

A8507

UTILISATION COMPARÉE DU BLÉ, DU MAÏS ET DE L'ORGE PAR LA TRUIE EN GESTATION.

M. ÉTIENNE

I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, St-Gilles - 35590 L'HERMITAGE.

Avec la collaboration technique de Christiane VACHOT, D. COINTEPAS et J. LEBOST.

INTRODUCTION

La connaissance précise de la valeur énergétique et azotée des matières premières alimentaires constitue un préalable indispensable à l'établissement de régimes équilibrés. Aussi de nombreuses études ont-elles été conduites sur le porc en croissance afin de déterminer la teneur en énergie digestible des céréales qui constituent généralement la base de la ration de cette catégorie d'animaux. Les valeurs obtenues sont à présent bien établies (INRA, 1984). Au contraire, aucune expérience analogue n'a été effectuée sur la truie en reproduction, les seules mesures en cages à bilan étant consacrées à l'étude de l'utilisation des protéines des céréales et des effets de leur supplémentation par les acides aminés limitants (blé : DUEE, 1976, 1977; maïs : RIPPEL *et al.*, 1965; MILLER *et al.*, 1969; ALLEE et BAKER, 1970; HESBY *et al.*, 1970_b; MAHAN *et al.*, 1971; LEWIS et SPEER, 1973, 1974; orge : KRACHT, 1964; FRAPE *et al.*, 1968; BUSCH et RICHTER, 1970; SALMON-LEGAGNEUR et DUEE, 1972). Ce type de travail est pourtant justifié par le manque d'information sur les différences éventuelles d'utilisation de l'énergie des aliments selon l'âge, le poids ou l'état physiologique des animaux. Il a cependant été démontré qu'à un taux élevé dans la ration (5 à 35%), la cellulose purifiée est mieux digérée et son effet dépressif sur l'utilisation digestive de l'énergie du reste de la ration est moins marqué chez des porcs de 80 kg qu'à 35 kg (HENRY et ÉTIENNE, 1969). Autrement dit, la teneur en énergie digestible d'un aliment riche en constituants pariétaux serait plus élevée chez les animaux les plus lourds. Le développement du gros intestin et l'adaptation au régime de la flore intestinale des porcs âgés permettraient des fermentations accrues des nutriments, en particulier cellulosiques, non digérés avant le caecum, conduisant à la synthèse d'acides organiques partiellement absorbés et métabolisés (ÉTIENNE, 1969; IMOTO et NAMIOKA, 1978_{a,b}). Ceci semble bien être le cas chez la truie gravide dont le bilan en énergie digestible est amélioré par l'adjonction à la ration de rafles de maïs (ÉTIENNE et HENRY, 1973) ou de paille hachée (BUSCH *et al.*, 1977). Cette propriété est mise à profit dans certaines expériences où les truies se reproduisent normalement lorsque durant trois gestations successives, elles reçoivent un aliment constitué pour 97% de foin de luzerne (DANIELSON et NOONAN, 1975) ou 100% d'issues de blé (YOUNG et KING, 1981).

Une autre particularité de l'alimentation des truies en gestation réside dans la modicité de leurs besoins azotés quantitatifs et qualitatifs (NRC, 1979; ARC, 1981; INRA, 1984). On peut donc se demander si les céréales, tout au moins celles dont la teneur en protéines est la plus élevée, ne suffiraient pas à elles seules à couvrir les dépenses des femelles gravides. Des essais dans

ce sens reposant sur l'établissement de bilans azotés (cf. études citées plus haut) ou sur des expériences en lots (blé : DUEE, 1976; maïs normal ou Opaque-2 : BAKER *et al.*, 1970; HESBY *et al.*, 1970, 1972; orge : YOUNG *et al.*, 1973) ont déjà été réalisés. Cependant, aucun travail de ce type n'a permis de comparer les principales céréales entre elles.

L'expérience présentée a donc été effectuée dans un double but : mesurer la valeur énergétique et azotée du blé, du maïs et de l'orge pour la truie en gestation, et comparer les effets de ces céréales sur la reproduction lorsqu'elles constituent la quasi-totalité de la ration. Compte tenu de l'absence d'anabolisme gravidique net chez la truie primipare (ÉTIENNE, 1979), il nous a paru intéressant d'effectuer cette étude pendant les deux premières gestations. Ce rapport se limite aux mesures réalisées sur les femelles placées en cages à bilan, les performances de reproduction des animaux devant faire l'objet d'une communication ultérieure.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Quatre vingt quinze truies nullipares Large-White âgées de 229 ± 23 jours (1) et pesant 119 ± 14 kg (1) sont saillies et réparties entre quatre lots. Celles du lot témoin reçoivent pendant toute leur gestation un régime à base d'orge et de tourteau de soja; les femelles des trois autres lots consomment au cours de la même période une ration comportant 96% de céréales : orge de type escourgeon, blé ou maïs. Compte tenu du fait que pour un taux protéique donné de l'aliment, la rétention azotée de la truie gravide varie de façon importante avec les apports d'énergie digestible (ÉTIENNE et HENRY, 1973), nous avons tenté d'égaliser a priori ces derniers pour tous les animaux en recourant à des niveaux d'alimentation différents suivant les lots. Les quantités prévues sont distribuées en 2 repas égaux/jour. Les femelles sont maintenues au même régime pendant deux gestations successives. La composition des aliments et les plans de rationnement sont présentés dans le tableau 1. La composition analytique moyenne des céréales utilisées figure dans le tableau 2.

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES

Lot	Témoin	Orge	Blé	Maïs
Tourteau de soja 50	10,0	—	—	—
Orge	86,0	96,0	—	—
Blé	—	—	96,0	—
Maïs	—	—	—	96,0
Phosphate bicalcique	2,5	2,5	2,5	2,5
Carbonate de calcium	0,7	0,7	0,7	0,7
Chlorure de sodium	0,36	0,36	0,36	0,36
Mélange oligoéléments	0,04	0,04	0,04	0,04
Complément vitaminique	0,4	0,4	0,4	0,4
Teneur en protéines % (N \times 6,25)	13,9	10,5	12,5	9,7
Niveau d'alimentation (kg/j.)	2,35	2,4	2,2	2,2

(1) Moyenne \pm écart-type

TABEAU 2
CARACTÉRISTIQUES ANALYTIQUES DES CÉRÉALES

Céréale	Orge	Blé	Maïs
Matière sèche %	87,1	87,7	87,3
<i>Par rapport à la matière sèche :</i>			
Matière organique, %	93,8	94,4	94,7
Matière grasse, %	2,3	2,3	4,3
Cellulose brute, %	6,1	2,8	1,9
N.D.F., %	26,8	13,4	12,9
A.D.F., %	8,9	3,7	4,0
Protéines brutes, %	12,5	14,8	11,6
Energie brute, Kcal/kg	4 308	4 346	4 425

Pendant la lactation de 3 semaines, toutes les femelles consomment le régime témoin de gestation à raison de 5 kg/jour au premier cycle, et 5,2 kg/jour au deuxième. La collecte des excréta d'une partie des truies mises en expérience est réalisée en cages à bilan pendant des périodes de 5 jours au début et à la fin de chaque gestation, débutant en moyenne à $36,5 \pm 3,5$ et $90,9 \pm 2,1$ jours après la saillie. Ces périodes sont précédées d'une semaine d'adaptation aux cages. La totalité de l'urine et des fèces sont récoltées séparément selon une technique décrite par SALMON-LEGAGNEUR (1965). Pour chaque collecte effectuée, on mesure les quantités excrétées, ainsi que les teneurs en matière sèche, matière organique, énergie et azote d'un échantillon représentatif de l'aliment distribué et des fèces émises. La teneur en azote de l'urine est déterminée. Enfin, sur des échantillons pondérés des aliments consommés et des fèces excrétées par la totalité des truies d'un même lot pendant chacune des quatre périodes de collecte, on mesure les taux de cellulose brute, NDF et ADF.

Seuls les résultats obtenus à partir des truies sur lesquelles les quatre bilans prévus ont été réalisés sont considérés dans les calculs. Ceci concerne un total de 46 femelles, soit 12 dans les lots témoin et orge, et 11 dans les lots blé et maïs. Compte tenu des disponibilités limitées en cages de digestibilité, la réalisation de l'expérience a exigé plus de 3 ans, et 11 fabrications différentes de chaque aliment ont été effectuées.

Les données expérimentales sont traitées par analyse de la variance en dissociant les trois effets principaux : régime, numéro de portée et stade de gestation, ainsi que les diverses interactions existant entre ces facteurs. La comparaison des résultats pris deux à deux est faite par le test de Neuman-Keuls.

RÉSULTATS

Pour l'ensemble des critères considérés dans cette étude, aucune différence n'apparaît entre la première et la deuxième gestation, et de la même façon, les interactions entre le numéro de portée et les autres facteurs contrôlés ne sont pas significatives. Aussi, dans la suite de l'analyse, les résultats obtenus pendant les deux gestations ont été regroupés, et seuls les effets du régime, de la période de collecte, et l'interaction régime-période ont été recherchés.

Les quantités de nutriments ingérés et les résultats de digestibilité sont présentés dans le tableau 3. Aucun refus d'aliment n'a été enregistré et les niveaux d'ingestion de matière sèche, d'énergie brute et de protéines sont conformes au protocole établi. Les quantités de matières

TABLEAU 3
RÉSULTATS DE DIGESTIBILITÉ

Lot	Témoïn		Orge		Blé		Maïs		Signification statistique (2)		S _e ⁽³⁾
	D	F	D	F	D	F	D	F	Lot	Période	
Nombre de collectes	24	24	24	24	22	22	22	22	—	—	—
Quantités Ingérées/jour											
Matière sèche, kg	2,06	2,06	2,09	2,10	1,93	1,93	1,92	1,92	***	NS	0,01
Energie brute, Mcal	8,69	8,68	8,68	8,68	8,10	8,07	8,17	8,20	***	NS	0,03
Azote, g	52,3	51,8	39,9	40,6	44,0	44,0	34,2	34,3	***	NS	0,7
CUD_a %⁽⁴⁾											
Matière sèche	81,1	80,1	79,1	78,6	86,6	86,0	88,4	87,3	***	*	0,5
Matière organique	84,1	82,9	82,2	81,8	89,8	89,1	91,5	90,3	***	*	0,4
Energie	81,9	80,8	79,5	78,7	87,6	86,8	89,3	87,9	***	**	0,5
Azote	80,4	78,9	74,2	74,7	85,9	84,9	80,5	78,3	***	P < 0,10	0,8
Valeur énergétique des régimes Kcal/g M.S.	3 452	3 398	3 302	3 261	3 671	3 629	3 798	3 748	***	**	23

(1) D = 36 à 41 jours de gestation

F = 91 à 96 jours de gestation

(2) * Effet significatif (P < 0,05)

** Effet hautement significatif (P < 0,01)

*** Effet très hautement significatif (P < 0,001)

(3) S_e: Ecart-type moyen résiduel

(4) CUD_a: coefficient d'utilisation digestive apparente, en %.

azotées consommées sont les plus importantes dans le lot témoin (325 g/jour) et les plus faibles dans le lot maïs (214 g/jour). Les digestibilités apparentes de la matière sèche, de la matière organique et de l'énergie diffèrent significativement entre les 4 lots, les valeurs les plus fortes étant observées chez les animaux consommant le maïs, les plus faibles chez ceux du lot témoin, et surtout du lot orge. La hiérarchie reste la même pour la digestibilité apparente de l'azote, sauf dans le cas du maïs pour lequel elle est comparable à la valeur obtenue chez les truies témoins. Dans tous les cas, en raison d'une excrétion fécale supérieure, les résultats de digestibilité sont plus faibles en fin de gestation qu'au début. Aussi la valeur énergétique des régimes diminue-t-elle avec l'avancement de la gestation, l'écart relatif allant de 1,1 à 1,6% suivant les lots entre 39 et 94 jours **post-coïtum**. À partir de ces valeurs, il est possible de calculer la teneur en énergie digestible des céréales étudiées dans cette expérience (tableau 4). Compte tenu de l'écart faible observé entre les deux périodes de collecte, seuls les résultats moyens ont été rapportés.

TABLEAU 4
VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES CÉRÉALES POUR LA TRUIE

Céréale	Orge	Blé	Maïs
Energie digestible, Kcal/g (1)	2 969 (16)	3 323 (14)	3 419 (14)
Energie digestible, Kcal/g M. sèche	3 408 (18)	3 789 (15)	3 917 (14)

(1) Moyenne (écart-type de la moyenne)

Valeurs résultant de 48 mesures dans le cas de l'orge, et de 44 mesures pour le blé et le maïs.

La digestibilité apparente des constituants membranaires a été mesurée à partir de 4 échantillons pondérés d'aliment et de fèces pour chaque céréale (tableau 5). Les hémicelluloses sont mieux digérées que la cellulose et pour cette dernière, la valeur obtenue avec le maïs est plus élevée que pour les trois autres régimes.

TABLEAU 5
DIGESTIBILITÉ DES CONSTITUANTS MEMBRANAIRES

	Témoin	Orge	Blé	Maïs
CUD hémicelluloses % (1)	66,7	66,2	64,0	73,7
CUD cellulose % (2)	40,9	35,3	30,3	65,4

(1) hémicellulose = N.D.F — A.D.F.

(2) cellulose = A.D.F. - lignine

Les résultats se rapportant au métabolisme de l'azote figurent au tableau 6. En raison d'une utilisation digestive apparente plus faible, la quantité de matières azotées absorbées est moindre chez les animaux du lot orge que chez ceux du lot blé. Elle est la plus forte avec le régime témoin, et la plus faible avec le maïs. Les pertes azotées urinaires varient de la même façon entre les lots. Ce critère est toutefois affecté par la période de mesure, et l'interaction entre la période et le régime est elle-même hautement significative. Ceci est dû à une réduction importante de l'excrétion urinaire d'azote qui se manifeste en fin de gestation seulement chez les truies du lot témoin. Quoique les résultats ne diffèrent pas significativement en raison de leur variabilité élevée, on observe en conséquence que la rétention journalière d'azote et les coefficients de rétention azotée et d'utilisation pratique de l'azote tendent à s'améliorer chez les femelles témoins à l'approche de la parturition. Chez les truies recevant les régimes qui renferment 96% de céréales, la rétention azotée, de l'ordre de 11 g/jour, est similaire dans les trois lots, et significativement inférieure à celle qui est mesurée dans le cas de l'aliment témoin (15,9 g/jour en moyenne). Le coefficient de rétention azotée est plus faible pour les femelles consommant le régime à base de blé (30,4%) que pour les animaux témoins ou ceux du lot orge (38,0 et 37,6% respectivement), alors que la valeur correspondante est intermédiaire dans le cas du maïs (33,1%). Enfin, le coefficient d'utilisation pratique de l'azote, compris entre 26 et 30% en moyenne pendant la gestation, ne diffère pas statistiquement entre les lots.

TABLEAU 6
MÉTABOLISME AZOTÉ

Lot	Témoin		Orge		Blé		Maïs		Signification statistique (2)			S \bar{x}
	D	F	D	F	D	F	D	F	Lot	Période	LxP	
Azote absorbé (g/j)	42,13	40,95	29,61	30,44	37,78	37,35	27,54	26,91	***	NS	NS	0,74
Azote urinaire (g/j)	28,18	23,15	18,06	19,19	26,16	25,90	18,38	17,48	***	*	**	0,93
Azote retenu (g/j)	13,96	17,79	11,55	11,25	11,62	11,45	9,16	9,43	***	NS	NS	1,09
CRN (1)	32,86	43,08	39,33	35,89	30,64	30,12	32,67	33,52	*	NS	NS	2,84
CUPN (2)	26,58	34,08	29,14	27,30	26,35	25,78	26,36	26,70	NS	NS	NS	2,40

(1) Coefficient de rétention azotée = $100 \times \text{azote retenu} / \text{azote absorbé}$

(2) Coefficient d'utilisation pratique de l'azote = $100 \times \text{azote retenu} / \text{azote ingéré}$

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les variations de digestibilité des régimes observées entre les lots de truies sont conformes aux résultats obtenus sur le porc en croissance (HENRY, 1968). La cellulose de la ration provoque en effet une réduction des coefficients d'utilisation digestive d'autant plus marquée qu'elle est présente à taux élevé (HENRY et ÉTIENNE, 1969). Ceci explique la hiérarchie constatée entre les trois régimes, les valeurs étant les plus élevées avec la céréale la moins cellulosique et qui contient davantage de lipides, le maïs, et les plus faibles avec les régimes renfermant l'orge, beaucoup plus riche en constituants pariétaux. Cependant, la digestibilité apparente des matières azotées du maïs est basse en raison de la teneur réduite en protéines de cette céréale, la part de l'azote endogène dans l'excrétion fécale étant alors relativement plus importante.

La diminution des coefficients de digestibilité apparente constatée en fin de gestation pour tous les constituants de la ration, et ceci quel que soit le régime des animaux, a déjà été signalée par SALMON-LEGAGNEUR (1965). Les raisons n'en ont cependant jamais été éclaircies. Il conviendrait de vérifier si dans cet état physiologique, le transit digestif de la truie n'est pas modifié. Quoiqu'il en soit, les faibles écarts relatifs de digestibilité constatés entre le début et la fin de la gestation ne justifient pas que l'on utilise des valeurs énergétiques différentes pour les aliments à ces deux stades. Les teneurs moyennes en énergie du blé et du maïs mesurées dans cette étude sont comparables à celles rapportées dans les tables de l'INRA (1984), respectivement de 3850 à 3950 Kcal d'énergie digestible/g de matière sèche. Il en va de même pour l'orge lorsque l'on calcule sa valeur énergétique pour l'animal en croissance, 3400 Kcal ED/g de matière sèche, à partir de la teneur en cellulose brute de la céréale (PEREZ *et al.*, 1980). Le présent travail démontre donc que les teneurs en énergie digestible des céréales mesurées sur le porc en croissance sont parfaitement applicables à la truie. L'absence de différence entre ces deux catégories d'animaux résulte vraisemblablement du taux relativement faible de cellulose dans ces matières premières (6,1% par rapport à la matière sèche au maximum, dans le cas de l'escourgeon). On peut donc raisonnablement penser qu'il en va de même pour la plupart des matières premières, et seuls les aliments riches en constituants pariétaux pourraient présenter une valeur énergétique supérieure chez les femelles en reproduction. A l'appui de cette hypothèse, on constate effectivement que la digestibilité de la cellulose et des hémicelluloses est plus élevée chez la truie que chez l'animal en croissance (respectivement 40 et 68% en moyenne dans cette étude, contre 30 et 40 à 50% chez le porc plus jeune, d'après FONNESBECK *et al.*, 1974).

Les régimes qui renferment 96% de céréales ne permettent pas une rétention azotée maximale, l'accrétion de protéines étant réduite environ du tiers par rapport au lot témoin, et le coefficient de rétention azotée se trouvant également abaissé. Des résultats analogues ont été obtenus après supplémentation de maïs (HESBY *et al.*, 1970_b) ou de blé (DUEE, 1976) par du tourteau de soja. Si l'on admet que le besoin en lysine des truies gravides est supérieur à 0,42% de la ration (DUEE et RERAT, 1975), les trois céréales testées sont déficitaires en cet acide aminé indispensable. Ceci a d'ailleurs été clairement démontré dans le cas du maïs pendant la gestation (RIPPEL *et al.*, 1965; ALLEE et BAKER, 1970).

Par ailleurs, l'amélioration de la rétention azotée en fin de gestation, classiquement décrite chez la truie multipare (SALMON-LEGAGNEUR, 1965) ou nullipare (ELSLEY *et al.*, 1966), se manifeste chez les femelles du lot témoin, mais non chez celles qui ne consomment que des céréales. Ceci pourrait être dû à une carence azotée globale, la rétention azotée augmentant linéairement avec les apports de protéines (MILLER *et al.*, 1969). Cependant, les quantités d'azote absorbées par les truies consommant le régime à base de blé et par les femelles témoins sont proches et pourtant, le coefficient de rétention azotée n'est amélioré que chez les dernières à l'approche de la parturition. Il semble donc plus vraisemblable que le déficit en acides aminés indispensables, et en particulier en lysine, soit en cause. En effet, tout comme dans cette expérience, la rétention azotée ne varie pas pendant la gestation de femelles nullipares carencées en thréonine (DUEE, 1977). Un régime apportant suffisamment d'énergie (ÉTIENNE et HENRY, 1973) et de protéines

bien équilibrées paraît donc nécessaire à la truie pour que l'anabolisme protidique propre à l'état de gestation se manifeste.

Il convient enfin d'insister sur l'absence de différence constatée pour l'ensemble des critères considérés entre la première et la deuxième gestation. On oppose souvent au plan métabolique les truies primipares aux femelles multipares (HENRY et ÉTIENNE, 1978). En particulier, on attribue à la poursuite de la croissance l'absence d'anabolisme gravidique parfois constatée au 1^{er} cycle. Or, dans la présente expérience, pour un régime donné, équilibré ou non, l'accrétion de protéines est identique au cours des deux premières gestations. Il reste à savoir s'il en va de même par la suite, la truie au second cycle n'étant plus une primipare, mais ne pouvant encore être considérée comme un animal adulte. Il est donc nécessaire de déterminer les conditions dans lesquelles l'anabolisme gravidique se manifeste chez la truie.

En conclusion, la valeur énergétique des principales céréales, et vraisemblablement des matières premières à faible ou moyenne teneur en constituants pariétaux, ne diffère pas entre la truie et le porc plus jeune. Le calcul de la teneur en énergie digestible des rations distribuées au cours du cycle de reproduction peut donc être effectué de la même façon que chez l'animal en croissance. L'utilisation de l'orge, du blé ou du maïs en tant que seule source de matières azotées et d'énergie dans l'alimentation des truies gravides provoque une diminution importante du dépôt de protéines par rapport à un régime bien équilibré en acides aminés. Compte tenu des mobilisations importantes qui interviennent au niveau du compartiment musculaire maternel pendant la première lactation (ÉTIENNE *et al.*, 1985), ce type de ration est donc à proscrire pendant la gestation.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEE G.L., BAKER D.H., 1970. *J. Anim. Sci.*, **30**, 748-752.
- A.R.C., 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux Ed., Slough, pp. 307.
- BAKER D.H., BECKER D.E., JENSEN A.H., HARMON B.G., 1970. *J. Anim. Sci.*, **30**, 364-367.
- BUSCH B., HOFFMANN S., VOSS S., 1977. *Tierzucht*, **31**, 170-172.
- BUSCH B., RICHTER K., 1970. *Arch. Tiernähr*, **20**, 687-695.
- DANIELSON D.M., NOONAN J.J., 1975. *J. Anim. Sci.*, **41**, 94-99.
- DUEE P.H., 1976. *Ann. Zootech.*, **25**, 199-212.
- DUEE P.H., 1977. *Proc. Vth Intern. Symp. Amino Acids*, Budapest Feb. 21-26.
- DUEE P.H., RERAT A., 1975. *Ann. Zootech.*, **24**, 447-464.
- ELSLEY F.W.H., ANDERSON D.M., McDONALD I., MACPHERSON R.M., SMART R., 1966. *Anim. Prod.*, **8**, 391-400.
- ÉTIENNE M., 1969. *Journées Rech. Porcine en France*, **1**, 131-136.
- ÉTIENNE M., 1979. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **19**, 289-302.
- ÉTIENNE M., HENRY Y., 1973. *Ann. Zootech.*, **22**, 311-326.
- ÉTIENNE M., NOBLET J., DESMOULIN B., 1985. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **17**, (In press).
- FONNESBECK P.V., HARRIS L.E., KEARL L.C., 1974. *Proc. Utah Acad. Sci. Arts and Letters*, **51**, 85-92.
- FRAPE D.L., WILKINSON J., CHUBB L.G., 1968. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1313-1318.
- HENRY Y., 1968. *Ann. Zootech.*, **17**, 183-197.
- HENRY Y., ÉTIENNE M., 1969. *Ann. Zootech.*, **18**, 131-136.
- HENRY Y., ÉTIENNE M., 1978. *Journées Rech. Porcine en France*, **10**, 119-165.
- HESBY J.H., CONRAD J.H., PLUMLEE M.P., MARTIN T.G., 1970a. *J. Anim. Sci.*, **31**, 474-480.
- HESBY J.H., CONRAD J.H., PLUMLEE M.P., HARRINGTON R.B., 1970b. *J. Anim. Sci.*, **31**, 481-485.
- HESBY J.H., CONRAD J.H., PLUMLEE M.P., HARRINGTON R.B., 1972. *J. Anim. Sci.*, **34**, 974-978.
- IMOTO S., NAMIOKA S., 1978a. *J. Anim. Sci.*, **47**, 467-478.
- IMOTO S., NAMIOKA S., 1978b. *J. Anim. Sci.*, **47**, 479-487.

- I.N.R.A., 1984. L'alimentation des animaux domestiques : porc, lapin, volailles. I.N.R.A. Ed., Paris, pp. 282.
- KRACHT W., 1964. Arch. Tierernähr., **14**, 39-45.
- LEWIS A.J., SPEER V.C., 1973. J. Anim. Sci., **37**, 104-110.
- LEWIS A.J., SPEER V.C., 1974. J. Anim. Sci., **38**, 778-784.
- MAHAN D.C., BECKER D.E., JENSEN A.H., 1971. J. Anim. Sci., **32**, 476-481.
- MILLER G.M., BECKER D.E., JENSEN A.H., HARMON B.G., NORTON H.W., 1969. J. Anim. Sci., **28**, 204-207.
- N.R.C., 1979. National Research Council, Washington, D.C., pp. 51.
- PEREZ J.M., RAMOELINTSALAMA B., BOURDON D., 1980. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 273-284.
- RIPPEL R.H., HARMON B.G., JENSEN A.H., NORTON H.W., BECKER D.E., 1965. J. Anim. Sci., **24**, 373-377.
- SALMON-LEGAGNEUR E., 1965. Ann. Zootech., **14**, No hors série 1, pp. 135.
- SALMON-LEGAGNEUR E., DUEE P.H., 1972. Journées Rech. Porcine en France, **4**, 157-161.
- YOUNG L.G., FORSHAW R.P., SMITH G.C., 1976. J. Anim. Sci., **42**, 1182-1186.
- YOUNG L.G., KING G.L., 1981. J. Anim. Sci., **52**, 551-556.