

PREMIERES OBSERVATIONS SUR LA RELATION ENTRE CONDITIONS NUTRITIONNELLES ET TYPE GENETIQUE CHEZ DES PORCS FEMELLES

*P. SELLIER (1), Y. HOUIX (1), B. DESMOULIN (2), Y. HENRY (2) **

I.N.R.A., C.N.R.Z. - 78350, Jouy-en-Josas

(1) Station de Génétique Quantitative et Appliquée

(2) Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs

Parmi les facteurs nutritionnels de variation de l'efficacité de la production de viande de porc, la concentration en énergie et le taux de matières azotées de la ration ont une importance prépondérante ; les nombreux travaux consacrés à l'étude de leur influence conjointe (HENRY et RERAT, 1972) ont permis d'établir des recommandations générales en matière d'équilibre azote-énergie de la ration du porc en croissance. Par ailleurs, il existe une grande variabilité d'origine génétique, à la fois entre races et intra-races des caractéristiques de croissance, d'efficacité alimentaire et de composition corporelle. Le problème de l'existence éventuelle de réponses différentielles de divers types génétiques à des variations nutritionnelles se trouve donc posé. Ainsi, aux Etats-Unis, DAVEY et MORGAN (1969) ont obtenu des résultats particulièrement éloquentes, quant à l'effet des variations du taux azoté de la ration sur la composition corporelle des porcs de lignées sélectionnées, à partir d'une même population initiale, pour une forte ou une faible épaisseur du lard dorsal : l'élévation du taux de matières azotées de 12 à 20 % s'est traduite par un accroissement du dépôt de tissu musculaire de 36 % dans les lignées à faible adiposité et de 10 % seulement dans les lignées à forte adiposité. Des variations de la concentration en énergie du régime (SKITSKO et BOWLAND, 1970) ou de l'apport journalier d'énergie (DAVEY et al., 1969) ont également conduit, de façon moins spectaculaire, à des réponses différentes selon l'origine génétique des animaux.

Dans cet esprit, il est apparu opportun d'entreprendre en 1972 une action concertée, au sein de l'I.N.R.A., visant à définir, en relation avec des variations nutritionnelles, les caractéristiques zootechniques des porcs provenant de races à fort développement musculaire (Piétrain, Landrace-Belge), en comparaison avec des porcs présentant une conformation "normale" (Landrace Français). Le choix de ce matériel animal se justifie, à notre sens, d'un double point de vue :

- l'hypertrophie musculaire est une manifestation tout à fait originale de la variabilité génétique de la composition corporelle dans la population porcine : elle constitue en elle-même un sujet d'étude d'un grand intérêt, à la fois pour mieux définir ses conséquences sur les caractéristiques de la carcasse (composition tissulaire, qualité des viandes), et pour préciser les particularités métaboliques et nutritionnelles qui lui sont associées,
- dans la mesure où la mise en application récente de la grille européenne de classement des carcasses confère une importance accrue à la conformation de ces dernières, les races à fort développement musculaire sont probablement appelées à être de plus en plus utilisées en France en tant que lignées mâles spécialisées ou composantes de lignées mâles spécialisées. Devant cette situation est ressentie la nécessité d'obtenir des éléments de réponse d'intérêt pratique immédiat sur les besoins nutritionnels de ces races et de leurs produits de croisement.

La première phase de cette action concertée concerne la comparaison des performances d'engraissement et de carcasse de femelles Landrace Français (LF), Landrace Belge (LB) et Piétrain (PP), en réponse à des variations du rapport azote-énergie et de la valeur énergétique du régime, dans les conditions d'une alimentation à volonté. Une partie des données obtenues, relatives à des variables jugées particulièrement représentatives, ont fait l'objet d'une analyse préliminaire dont les résultats sont présentés ici.

* Avec la collaboration technique de Nathalie BOUTLER, G. CONSEIL, G. ESNAULT, P. PEINIAU, P. POMMERET (I. T. P.), Chantal POTIER, D. TASTU.

MATERIEL ET METHODES

L'expérience répond à un dispositif factoriel de type 2 x 3 x 2 x 2, à savoir 2 essais, 3 races, 2 concentrations en énergie et 2 taux de matières azotées relativement à l'énergie dans le régime. Les deux essais ont été conduits dans une porcherie fermée du Domaine expérimental de La Minière, l'un pendant le second semestre de 1972, l'autre de février à août 1973.

1/ Matériel animal :

Les jeunes femelles, achetées à un poids moyen de 21 kg, provenaient de 24 élevages (dont 22 membres de l'UPRA), se répartissant ainsi : 6 élevages Landrace Français (16 verrats-pères), 10 élevages Landrace Belge (21 verrats-pères) et 8 élevages Piétrain (15 verrats-pères). Sur l'ensemble des deux essais et pour les besoins de l'expérience rapportée ici, 172 porcs ont été mis en contrôle, à raison de 96 et 76 respectivement dans le 1er et le 2ème essai, selon le dispositif expérimental indiqué au tableau 1.

TABLEAU 1

DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET EFFECTIFS DE PORCS MIS EN CONTROLE

(les chiffres entre parenthèses indiquent les effectifs de porcs ayant terminé le contrôle)

| RACE | REGIME ALIMENTAIRE | e n | E n | e N | EN | TOTAL par RACE |
|------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| | | LF | 14 (14) | 14 (14) | 14 (14) | 14 (13) |
| LB | 14 (13) | 14 (13) | 16 (11) | 14 (14) | 58 (51) | |
| PP | 14 (14) | 15 (13) | 15 (15) | 14 (13) | 58 (55) | |
| TOTAL PAR REGIME | | 42 (41) | 43 (40) | 45 (40) | 42 (40) | 172 (161) |

L'affectation des porcs aux quatre traitements nutritionnels a été réalisée à l'intérieur de la descendance d'un même verrat, chaque fois que cela était possible ; sinon, il a été tenu compte de l'élevage d'origine pour la mise en lot.

2/ Régimes expérimentaux :

La composition des quatre régimes expérimentaux, ainsi que leurs caractéristiques nutritionnelles, sont données dans le tableau 2. Les lettres E, e et N, n désignent respectivement les niveaux "haut" et "moyen" de la valeur énergétique et du rapport azote-énergie. La différence de concentration en énergie digestible (3.000 kcal ED contre 3.300 kcal ED) est obtenue en utilisant comme céréale, soit l'orge (e), soit le maïs (E), complétés par du tourteau de soja. Le niveau azoté n (48 g de matières azotées/1.000 kcal ED) a été choisi comme répondant aux normes définies par le N.R.C. pour des porcs nourris à volonté. Le haut niveau azoté N (60 g de matières azotées/1.000 kcal ED) correspond à l'optimum trouvé par COOKE et al., (1972) pour des porcs femelles en début de croissance et dans les conditions d'un rationnement libéral. Dans chaque lot, la formule de l'aliment a été maintenue constante pendant toute la période de croissance-finition.

3/ Modalités des contrôles :

Les modalités de contrôle ont été identiques dans les deux essais à une différence près : les porcs ont été engraisés par lots de deux pleines sœurs en 1972 et en loges individuelles en 1973. Un dispositif en blocs complets a été adopté dans le bâtiment. Les porcelets ont été soumis, dès leur entrée en porcherie, à un régime pré-expérimental : la quantité distribuée était d'abord limitée, puis augmentait progressivement pour parvenir à l'alimentation à volonté au bout d'une semaine : cette période pré-expérimentale a duré au moins une

TABLEAU 2
COMPOSITION ET CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES REGIMES EXPERIMENTAUX

| REGIME | e n | E n | e N | E N |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Composition (p. 100) | | | | |
| Orge (1) | 76,5 | — | 65 | — |
| Mais (1) | — | 73,5 | — | 62 |
| Tourteau de soja 44 (1) | 17,5 | 20,5 | 29 | 32 |
| Mélasse | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Mélanges minéral et vitaminique (2) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Résultats moyens d'analyse (p. 100) | | | | |
| Matière sèche | 88,1 | 88,2 | 88,2 | 88,2 |
| Matières minérales | 5,7 | 5,1 | 6,2 | 5,6 |
| Matières azotées | 16,3 | 16,8 | 20,0 | 21,4 |
| Cellulose brute | 4,7 | 3,0 | 5,1 | 3,3 |
| Energie digestible (ED) kcal/kg (3) | 3.005 | 3.330 | 2.985 | 3.275 |
| Matières azotées, g/Mcal/ED (4) | 54,3 | 50,5 | 66,9 | 65,3 |

- (1) Teneurs en matières azotées (respectivement en 1972 et en 1973) orge : 9,25 - 10,5 - mais : 9,5 - 8,9 - tourteau de soja : 48,2 - 47,3
- (2) HENRY et BOURDON (1973)
- (3) Calculée à partir des teneurs réelles en énergie brute, et du coefficient d'utilisation digestive de l'énergie (CUD.E) ; ce dernier est lui-même en fonction du taux de cellulose brute dans la ration sèche (x), pour des régimes à base de céréales et d'issues, suivant l'équation : CUD.E = 96,31 - 2,98 x. (HENRY, 1971).
- (4) 1 Mcal (mégacalorie) = 1.000 kcal.

semaine pour tous les porcs. Le contrôle de croissance et de consommation a débuté au poids moyen de 27,7 kg en 1972 et de 25,6 kg en 1973. L'aliment, présenté sous forme de granulé, était distribué à volonté : la consommation de nourriture était enregistrée quotidiennement, de façon à s'assurer de la présence constante de refus dans l'auge, à laquelle l'animal avait accès en permanence. Les animaux ont été pesés toutes les deux semaines pendant la croissance et toutes les semaines à l'approche du poids d'abattage ; toute pesée, y compris la pesée finale, était précédée d'une mise à jeun de 20 heures.

Les porcs ont été abattus, dès que le poids vif atteignait ou dépassait 95 kg, à l'abattoir expérimental, du C.N.R.Z. Le poids moyen d'abattage a été respectivement de 96,5 et 96,4 kg en 1972 et 1973. Sur la carcasse chaude ont été mesurés le poids avec tête, la longueur (atlas-symphyse pubienne) et les épaisseurs de lard au niveau de la dernière vertèbre lombaire (rein), de la dernière vertèbre dorsale (dos) et de la dernière vertèbre cervicale (cou). Après ressuyage des carcasses dans une chambre froide à +4°C, la demi-carcasse droite a été soumise, le lendemain de l'abattage, à la découpe parisienne normalisée (OLLIVIER, 1970) : les différents morceaux ont été pesés et les poids après immersion du "jambon", du "rein" (longe + bardière), de la poitrine et du hachage ont été mesurés selon la technique de détermination de la densité (DESMOULIN, 1970). L'ordre chronologique des différentes mesures est rapporté par ailleurs (DESMOULIN et POMMERET, 1974).

4/ Analyse statistique :

La consommation ayant été contrôlée par lots de deux pleines-sœurs dans le premier essai, les moyennes par lot de consommation journalière et d'indice de consommation ont été considérées, pour les besoins de l'analyse, comme des observations individuelles pour chaque animal du lot. Le poids net et le poids de demi-carcasse découpée ont d'abord été corrigés pour les variations de poids vif d'abattage, par régression linéaire intrarace, et ramenés au poids de 96,5 kg. Les autres mesures de carcasse ont été ramenées, de la même façon, à poids de demi-carcasse découpée constant (36,2 kg).

Les données ainsi corrigées ont été soumises à une analyse de variance à effets fixés (méthode des moindres carrés). Le modèle mathématique utilisé est :

$$x_{ijkl} = \mu + \alpha_i + e_j + n_k + r_l + E_{ijkl}$$

- où μ est une constante commune à toutes les observations
 a_i est l'effet de l'année i (deux niveaux)
 e_j est l'effet de la concentration en énergie j de la ration (deux niveaux)
 n_k est l'effet du rapport matières azotées/énergie k (deux niveaux)
 r_l est l'effet de la race l (trois niveaux)
 les E_{ijkl} sont des variables aléatoires indépendantes, supposées normales, d'espérance nulle et de variance σ^2_E

Cette analyse fournit une estimée de l'effet attaché à chaque niveau des quatre facteurs de variation. Le modèle utilisé étant supposé sans interaction, on vérifie d'abord l'additivité des effets principaux par un test global d'interaction. Dans le cas où les données se révèlent conformes au modèle, la signification statistique des effets principaux considérés indépendamment est testée et, pour le facteur "race", les comparaisons des niveaux pris deux à deux sont réalisées à l'aide du test t . Les résultats du test d'additivité dans les analyses basées sur les modèles incluant seulement deux ou trois facteurs ont été également considérés en vue de mieux situer l'origine d'interactions éventuelles.

RESULTATS

Les résultats moyens d'analyse des régimes expérimentaux (tableau 2) font apparaître des teneurs en matières azotées systématiquement plus élevées que celles qui avaient été initialement prévues, compte-tenu principalement des caractéristiques du tourteau de soja utilisé : 47 à 48 p. 100 de matières azotées contre 44. Les écarts ainsi observés sont de l'ordre de un point ; rapportés à l'énergie digestible, ils se situent aux alentours de 10 p. 100 pour les régimes à base d'orge et de 5 p. 100 pour ceux à base de maïs. Il faut noter à ce sujet que la teneur en matières azotées des lots d'orge s'est élevée de 9,2 à 10,5 p. 100 entre le premier et le deuxième essai.

Les résultats de l'analyse de variance et les estimées des moindres carrés sont rassemblés dans les tableaux 3 et 5.

1/ Caractères d'engraissement (tableau 3) :

L'effet "race" est très hautement significatif ($P < 0,001$) pour le gain moyen quotidien dans les trois périodes considérées. L'absence de toute interaction notable indique que les différences entre races n'ont pas été affectées par les variations nutritionnelles. Les porcs PP ont eu une vitesse de croissance nettement inférieure à celle des autres races : respectivement $- 159 \pm 14$ g et $- 130 \pm 14$ g par rapport aux animaux LF et LB. La différence de gain moyen entre LF et LB, tout en étant significative au seuil de 5 %, reste relativement faible et elle s'exprime surtout dans la seconde partie de l'engraissement. Ces différences de croissance sont à rapprocher des différences de consommation journalière. Entre 27 et 96 kg, la consommation spontanée des porcs PP et LB n'a représenté en moyenne que 81 et 92 p. 100 respectivement de celle des porcs LF. En valeur relative, par rapport à ces derniers, le moindre appétit des porcs PP et LB s'est exprimé de façon égale en début d'engraissement, et en période de finition. Sur le plan de l'indice de consommation, l'avantage du Landrace Belge sur le Landrace Français ($- 0,13 \pm 0,06$) a été plus marqué en début d'engraissement ($P < 0,01$) qu'en période de finition ($P < 0,1$). A l'inverse, l'avantage significatif du Landrace Français sur le Piétrain (3,27 contre 3,41) apparaît surtout lié à sa meilleure efficacité alimentaire en période de finition. Enfin, la supériorité du Landrace Belge sur le Piétrain est très hautement significative, quelle que soit la période de contrôle considérée.

Sur l'ensemble de la croissance, les variations de la valeur énergétique de la ration ont été sans effet significatif sur le gain moyen pondéral des animaux et sur la quantité d'énergie digestible ingérée quotidiennement (6,6 à 6,7 Mcal en moyenne) : le taux de diminution de la consommation d'aliment (de l'ordre de 8 %) consécutif à l'élévation de sa valeur énergétique correspond sensiblement au taux d'accroissement de cette dernière (+ 10 %). Toutefois, entre 27 et 50 kg, la quantité d'énergie consommée est sensiblement plus élevée avec les régimes à base de maïs (+ 4 %). Une différence d'indice de consommation très marquée ($P < 0,001$) a été observée, à l'avantage des porcs nourris avec les régimes les plus énergétiques ; cet avantage, voisin de 10 % a été du même ordre pour les trois types génétiques, sur l'ensemble des deux essais. Cependant, exprimé en énergie, l'indice de consommation est le même pour les deux types de régime : 10,3 Mcal ED/kg de gain.

TABLEAU 3
CARACTERES D'ENGRAISSEMENT

| CARACTERE | ANALYSE DE VARIANCE TEST F (1) | | | | | | ESTIMÉES DES MOINDRES CARRÉS | | | | | | | | | | SIGNIFICATION STATISTIQUE DES DIFFÉRENCES ENTRE RACES (1) | | | |
|---|--------------------------------|-------|---------|------------|-------|------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|---|-------|------|---|
| | INTERACTIONS | ANNEE | ENERGIE | TAUX AZOTE | RACE | 1972 | 1973 | e | E | n | N | LF | LB | PP | LF-ILB | L F-PP | LB-PP | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1972 | 1973 | e |
| Gain moyen quotidien (g) | NS | *** | NS | NS | *** | 652 | 590 | 612 | 629 | 613 | 628 | 675 | 658 | 528 | NS | *** | *** | *** | | |
| | NS | *** | NS | ** | *** | 731 | 633 | 678 | 686 | 704 | 660 | 748 | 714 | 583 | * | *** | *** | *** | | |
| | NS | *** | NS | NS | *** | 699 | 612 | 649 | 663 | 666 | 645 | 718 | 689 | 559 | * | *** | *** | *** | | |
| Consommation journalière (kg/j) | NS | *** | *** | ** | *** | 1,72 | 1,61 | 1,71 | 1,62 | 1,70 | 1,62 | 1,83 | 1,68 | 1,48 | *** | *** | *** | *** | | |
| | NS | *** | *** | NS | *** | 2,50 | 2,26 | 2,49 | 2,26 | 2,39 | 2,36 | 2,61 | 2,41 | 2,11 | *** | *** | *** | *** | | |
| | * | (***) | (***) | (NS) | (***) | 2,23 | 2,01 | 2,21 | 2,03 | 2,13 | 2,11 | 2,33 | 2,15 | 1,88 | (***) | (***) | (***) | (***) | | |
| Indice de consommation (kg aliment/kg gain) | NS | * | *** | *** | *** | 2,68 | 2,78 | 2,85 | 2,60 | 2,82 | 2,63 | 2,75 | 2,59 | 2,86 | ** | * | *** | *** | | |
| | NS | * | *** | ** | *** | 3,48 | 3,63 | 3,75 | 3,37 | 3,46 | 3,65 | 3,53 | 3,41 | 3,73 | NS | ** | *** | *** | | |
| | NS | * | *** | NS | *** | 3,23 | 3,33 | 3,45 | 3,11 | 3,24 | 3,31 | 3,27 | 3,14 | 3,41 | * | ** | *** | *** | | |

(1) NS : non significatif ; * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001.

Il y a lieu de souligner l'effet dépressif ($P < 0,01$) de l'élévation du taux azoté sur la vitesse de croissance en période de finition ; cet effet est proche du seuil de signification de 5 % si l'on considère la totalité de la période d'engraissement. Par ailleurs, une différence significative de consommation ($P < 0,01$), commune aux porcs des trois races et indépendante de la concentration en énergie du régime, a été observée de 27 à 50 kg entre les deux taux azotés : 1,70 kg/j pour les régimes n contre 1,62 kg/j pour les régimes N ; cette différence ne subsiste pas en période de finition. Il s'ensuit que les variations du taux azoté ont eu un effet opposé sur l'indice de consommation selon le stade de croissance considéré. En début d'engraissement, l'accroissement du taux azoté a conduit à un abaissement marqué de l'indice de consommation ($- 0,19 \pm 0,02$; $P < 0,001$), quelles que soient la race du porc et la consommation en énergie de la ration. En période de finition, au contraire, l'accroissement du taux azoté s'est traduit globalement par une augmentation de l'indice de consommation ($+ 0,19 \pm 0,03$; $P < 0,01$). Au total, pour l'indice de consommation mesuré entre 27 et 96 kg, l'influence du taux azoté du régime a été mineure ($P < 0,20$).

La consommation journalière sur la période 27-96 kg est la seule variable d'engraissement pour laquelle le test d'interaction globale a conduit à un résultat significatif (tableau 3). Cette dernière a une origine complexe puisqu'elle est due essentiellement à une interaction du second ordre race x énergie x taux azoté, explicitée dans le tableau 4. L'élévation du taux azoté a été pratiquement sans effet sur la consommation journalière d'aliment sauf dans deux cas : cette dernière a diminué chez les porcs LB recevant des régimes à base d'orge (e) et chez les porcs LF soumis aux régimes à base de maïs (E). Cette observation difficile à expliquer illustre la nature complexe des variations du niveau de consommation spontanée de porcs de différents types génétiques vis-à-vis de variations nutritionnelles. Sur le plan de l'efficacité alimentaire, une interaction entre les facteurs "race" et "taux azoté" tend à se manifester en période de finition : l'augmentation de l'indice de consommation, consécutive à l'élévation du taux azoté, a été plus sensible, à ce stade de la croissance, chez les porcs PP et LF que chez les porcs LB. Il en découle que ces derniers tendent à valoriser un peu mieux les régimes plus riches en matières azotées, si l'on en juge par l'indice de consommation entre 26 et 96 kg.

TABLEAU 4
INFLUENCE DU TAUX AZOTE DU REGIME SUR LA CONSOMMATION
JOURNALIERE D'ALIMENT (kg/j) ENTRE 27 ET 96 KG,
SELON LA RACE ET LA VALEUR ENERGETIQUE DE LA RATION.

| VALEUR ENERGETIQUE | | e | | | E | | |
|--------------------|--|------|------|------|------|------|------|
| Race | | LF | LB | PP | LF | LB | PP |
| Taux azoté | | | | | | | |
| n | | 2,40 | 2,30 | 1,96 | 2,33 | 2,07 | 1,79 |
| N | | 2,44 | 2,15 | 1,97 | 2,10 | 2,10 | 1,83 |

2/ Caractères de composition corporelle :

Le facteur "race" a eu une influence très marquée sur les mesures de carcasse. Abstraction faite des interactions observées pour quelques caractères, sur lesquelles nous reviendrons, l'effet "race" est très hautement significatif pour toutes les variables considérées, à l'exception des épaisseurs de lard au niveau du dos et du cou, et du poids de l'ensemble longe-bardière. D'une façon générale, nos deux échantillons de porcs LB et PP se sont révélés peu différents sur le plan de la composition corporelle, comme le montrent certains critères particulièrement représentatifs (rapport longe/bardière, densité du rein et rendement en morceaux nobles). Les seules différences significatives (LB-PP) concernent le poids de carcasse ($+ 0,56 \pm 0,25$ kg), la longueur de carcasse ($+ 63 \pm 5$ mm), l'épaisseur du lard au rein ($+ 2,9 \pm 0,9$ mm), le poids de poitrine ($+ 0,17 \pm 0,06$ kg) et le poids de hachage ($- 0,24 \pm 0,05$ kg). Pour la plupart des critères étudiés, les porcs LF se sont montrés significativement différents des porcs LB et PP. Les exceptions les plus notables concernent les mesures d'épaisseur de lard dorsal : les porcs LF ne diffèrent pas significativement des porcs LB pour les trois épaisseurs de lard et diffèrent significativement des porcs PP pour la seule épaisseur de lard au rein. Pour les autres critères, les porcs LF se différencient nettement des animaux LB et PP : ils se caractérisent par un rendement en carcasse plus faible (79,1 % contre 82,2

TABLEAU 5
CARACTERES DE COMPOSITION CORPORELLES

| CARACTERE | ANALYSE DE VARIANCE : TEST F (1) | | | | | ESTIMES DES MOINDRES CARRÉS | | | | | | | | | | SIGNIFICATION STATISTIQUE DES DIFFERENCES ENTRE RACES (1) | | | |
|---|----------------------------------|-------|---------|------------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|------|------|
| | INTERACTIONS | ANNEE | ENERGIE | TAUX AZOTE | RACE | 1972 | 1973 | e | E | n | N | LF | LB | PP | LF-LB | LF-PP | LB-PP | | |
| | | | | | | 1972 | 1973 | e | E | n | N | LF | LB | PP | LF-LB | LF-PP | LB-PP | | |
| Poids vif d'abattage (kg) | NS | NS | NS | NS | NS | 96,5 | 96,4 | 96,4 | 96,5 | 96,6 | 96,3 | 96,8 | 96,5 | 96,0 | NS | NS | NS | | |
| Poids net avec tête (kg) | ** | (*) | (*) | (***) | (***) | 78,6 | 78,1 | 78,1 | 78,6 | 78,8 | 77,9 | 76,9 | 79,3 | 78,8 | (***) | (***) | (*) | | |
| Poids demi-carasse découpée (kg) . | * | (*) | (***) | (***) | (***) | 36,3 | 36,1 | 36,0 | 36,4 | 36,5 | 35,9 | 35,4 | 36,7 | 36,4 | (***) | (***) | (NS) | | |
| Longueur (mm) | NS | NS | NS | NS | *** | 948 | 947 | 948 | 947 | 948 | 947 | 1001 | 952 | 889 | *** | *** | *** | | |
| Epaisseur de lard (mm) | NS | NS | NS | NS | *** | 20,4 | 20,2 | 19,8 | 20,8 | 20,8 | 19,8 | 22,1 | 20,9 | 18,0 | NS | *** | *** | | |
| | | | | | | Rein . . . | 21,1 | 19,8 | 20,2 | 20,6 | 21,0 | 19,8 | 20,1 | 20,8 | 20,4 | NS | NS | NS | NS |
| | | | | | | Dos . . . | 34,7 | 33,2 | 33,5 | 34,3 | 34,4 | 33,4 | 34,4 | 33,9 | 33,5 | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) |
| Poids des morceaux de la découpe (kg) | NS | NS | NS | NS | NS | 16,35 | 16,34 | 16,37 | 16,32 | 16,34 | 16,35 | 16,32 | 16,35 | 16,36 | NS | NS | NS | | |
| | | | | | | "Rein" . . . | 12,06 | 12,25 | 12,19 | 12,11 | 12,09 | 12,22 | 11,70 | 12,48 | 12,31 | *** | *** | *** | NS |
| | | | | | | Longe . . . | 4,27 | 3,95 | 4,10 | 4,12 | 4,18 | 4,04 | 4,55 | 3,84 | 3,93 | *** | *** | *** | NS |
| | | | | | | Bardière . | 8,55 | 8,54 | 8,55 | 8,54 | 8,52 | 8,58 | 8,34 | 8,59 | 8,71 | (***) | (***) | (NS) | |
| | | | | | | Jambon . | 0,73 | 0,71 | 0,72 | 0,73 | 0,75 | 0,69 | 0,84 | 0,69 | 0,64 | *** | *** | *** | NS |
| | | | | | | Panne . . . | 4,06 | 4,08 | 4,08 | 4,07 | 4,09 | 4,05 | 4,28 | 4,05 | 3,88 | *** | *** | *** | *** |
| Poids des morceaux immergés (g) | NS | NS | NS | NS | *** | 5,31 | 5,29 | 5,27 | 5,33 | 5,29 | 5,31 | 5,17 | 5,25 | 5,49 | NS | *** | *** | | |
| | | | | | | Hachage . | 760 | 792 | 793 | 758 | 766 | 786 | 718 | 807 | 803 | *** | *** | NS | |
| | | | | | | Rein . . . | 477 | 480 | 485 | 472 | 473 | 484 | 448 | 495 | 494 | *** | *** | NS | |
| | | | | | | Jambon . | 103 | 113 | 113 | 103 | 104 | 112 | 93 | 116 | 115 | *** | *** | NS | |
| Poids des morceaux immergés (g) | NS | NS | NS | NS | *** | 290 | 295 | 297 | 288 | 289 | 296 | 278 | 303 | 296 | *** | *** | NS | | |
| | | | | | | Hachage . | 290 | 295 | 297 | 288 | 289 | 296 | 278 | 303 | 296 | *** | *** | NS | |

(1) NS : non significatif ; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$.

et 81,6 %), une carcasse nettement plus longue, un pourcentage de morceaux nobles plus faible (55,4 contre 58,1), un pourcentage de morceaux gras plus élevé (14,9 contre 12,6), un rapport longe/bardière plus faible (2,7 contre 3,3 - 3,4) et une moins bonne composition tissulaire des morceaux appréciée par la mesure de densité.

L'augmentation du rapport matières azotées/énergie de la ration s'est traduite par un moindre rendement en carcasse (80,7 contre 81,6 %), mais son effet a été statistiquement non significatif sur les autres mesures de carcasse. On peut seulement remarquer que les porcs ayant reçu les régimes plus riches en matières azotées ont présenté dans l'ensemble une composition corporelle un peu plus favorable : les différences observées pour certains critères d'adiposité (épaisseur de lard au dos, poids de panne, densité de la poitrine) sont proches du seuil de signification de 5 %.

L'augmentation de la concentration en énergie de la ration a eu une influence favorable sur le rendement de la carcasse. Son effet sur les poids de morceaux a été pratiquement nul, mais une réponse aux variations de la concentration en énergie a été observée au niveau de la composition tissulaire des morceaux : l'accroissement de leur état d'engraissement, chez les porcs ayant reçu les régimes E, est significatif ($P < 0,05$) pour trois d'entre eux (rein, poitrine et hachage).

Le test global des interactions dans le modèle à quatre facteurs est significatif ($P < 0,05$) pour le poids de demi-carcasse découpée, l'épaisseur de lard au cou, le poids de jambon et hautement significatif ($P < 0,01$) pour le poids net avec tête. Pour cette dernière variable et pour le poids de demi-carcasse, la non additivité des effets s'explique essentiellement par des interactions année x taux azoté et année x concentration en énergie : l'incidence des deux facteurs nutritionnels a eu une ampleur différente dans les deux essais, sans qu'il soit possible de l'expliquer, mais rien n'indique que le facteur "race" soit impliqué dans des interactions au niveau du rendement en carcasse.

Dans le cas de l'épaisseur du lard au cou, le test d'interaction globale donne une valeur de F proche du seuil de 1 %, liée principalement à des interactions race x année et race x année x énergie : la valeur des porcs PP pour ce caractère, vis-à-vis des porcs LB et LF, a été sensiblement différente en 1972 et en 1973, ce qui s'explique sans doute par de simples fluctuations d'échantillonnage ; par ailleurs l'influence de la concentration en énergie de la ration a été inégale selon la combinaison race-année considérée.

Une forte interaction race x énergie s'est manifestée pour le poids du jambon. Dans l'analyse de variance incluant ces deux seuls facteurs (les effets "année" et "taux azoté" ne sont pas significatifs pour cette variable), le test d'interaction conduit à un résultat significatif au seuil de 1 % : l'élévation de la concentration en énergie de la ration a abaissé le poids de jambon chez les porcs LF, n'a pas eu d'effet notable chez les porcs LB et a entraîné une nette augmentation du poids de jambon chez les porcs PP (tableau 6). Cette interaction race x énergie est le fait le plus intéressant à noter sur le plan pratique, dans la mesure où une interaction de même signification biologique a également été observée, à un degré moindre, pour plusieurs autres critères de composition corporelle, en particulier l'épaisseur du lard au rein, les poids de jambon et de hachage après immersion, le poids de poitrine. L'ensemble de ces résultats indique que l'élévation du contenu énergétique de l'aliment a eu un effet généralement détériorateur sur la composition corporelle des porcs LF, alors qu'elle a eu, chez les porcs PP, un effet négligeable et même légèrement favorable pour certains critères (composition tissulaire du jambon et du hachage), les porcs LB ayant un comportement généralement intermédiaire entre les porcs PP et les porcs LF de ce point de vue.

TABLEAU 6
INFLUENCE DE LA VALEUR ENERGETIQUE DU REGIME,
SELON LA RACE, SUR LE POIDS ET LA COMPOSITION TISSULAIRE DU JAMBON,
APPRECIEE PAR DENSIMETRIE

| RACE | LF | | LB | | PP | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | e | E | e | E | e | E |
| Valeur énergétique du régime | | | | | | |
| Poids du jambon (kg) | 8,42 | 8,27 | 8,55 | 8,63 | 8,52 | 8,90 |
| Poids du jambon immergé (g) | 468 | 427 | 500 | 492 | 487 | 502 |

Remarquons enfin que pour aucun des critères de composition corporelle les résultats de la présente analyse n'indiquent la présence d'une interaction race x taux azoté qui ait une signification bien établie sur le plan statistique.

DISCUSSION

L'expérience réalisée n'était pas surtout conçue pour comparer des races dans des conditions parfaitement rigoureuses d'échantillonnage des animaux, mais pour observer la réponse à des variations nutritionnelles de types de porcs présentant des différences très marquées dans leur développement musculaire. Quoi qu'il en soit, en raison de la diversité des origines des animaux dans chaque race et malgré la taille relativement modeste de nos échantillons, les écarts observés sont, à notre sens, représentatifs des différences réelles entre les trois races. D'une manière générale, les résultats obtenus sont conformes à ceux observés récemment en France (Stations de contrôle de performances) et dans des pays voisins : comparaisons Piétrain-Landrace de LEAN et al. (1972) et Piétrain-Landrace Belge de EECKHOUT et al. (1971). Toutefois, il importe de noter que contrairement à nos observations, ces derniers ont trouvé une supériorité du Piétrain sur le Landrace Belge du point de vue de la composition corporelle : l'état d'engraissement plus élevé du Landrace Belge dans leur étude peut être attribué à une différence plus accentuée de consommation et de vitesse de croissance. D'autres points intéressants concernant le moindre rendement en carcasse des porcs Landrace Français, en dépit de leur adiposité plus importante, et l'absence de différence significative entre les deux types de Landrace pour les épaisseurs de lard. Si l'on tient compte à la fois des performances de croissance et des caractéristiques de composition corporelle, le Landrace Belge affirme un net avantage global sur les deux autres races. Il convient cependant de souligner, chez le Landrace Belge, une susceptibilité accrue aux accidents cardiaques lors des manipulations d'animaux, notamment au moment de l'abattage : les pertes consécutives à ce type d'accident, inexistantes en Landrace Français et peu fréquentes en Piétrain (un seul cas de mortalité), se sont élevées à 12 % du nombre de porcs mis en contrôle chez le Landrace Belge ; la sensibilité particulière au stress de ce dernier s'est surtout manifestée au cours du deuxième essai, réalisé en période estivale.

En ce qui concerne les variations de l'équilibre azote-énergie, il n'a pas été observé d'effet sensible d'une élévation de la concentration en énergie du régime sur la vitesse de croissance, le niveau d'ingestion énergétique et l'indice de consommation (en énergie digestible par kg de gain), sur l'ensemble de la période d'engraissement. Cependant, la légère amélioration du gain de poids, enregistré à la suite de l'ingestion des régimes à base de maïs, est à rapprocher d'une certaine tendance à un état d'engraissement accru, comme l'indiquent les critères de densité ; cet effet peut être attribué à une meilleure utilisation de l'énergie métabolisable du maïs par rapport à celle de l'orge. D'autre part, il est apparu que le profil d'ingestion d'énergie a varié avec la nature de la céréale : la consommation a été légèrement plus élevée avec le maïs jusqu'à 50 kg, mais identique en finition. Si l'on considère d'une manière plus particulière la réponse des trois races, il importe de souligner l'existence d'une interaction entre la valeur énergétique de la ration et le type génétique pour certains critères de carcasse, poids et composition du jambon notamment : alors qu'une élévation de la concentration en énergie de 10 %, provoque une adiposité accrue des porcs Landrace Français, elle est sans effet défavorable chez les animaux Landrace Belge et serait même favorable pour certains critères chez le Piétrain.

Pour l'étude de l'influence du rapport matières azotées/énergie, l'objectif initial était de se situer à un niveau moyen, légèrement inférieur aux normes classiquement définies pour des porcs nourris à volonté, et à un niveau majoré, pour tenir compte des besoins supposés accrus de porcs femelles à fort développement musculaire. De plus, pour ne pas alourdir le dispositif expérimental, le taux de matières azotées, dans cette première phase d'étude, a été maintenu constant pendant toute la période de croissance. Ainsi que nous l'avons indiqué précédemment, la teneur particulièrement élevée en matières azotées du tourteau de soja de type 44 utilisé a conduit à des valeurs plus fortes que prévues pour les niveaux azotés des régimes. En particulier, le niveau dit moyen se rapprochant de l'optimum, on peut expliquer l'absence d'effet significativement favorable sur la croissance de l'élévation du taux de matières azotées au-delà de 50 à 54 g par Mcal ED. Remarquons cependant une amélioration de l'indice de consommation en début de croissance pour les régimes N, quelle que soit d'ailleurs la race, en relation vraisemblablement avec une réduction de l'état d'engraissement des animaux. Pendant la phase de finition, par contre, un taux azoté élevé exerce un effet dépressif sur l'efficacité alimentaire, plus particulièrement dans le cas des animaux LF et PP. La moindre sensibilité du Landrace Belge, caractérisé par une croissance musculaire intense, à un excès de matières azotées dans la ration, jointe à l'amélioration de l'indice de consommation avant 50 kg, nous incite à conclure à un besoin de matières azotées et d'acides aminés plus élevé chez ce type de porc que dans les autres races. EECKHOUT et al. (1971) ont également constaté que des porcs femelles Landrace Belge ont tendance à réagir plus favorablement que des porcs Piétrain de même sexe à une supplémentation, par la lysine industrielle, d'une ration de base renfermant 16 p. 100 de matières azotées, 0,76 p. 100 de lysine et 3.000 kcal ED par kg ; il est intéressant de noter que, du point de vue de l'équilibre azote-énergie, le régime utilisé par ces auteurs présentait un rapport matières azotées/énergie voisin du niveau moyen (n) appliqué dans notre expérience, soit 52 g par Mcal ED. Les chercheurs américains KORNEGAY et al. (1973) ont constaté de leur côté que les normes du NRC (1968), correspondant à 48 g de matières azotées/Mcal ED, semblent marginales pour des porcs à croissance musculaire rapide. L'élévation du taux de matières azotées s'est traduite par ailleurs

par un effet dépressif sur la consommation dans le deuxième essai, mais non dans le premier ; la raison de cette différence d'une année sur l'autre nous échappe, bien qu'il soit maintenant établi qu'un large excès de matières azotées réduit les niveaux de consommation (SUGAHARA et al., 1969). Quoi qu'il en soit, la diminution globale de l'état d'engraissement des carcasses, à la suite de l'ingestion des régimes à taux azoté plus élevé et distribués à volonté, va dans le sens des résultats de la bibliographie, tout au moins chez les porcs femelles (RERAT et HENRY, 1967). Enfin, par rapport aux résultats spectaculaires observés par DAVEY et MORGAN (1969) avec une variation très large du taux azoté, l'absence d'interaction entre ce dernier et la race au niveau de la composition corporelle, dans la présente étude, s'explique par notre souci de se situer à des niveaux proches de l'optimum nutritionnel. Les conséquences défavorables sur la croissance et l'efficacité alimentaire d'un excès de matières azotées après 50 kg de poids vif nous ont conduit à poursuivre cette étude, sur des produits de croisement, en appliquant cette fois une réduction de leur taux d'incorporation dans l'aliment en période de finition.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à M. LEFRANC (E.D.E. du PAS-DE-CALAIS) pour l'aide substantielle qu'il nous a apportés dans la prospection des élevages, ainsi qu'aux éleveurs qui nous ont fourni les animaux utilisés dans cette expérience.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COOKE R., LODGE G.A., LEWIS D., 1972. Influence of energy and protein concentration in the diet on the performance of growing pig. 1 - Response to protein intake on a high - energy diet. *Anim. Prod.*, **14**, 35 - 46.
- DAVEY R.J., MORGAN D.P., 1969. Protein effect on growth and carcass composition of swine selected for high and low fatness. *J. Anim. Sci.*, **28**, 831-836.
- DAVEY R.J., MORGAN D.P., KINCAID C.M., 1969. Response of swine selected for high and low fatness to a difference in dietary energy intake. *J. Anim. Sci.*, **28**, 197-203.
- DESMOULIN B., 1970. La détermination de la composition corporelle. I. Principe et conditions d'une mesure directe de l'état d'engraissement de la carcasse de porc. II. Application à l'étude des états d'obésité chez le porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 171-175, 177-185, I.N.R.A., I.T.P. éd., Paris.
- DESMOULIN B., POMMERET P., 1974. Références de composition anatomique et critères de classification des carcasses de porcs femelles des types Landrace Français, Landrace Belge et Piétrain. *Journées Rech. Porcine en France*, I.N.R.A.-I.T.P. éd. Paris.
- EECKHOUT W., BEKAERT H., CASTEELS M., TORREELE G., BUYSSE F. 1971. L'addition de lysine et de de race Piétrain. I. Influence sur les résultats de croissance. II. Influence sur la qualité de la carcasse. *Revue Agriculture*, **24**, 631-657 ; 771-790.
- HENRY Y., 1972. Essai de prévision de la valeur en énergie digestible des aliments pour le porc, à partir de leurs teneurs en constituants-membranaires. *Journées Recher. Porcine en France*, 57-64, I.N.R.A. - I.T.P., Ed., Paris.
- HENRY Y., BOURDON D., 1973. Utilisation digestive de l'énergie et des matières azotées de la féverole sous forme entière ou décortiquée. en comparaison avec le tourteau de soja. *Journées Recher. Porcine en France*, 105-114, I.N.R.A., I.T.P., Ed., Paris.
- HENRY Y., RERAT A., 1972. La relation azote-énergie dans l'alimentation du porc en croissance. *IXème Congrès Internat. Nutrition, MEXICO*.
- KORNEGAY E.T., THOMAS H.R., CARTER J.H., 1973. Evaluation of dietary protein levels for well-muscled hogs. *J. Anim. Sci.*, **36**, 79-85.
- LEAN I.J., CURRAN M.K., DUCKWORTH J.E., HOLMES W., 1972. Studies on Belgian Pietrain pigs. I. A comparison of Pietrain, Landrace and Pietrain-Landrace crosses in growth, carcass characteristics and meat quality. *Anim. Prod.*, **15**, 1-9.
- OLLIVIER L., 1970. L'épreuve de la descendance chez le porc Large White Français de 1953 à 1961. Analyse de la variation. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **2**, 311-324.

- RERAT A., HENRY Y., 1967. Etude du besoin azoté chez le porc en croissance. II. Utilisation de la farine de poisson à des doses excessives par rapport au besoin azoté.
Ann. Zootech., **16**, 203-211.
- SKITSKO P.J., BOWLAND J.P., 1970. Performance of gilts and barrows from three breeding groups marketed at three liveweights when offered diets containing two levels of digestible energy for a limited period per day.
Can. J. Anim. Sci., **50**, 161-170.
- SUGAHARA M., BAKER D.H., HARMON B.G., JENSEN A.H., 1969. Effet of excess levels of dietary crude protein on carcass development in swine.
J. Anim. Sci., **29**, 598-601.