

A8605

## INFLUENCE DU CHOIX DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE SUR LES RÉSULTATS DE LA FORMULATION DES ALIMENTS POUR LES PORCS EN CROISSANCE

C. BRETTE (1), G. DUQUENNE (2), Y. HENRY (3), L. JACQUOT (2),  
M. PALISSE-ROUSSEL (2), J.M. PEREZ (3), D. SAUVANT (1),  
Véronique THEILAUD (2)

(1) I.N.A. Paris - Grignon, Département des Sciences Animales, 16, rue Claude-Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05

(2) Société Sanders - 17, quai de l'Industrie - 91200 ATHIS-MONS

(3) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 L'HERMITAGE

### INTRODUCTION

L'obsolescence du système des UF Leroy s'est traduite, pour l'alimentation des porcs, par une situation confuse dans laquelle plusieurs systèmes d'énergie et différentes méthodes de calcul de la valeur énergétique des aliments étaient simultanément utilisés en France.

Les récents travaux menés à l'INRA, en relation avec différents partenaires professionnels, ont permis de proposer des modèles fiables de prévision des teneurs en Energie Digestible (ED) et Métabolisable (EM) des mélanges alimentaires à partir de leur composition chimique brute (PEREZ *et al.*, 1984). Dans l'attente de données expérimentales permettant de définir un nouveau système et de montrer son intérêt par rapport aux systèmes antérieurs, l'INRA préconise actuellement l'emploi du système ED, voire d'un système EM (HENRY et PEREZ, 1982, 1983 ; INRA, 1984).

Néanmoins, des inconnues subsistent quant aux conséquences économiques de l'utilisation de tel ou tel système énergétique disponible pour l'alimentation des porcs (BRETTE *et al.*, 1981).

Le travail décrit aborde un des éléments du choix d'un système d'unités d'énergie, à savoir la connaissance de l'influence du mode d'expression énergétique sur la hiérarchie des valeurs des différentes matières premières et sur leur niveau d'incorporation dans des mélanges formulés au moindre coût.

### I - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le tableau 1 présente la liste des matières premières retenues dans les mélanges formulés au moindre coût ; le fichier initial comprenait une trentaine de matières premières. Les données de composition sont celles des tables INRA (1984). Cinq modes d'expression de la valeur énergétique sont utilisés :

- la teneur en ED d'après les tables INRA (1984),
- la teneur en EM corrigée d'après HENRY et PEREZ (1983),
- la teneur en Energie Nette Engraissement (ENE) calculée à partir de l'équation issue des travaux du groupe de ROSTOCK et des coefficients de digestibilité des tables néerlandaises (VEEVODER-TABEL, 1977) :

ENE (Kcal/kg) = 2,59 MAD + 8,63 MGD + 1,5 CBD + 3,03 ENAD, les éléments digestibles étant exprimés en g/kg;  
 1 UFNE = ENE/2 100.

- la teneur en EN croissance telle qu'elle est proposée par JUST (1975, 1982) :  
 EM (Kcal/kg) = 5,1 MAD + 9,0 MGD + 4,1 (CBD + ENAD), éléments digestibles exprimés en g/kg.  
 ENJ1 = 0,75 EM - 450.  
 1 UFJ1 = ENJ1 / 1 845.

- la teneur en EN de croissance selon JUST, calculée en utilisant les coefficients de digestibilité des tables néerlandaises qui dans l'ensemble paraissaient plus fiables. Cette démarche aboutit à des valeurs UF combinées (UFJ2).

Les contextes économiques ont été choisis en fonction de leur représentativité dans différentes conjonctures des mois précédant l'étude :

- octobre 1983 : prix du soja élevé,
- juin 1984 : prix du soja faible, prix homogène pour les céréales,
- septembre 1984 : prix du soja faible, prix des céréales assez faible à l'exception du maïs,

Les prix de marché des matières premières retenues sont rapportés dans le tableau 1.

Pour assurer une cohérence d'ensemble entre les différents systèmes envisagés en fonction de la densité énergétique, on a formulé un mélange « de passage », dont la composition centésimale est rapportée dans le tableau 1. Sa valeur énergétique (exprimée par kg d'aliment brut) s'élève dans les différents systèmes à : 3 090 Kcal ED, 2 970 Kcal EM, 1,005 UFNE, 0,97 UFJ1 et 1,038 UFJ2.

Pour chaque contexte économique trois niveaux relatifs de densité énergétique (DE) ont été retenus : 93, 100, 107. Le niveau 100 correspond à la valeur énergétique de l'aliment de passage. Les valeurs des autres contraintes nutritionnelles sont maintenues à proportion constante de l'énergie.

Des contraintes d'incorporation, comparables à celles recommandées et pratiquées, ont été prises en compte pour certaines matières premières. Elles sont indiquées au tableau 1. Pour le pois, en raison des niveaux importants d'incorporation spontanée, deux situations ont été considérées : taux maximum d'incorporation de 15 % ou absence de pois dans la formule.

Un ensemble de 90 mélanges a été formulé selon BRETTE (1979) par programmation linéaire ; les résultats sont étudiés de manière à faire ressortir l'influence des facteurs explicatifs (conjoncture, systèmes et densité d'énergie) sur la composition des aliments, le coût matière première, certaines valeurs de coût de contrainte et de prix d'intérêt.

## II - RÉSULTATS

### 1. RELATIONS ENTRE LES SYSTÈMES ET LA DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE DES ALIMENTS

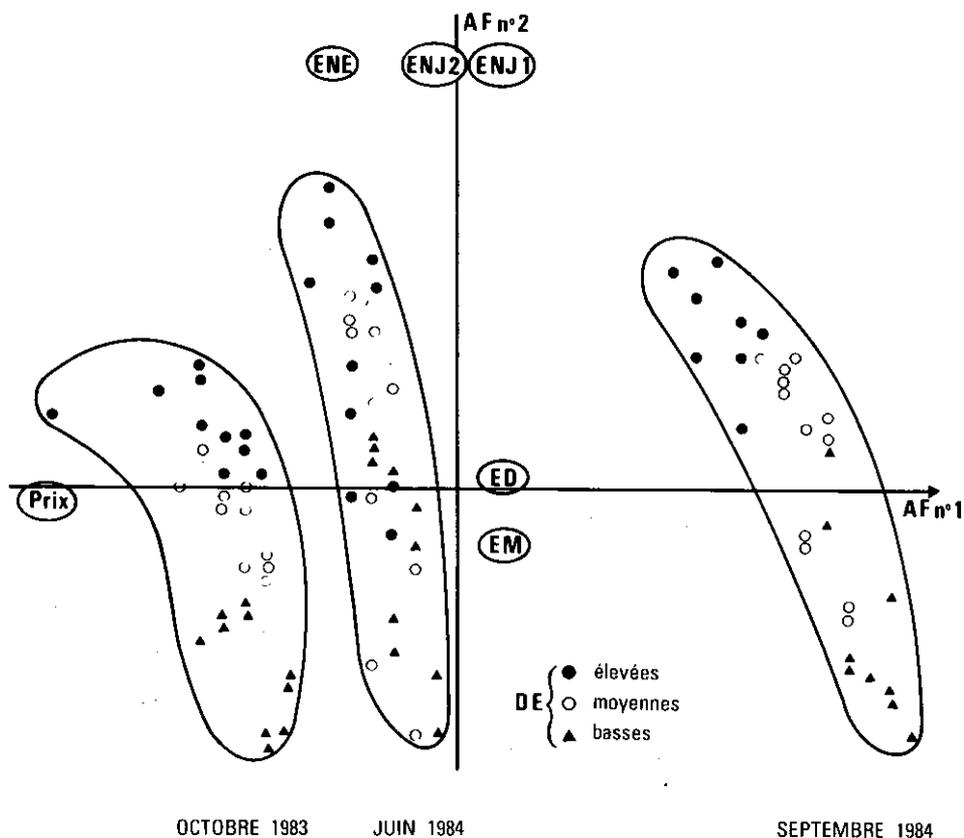
Les valeurs des teneurs en énergie obtenues pour les cinq systèmes d'énergie sont étroitement liées puisque les coefficients de corrélation les associant sont compris entre 0,95 et 0,99. Une analyse factorielle des correspondances a été appliquée pour détecter les principales distortions entre ces systèmes d'après SAUVANT et DELAGE (1976). La figure 1 rapporte les projections des observations-aliments et des variables-systèmes dans le plan des axes factoriels 1 et 2 ; la disposition de ces projections indique que l'énergie nette tend à privilégier, en comparaison des systèmes ED et EM, la valeur énergétique des aliments de densité énergétique élevée par rapport à ceux de faible densité. Cette tendance est moins marquée à la conjoncture du mois de juin 1984 (figure 1).

**TABLEAU 1**  
**MATIÈRES PREMIÈRES : VALEURS ÉNERGÉTIQUES, PRIX ET CONTRAINTES D'INCORPORATION**

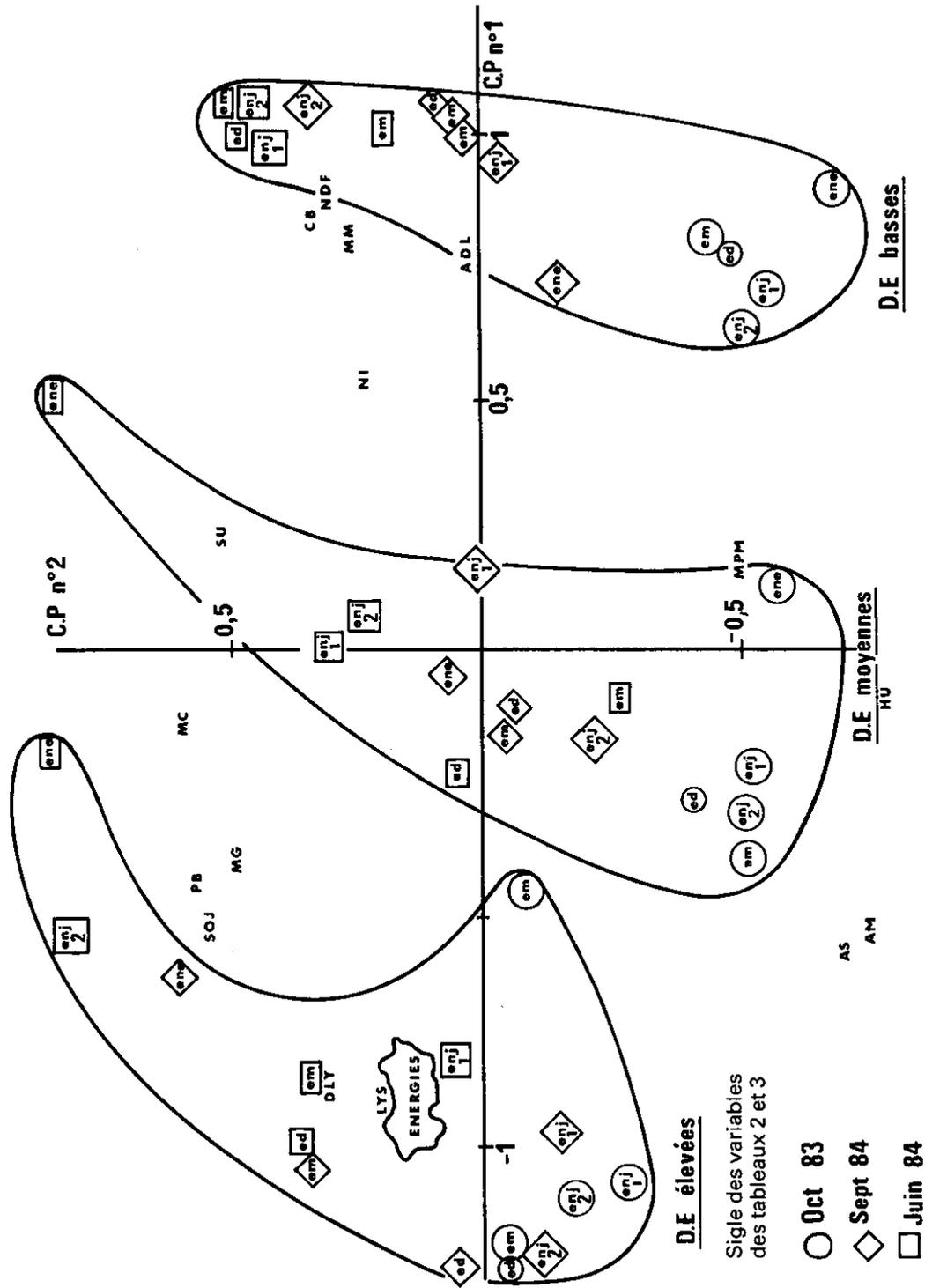
	VALEURS ÉNERGÉTIQUES					PRIX (F/Q)			Limites d'incorporation (%)	Composition de l'aliment de passage (%)
	ED kcal/kg	EM kcal/kg	ENE UFNE/100 kg	ENJ1 UFJ1/100 kg	ENJ2 UFJ2/100 kg	Oct. 1983	Juin 1984	Sept. 1984		
Blé	3 310	3 210	112,9	111,2	115,1	143	147	125,5	-	24,5
Orge	3 020	2 935	103,7	100,7	102,9	133,5	147	124,5	-	19,0
Maïs	3 400	3 315	119,4	114,0	120,5	149	154	149,5	-	-
Son	2 450	2 355	80,5	75,8	75,8	126	121	92	≤ 15	5
Corn-glutenfeed	2 600	2 455	90,2	83,7	97,6	167	123	115	≤ 20	-
Mélasses de canne	2 530	2 530	80,0	57,9	79,4	72,25	78	69	3 à 8	6
Graisse animale	7 900	7 900	363,9	292,6	299,8	335	370	420	-	1
Manioc pellets	3 010	3 010	102,1	98,5	100,5	140	130	114	≤ 20	10
Pulpes de betteraves	2 300	2 250	89,0	87,5	96,0	140	105	99	(1)	-
Pulpes agrumes	2 900	2 855	93,5	90,4	92,8	145	119	103	(1)	-
Pois	3 430	3 260	104,3	103,3	114,6	190	160	130	0 ou ≤ 15	15
T. colza déshuilé	2 940	2 720	77,75	79,5	88,05	160	148	86	< 5	5
T. soja 48	3 500	3 185	92,6	114,0	115,0	266	198	168	-	5
T. tournesol (30/25) métropolitain	2 200	2 040	52,9	56,7	54,0	153	112	75	< 15	3
Farine viande 55 grasse	3 000	2 670	95,0	74,9	109,1	215	223	216	< 5	5
DL-méthionine	-	-	-	-	-	2 025	2 155	2 085	-	-
L-lysine	-	-	-	-	-	3 950	3 000	2 600	-	-

(1) Pulpes d'agrumes + pulpes de betteraves ≤ 10 %

**FIGURE 1**  
**PROJECTION DES ALIMENTS ET DES SYSTÈMES D'ÉNERGIE**  
**DANS LE PLAN DES AXES FACTORIELS 1 ET 2**



**FIGURE 2**  
 PROJECTION DES CARACTÉRISTIQUES DES ALIMENTS DANS LE PLAN  
 DES COMPOSANTES PRINCIPALES 1-2



## 2. ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES DE COMPOSITION

Le tableau 2 précise la valeur moyenne et l'amplitude de variation des principales caractéristiques de composition des aliments formulés. Pour préciser les relations associant ces caractéristiques, une analyse en composantes principales a été appliquée à ces caractères en y intégrant, en plus, les teneurs en énergie des aliments.

**TABLEAU 2**  
CARACTÉRISTIQUES DE COMPOSITION DES 90 MÉLANGES ALIMENTAIRES FORMULÉS (1)

	Sigle	Moyenne	Écart-Type	Minimum	Maximum
Humidité	HU	13,4	0,4	12,2	14,1
Protéines brutes	PB	17,2	1,1	14,0	19,2
Matières grasses	MG	3,0	1,4	1,6	7,0
Cellulose brute	CB	5,0	1,2	2,9	7,0
Matières Minérales	MM	6,1	0,5	5,3	6,9
Lysine	LYS	0,83	0,05	0,78	0,90
Lysine apparemment digestible (2)	DLY	0,68	0,05	0,58	0,78
Méthionine + cystine	MC	0,61	0,05	0,50	0,71
Amidon + sucres	AS	41,1	4,3	30,2	48,8
Amidon	AM	30,8	6,5	15,5	42,2
Sucres	SU	5,8	1,4	2,4	8,5
N.D.F.	NDF	15,0	3,5	9,7	20,9
A.D. Lignine	ADL	1,3	0,4	0,7	2,6
Nombre d'ingrédients	NI	7,3	—	5,0	11,0
% tourteau de soja	SOJ	10,6	—	0	23,1
% de M.P.P.M. (3)	MPM	15,4	—	0	31,3

(1) Valeur en % de l'aliment formulé

(2) Teneur en lysine  $\times$  digestibilité de protéines brutes

(3) Matières Premières Protéiques Métropolitaines (pois + t. colza + t. tournesol + farine de viande)

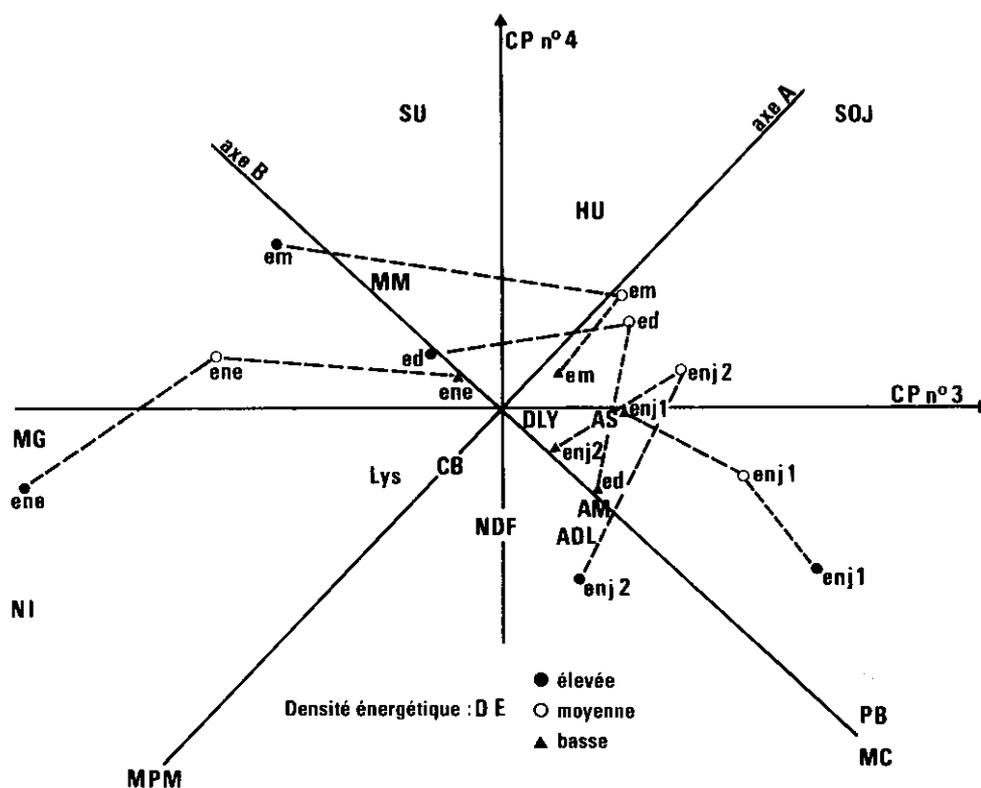
La figure 2 traduit les valeurs des corrélations entre les variables et les composantes principales 1 et 2 ainsi que les projections des aliments agrégés 2 à 2 (avec et sans pois) :

- la première composante explique 54,4 % de la variation des données, elle traduit les variations de densité énergétique (DE) qui sont associées positivement aux teneurs en lysine, soja, amidon des aliments et négativement aux teneurs en constituants pariétaux et au nombre d'ingrédients. Aux mois d'octobre 1983 et surtout juin 1984, les aliments formulés à l'aide du système néerlandais se détachent de ceux formulés dans les 4 autres systèmes sur la première composante. Ce fait montre qu'à même densité énergétique, ce système aboutit à des aliments plus riches en constituants pariétaux et contenant plus d'ingrédients pour les DE moyennes et élevées.
- la seconde composante principale explique 20,0 % de la variation. Elle traduit notamment une substitution entre le soja d'une part, et les matières premières protéiques métropolitaines (MPPM) ainsi que les céréales (voir la teneur en amidon) d'autre part. Les aliments les plus riches en soja ont des teneurs plus importantes en protéines brutes, acides aminés soufrés et matières grasses, ils correspondent aux formules réalisées avec les prix de juin 1984. A l'opposé, on trouve les aliments formulés en octobre 1983, ceux de septembre 1984 occupant une position intermédiaire. Les systèmes d'expression de l'énergie sont en partie concernés par cette composante, ils restent assez groupés en intra-conjoncture pour les aliments de faible DE mais pas pour les autres DE. Pour les aliments de DE moyenne l'ENE aboutit à des aliments à plus faible teneur en amidon en juin 1984. Cette tendance apparaît aussi dans le cas des aliments de DE élevée aux mois de juin et septembre 1984 ; à signaler qu'elle existe également pour l'ENJ2 en juin 1984.

Le plan des composantes 3-4 explique 16 % de la variation des résultats (figure 3). Il traduit le fait que, indépendamment des aspects évoqués pour le plan 1-2, il existe d'une part, une substitution dans les aliments formulés entre le soja et les MPPM, associées aux matières grasses (axe A), et d'autre part, des variations de teneur en protéines brutes positivement corrélées aux teneurs en

acides aminés soufrés (axe B). L'ENE aboutit aux aliments les plus riches en MPPM et graisse, en particulier pour les DE moyennes et élevées. Les systèmes ED et EM épousent la même tendance pour les DE élevées, par contre les systèmes de JUST (ENJ1 et ENJ2) sont peu ou pas concernés par cette substitution.

**FIGURE 3**  
PROJECTION DES CARACTÉRISTIQUES DES ALIMENTS  
DANS LE PLAN DES COMPOSANTES PRINCIPALES 3-4. (1)



(1) présentation des sigles des tableaux 2 et 3

### 3. NOMBRE D'INGRÉDIENTS INCORPORÉS

Selon le mode d'expression et la densité énergétique de l'aliment formulé le nombre de matières premières incorporées dans les formules varie entre 5 et 11.

**TABLEAU 3**  
NOMBRE MOYEN DE MATIÈRES PREMIÈRES INCORPORÉES (1)  
(MOYENNE DES TROIS CONJONCTURES)

Densité énergétique (Indice)	Systèmes énergétiques					
	ED	EM	ENE	ENJ1	ENJ2	Ensemble
93	8,3	8,3	8,6	7,3	9,0	8,3
100	7,3	7,6	8,6	7,0	7,3	7,4
107	6,6	7,3	9,3	6,3	7,0	7,3
Ensemble	7,4	7,7	8,8	6,9	7,7	7,7

(1) A l'exception des minéraux et du prémix

Lorsque la densité énergétique de l'aliment à fabriquer est faible, les formules sont assez diversifiées quel que soit le mode d'expression de l'énergie (tableau 3). Par contre, quand la densité énergétique augmente, cette diversification se réduit sensiblement pour tous les modes d'expression de l'énergie, à l'exception des formules calculées sur la base de l'énergie nette néerlandaise (ENE). Ces dernières contiennent au contraire un nombre plus élevé d'ingrédients. Avec ce mode d'expression de l'énergie, l'introduction de graisse animale, favorisée par le niveau relatif de sa valeur énergétique, facilite la sélection de matières premières non retenues dans les autres cas : pulpes et son par exemple.

Le tableau 4 rapporte les taux d'incorporation de la graisse animale selon le mode d'expression de l'énergie. Avec le système néerlandais, dès que la densité énergétique de l'aliment à fabriquer atteint un niveau moyen, le niveau des graisses dépasse 2 %, ce qui encourage, d'une part l'adjonction de matières premières peu énergétiques et d'autre part, l'addition de lysine industrielle surtout pour la conjoncture d'octobre 1983.

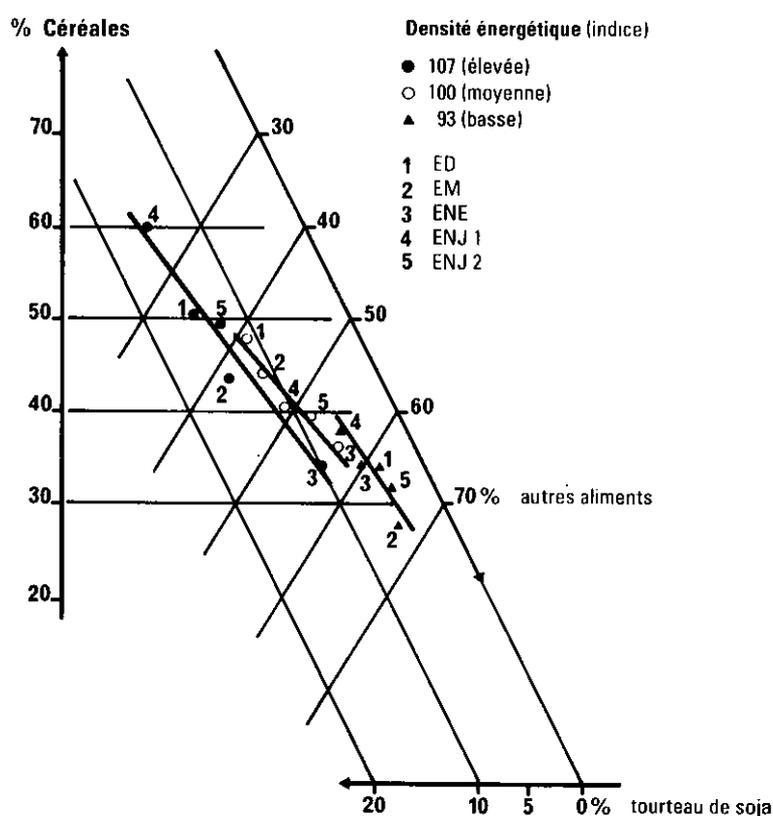
**TABEAU 4**  
TAUX D'INCORPORATION DE GRAISSE ANIMALE (%)  
(MOYENNE DES TROIS CONJONCTURES)

Densité énergétique (Indice)	Systèmes énergétiques				
	ED	EM	ENE	ENJ1	ENJ2
93	—	—	0,2	—	—
100	—	—	2,2	—	0,05
107	2,7	3,0	4,5	0,05	2,1

#### 4. SUBSTITUTION ENTRE LES PRINCIPAUX GROUPES DE MATIÈRES PREMIÈRES

La figure 4 traduit en coordonnées triangulaires les tendances de substitution entre trois principaux groupes de matières premières : les céréales, le tourteau de soja et les autres. L'accroissement de la densité énergétique augmente l'incorporation du tourteau de soja de 6 à 10 puis 12 % et surtout des céréales, blé et orge essentiellement, aux dépens des autres ingrédients.

**FIGURE 4**  
INFLUENCE DU SYSTÈME D'ÉNERGIE ET DE LA DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE SUR LA COMPOSITION DES ALIMENTS



Pour chaque niveau de densité le mode d'expression de l'énergie influence la composition en ingrédients des formules. Dans le cas des faibles densités énergétiques, l'incorporation du tourteau de soja varie peu et la substitution inter-système s'effectue donc essentiellement entre les céréales et les autres ingrédients ; le système EM est légèrement moins favorable aux céréales que le système ED et que les systèmes de JUST (ENJ1 et ENJ2).

Pour les aliments de densité énergétique moyenne et surtout élevée l'ampleur de la substitution entre les céréales et les autres aliments s'accroît et l'incorporation du tourteau de soja dépend plus largement du choix d'un système (figure 4). Pour ces deux situations l'EN néerlandaise procure en moyenne les formules contenant le moins de céréales et de tourteau de soja. L'ED et à moindre degré l'EM entraînent une utilisation plus élevée de céréales et de soja que l'EN néerlandaise. Les systèmes de JUST occupent une position intermédiaire entre l'ENE et le groupe ED, EM pour les densités énergétiques moyennes ; pour les densités élevées, le système de JUST ENJ1 est le plus gros utilisateur de céréales (60 %) et de tourteau de soja (16 %).

Pour les matières premières protéiques métropolitaines (MPPM), le mode d'expression de l'énergie ne semble pas agir de façon notable sur leur niveau d'incorporation. En effet, en moyenne pour les trois conjonctures étudiées, la somme des taux d'incorporation du pois, du tourteau de colza, du tourteau de tournesol et de la farine de viande est relativement stable quand on passe d'un système énergétique à un autre (tableau 5). Par contre, elle diminue tout en restant relativement indépendante du mode d'expression de l'énergie quand la densité énergétique de l'aliment fabriqué croît.

## 5. « COUT MATIÈRES PREMIÈRES » DES FORMULES

Les variations constatées au niveau de la composition des aliments fabriqués se traduisent par des différences de coût (tableau 6). Pour les faibles densités énergétiques les écarts constatés restent faibles et font apparaître, pour les exemples étudiés, un léger avantage pour l'énergie digestible et pour l'énergie métabolisable. Pour des densités énergétiques plus élevées, les écarts constatés au niveau des coûts de matières premières sont nettement plus sensibles. Ils atteignent presque 3 % au bénéfice de l'énergie nette (ENE) et au détriment de l'énergie digestible et de l'énergie métabolisable pour le niveau 107 de densité énergétique. Ces observations sont à rapprocher de celles qui ont été faites au sujet de la diversification des formules et de l'incorporation de certaines matières premières comme les graisses.

**TABLEAU 5**  
TAUX D'INCORPORATION DES MATIÈRES PREMIÈRES PROTÉIQUES MÉTROPOLITAINES  
(MPPM) (%)  
(MOYENNE DES TROIS CONJONCTURES)

Densité énergétique (Indice)	Systèmes énergétiques				
	ED	EM	ENE	ENJ1	ENJ2
93	26,9	26,0	24,7	23,8	22,5
100	23,5	23,4	23,9	21,7	21,7
107	21,7	21,7	22,9	19,8	21,7

**TABLEAU 6**  
NIVEAU RELATIF DU COUT MATIÈRES PREMIÈRES  
(MOYENNE DES TROIS CONJONCTURES)  
Indice 100 : moyenne des résultats obtenus pour la densité énergétique moyenne (100)

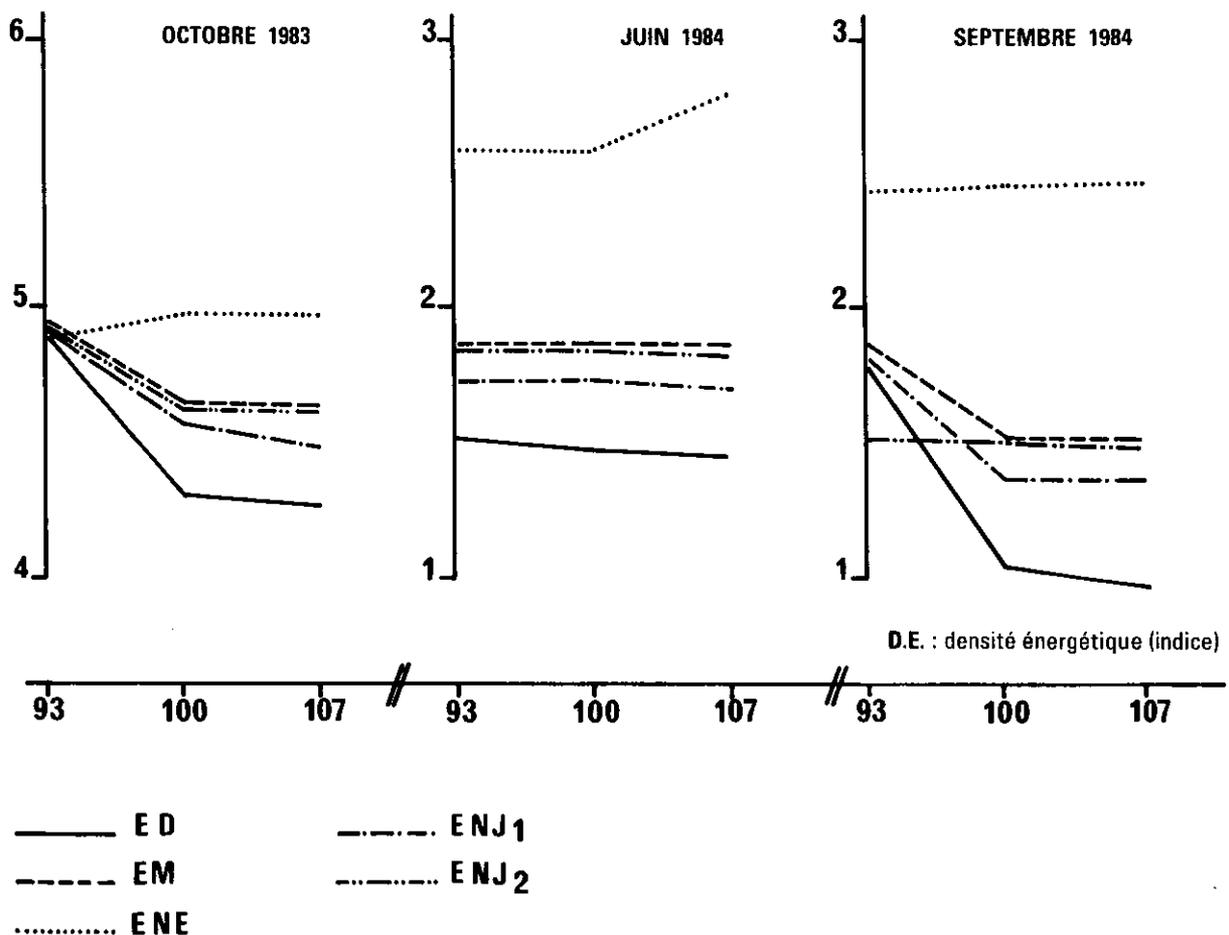
Densité énergétique (Indice)	Systèmes énergétiques				
	ED	EM	ENE	ENJ1	ENJ2
93	93,0	92,9	93,6	93,4	93,1
100	100,5	100,5	99,9	99,6	99,5
107	109,6	109,6	106,8	106,7	107,2

## 6. COUT MARGINAL DES CONTRAINTES

En programmation linéaire les informations fournies par l'analyse post-optimale permettent de tester la sensibilité des résultats aux variations de certaines hypothèses ou conditions retenues. En particulier les coûts marginaux des contraintes nutritionnelles constituent de précieux indicateurs de cette sensibilité. La figure 5 indique dans quelle mesure le coût de la contrainte en lysine varie en fonction de la conjoncture économique, de la densité énergétique et du mode d'expression de l'énergie. En octobre 1983, compte tenu du niveau des cours du soja, le coût de cette contrainte est nettement plus élevé qu'en juin ou septembre 1984. Hormis ce constat logique, les systèmes EM, ENJ1 et ENJ2 fournissent, dans l'ensemble, des valeurs assez proches pour le coût de la contrainte en lysine. Par contre les systèmes ENE et ED aboutissent à des valeurs respectivement supérieures et inférieures au groupe précité, les différences étant d'autant plus marquées que la densité énergétique est élevée.

FIGURE 5  
COÛT MARGINAL DE LA CONTRAINTE EN LYSINE

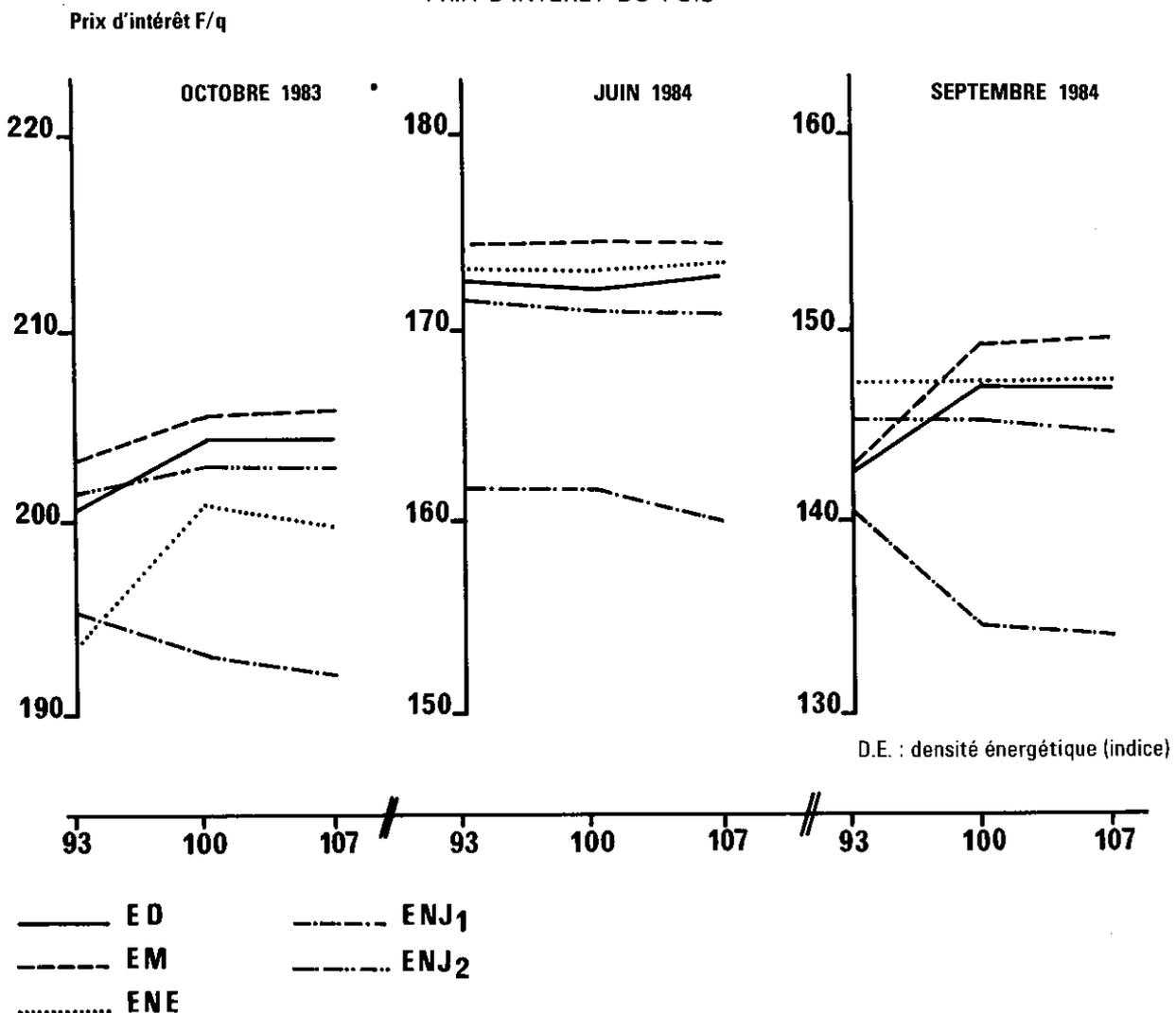
COÛT MARGINAL (centimes/g/kg)



## 7. PRIX D'INTÉRÊT DES MATIÈRES PREMIÈRES

A partir des observations précédentes il n'est pas difficile de comprendre pourquoi le prix d'intérêt de la lysine industrielle est plus élevé quand on raisonne en énergie nette (ENE) en comparaison aux autres modes d'expression de l'énergie. Il en est de même pour les graisses. Mais pour les matières premières à caractéristiques nutritives multiples l'interprétation est beaucoup moins aisée. A titre d'illustration la figure 6 met en évidence certains facteurs de variation du prix d'intérêt du pois. Si le système ENJ1 pénalise toujours cette matière première, les autres systèmes conduisent à des prix d'intérêt qui sont même légèrement supérieurs à ceux qui sont obtenus avec le système ENE.

FIGURE 6  
PRIX D'INTÉRÊT DU POIS



### III - DISCUSSION - CONCLUSION

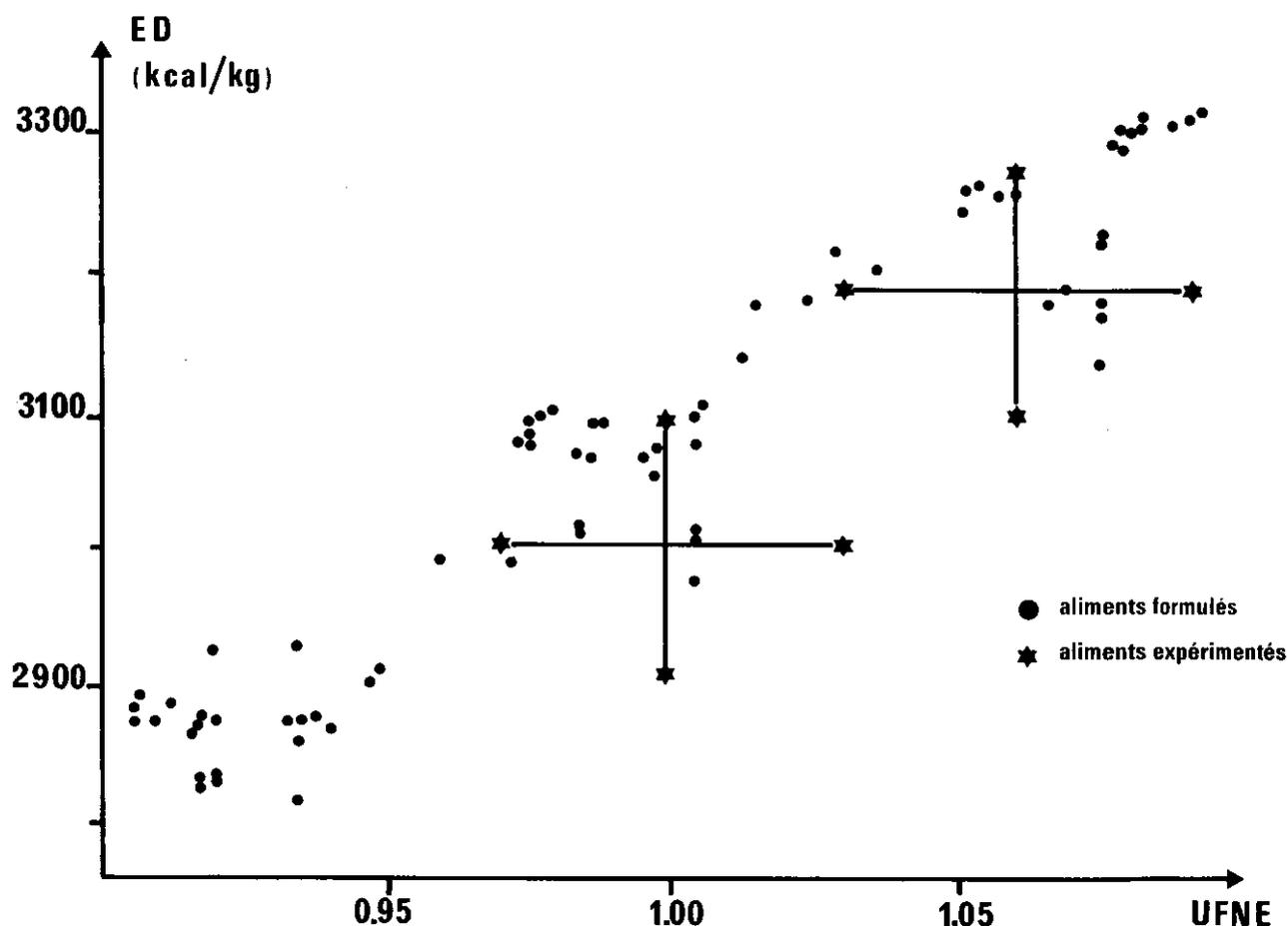
L'analyse en composantes principales a permis de mettre à jour les variations essentielles de la composition des aliments et d'en examiner les causes. Les substitutions entre les matières premières sont, dans nos conditions de travail, plus liées au niveau de la densité énergétique (DE) et au contexte de prix qu'au choix d'un système d'énergie. Cependant le système néerlandais se distingue des autres pour les DE moyenne et élevée, parce qu'il tend à favoriser la réalisation de mélanges riches en graisse, pauvres en céréales, à teneur moins élevée en tourteau de soja et de

composition diversifiée. Cette aptitude est essentiellement liée aux hypothèses de rendement de transformation de l'EM en EN des éléments digestibles puisque le système de JUST (ENJ1) fournit des résultats stables lorsque les calculs sont effectués sur la base des coefficients de digestibilité des tables hollandaises (ENJ2). Il convient de rappeler que ces variations de composition ne sont pas neutres vis-à-vis des caractéristiques technologiques des aliments. En outre la diversification accrue des matières premières constitue une certaine sécurité.

Le choix d'un système d'énergie plutôt qu'un autre se traduit par des substitutions qui n'affectent pas seulement un couple de matières premières (tourteau de soja - protéagineux par exemple), mais au moins cinq groupes de matières premières parmi lesquelles figurent en général, les céréales, leurs produits de substitution, le tourteau de soja, les matières premières protéiques métropolitaines et les graisses. Les interprétations sont de ce fait délicates. Il serait nécessaire de réaliser une exploration plus large et systématique avant de proposer des lois de substitution à caractère général.

Néanmoins, dans la mesure où le choix d'un système modifie le pouvoir de concurrence relatif des différentes matières premières, il ne peut pas être totalement neutre économiquement, que l'on retienne comme critère le coût des matières premières de l'aliment ou sa composition. En effet, les coûts de certaines contraintes sont sensiblement modifiés par les prix des matières premières, les valeurs de densité énergétique mais aussi par le choix des systèmes dans le cas de DE moyennes et surtout élevées. Ce fait peut présenter un impact non négligeable sur le prix d'intérêt de matières premières fortement dépendantes de la contrainte considérée, c'est par exemple le cas pour la lysine industrielle. Pour les matières premières plus équilibrées sur l'ensemble des caractéristiques nutritives prises en compte, l'influence du niveau de DE et du choix d'un système demeure souvent d'une interprétation complexe.

FIGURE 7  
RELATION ENTRE LES TENEURS EN ÉNERGIE DIGESTIBLE  
ET NETTE (SYSTÈME HOLLANDAIS) DES ALIMENTS



La portée des résultats obtenus est évidemment limitée par le champ des hypothèses de travail et il convient d'éviter de ce fait toute généralisation hâtive. Les valeurs énergétiques des aliments formulés sur la base des cinq systèmes considérés sont très corrélées ; cependant, ces corrélations flatteuses sont la conséquence de l'étendue des valeurs de densité énergétique explorées et il est, par exemple, possible de formuler des aliments de même valeur ED présentant des teneurs en ENE sensiblement différentes et réciproquement (figure 7). En outre, les hiérarchies relatives entre les systèmes ne se maintiennent pas identiquement d'un niveau de densité énergétique à l'autre. Par ailleurs, il faut signaler que pour les différents niveaux de DE testés, le rapport énergie/acide aminés essentiels a été maintenu constant. Le taux azoté des mélanges formulés varie de 14,0 à 19,2 %, et il est en général plus élevé quand la densité énergétique augmente. Ces différences dans le taux azoté et l'équilibre en acides aminés ne sont probablement pas sans exercer une incidence notable sur la valorisation de l'énergie par les animaux et de ce fait sur l'extériorisation de leurs performances de production (HENRY, 1980).

Ces constatations soulignent la nécessité d'expérimenter sur animaux pour juger de l'impact zootechnique réel de ces distortions. Un premier travail expérimental est conduit selon le plan indiqué dans la figure 7 en parallèle dans les centres de Saint-Gilles (INRA de Rennes) et Sourches (SANDERS).

## REMERCIEMENTS

Ce travail fait partie d'une étude conduite dans le cadre de l'Action Protéines en Alimentation Animale coordonnée et financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie sous la présidence de C. CALET.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRETTE C., 1979. In : CAAA. La formulation des aliments des animaux : présent et avenir, 7-30, ADEPRINA éd., Paris.
- BRETTE C., SAUVANT D., VRILLON A., LAPIERRE O., 1981. In : CAAA. Les unités d'alimentation énergétique des porcs et des volailles, 156-174, ADEPRINA éd., Paris.
- HENRY Y., 1980. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 183-193.
- HENRY Y., PEREZ J.M., 1982. Les Dossiers de l'Élevage, **5** (1), 51-66.
- HENRY Y., PEREZ J.M., 1983. Les Dossiers de l'Élevage, **5** (2), 49-64.
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins, volailles. INRA éd., Paris, 282 pages.
- JUST (NIELSEN) A., 1975. World. Anim. Prod., **11**, 18-30.
- JUST A., 1982. Livest. Prod. Sci., **8**, 541-555.
- PEREZ J.M., RAMIHONE R., HENRY Y., 1984. Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés destinés aux porcs : étude expérimentale, INRA éd., Paris, 95 pages.
- SAUVANT D., DELAGE J., 1976. In : M. VERMOREL « Energy metabolism of farm animals ». 361-364 EAAP Pub. n° 19.
- VEEVODERTABEL, 1977. Varkens - Centraal Veevoederburo, Nederland.