;

### 2.3. Résultats sur porcelets sevrés

#### 2.3.1. Caractéristiques générales des essais

Elles sont récapitulées au tableau 12 Les essais français et étrangers regroupent 5 200 porcelets. Les régimes à base de pois de printemps sont les plus nombreux (61 %), ainsi que ceux à base d'un mélange de céréales (76 %), contrairement aux essais sur le porc charcutier. Dans les essais français, la présentation en granulés et l'alimentation à volonté sont la règle. Les essais réalisés sous l'égide de l'ITCF ménagent une période pré-expérimentale de 12 à 14 jours après la mise en

lots. A la SEREP, dans 15 bandes sur 34, les régimes expérimentaux sont distribués dès le jour de sevrage.

Au tableau 13, figurent les caractéristiques des porcelets et des régimes dans H et P. Les aliments avec pois d'hiver contiennent plus fréquemment (30 %) du maïs que ceux avec pois de printemps (12 %). En conséquence, les régimes expérimentaux sont, en valeur moyenne, plus énergétiques ( $P < 0,001$ ) et légèrement moins riches en tryptophane ( $P = 0,01$ ). Par contre, la teneur en acides aminés soufrés y est nettement plus élevée ( $P = 0,001$ ). Les régimes témoins diffèrent sur l'ensemble des critères nutritionnels ( $0,000 < P < 0,07$ ). De plus, les âges et les poids des porcelets au sevrage et en début d'essai diffèrent de façon hautement significative ( $P < 0,001$ ). On est donc loin de l'homogénéité des essais réalisés sur le porc charcutier.

#### 2.3.2. Résultats zootechniques

a) Selon le type de pois (hiver ou printemps) (tableau 14)

Comme pour les porcs charcutiers, on note une supériorité, en valeur moyenne, du pois de printemps sur les 3 critères considérés ( $0,001 < P < 0,10$ ). De même, elle s'atténue en cours d'essai. Ainsi, les performances d'engraissement (GMQ et IC) sont réduites de 8 à 9 % au cours des 14 premiers jours, alors que, sur l'ensemble de la période totale d'essai (28 à 49 jours), les écarts diminuent environ de moitié entre les deux types de pois.

b) Selon le taux d'incorporation

On remarque, sur les figures 6 et 7, que :

- les performances évoluent linéairement avec le taux de pois, mais la variabilité résiduelle reste importante ( $R^2 = 48 \%$ )

**TABLEAU 12**  
ESSAIS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS SUR PORCELETS  
RÉCAPITULATIF DES CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES  
DES ESSAIS (Effectifs).

	ITCF et parte- naires	SEREP	Etranger	Total
<b>Type de pois</b>				
- Hiver	16	18	0	34
- Printemps	32	16	6	54
<b>Céréale associée</b>				
- Maïs	0	16	0	16
- Blé	2	3	0	5
- Mélange	46	15	6	67
<b>Présentation</b>				
- Farine	0	0	4	4
- Granulé	48	34	2	84
<b>Période pré-expérimentale</b>				
- Oui	47	15	0	62
- Non	1	19	6	26
<b>Effectifs</b>				
- Nbre bandes	52	34	6	92
- Nbre porcelets	2 500	2 086	314	4 900

**TABLEAU 13**  
CARACTÉRISTIQUES DES ESSAIS SUR PORCELETS ET DES  
RÉGIMES EN FONCTION DU TYPE DE POIS  
(valeurs moyennes)  
(essais français et étrangers).

	Hiver	Printemps	Proba. sous Ho
<b>Caractéristiques des essais</b>			
n avec maïs	10	6	-
n avec mélange céréales	24	46	-
Age au sevrage (j)	25,5	27,1	0,001
Poids au sevrage (kg)	6,3	7,4	0,000
Durée pré-expérimentale (j)	7,5	9,2	-
GMQ pré-expérimental (%)	99,7	96,4	0,07
Poids début essai (kg)	8,0	9,5	0,000
Durée essai (j)	37,0	31,0	0,001
<b>Caractéristiques des régimes expérimentaux</b>			
% pois	24,9	23,9	NS
ED (Kcal/kg)	3 338	3 216	0,000
MAT (%)	20,6	20,5	NS
Cellulose brute (%)	3,4	3,4	NS
Lysine (%)	1,21	1,20	NS
Méthionine + cystine (%)	0,71	0,67	0,001
Tryptophane (%)	0,21	0,22	0,01
Thréonine (%)	0,74	0,75	NS

avec le GMQ). De plus, pour les 3 performances considérées (consommation, GMQ et IC), la droite d'ajustement des moindres carrés coupe l'axe des témoins (100 %) au point

d'abscisse correspondant au taux d'incorporation de 16 %, voisin du «niveau conseillé sans risque zootechnique» de 15 %. (FEKETE et al, 1984).

- Les résultats des variétés d'hiver et de printemps sont relativement mélangés, malgré la supériorité moyenne des variétés de printemps (voir supra a)).
- Les croissances moyennes sont quasi systématiquement inférieures à celles des témoins lorsque le taux de pois dépasse 25 %, quel que soit le type de pois (hiver ou printemps).

Par ailleurs, 6 essais méritent une attention particulière sur les graphiques :

- l'extrusion du pois (n → o) améliore, de 4 à 15 %, la consommation et, de 19 à 24 % le GMQ, lorsque le taux de pois évolue de 13 à 24 %, dans le deuxième essai de MOSZKUTÉLO et al (1984). Les résultats obtenus par BENGALA FREIRE et al, 1989, à des taux d'incorporation de 30 et 45 %, sont encore plus spectaculaires (+ 35 % sur le GMQ à 45 % de pois) (p → q);
- à taux d'incorporation comparable et avec le même type de régime (maïs + blé), la variété d'hiver FRIMAS, riche en facteurs antitryptiques, donne des résultats nettement inférieurs aux deux variétés de printemps : AMINO et FINALE (h1 → h2, h3). (QUEMERE et al, 1982).
- au même taux de pois (30 %), l'association avec le blé est plus favorable que l'association avec le maïs (e1 → e2), vraisemblablement limitée en tryptophane (0,18 %) (BERTRAND et al, 1980). Dans cet essai, nous avons, en outre, montré que l'effet négatif du pois s'annulait dès la deuxième quinzaine en présence de blé, alors, qu'avec les régimes à base de maïs, il se réduisait progressivement sans toutefois s'annuler en fin de période (essai de 49 jours);
- la distribution, dès le jour du sevrage, d'aliments à des taux de pois supérieurs à 20 % ne semble pas propice à de bonnes performances que ce soit avec le pois d'hiver (essais notés sur les graphiques d et g3), ou le pois de printemps (p).

### 2.3.3. Bilan zootechnique des essais sur porcelets

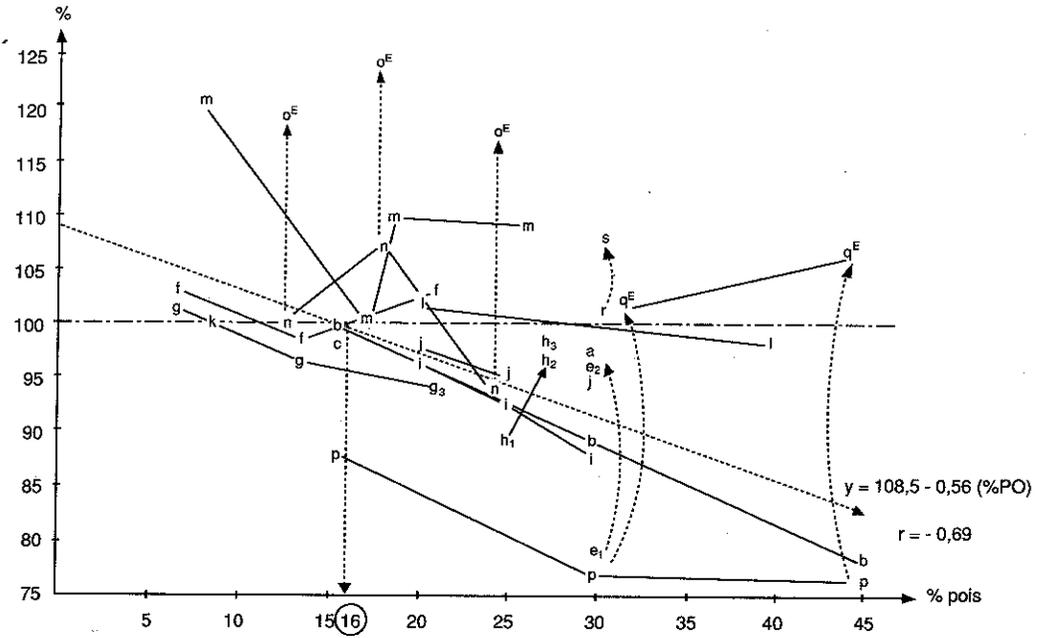
Ces résultats permettent les conclusions suivantes :

1. Les essais français sur le porcelet sont les plus nombreux et les plus fiables. Ils testent souvent des régimes associant plusieurs céréales à du pois de printemps;
2. La réponse des porcelets à un taux croissant de pois est assez variable, liée à une certaine hétérogénéité des conditions expérimentales;
3. Cette variabilité des résultats est d'interprétation difficile. Elle n'est pas explicable par les paramètres nutritionnels considérés dans l'analyse (énergie, MAT, acides aminés);
4. L'extrusion du pois a un intérêt technique évident;
5. Au delà de 15-20 % de pois, le risque zootechnique s'accroît sans que l'on dispose de résultats suffisants pour nuancer la recommandation en fonction du type de pois (hiver, printemps) ou de la céréale.

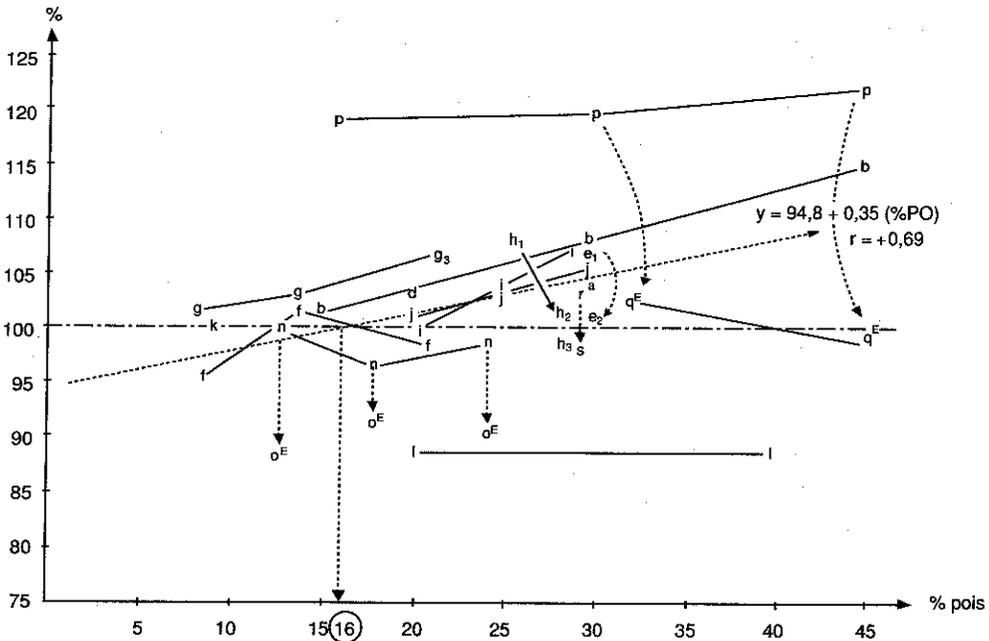
### 2.4. Résultats sur truies (Tableau 15)

LINNEMAN et al (1975) comparent deux taux de pois (10 et 20 %), dans les régimes, sur 4 cycles de reproduction. Ils concluent à une baisse significative de la prolificité au taux le plus élevé et conseillent de le limiter à 10 %. WOJCIK et al (1981) testent un régime à 26,5 % de protéagineux (dont 11 % de pois) par rapport à un régime témoin avec farines animales. Ils

**FIGURE 6**  
GMQ DES PORCELETS (% du témoin) EN FONCTION DU TAUX DE POIS (période totale)



**FIGURE 7**  
IC DES PORCELETS (% du témoin) EN FONCTION DU TAUX DE POIS (période totale)



**Légende**

- |   |                                    |                                       |
|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| a : BOUARD et al., 1980 - essai 1         | f : QUÉMÉRÉ et al., 1982 - essai 1 | k : VLCEK et NARRATIL, 1972           |
| b : BOUARD et al., 1980 - essai 2         | g : QUÉMÉRÉ et al., 1982 - essai 2 | l : GORANSSON, 1978                   |
| c : BOUARD et al., 1980 - essai 3         | h : QUÉMÉRÉ et al., 1982 - essai 3 | m : EGOROV, 1982                      |
| d : BERTRAND et al., 1980 - essai 1       | i : ITCF-SEAP, 1983                | n : MOSZKUTELO et al., 1984 - essai 1 |
| e : BERTRAND et al., 1980 - essai 2       | j : ITCF-AGPM, 1984                | o : MOSZKUTELO et al., 1984 - essai 2 |
| p : BENGALA FREIRE et al., 1989 - essai 1 | r : GATEL et al., 1989 - essai 1   |                                       |
| q : BENGALA FREIRE et al., 1989 - essai 2 | s : GATEL et al., 1989 - essai 2   |                                       |

**TABLEAU 14**  
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES PORCELETS SELON LE TYPE DE POIS (% du témoin)

	1ère Période			Proba.	Total essai			Proba.
	H	P	H - P	sous Ho	H	P	H-P	sous Ho
Consommation	94,8	97,6	- 2,8	0,10	95,9	98,3	- 2,4	0,09
GMQ	86,1	95,4	- 9,3	0,003	92,1	97,2	- 5,1	0,02
IC	110,2	102,3	- 7,9	0,001	104,9	101,6	+ 3,3	0,01

**TABLEAU 15**  
RÉSULTATS D'ESSAIS SUR TRUIES AVEC DES RÉGIMES CONTENANT DU POIS - Synthèse bibliographique.

Auteurs	GATEL et al,			ZEMAN et SISKE,			WOJCIK et al,		LINNEMAN et al,		
	1987			1983			1981		1975		
<b>Traitements comparés</b> - période avec pois - taux de pois	T. G+L(1)	Pois G+L	Proba. ss Ho	T. G	Pois G	Proba. ss Ho	T. G+L	Pois G+L	T. G+L	Pois G + L 10-20 20-20	
	0	16+24		0	13,6		0	11 + 11	0		
<b>Variété de pois</b> Durée de l'essai n truies/traitement	AMIMO 5 cycles 68 ou 69 à 7 ou 6  (1 <sup>er</sup> cycle)(7 <sup>ème</sup> cycle)			3 cycles à 10  (1 <sup>er</sup> cycle) (3 <sup>è</sup> me cycle)			1 cycle 10	nullipare 10	FLAVANDA 4 cycles 67 62 61		
<b>Résultats</b> - gain de gest. (kg) - perte de poids en lact. (kg) - nés totaux - sevrés - % mortalité - poids moyen naissance (kg) - poids moyen sevrage (kg) - GMQ naissance- sevrage	36,3	36,6	NS	45,0	42,8	NS	52(2)	57(2)	11,4	11,3	10,6
	17,1	18,2	0,16	12,8	9,6	0,02	similaire		9,6	8,8	8,6
	11,05	11,04	NS	9,5	10,0	0,00	similaire		15,8	22,1	18,9
	9,22	9,25	NS	8,1	8,2	NS	similaire				
	16,5	16,2	NS	14,7	18,0						
	1,28	1,29	NS	1,54	1,48		similaire				
	7,32	7,36	NS	5,98	5,73		similaire		11,0	10,9	11,3
	210	216	0,02	159	152						

T. = témoin

(1) G = Gestation ; L = Lactation (2) Y compris le poids du contenu utérin

n'observent aucune différence significative sur les performances de primipares. ZEMAN et SISKE (1983) comparent, sur 3 cycles (13 truies/cycle), deux aliments de gestation : l'un à 13,6 % de pois, l'autre à 8,3 % de tourteau de soja. Ils concluent à la possibilité d'utiliser le pois comme seule source spécifique de protéines dans les régimes de gestation.

En réalité, compte tenu des effectifs mis en comparaison et de la variabilité des paramètres de la reproduction (LAVOREL et al, 1981 ; LAVOREL et LEUILLET, 1984), la puissance expérimentale de ces essais est faible et n'autorise pas de conclusions pratiques. A cet égard, seul l'essai réalisé par GATEL et al (1987) sur 536 portées réparties sur 7 cycles de reproduction est fiable. Ils concluent que «l'introduction du pois protéagineux de printemps dans les aliments pour truies au taux de 16 % en gestation et de 24 % en lactation, n'affecte pas les per-

formances de reproduction des animaux (productivité numérique et pondérale) ni la carrière des truies (évolution pondérale, longévité, taux de réforme). La convergence des résultats pour tous les critères étudiés permet d'envisager sans problème la substitution de tout ou partie du tourteau de soja par du pois de printemps dans les aliments pour truies en gestation ou en lactation».

### 3. DISCUSSION

#### 3.1. PORCS CHARCUTIERS

##### 3.1.1. Rappel des principaux résultats français et étrangers

Dans les essais français, les régimes contenant en moyenne 29,5 % de pois de printemps permettent une vitesse de

croissance moyenne proche du témoin (99,1 %) même si les femelles en croissance sont plus sensibles (96,8 %), une compensation semblant s'établir en finition (101,1 %). Les résultats étrangers sont très comparables (99,2 % sur la période totale), avec un taux d'incorporation moyen de 26,2 %. Ces valeurs moyennes cachent une certaine hétérogénéité de réponse à un taux croissant de pois. Avec le pois de printemps français, sur l'ensemble de la période expérimentale, l'association avec le blé permet une croissance équivalente aux témoins (100,8 %), alors qu'avec le maïs elle est un peu plus faible (98,4 %). Dans les deux cas, la régression des performances sur le taux d'incorporation n'est pas significative. Le handicap de l'association maïs-pois est essentiellement dû à 3 régimes expérimentaux à 37 % de pois (GROSJEAN et CASTAING, 1983 ; PALISSE-ROUSSEL et al, 1984), manifestement déficitaires en tryptophane. Avec le pois de printemps (résultats français et étrangers), quand les résultats sont inférieurs au témoin, on retrouve généralement un ou plusieurs facteurs limitants (MAT, acides aminés soufrés, tryptophane, thréonine) qui, lorsqu'ils sont levés, permettent des performances identiques au témoin, même en substitution totale.

Avec le pois d'hiver, les résultats français montrent que la seule considération des déficiences azotées éventuelles ne suffit pas à expliquer les écarts aux témoins. En moyenne, et bien que les ingrédés en MAT et en acides aminés soient plutôt en faveur des régimes à base de variétés d'hiver, ceux-ci présentent un handicap de croissance par rapport aux régimes formulés avec les variétés de printemps (- 5 % sur la période totale d'engraissement).

### 3.1.2. Le tryptophane

9 essais français testent l'influence d'une supplémentation en tryptophane, dont 8 en association avec le maïs, connu pour sa déficience. Elle restaure l'intégralité de la consommation (99,8 %) mais non la vitesse de croissance (91,3 %) bien qu'elle ait gagné 15 points. Ainsi, le tryptophane est le facteur limitant primaire de l'association maïs-pois (PEREZ et BOURDON, 1982). L'incidence d'une déficience en tryptophane sur la consommation est bien connue (HENRY et PASTUSZEWSKA, 1976 ; BAKER, 1981 ; BATTERHAM et WATSON, 1985). Elle résulterait d'une mauvaise régulation de l'appétit, aggravée par un excès en un autre acide aminé (LOUGNON, 1981) et surtout lysine (LOUGNON, 1984), ce qui peut être le cas en présence de pois.

Comme la supplémentation en tryptophane ne restaure pas intégralement la croissance, on peut évoquer l'existence de facteurs limitants secondaires (méthionine + cystine ou thréonine) ou le rôle néfaste des facteurs antitryptiques, 6 régimes sur les 9 concernant le pois d'hiver.

### 3.1.3. Les acides aminés soufrés (méthionine + cystine)

Avec le pois d'hiver français, les corrélations des performances avec les quantités d'acides aminés soufrés ingrédés sont, d'une façon générale, non significatives. Une analyse en régression multiple et une analyse factorielle des correspondances confirment l'indépendance de cette variable. Ce résultat est doublement surprenant car 43 % des régimes sont inférieurs à la recommandation INRA (tableau 3) et les femelles en croissance sont connues pour avoir un besoin supérieur (RERAT et HENRY, 1970). On pourrait alors supposer que, dans les régimes à base de céréales et de pois, la digestibilité

de la méthionine serait élevée et le besoin surévalué en accord avec les résultats de BOROWA et al, 1987. Il est aussi possible que le tryptophane ou la thréonine constituent, avant les acides aminés soufrés, le facteur limitant primaire, si bien que l'effet d'une déficience apparaîtrait moins clairement.

Les résultats avec les variétés de printemps semblent contredire ces hypothèses. Dans l'analyse factorielle des correspondances, la teneur en acides aminés soufrés suit l'évolution des vitesses de croissance. De plus, les résultats étrangers montrent que, dans 6 cas sur 15, la supplémentation en méthionine est efficace, précisément quand la teneur est inférieure à 0,50 % de l'aliment et dans le cas où d'autres facteurs limitants ne jouent pas. Ces observations sont conformes à celles de HOMB (1984) qui, dans une synthèse sur le pois, souligne les effets contradictoires de la supplémentation.

### 3.1.4. La thréonine

Avec le pois de printemps français, une combinaison linéaire associant le tryptophane et la thréonine sature la variabilité «explicable» des performances des femelles en croissance. La thréonine n'intervient pas dans la régression multiple avec les variétés d'hiver. Néanmoins, la classe d'apport la plus faible se projette dans les analyses multidimensionnelles à proximité des mauvaises performances d'engraissement et des carcasses grasses.

Cependant, la liaison statistique n'établit pas une relation de causalité. Il est possible que l'effet thréonine émerge à cause de sa corrélation élevée avec le tryptophane (+0,81 et + 0,63 respectivement avec les variétés d'hiver et de printemps). Cette association expliquerait l'apparition de la thréonine comme facteur «explicatif» de la consommation alors qu'il est clairement établi que sa déficience n'hypothèque pas la consommation contrairement au tryptophane, chez le porcelet (LOUGNON, 1981).

Ces observations ne contredisent pas des travaux récents qui militeraient en faveur d'une réévaluation du besoin en thréonine, en croissance et en finition, avec les types de porc à haut niveau de performances (NOBLET et al, 1980 ; HENRY et PEREZ, 1986). Des résultats obtenus sur porcelets vont dans le même sens, (LE TUTOUR, 1986 ; GATEL et FEKETE, 1987).

Nos résultats feraient de la thréonine, le facteur limitant tertiaire des régimes porcelets avec pois. De même, MADSEN et MORTENSEN (1985) attribuent à la thréonine l'effet dépressif du pois au delà d'un taux d'incorporation de 30 % dans les régimes orge-pois.

### 3.1.5. La substitution totale (suppression du tourteau de soja)

Elle aboutit, en valeur moyenne, à une baisse des performances d'engraissement, en relation avec des apports énergétiques (refus), en MAT et en acides aminés suboptimaux, aussi bien dans les résultats français qu'étrangers. Elle est accompagnée d'un accroissement d'adiposité des carcasses. Ces observations sont exacerbées avec les variétés d'hiver.

Elles sont en concordance avec les travaux sur la «protéine idéale». Ces études portent essentiellement sur les effets de l'adjonction de lysine industrielle permettant de réduire le taux de MAT. Ici, le contexte est comparable. Avec l'accroissement de l'incorporation du pois, la lysine augmente et le taux de

MAT diminue ( $r_{\% \text{pois-MAT}} = -0,56$  et  $-0,36$ , respectivement avec les variétés d'hiver et de printemps). Dans ces conditions, lorsqu'un acide aminé est limitant (apport ou disponibilité insuffisants), les carcasses sont plus grasses, la croissance et l'efficacité alimentaire réduites (NOBLET et al, 1987). En l'absence d'une déficience, les performances sont restaurées, mais la tendance à l'adiposité subsiste, par suite d'une épargne d'énergie alimentaire résultant d'une augmentation du catabolisme des protéines à des fins énergétiques (HENRY, 1980 ; NOBLET et al, 1980 ; HENRY et PEREZ, 1987 ; NOBLET et al, 1987).

### 3.1.6. Tentatives d'explication partielle des écarts de performances entre variétés d'hiver et de printemps

À l'inverse des variétés de printemps, l'apport azoté quantitatif et qualitatif ne suffit plus pour expliquer les écarts de performances aux témoins avec les variétés d'hiver. Les facteurs antinutritionnels sont souvent évoqués, pour expliquer les écarts entre traitements, notamment par les expérimentateurs français, moins souvent par les expérimentateurs étrangers (DAVIES, 1984 ; SANDRA et al, 1987). Les lectines (ou hémalectinines) sont hors de cause (BERTRAND, 1984 ; AUBRY et BOUCROT, 1986). Plusieurs observations permettent d'émettre l'hypothèse de la nocivité des facteurs antitrypsiques du pois :

- Les variétés d'hiver en contiennent 2 à 4 fois plus que les variétés de printemps (VALDEBOUZE et GABORIT, 1985).. Les 3 variétés suivantes : Amino (4,4 UIT/mg), Vendevil (6,5) et Frisson (10,9), se classent, dans un essai comparatif, sur les performances d'engraissement, dans l'ordre inverse de leur teneur en antitrypsiques. (GROSJEAN et al, 1986) ;
- Le CUDa des protéines du pois d'hiver est, en moyenne, de 3 points inférieur à celui du pois de printemps (INRA, 1984, en accord avec LETERME et al, 1989, qui obtiennent la même dégradation avec pourtant, deux variétés de printemps : Finale et Progreta, dosant respectivement 2,35 et 7,48 UIT/mg M.S).
- Les antitrypsiques sont thermolabiles. Les traitements technologiques occasionnant des élévations de température importantes les détruisent : cas de l'extrusion (GUEGUEN et al, 1980b), de la cuisson (FALVEY et VISITPANICH, 1980, VISITPANICH et al, 1985 ; SASTRY et MURRAY, 1987). La granulation à la vapeur n'en détruirait que 15 à 50 % (CARRE et al, 1987). Dans plusieurs cas, ces traitements appliqués au pois ont permis une amélioration des performances zootechniques (MYER et FROSETH, 1980 ; MYER et FROSETH, 1981 ; BERTRAND et al, 1982 ; GROSJEAN et CASTAING, 1983a...).

Cependant, le rôle des facteurs antitrypsiques est controversé et d'autres observations peuvent rendre perplexe :

- La nature des facteurs antitrypsiques du pois présente des différences par rapport à ceux du soja cru (TOME et al, 1981) ;
- La réduction des CUDN est identique, chez des porcelets sevrés à 10-12 jours, recevant un régime avec pois ou soja cru ou tourteau de soja, relativement à un régime à base de protéines animales (BERTRAND, 1984). Dans le régime avec tourteau de soja dépourvu d'antitrypsiques, l'auteur observe la même hypertrophie pancréatique et des sécré-

tions comparables de protéases ;

- L'effet favorable des traitements thermiques peut aussi s'expliquer par la destruction totale de la structure cristalline et corpusculaire de l'amidon et la dénaturation des protéines. CARRE et CONAN (1989) démontrent, chez le poussin, une amélioration de la digestibilité de l'amidon et des protéines, qui expliquerait respectivement 70 et 25 % de l'augmentation d'énergie métabolisable d'un régime contenant du pois autoclavé par rapport au même régime contenant du pois cru.

Quoi qu'il en soit, le rôle exact des facteurs antitrypsiques n'est pas clairement élucidé (LIENER, 1975 ; MITJAVILA, 1985 ; TOME et al, 1985). D'autres explications possibles des écarts de performances peuvent être évoquées. Relativement au pois de printemps, les variétés d'hiver présentent :

- Une teneur en cellulose brute supérieure d'1 à 2 points. Cependant, dans nos analyses, les relations entre cette variable et les performances sont faibles ou nulles, confirmant la relative bonne digestibilité de la cellulose brute du pois (VERMOREL, 1973 ; CHENUZ et JOST, 1979 ; HLODVERSON, 1987), tant que le taux global de cellulose de la ration ne dépasse pas 8 % (MEIER et al, 1981) ;
- Une richesse inférieure de 1 à 3 points d'amidon (INRA, 1984 ; GROSJEAN et GATEL, 1986) ;
- Un taux de MAT supérieur de 2 points en moyenne (tables ITP-ITCF, 1986), ce qui tendrait à limiter le tourteau de soja associé et accroîtrait la probabilité d'apport suboptimal en un ou plusieurs acides aminés essentiels. En réalité, dans notre étude, les taux moyens de MAT et d'acides aminés et leur dispersion sont identiques entre les régimes expérimentaux avec le pois d'hiver et de printemps (tableau 3).
- Une teneur en protéines insolubles un peu plus élevée (GUEGUEN et BARBOT, 1987). Par ailleurs, la conformation de certaines fractions protéiques les rend plus difficiles à attaquer par les enzymes protéolytiques (BOZZINI et SILANO, 1978, cité par VIROBEN et BERTRAND, 1985). Il resterait à démontrer que les variétés d'hiver et de printemps se distinguent sur ce point ;
- Une dureté plus élevée de l'amidon rendant efficace, en tout cas sur volaille, un broyage fin, permettant une meilleure attaque enzymatique (LONGSTAFF et MAC NAB, 1987), et la granulation qui réduirait les fortes liaisons intermoléculaires (CARRE et al, 1987).

Il apparaîtrait, en l'état actuel des connaissances, que **l'écart d'efficacité zootechnique entre les variétés d'hiver et de printemps soit d'explication multifactorielle sans que la nature et l'importance relative des facteurs en cause puissent être ordonnées et quantifiées**. Cependant, nos résultats tendent à montrer que les facteurs explicatifs réels sont corrélés positivement aux facteurs antitrypsiques, quel que soit le poids réel de ceux-ci.

Il semble urgent d'intensifier les recherches dans ce domaine car le pois d'hiver se développe dans le Sud de la France. La surface emblavée en 1988 était de 39 300 ha contre 9 200 ha en 1986. Sa culture constitue une possibilité de diversification intéressante dans ces régions. Il serait dommage que les fabricants français d'aliments du bétail deviennent réticents à

l'encontre du pois devant le retour éventuel des variétés d'hiver, alors qu'ils ont mis plusieurs années avant de l'introduire massivement dans les régimes. L'urgence est d'autant plus grande que la sélection sur l'aptitude «à passer l'hiver» est un axe prioritaire, sinon unidirectionnel, et d'autant que les sélectionneurs ne considèrent pas généralement l'abaissement de la teneur en facteurs antitrypsiques comme un critère important à prendre en compte.

### 3.2. Porcelets

Les essais sur porcelets montrent, en valeur moyenne, qu'au delà de 15 à 20 % de pois, les performances sont inférieures à celles des témoins. Cependant, une publication récente (GATEL et al, 1989) montre qu'un taux d'incorporation de 30 % de pois de printemps n'hypothèque pas les performances si le régime est correctement pourvu et équilibré en acides aminés essentiels.

La variabilité des réponses du porcelet à un taux croissant de pois est importante. Elle est, en partie, liée à la variabilité des conditions expérimentales (poids et âge au sevrage et en début d'essai, présence ou non d'une période pré-expérimentale, durée de l'essai...) et aux écarts de composition entre les régimes témoins. En particulier, ceux concernant le pois d'hiver sont moins bien pourvus en acides aminés, favorisant ainsi les régimes expérimentaux correspondants. Néanmoins, la tendance favorable au pois de printemps se retrouve, mais est moins nette que chez les porcs charcutiers. Pourtant, les porcelets sont réputés plus sensibles à l'influence des facteurs antitrypsiques, (FEKETE et al, 1984), qui, en outre, augmenteraient les besoins en acides aminés, notamment soufrés (MONTIES, 1981). La considération des caractéristiques nutritionnelles des régimes expérimentaux, relativement aux témoins, ne permet pas de fournir des éléments d'explication à cette variabilité, ni aux écarts de performances, par rapport aux témoins. S'agit-il d'une variabilité de réponse du porcelet récemment sevré ou de la variabilité des pois utilisés ?

### 4. CONCLUSION - PROPOSITIONS

Pour la formulation des aliments simples (céréales, pois, tourteaux, CMV) du présent travail, nous retiendrons les con-

clusions et les propositions pratiques suivantes :

#### Porcs charcutiers

1. Avec des régimes à base de blé, le pois de printemps ne provoque aucune baisse des performances, même chez les femelles en croissance. La substitution totale (suppression du tourteau de soja) est possible. D'une façon générale, aucune supplémentation en acides aminés n'est nécessaire ;
2. Avec des régimes à base de maïs, le pois de printemps peut hypothéquer les performances au delà d'un taux d'incorporation de 25 % chez les femelles en croissance et au delà de 30 % sur la période totale d'engraissement, mâles castrés et femelles confondus. Le risque est aggravé, en substitution totale, et peut s'accompagner d'une réduction des performances de croissance et d'un accroissement d'adiposité des carcasses. Sur le plan pratique, deux stratégies sont possibles :
  - limiter l'incorporation du pois à 30 % ;
  - utiliser une supplémentation en acides aminés industriels, notamment en tryptophane.
3. Avec le pois d'hiver, il paraît prudent d'en limiter l'incorporation à 15-20 %, quelle que soit la céréale utilisée.

#### Porcelets

4. Il est possible d'introduire dans les régimes «2ème âge», au delà de 9-10 kg, 15 à 20 % de pois sans risque zootechnique particulier, permettant ainsi de limiter l'apport de tourteau de soja entre 20 et 25 % dans les régimes simples ;
5. Les connaissances sont actuellement insuffisantes pour nuancer le conseil pratique en fonction du type de pois ou de la céréale.

#### Truies

6. Le pois de printemps peut remplacer tout ou partie du tourteau de soja dans les aliments pour truies ;
7. Le pois d'hiver n'a pas fait l'objet d'essais de longue durée.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALAVIUKHOLA T., 1979. Maatalouden Tutkimuskeskus (Finland), n° 2, 14 p.
- AUBRY M., BOUCROT P., 1986. Ann. Nutr. Métab., 30, 175-182.
- BAKER D.H., 1981. Pig News Inf., 2, 149-152.
- BATTERHAM E.S., WATSON C., 1985. Anim. Feed. Sci. Technol., 13, 171-182.
- BELL J.M., WILSON A.G., 1970. Can. J. Animal Sci., 50, 15-23.
- BENGALA FREIRE J., HULIN J.C., PEINIAU J., AUMAITRE A., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 75-82.
- BERTRAND G., 1984. Contribution à l'étude des lectines du pois protéagineux (*Pisum sativum*). Thèse Doctorat ENSA Rennes, 55 p.
- BERTRAND G., PEREZ J.M., QUEMERE P., 1980. Journées Rech. Porcine en France, 12, 215-226.
- BOROWA E., LOUGNON J., KIENER T., 1987. Journées Rech. Porcine en France, 19, 271-280.
- BOUARD J.P., CASTAING J., FEKETE J., LEUILLET M., MERLE F., 1980. Journées Rech. Porcine en France, 12, 203-214.
- CARRE B., ESCARTIN R., MELCION J.P., CHAMP M., ROUX G., LECLERCQ B., 1987. British Poultry Science, 28, 219-229.
- CARRE B., CONAN L., 1989. In «Recent advances of research in anti-nutritional factors in legume seeds». 103-106. Pudoc Ed. Wageningen..
- CASTAING J., LEUILLET M., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 151-162.
- CASTAING J., GROSJEAN F., 1985. Journées Rech. Porcine en France, 17, 407-418.
- CHENUZ M., JOST M., 1979. Revue suisse Agric., 11 (6), 249-251.
- DAVIES R.L., 1984a. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband., 24, 350-353.
- DAVIES R.L., 1984b. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husband., 24, 507-511.
- DELORT-LAVAL J., VIROBEN G., CHAMP M., BERTRAND F.,

1981. Revue de l'Alimentation Animale, 349, 9-17.
- EGOROV A. Svinovodstvo, 11, 17-18.
  - FALVEY L., VISITPANICH T., 1980. Thai. J. Agric. Sci., 13, 29-34.
  - FEKETE J., CASTAING J., LAVOREL O., LEUILLET M., QUEMERE P., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 393-400.
  - GATEL F., FEKETE J., 1987. Journées Rech. Porcine en France, 19, 265-270.
  - GATEL F., FEKETE J., GROSJEAN F., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 83-88.
  - GORANSSON L., 1978. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Husbandry. Report 55, 20-29.
  - GROSJEAN F., CASTAING J., 1983 a. Journées Rech. Porcine en France. 15, 347-360.
  - GROSJEAN F., CASTAING J., 1983 b. Journées Rech. Porcine en France. 15, 335-346.
  - GROSJEAN F., CASTAING J., GATEL F., 1986. Journées Rech. Porcine en France. 18, 47-56.
  - GROSJEAN F., GATEL F., 1986. Pig news and information, 7 (4), 443-448.
  - GUEGUEN J., QUEMENER B., VALDEBOUZE P., 1980. Lebensim. Wiss. u. - Technol., 13, 72-77.
  - HANSEN V., WULFF M., 1972. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog, København, n° 397, 47 p.
  - HENRY Y. et PASTUSZEWSKA B., 1976. Ann. Zootech., 25 (1), 143-148.
  - HENRY Y., 1980. Journées Rech. Porcine en France. 12, 183-194.
  - HENRY Y., PEREZ J.M., 1986. Journées Rech. Porcine en France. 18, 57-66.
  - INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA ed. Paris, 282 p.
  - ITCF-SEAP, 1978. Compte-rendu Areines porcs 19. 15 p.
  - ITP-ITCF, 1986. Tables d'alimentation pour les porcs. ITP Ed. Paris, 27 p.
  - HLODVERSSON R., 1987. Anim. Feed Sci. Technol., 17, 245-255.
  - HOMB T., 1980. Institutt for husdyrernaering, Norges landbruks-hogskole. Stensiltrykk n° 103. 20 p.
  - KRACHT W., OTTO E., OHLE H.O., MARTZKE W., 1981. Tierernaerung und Fütterung, 12, 145-157.
  - LAVOREL O., FEKETE J., BOUARD J.P., LEUILLET M., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 109-124.
  - LAVOREL O., LEUILLET M., 1984. Journées Rech. Porcine en France. 16, 271-284.
  - LETERME P., BECKERS Y., THEWIS A., 1989. In «Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds». 121-124 - Pudoc Ed. Wageningen
  - LE TUTOUR L., 1986. Journée AFTAA, 14 mai 1986. 4 p.
  - LIENER I.E., 1975. Protein nutritional quality of foods and feeds - Part 2 - Ed. by M. FRIEDMAN, M. Dekker Ed. New-York, 523-545.
  - LINNEMAN F., LAURSEN B., DANIELSEN V., NIELSEN H.E., 1975. Statens Husdyrbrugsforsog, København, n° 27, 37 p.
  - LONGSTAFF M., MAC NAB J.M., 1987. British Poultry Science, 28, 261-285.
  - LOUGNON J., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 95-102.
  - LOUGNON J., 1984. Journées Rech. Porcine en France. 16, 371-382.
  - LUND S., HAKANSSON J., 1986. Anim. Feed Sci. Technol., 16, 119-128.
  - MADSEN A., MORTENSEN H.P., 1985. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog, København, n° 581, 45 p.
  - MEIER H., KESTING U., POPPE S., 1981. Arch. Tierernährung, 31 (3), 187-193.
  - MITJAVILA S., 1985. Protéines Végétales. Technique et Documentation Lavoisier Ed. Paris, 129-157.
  - MOSZKUTELO I., IRKLI E., KAISAROV R., 1984. Svinovodstvo 5, 31-32.
  - MYER R.O., FROSETH J.A. 1980. J. Anim. Sci., 53, suppl. 1, p. 519, Abstract 141.
  - MYER R.O., FROSETH J.A., 1981. J. Anim. Sci., 51, suppl. 1, p. 433.
  - NARDIELLO R.A., OLSEN C.E., CASAL J.J., GARCIA P.T., 1980. Informe Técnico, Estacion Experimental Regional Agropecuaria Pergamino, n° 165, 7 p.
  - NOBLET J., HENRY Y., BOURDON D., 1980. Ann. Zootech., 29 (2), 103-119.
  - NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. Journées Rech. Porcine en France. 19, 259-264.
  - PALISSE-ROUSSEL M., JACQUOT L., MAURY Y., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 383-392.
  - PEREZ J.M., LEUILLET M., BOURDON D., 1979. Perspectives Agricoles, 27, 19-25.
  - PEREZ J.M., BOURDON D., 1982. Journées Rech. Porcine en France. 14, 283-296.
  - QUEMERE P., FEKETE J., LEUILLET M., 1982. Journées Rech. Porcine en France. 14, 267-282.
  - QUEMERE P., 1988. Thèse Docteur Ingénieur, INA Paris Grignon, 96 p.
  - RERAT A., HENRY Y., 1970. Journées Rech. Porcine en France, 2, 61-67.
  - SANDRA A., EDWARDS D.S., ROGERS-LEWIS D.S., FAIRBAIRN C.B., 1987. J. Agric. Sci. Camb., 108, 383-388.
  - SASTRY M.C.S., MURRAY D.R., 1987. J. Sci. Food Agric., 40, 253-261.
  - TOME D., DHOYE C., GABORIT T., KOZLOWSKI A., VALDEBOUZE P., 1981. Sci. Aliments, 1 (4), 587-601.
  - TOME D., VALDEBOUZE P., KREMPF M., 1985. In : Protéines végétales. Technique et Documentation Lavoisier Ed. Paris, 309-333.
  - VALDEBOUZE P., GABORIT T., 1985. Rev. Alim. Anim., 392, 45-47.
  - VERMOREL M., 1973. Ann. Zootech., 22 (3), 253-265.
  - VIROBEN G., BERTRAND D., 1985. In : Proteines végétales. Technique et Documentation Lavoisier Ed. Paris, 523-545.
  - VISITPANICH T., BATTERHAM E.S., NORTON B.W., 1985. Aust. J. Agric. Res., 36, 337-345.
  - VLCEK A., NAVRATIL B., 1972. Zivocisna Vyroba, 17, 485-502.
  - WOJCIK S., WIDENSKI K., MROZ Z., 1981. CAB - Nutrition Abs. and Rev. n° 053-02101.
  - ZEMAN L., SISKE V., 1983. Zivocisna vyroba, 28, 779-787.