A 79.3

TECHNOLOGIE DE RÉPARTITION DES ALIMENTS DE SEVRAGE PRÉCOCE DU PORCELET : CONSÉQUENCES DU MODE DE PRÉSENTATION (FARINE OU GRANULÉS) ET DES CONDITIONS D'AGGLOMÉRATION SUR L'UTILISATION DE RÉGIMES A BASE D'ORGE OU DE MAÏS

*P. QUEMERE (1), G. BERTRAND (1), J.M. PEREZ (2), B. SEVE (2) **

(1) S.E.R.E.P. - Institut Supérieur Agricole - 60026 Beauvais
(2) I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Elevage des Porcs - 78350 Jouy-en-Josas

INTRODUCTION

Les données disponibles sur l'utilisation comparée des céréales par le jeune porcelet sont souvent contadictoires (PEREZ, BOURDON et HENRY, 1978). Pour expliquer ces divergences, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. L'une tient à la variabilité de l'état physiologique et des besoins associés au sevrage, (SEVE et AUMAITRE, 1978) dépendant étroitement de la maturité, donc de l'âge et du poids d'un animal en plein développement. Une seconde hypothèse concerne l'interaction possible de l'efficacité nutritionnelle d'une céréale avec le mode de présentation de la ration (PEREZ et al., 1977), que confirment les résultats de BERTRAND et al. (1977). D'autres facteurs peuvent également intervenir, tels que la granulométrie de la farine ou les conditions d'agglomération des aliments. A cet égard, l'intérêt de l'utilisation de granulés par le porcelet a été maintes fois souligné depuis les premiers essais de SALMON-LEGAGNEUR et FEVRIER (1955), mais peu d'expériences mettent en relation la technologie de préparation des aliments avec les performances zootechniques des animaux (AUMAITRE et al., 1977).

L'objet de la présente étude est de comparer dès le sevrage, deux céréales (orge et maïs), dans des aliments présentés soit sous forme de "farine", soit sous forme de "granulé" en distinguant deux modes d'agglomération (à sec ou avec vapeur) bien caractérisés quant aux conditions opératoires.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1 / Schéma expérimental

360 porcelets ont été utilisés pour étudier l'influence de trois facteurs :

- la nature de la céréale (orge, maïs)
- le mode de présentation (farine, agglomérés à sec, agglomérés avec vapeur)
- la classe de poids (porcelets lourds et légers)

Le même schéma expérimental est répété trois fois dans le temps (essais 1, 2 et 3). Chaque répétition porte sur 120 porcelets sevrés le même jour et placés sur caillebotis métallique dans un local post-sevrage climatisé (température maîtrisée, ventilation par surpression), à un âge compris entre 3 et 4 semaines.

A l'intérieur d'un sous-bloc constitué par une classe de poids, on compare 6 traitements élémentaires répartis au hasard dans 6 cases de 10 porcelets. Le dispositif factoriel adopté est donc un **split-plot (sans bloc) avec répétition** pour la variable gain de poids (données individuelles) et **sans répétition** pour les variables faisant l'objet d'une mesure globale par case (consommation, indice de consommation). A la mise en lots, des sextuplés sont constituées avec des porcelets de même sexe, de poids voisins et issus de portées d'âge et de type génétique semblables.

Les caractéristiques des porcelets en début d'essai figurent au tableau 1.

(*) Avec la collaboration technique de G.GRES, P. LE GRAND (I.S.A. BEAUVAIS), H. ROY, Anne-Marie MOUNIER et Solange DELASALLE (I.N.R.A.)

TABLEAU 1

CARACTÉRISTIQUES DES PORCELETS A LA MISE EN LOTS (ESSAIS 1,2 et 3)

ESSAI	1		2		3	
Nombre de porcelets	120		120		120	
Poids moyen, kg	5,88 ± 1,09		6,35 ± 1,18		7,50 ± 1,64	
Age moyen, j	22,9 ± 3,5		26,0 ± 3,6		29,7 ± 3,5	
Classes de poids	Légers	Lourds	Légers	Lourds	Légers	Lourds
Poids moyen, kg	5,06	6,70	5,43	7,23	6,17	8,85
Age moyen, j	21,6	24,3	24,8	27,2	28,1	31,2

2 · Aliments

2.1 · Composition et distribution

Six traitements expérimentaux sont mis en comparaison : 3 modes de présentation x 2 céréales. Chaque régime comprend la distribution de deux aliments successifs : premier âge (entre 3 et 6 semaines), deuxième âge (entre 6 et 10 semaines). Ils sont offerts à volonté dès l'entrée en local post-sevrage et la transition entre les deux aliments s'effectue rapidement en 2 ou 3 jours.

La composition et l'analyse des régimes expérimentaux sont rapportées au tableau 2

TABLEAU 2

COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX

ALIMENTS	PREMIER AGE		DEUXIEME AGE	
	« ORGE »	« MAIS »	« ORGE »	« MAIS »
Constituants %				
Orge	62	–	72,5	–
Maïs	–	60	–	69,0
Tourteau soja 50	13	16	21,5	25,0
Poudre lait écrémé	10	10	–	–
C.P.S.P. 80 (1)	7	7	2	2
Suif 1er jus	4	3	–	–
Mélange minéral	3	3	3	3
Oligoéléments, vitamines	1	1	1	1
Composition chimique moyenne (2)				
Matière sèche	90,5	90,6	89,8	89,8
Cendres %	6,8	5,9	6,0	5,2
Matières azotées %	22,2	22,5	20,6	20,2
Lysine % (3)	1,39	1,40	1,11	1,12
Méthionine + Cystine % (3)	0,82	0,87	0,71	0,77
A.D.F. % (4)	4,4	2,3	5,3	3,0
Énergie brute (Kcal/kg)	4082	4110	3849	3918

(1) C.P.S.P. = Concentré de Protéines Solubles de Poisson

(2) Chaque donnée représente la moyenne de 9 analyses.

(3) Calculé d'après analyse des matières premières.

(4) A.D.F. = Acid Detergent Fibre selon VAN SOEST.

Les aliments ont été formulés de manière à renfermer au minimum 22,5 % de matières azotées totales et 1,40 % de lysine pour la période 1er âge, 20 % de MAT et 1,1 % de lysine au cours de la phase 2e âge, quelle que soit la nature de la céréale ou le mode de présentation. Dans les deux cas une variation de la proportion de tourteau de soja permet de compenser les différences de teneur en protéines des céréales. Les aliments 1er âge renferment en outre un même pourcentage de poudre de lait et de farine de poisson. En premier comme en deuxième âge, les règimes sont sensiblement iso-énergétiques sur la base de l'énergie brute.

2.2 · **Conditions de fabrication des aliments et mesures des paramètres technologiques**

Les prémélanges céréale-soja sont broyés à la grille de 3 mm. Les mélanges définitifs sont effectués dans une mélangeuse par charge de 150 kg (aliment 1er âge) ou 500 kg (aliment 2e âge). L'agglomération est effectuée à ampérage constant sur une presse GONDARD V 300 de 60 CV équipée d'une filière de 3 mm de diamètre (intérieur) dans les essais 1 et 2, et par une presse GONDARD VT 400 de 100 CV à filière tournante d'axe horizontal et de 2,5 mm de diamètre de perforations dans l'essai 3.

On a mesuré la granulométrie des aliments, les variations de **température** (entrée du produit, sortie filière), les taux d'humidité à l'entrée et à la sortie de la presse, **les débits horaires** ainsi que les caractéristiques physiques des agglomérés (dureté, friabilité).

Les mesures de la **granulométrie** des farines sont réalisées à l'aide d'un appareil TAMISOR muni de 6 tamis à mailles carrées (1,000 - 0,800 - 0,500 - 0,315 - 0,200 - 0,080 mm), trois tamisages sont effectués par échantillon, d'une durée de 15 minutes et sur des prises d'essai de 100 g. La granulométrie moyenne correspond à la médiane (d50) de la distribution supposée log-normale des diamètres de particules (MELCION, communication personnelle).

La **dureté** définie par la résistance maximale à la compression radiale d'un ensemble d'agglomérés de même diamètre et de longueurs connues (DELORT LAVAL et DREVET, 1970), est mesurée à l'aide d'un compressomètre enregistreur LHOMARGHY : chaque résultat exprimé en bars par cm de longueur d'aggloméré représentent la moyenne des mesures effectuées, 24 h après la fabrication, sur 12 échantillons. La **friabilité** ou résistance à l'abrasion et aux chocs, est exprimée par le pourcentage moyen (n = 8) de particules fines obtenues en 10 minutes sur 100 g d'agglomérés dans un appareil à caisson rotatif BUHLER DLV 100 tournant à 50 tr/mn (MELCION et al., 1974).

RÉSULTATS TECHNOLOGIQUES (tableau 3)

Il apparaît dans le tableau 3 que la composition des aliments et le mode de pressage influence les conditions de fabrication (débit, température) et modifient les caractéristiques technologiques des granulés, malgré certaines difficultés pratiques (faibles quantité d'aliments traitées en une seule fois, maintien constant de l'ampérage).

L'emploi de la vapeur, la présence de maïs et l'absence de lait écrémé dans l'aliment (cas du 2e âge) permettent d'accélérer le **débit** horaire. L'élévation de la **température**, en relation avec la puissance absorbée, varie peu intra-essai et intra-mode d'agglomération. Néammoins dans l'essai 2, un engorgement initial de la filière a imposé un accroissement de l'ampérage de travail. Les températures se sont élevées en conséquence jusqu'à un maximum de 94° dans le cas de l'aliment "maïs-1er âge".

TABLEAU 3

INFLUENCE DU MODE DE PRESSAGE SUR LES CONDITIONS DE FABRICATION ET LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES AGGLOMERÉES

ALIMENTS		PREMIER AGE				DEUXIEME AGE			
Céréales		Orge		Maïs		Orge		Maïs	
Mode d'agglomération		Sec	Vapeur	Sec	Vapeur	Sec	Vapeur	Sec	Vapeur
ESSAI 1	Granulométrie (1)	0,40	0,33	0,44	0,46	0,35	0,35	0,42	0,38
	ΔT (2)	50	52	47	44	62	56	58	56
	Débit (3)	1017	1143	1143	1143	702	881	964	961
	Dureté (4)	1,7	4,9	1,2	2,5	2,7	4,1	1,2	2,5
	Friabilité (5)	10,8	2,9	11,3	3,8	2,8	1,8	17,8	6,7
ESSAI 2	Granulométrie	0,38	0,41	0,39	0,41	0,34	0,37	0,40	0,41
	ΔT	68	65	82	60	65	66	73	67
	Débit	340	850	408	680	600	878	600	1285
	Dureté	4,5	5,1	6,0	5,4	3,4	3,6	4,6	2,3
	Friabilité	3,0	2,1	1,5	1,8	3,2	2,7	3,7	8,2
ESSAI 3	Granulométrie	0,54	0,57	0,60	0,55	0,35	0,41	0,47	0,47
	ΔT	52	47	45	45	52	53	50	49
	Débit	850	785	1275	1700	1895	1800	2118	2400
	Dureté	2,7	5,3	1,3	3,9	2,8	6,7	2,0	3,9
	Friabilité	5,4	2,7	10,4	3,8	6,1	2,4	11,0	8,6

(1) Diamètre moyen des particules (mm)

(2) Variation de température (°C) entrée-sortie filière

(3) Débit horaire en Kg

(4) Résistance à la compression radiale (bar/cm d'aggloméré)

(5) Pourcentage moyen de particules fines extraites après passage dans le caisson rotatif.

Les qualités technologiques des granulés paraissent moins liées aux caractéristiques initiales (granulométrie) qu'aux conditions de pressage où à la composition de l'aliment.

Les effets des différents facteurs sur la **dureté** sont semblables dans les essais 1 et 3. L'agglomération avec vapeur donne un granulé deux fois plus dur que le traitement à sec ; l'orge augmente la dureté des granulés comparativement au maïs tandis que la présence de poudre de lait (aliment 1er âge) affecte peu ce paramètre. En revanche, dans l'essai 2, l'engorgement de la filière et l'élévation excessive de la température se traduisent par une augmentation importante de la dureté des aliments agglomérés à sec quelle que soit la nature de la céréale. L'emploi de vapeur permet de limiter cet inconvénient sauf dans le cas des aliments 1er âge qui renferment du lait écrémé.

La **friabilité** varie en raison inverse de la dureté et cette relation est accentuée lorsque la dureté est inférieure à 3. D'une manière générale, une mauvaise cohésion des granulés est observée lorsque le débit est trop rapide. Cependant les excès de friabilité sont plus souvent le fait d'aliments agglomérés à sec que d'aliments pressés avec vapeur.

En conclusion, cette expérience fait bien ressortir, tous les avantages de l'emploi de vapeur, pour obtenir une qualité constante des granulés dans les bonnes conditions de fabrication (débit et puissance absorbée).

RÉSULTATS ZOOTECHNIQUES (Tableaux 4, 5 et 6)

1 · Période 1er âge (Essais 1, 2 et 3)

- **Consommation** (tableau 4)

Dans le cas des aliments à base **d'orge**, l'agglomération entraîne une baisse de la consommation (significative dans l'essai 2, $P < 0,10$) plus importante avec la granulation à sec (— 16 %) qu'à la vapeur (— 8 %). En revanche, le mode de présentation à peu d'incidence sur la consommation des aliments à base de **maïs**. Néammoins chez les porcelets "légers" la granulation avec vapeur s'accompagne d'une réduction d'environ 10 % du niveau d'ingestion dans les essais 2 et 3. Sous forme de farine les aliments à base d'orge sont mieux consommés que ceux à base de maïs ($P < 0,05$ dans l'essai 2). Dans les autres cas, les effets sur la consommation sont indépendants du poids des animaux.

TABLEAU 4

QUANTITÉS D'ALIMENTS CONSOMMÉS (g/j/porcelet)

ESSAI	CÉRÉALES		ORGE			MAIS			INTERPRET. STAT. (1)		
	PRÉSENTATION		Farine	G. sec	G. vap.	Farine	G. sec	G. vap.	CV %	Effets simples	Interact.
1	1er âge	Légers	311	339	284	284	316	318	11,4		
		Lourds	424	416	489	466	476	450			
	Période totale	Légers	642	597	631	608	583	622	5,1		
		Lourds	778	731	866	764	815	812			
		Moyennes	**710**	**664**	**748**	**686**	**699**	**717**			
2	1er âge	Légers	308	291	238	273	291	238	4,0	$0 > M^{+}$ $F > G^{+}$	Poids x Pres + Cer x Pres +
		Lourds	479	336	452	379	354	404			
	Période totale	Légers	734	592	636	610	602	572	1,9	$0 > M^{+}$ $F > G^{+}$	Poids x Pres + Cer x Pres +
		Lourds	925	768	852	781	810	777			
		Moyennes	**829**	**680**	**744**	**695**	**706**	**674**			
3	1er âge	Légers	387	293	373	387	393	347	11,3		
		Lourds	513	387	367	427	400	407			
	Période totale	Légers	737	551	705	680	697	661	8,9		
		Lourds	941	741	690	773	676	685			
		Moyennes	**839**	**646**	**698**	**727**	**686**	**673**			
MOYENNES (2)	Premier âge		404 *(100)*	339 *(84)*	371 *(92)*	369 *(91)*	372 *(92)*	361 *(89)*			
	Période totale		793 *(100)*	663 *(84)*	730 *(92)*	703 *(89)*	697 *(88)*	688 *(87)*			

(1) F = Farine — G = Granulés — G. sec = Granulation à sec — G. vap. = Granulation vapeur — 0 = Orge — M = Maïs — Cer = Effet céréale — Pres = effet présentation
+ = $P < 0,10$ * = $P < 0,05$ ** = $P < 0,01$

(2) Moyenne des trois essais — ( ) cf indice, base 100 farine orge

• **Vitesse de croissance** (tableau 5)

L'agglomération des aliments accroît le plus souvent la vitesse de croissance des animaux et ceci de façon très marquée dans l'essai 1 (+ 30 %, P < 0,05). Pour les aliments à base **d'orge** c'est avec le pressage à la vapeur que les effets favorables sur le gain de poids sont les plus constants (+ 11 à + 34 % selon les essais). Pour le **maïs** c'est au contraire avec le pressage à sec que l'amélioration de la croissance pondérale est la plus prononcée (+ 21 %), particulièrement chez les porcelets légers (+ 32 %). Toutes choses égales par ailleurs, la vitesse de croissance ne varie pas avec la nature de la céréale.

TABLEAU 5

GAIN DE POIDS MOYEN (g/j/porcelet)

ESSAI	CÉRÉALES		ORGE			MAIS			INTERPRET. STAT. (1)		
	PRÉSENTATION		Farine	G. sec	G. vap.	Farine	G. sec	G. vap.	CV %	Effets simples	Interact.
1	1er âge	Légers	203	274	272	179	259	264	6,1	F < G*	
		Lourds	287	331	376	311	380	364			
	Période totale	Légers	323	370	333	324	369	365	17,6	O < M+	
		Lourds	363	447	470	450	472	472		F < G**	
		Moyennes	**343**	**409**	**402**	**387**	**421**	**417**			
2	1er âge	Légers	207	231	229	196	257	211	12,7		
		Lourds	313	233	366	327	369	331			
	Période totale	Légers	380	347	346	327	369	331	22,0		Cer. x Pres.+
		Lourds	474	420	442	426	487	452			
		Moyennes	**427**	**383**	**394**	**376**	**428**	**391**			
3	1er âge	Légers	246	225	276	262	332	289	14,3		
		Lourds	332	320	277	287	254	273			
	Période totale	Légers	393	300	411	371	438	387	27		Poids x Cer x Pres. +
		Lourds	464	423	379	440	386	383			
		Moyennes	**428**	**362**	**395**	**406**	**412**	**385**			
MOYENNES (2)	Premier âge		265 *(100)*	269 *(102)*	299 *(113)*	245 *(92)*	299 *(113)*	284 *(107)*			
	Période totale		399 *(100)*	384 *(98)*	397 *(100)*	389 *(97)*	420 *(105)*	398 *(100)*			

(1) F = Farine – G = Granulés – G. sec = Granulation à sec – G. vap. = Granulation vapeur – O = Orge – M = Maïs – Cer = Effet céréale – Pres = effet présentation
+ = P < 0,10 * = P < 0,05 ** = P < 0,01

(2) Moyenne des trois essais – ( ) indice, base 100 farine orge

• **Efficacité alimentaire** (tableau 6, figure 1)

L'agglomération des aliments premier âge conduit dans tous les essais à une amélioration très importante de l'efficacité alimentaire, plus 20 %, aussi bien avec les aliments à base d'orge qu'avec ceux à base de maïs ($P < 0,10$ dans les essais 1 et 2). Bien que l'interaction "poids x présentation" ne soit pas significative on constate néammoins dans tous les essais un effet de la granulation plus favorable chez les porcelets légers que chez les lourds. Au cours de cette première période, l'efficacité des aliments n'est pas influencée par le mode de granulation ni par la nature de la céréale.

TABLEAU 6

EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES RÉGIMES (Gain de Poids, g/aliment ingéré, kg)

ESSAI	CÉRÉALES / PRÉSENTATION		ORGE			MAIS			INTERPRET. STAT. (1)		
			Farine	G. sec	G. vap.	Farine	G. sec	G. vap.	CV %	Effets simples	Interact.
1	1er âge	Légers	658	813	961	632	826	752	9,6	F < G +	
		Lourds	680	800	813	671	800	769			
	Période totale	Légers	505	625	529	535	633	588	6,5	O < M +	
		Lourds	469	613	546	592	578	581		F < G +	
		Moyennes	**488**	**621**	**538**	**562**	**606**	**585**		G. sec > G. vap. *	
2	1er âge	Légers	671	893	893	725	893	893	9,5	F < G +	
		Lourds	658	699	813	629	885	752			
	Période totale	Légers	518	588	546	538	617	581	0,8	O < M **	Poids x Cer +
		Lourds	515	549	521	546	602	585		F < G **	
		Moyennes	**527**	**569**	**534**	**542**	**610**	**583**		G. sec > G. vap. *	
3	1er âge	Légers	637	769	741	680	847	840	9,0		
		Lourds	649	833	758	676	637	676			
	Période totale	Légers	535	546	585	546	629	588	6,4		
		Lourds	495	571	552	571	574	546			
		moyennes	**515**	**558**	**568**	**558**	**602**	**574**			
MOYENNES (2)	Premier âge		656 *(100)*	791 *(121)*	806 *(123)*	663 *(101)*	809 *(123)*	786 *(120)*			
	Période totale		506 *(100)*	587 *(115)*	547 *(108)*	554 *(109)*	606 *(120)*	581 *(115)*			

(1) F = Farine – G = Granulés – G. sec. = Granulation à sec – G. vap. = Granulation vapeur – O = Orge – M = Maïs – Cer = Effet céréale – Pres = effet présentation
+ = $P < 0,10$ * = $P < 0,05$ ** = $P < 0,01$

(2) Moyenne des trois essais -- ( ) indice, base 100 farine orge.

FIGURE 1

EFFICACITE ALIMENTAIRE - PERIODE 1ère AGE
(Base 100 : Orge - Farine)

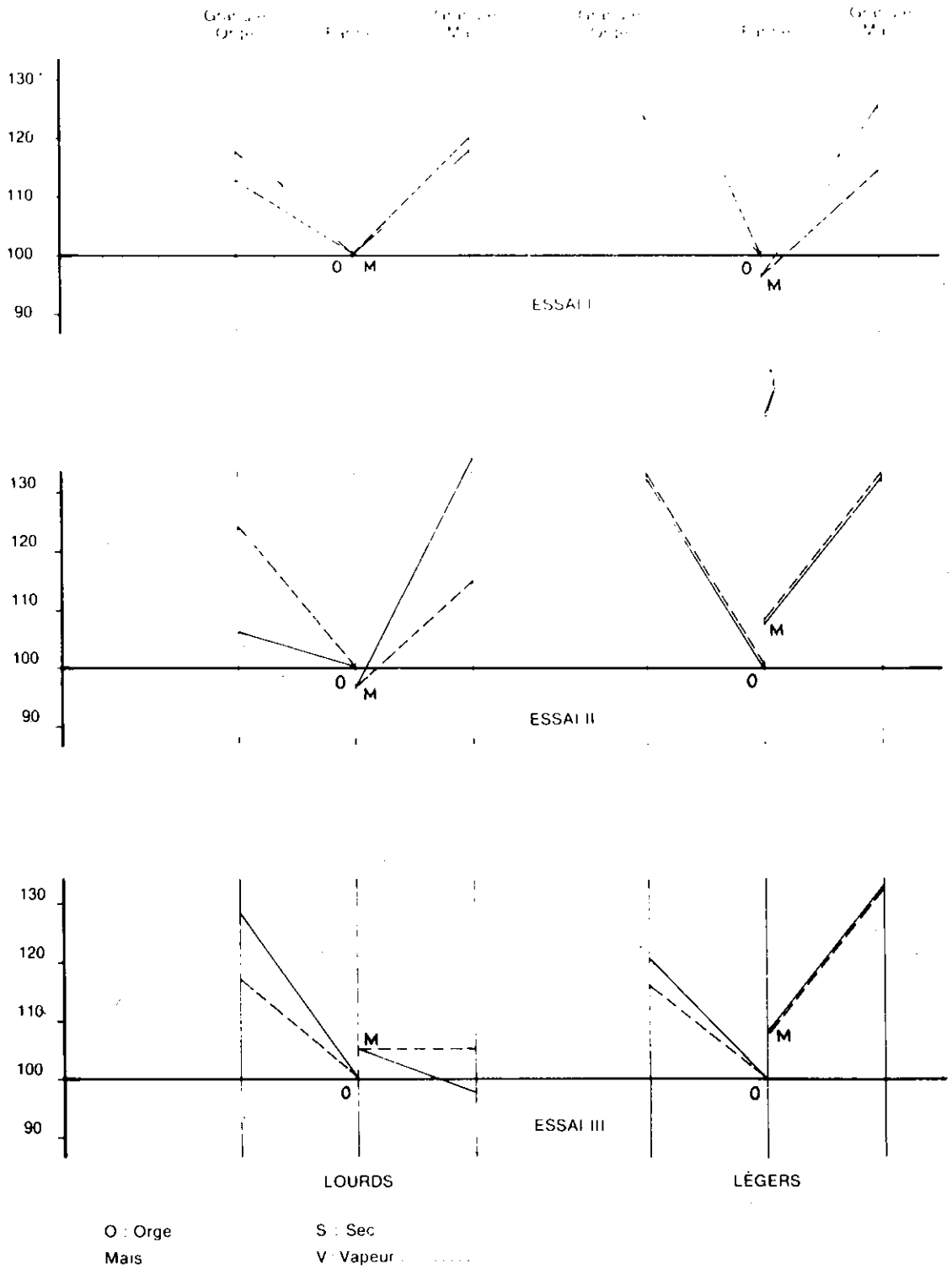
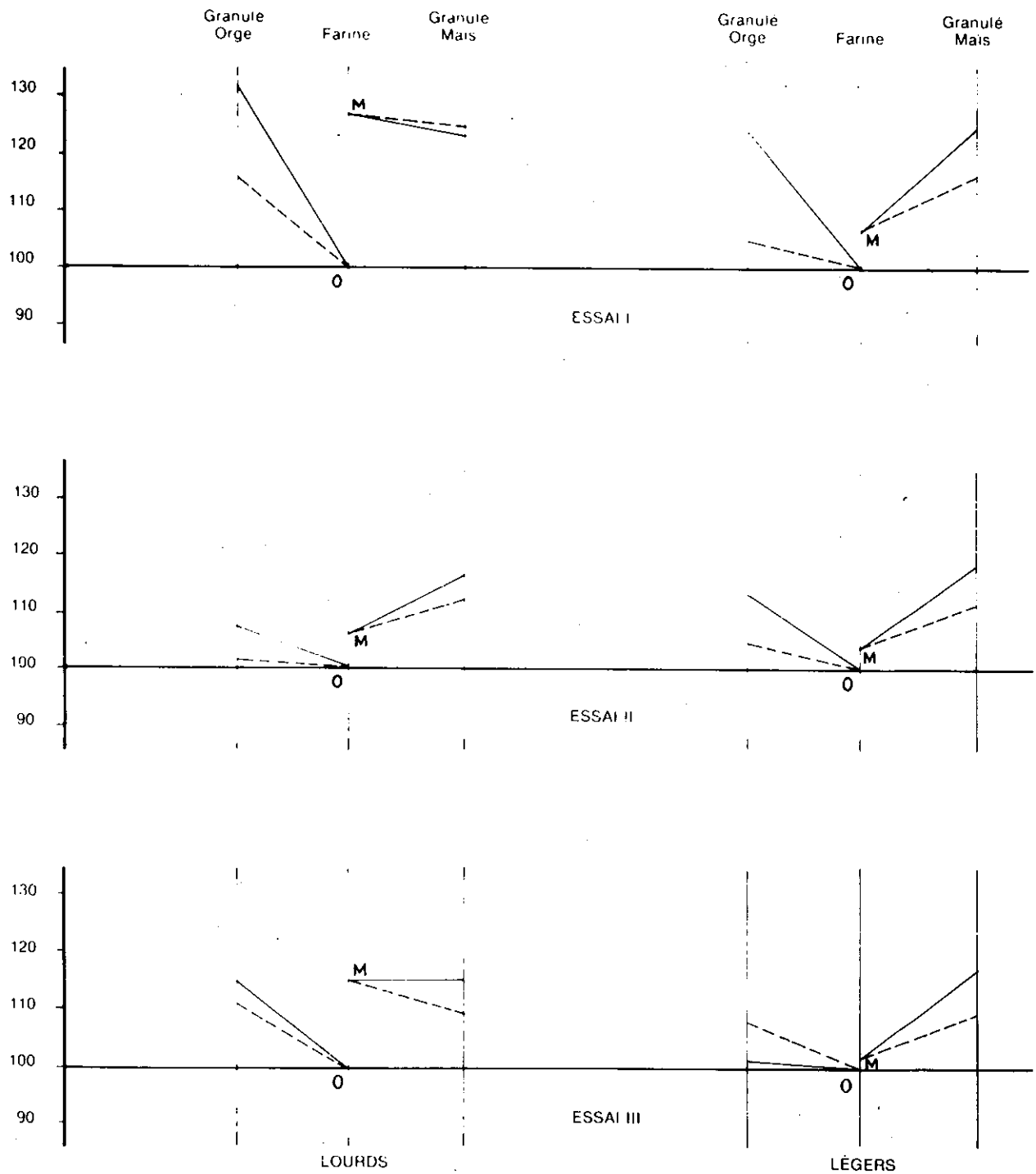


FIGURE 2

EFFICACITE ALIMENTAIRE PERIODE TOTALE
(Base 100 : Orge Farine)



O ORGE S Sec
M Maïs V Vapeur

2 · Période totale (essais 1, 2 et 3)

• **Consommation** (tableau 4).

L'agglomération des aliments à base **d'orge** entraîne une diminution systématique de la consommation (— 12 %), particulièrement marquée avec le pressage à sec (— 16 %, interaction significative à $P < 0,10$ dans l'essai 2), comme on l'observait déjà au cours de la phase initiale. En revanche, le mode de présentation et les conditions d'agglomération n'ont pas d'influence sur la consommation des régimes à base de **maïs**. Les aliments à base d'orge sont mieux consommés, que ceux à base de maïs lorsque les rations sont présentées sous forme de farine (+ 11 %).

• **Vitesse de croissance** (tableau 5)

Avec les aliments à base **d'orge** l'effet favorable de la granulation à la vapeur observé au cours de la première quinzaine n'est pas confirmé sur l'ensemble de la période. De la même façon, l'agglomération à sec des aliments à base d'orge s'accompagne d'un effet positif dans l'essai 1 et négatif dans les essais 2 et 3. Dans le cas du **maïs** les effets relevés en première période se maintiennent bien qu'atténués, c'est ainsi que l'agglomération à sec favorise le gain de poids dans la plupart des cas. Globalement les écarts de croissance pondérale induits par la nature de la céréale sont très faibles dans le cas de la granulation à l'aide de vapeur. Avec la granulation à sec il subsiste une différence (+ 8 %) entre céréales au bénéfice du maïs (interaction "céréales x présentation" significative à $P < 0,10$ dans l'essai 2).

• **Efficacité alimentaire** (tableau 6, figure 2)

Sur l'ensemble de la période expérimentale, les effets de la granulation sont encore significatifs ($P < 0,10$ essai 1, $P < 0,01$ essai 2) bien qu'atténués (+ 10 %) relativement à la période initiale. La supériorité de l'agglomération à sec sur l'agglomération avec vapeur est significative dans deux essais sur trois. Globalement la granulation à sec conduit comparativement à la farine à une amélioration de 15 % de l'efficacité alimentaire avec l'orge et de 11 % avec le maïs. Dans le cas du traitement à la vapeur ces avantages ne sont respectivement que de 8 et 6 %. Par ailleurs, comme l'indique clairement la figure 2, c'est la céréale la moins efficace en farine, en l'occurence l'orge, qui est la mieux valorisée par l'agglomération (effets spectaculaires chez les "lourds" dans les essais 1 et 3). Enfin, les régimes à base de maïs présentent systématiquement et quel que soit le mode de présentation, une meilleure efficacité (+ 7 %) que ceux à base d'orge ($P < 0,01$ dans l'essai 2), ce qui n'apparaissait pas au cours de la période initiale, où l'orge était aussi bien utilisée que le maïs. Dans le même sens, cette supériorité du maïs est accentuée chez les porcelets "lourds" notamment lorsque la ration est présentée sous forme de farine (figure 2).

• **Diarrhées**

L'agglomération des aliments diminue significativement la fréquence des diarrhées dans deux essais sur trois (χ^2, $P < 0,01$), souvent en relation avec un niveau de consommation plus faible. On ne relève aucun effet répétable de la nature de la céréale.

DISCUSSION

1 · Influence du mode de présentation

Dans cette étude, l'effet favorable de l'agglomération des aliments sur le gain de poids est le plus inconstant conformément aux données bibliographiques revues par VANSCHOUBROEK et al. (1971). Cela s'explique sans doute par les influences contradictoires du pressage sur le niveau de consommation ou l'efficacité alimentaire.

Selon VANSCHOUBROEK et al. (1971) chez le porcelet sevré, la **consommation** de farine est en moyenne supérieure de 9 % à celle de l'aliment aggloméré. En fait la consommation de farine serait surestimée dans la même proportion (9 %) relativement au même aliment présenté en granulé (GILL, 1965). Ces données concernant le gaspillage, obtenues avec des régimes à base d'orge pourraient être rapprochées de nos résultats. Cependant, elles ne peuvent expliquer totalement l'écart observé (16 %) entre les présentations "farine" et "granulés à sec". En outre, JENSEN et BECKER (1965) puis WU et FULLER (1974) observent également l'effet dépressif de l'agglomération sur l'appétit des porcelets, mais ne relèvent aucune élévation de la consommation lorsque les granulés sont rebroyés ou émiettés.

En accord avec MELCION et al. (1974) et AUMAITRE et al. (1977), la dureté est plus grande lorsque l'aliment est pressé à sec que lorsqu'il est préalablement traité à la vapeur. Cependant, à aucun moment il n'est possible d'expliquer dans notre étude une faible consommation par une dureté excessive des granulés. JUNG (1972) constate au contraire une augmentation significative des quantités ingérées lorsqu'il distribue des granulés plus durs et moins friables. S'il existe un seuil de dureté au delà duquel la consommation diminue, il n'est probablement atteint que dans de mauvaises conditions de fabrication et/ou en présence de certains constituants (sucre, lactosérum sec...) dans l'aliment.

L'efficacité alimentaire de la ration de sevrage est améliorée en moyenne de 7,4 % par l'agglomération (VANSCHOUBROEK et al., 1971). Cette amélioration a été confirmée depuis par de nombreux auteurs (JUNG, 1972 ; WU et FULLER, 1974 ; BERTRAND et al., 1977 ; STIBIC et MALINSKA, 1977). Dans notre étude, on constate les effets les plus spectaculaires (+ 27 %) immédiatement après sevrage chez les porcelets les plus légers, alors que l'influence de la granulation est limitée voire nulle chez les animaux les plus lourds, comme dans les essais décrits par NEWMAN et al. (1968). Ces effets sont en outre plus marqués et plus prolongés avec la granulation à sec plutôt qu'avec la vapeur. Dans le même sens HINTZ et GARRETT (1967) doutent de l'intérêt d'un traitement à la vapeur avant l'agglomération. LAWRENCE (1971) observe après granulation à sec une augmentation de l'utilisation digestive de l'azote et surtout du cœfficient de rétention azotée qui n'apparaît pas lorsque l'aliment est aggloméré avec vapeur. Cependant, dans l'hypothèse d'une amélioration de la valeur biologique des protéines de la ration après agglomération à sec, on voit mal quel acide aminé essentiel pourrait être concerné. En effet, en ce qui concerne la lysine, la norme de 1,4 % prend en compte les risques de variation de disponibilité dans diverses sources azotées (DUEE et SEVE, 1978) et on a tout lieu de penser que le besoin est satisfait dans tous les cas. Au plan énergétique, une meilleure utilisation est observée après agglomération à sec et parallèlement, l'hydrolyse **in vitro** de l'amidon se trouve accélérée (AUMAITRE et al., 1977 ; MELCION et al., 1974). Néammoins selon LAWRENCE (1971), la teneur en énergie métabolisable de la ration varie peu avec le mode de pressage. L'avantage de l'agglomération pourrait provenir surtout d'une économie d'extra-chaleur liée à la diminution des durées de repas (GILL, 1965) ou à l'accélération du transit digestif (SEERLEY et al., 1962). C'est en tout cas la principale hypothèse retenue par CALET (1965) dans le cas des volailles, mais aucune donnée examinée par cet auteur ne permet de distinguer les deux modes de pressage.

2 · Comparaison orge-maïs

Dans notre étude, la nature de la céréale, comme le mode de présentation, affecte peu la **croissance** pondérale des porcelets. A cet égard, les données bibliographiques sont très discordantes (AUMAITRE, 1969 ; HARROLD et al., 1971 ; QUEMERE et al., 1977). Ces mêmes auteurs observent que les aliments agglomérés à base d'orge sont mieux **consommés** que ceux à base de maïs. Dans nos essais la supériorité de l'orge apparait lorsque la ration est présentée en farine, mais le classement des deux céréales est inversé par le pressage à sec, sans que l'on puisse en donner une interprétation satisfaisante.

La meilleure **efficacité alimentaire** des régimes à base de maïs ne s'affirme qu'au cours de la seconde période. Les taux de lysine et d'énergie brute étant sensiblement égalisés, ces résultats doivent être interprétés en terme de disponibilité des acides aminés ou d'utilisation de l'énergie. Selon EGGUM (1973), la digestibilité de la lysine d'orge est notablement inférieure à celle de la lysine de maïs. Cependant, comme nous l'avons dit plus haut, le taux de 1,4 % de lysine est très probablement déjà suffisant dans tous les régimes. En revanche, le supplément d'énergie digestible que procure les régimes à base de maïs, moins riches en cellulose (cf. tableau 2) est de nature à mieux couvrir le besoin énergétique des porcelets plus lourds ou plus âgés, ce supplément d'énergie restant inefficace au moment du sevrage, conformément à d'autres observations (SEVE et AUMAITRE, 1978). En corollaire, l'orge dont on connait déjà les propriétés de prévention des diarrhées (AUMAITRE, 1969 ; QUEMERE et al., 1977) au sevrage, semble d'autant plus efficace que le porcelet est plus jeune.

CONCLUSION

En conclusion, l'agglomération des aliments destinés au porcelet apparaît sécurisante en améliorant surtout l'efficacité alimentaire et en limitant le nombre des diarrhées. Cet effet favorable de la granulation est plus marqué chez les animaux fragiles c'est-à-dire les porcelets les plus jeunes et les plus légers au sevrage. Conformément aux données bibliographiques c'est le presssage à sec qui garantit la meilleure

efficacité nutritionnelle des régimes, mais le traitement à la vapeur présente des avantages au plan technologique. Enfin il apparaît difficile de hiérarchiser les céréales indépendamment du mode de présentation de la ration, mais aussi de l'âge et/ou du poids des porcelets. A cet égard, nos résultats suggèrent que l'orge, céréale peu énergétique, plus riche en protéines mieux équilibrées, est utilisable dans l'aliment premier âge, alors que le maïs conviendrait mieux à l'aliment deuxième âge.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Mr A. AUMAITRE pour ses suggestions avisées, Mr J.P. MELCION pour son aide dans l'interprétation des données technologiques, Mr B. GIBOULOT et son équipe pour la fabrication des aliments et les mesures effectuées, ainsi que l'I.T.C.F. (Boigneville) pour le matériel utilisé lors des deux premiers essais.

BIBLIOGRAPHIE

— AUMAITRE A., 1969 - Valeur alimentaire du manioc et des différentes céréales dans les régimes de sevrage précoce des porcelets. Utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. Ann. Zootech., **18**, 385-398.

— AUMAITRE A., DUMOND R., 1975 - Utilisation des céréales dans les régimes de sevrage précoce du porcelet : comparaison de l'orge et du blé et efficacité de quelques traitements hydrothermiques. Journées Rech. Porcine en France, **7**, 151-159, I.T.P. éd. PARIS.

— AUMAITRE A., MELCION J.P., VAISSADE P., PEINIAU J., 1977 - L'agglomération des aliments de sevrage précoce du porcelet : conséquences nutritionnelles de la technologie de préparation. Journées Rech. Porcine en France, **9**, 211-215, I.T.P. éd. PARIS.

— BERTRAND G., CHAUVEL J., QUEMERE P., 1977 - L'utilisation comparée de 2 présentations (farine et granulé) et de 3 céréales (orge, blé, maïs) par le porcelet sevré précocement. Considérations sur l'intérêt de la granulation. Bulletin I.T.P. n° 6, 27-37.

— CALET C., 1965 - The relative value of pellets versus mash and grain in poultry nutrition. World's Poultry. Sci. J., **21**, 23-52.

— DELORT-LAVAL J., DREVET S., 1970 - Méthodes d'appréciation de la dureté des fourrages agglomérés. Ind. alim. anim., **110**, 35-39.

— DUEE P.H., SEVE B., 1978 - Alimentation azotée du porc. Journées Rech. Porcine en France, **10**, 167-208, I.T.P. éd. PARIS.

— EGGUM B.O., 1973 - A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. 406-beretning fra forsøgslaboratoriet. Copenhague.

— GILL D.R., 1965 - Effects of barley pretreatment on feeding behavior, rate and efficiency of gains for swine. Dissertation Abstr. 6862.

— HARROLD R.L., DINUSSON W.E., HAUGSE C.N., JOHNSON J.N., 1971 Barley in rations for early-weaned pigs. Farm Research. **28**, 3-4.

— HINTZ H.F., GARRETT W.W., 1967 - Steam pressure processing and pelleting of barley for growing finishing swine. J. Anim. Sci., **26**, 746-748.

— JENSEN A.H., BECKER D.E., 1965 - Effect of pelleting diets and dietary components on the performance of young pigs. J. Anim. Sci., **24**, 392-397.

— JUNG H., 1972 - Untersuchungen über den Einflussunterschiedlicher Konsistenz eines Prästarters für Ferkel auf Lebendmasseentwicklung, Futteraufnahme und aufwand sowie Närhstoffaufnahme und aufwand. Arch. Tierernährung, **22**, 315-322

— LAWRENCE T.L.J., 1971 - Cubing the diet of the growing pig : Some effects on nutritive value of temperature, pressure and physical form. J. Sci. Fd. Agric., **22**, 403-411.

— MELCION J.D., VAISSADE P., VALDEBOUZE P., VIROBEN G., 1974 - Influence des conditions d'agglomération sur quelques caractéristiques physico-chimiques d'un aliment pour porcelet. Ann. Zootech. **23**, 149-160.

— NEWMAN C.W., THOMAS O.O., ESLICK R.F., 1968 - Hulless barley in diets for weanling pigs. J. Anim. Sci., **27**, 981-984.

— O'GRADY J.F., 1978 - The response of pigs weaned at 5 weeks of age to digestible energy and lysine concentrations in the diet. Anim. Prod., **26**, 287-291.

— PEREZ J.M., BOURDON D., HENRY Y., 1977 - L'utilisation des céréales par le porc : dix conclusions pratiques. L'élevage Porcin, **65**, 25-31.

— PEREZ J.M., BOURDON D., HENRY Y., 1978 - Les céréales dans l'alimentation du porc. Bull. Tech. Inf., **331**, 335-361.

— QUEMERE P., BERTRAND G., CHAUVEL J., 1977 - Utilisation comparée de 3 céréales (orge, blé, maïs) par le porcelet sevré précocement. Journées Rech. Porcine en France, **9**, 217-222, I.T.P. éd. PARIS.

— SALMON-LEGAGNEUR E., FEVRIER R., 1955 - Les préferences alimentaires du porcelet. I - Influence du mode de présentation des aliments : granulés ou farine. Ann. Zootech., **4**, 215-218.

— SEERLEY R.W., MILLER E.R., HOEFER J.A., 1962 - Growth, energy and nitrogen studies on pigs fed meal and pellets. J. Anim. Sci., **21**, 829-833.

— SEVE B., AUMAITRE A., 1978 - Recent advances in protein nutrition of early-weaned piglets. World. Rev. Anim. Prod., **14**, 25-32.

— STIBIC J., MALINSKÀ B., 1977 - The effect of the pelleting and composition of starter mixture in piglet growth and feed consumption. Zivoćišna Výroba, **22**, 305-311.

— VANSCHOUBROEK F., COUCKE L., VAN SPAENDONCK R., 1971 - The quantitative effect of pelleting feed on the performance of piglets and fattening pigs. Nutr. Abstr. Rev., **41**, 1-9.

— WU J.F., FULLER M.F., 1974 - A note on the performance of young pigs given maize based diets in different physical forms. Anim. Prod., **18**, 317-320.