

97506

L'AMELIORATION DE LA QUALITE DE LA VIANDE PORCINE PAR LA SELECTION

L. OLLIVIER et D. POTIER *

I.N.R.A. — Station de Génétique Quantitative et Appliquée

C.N.R.S. — 78350 Jouy-en-Josas

INTRODUCTION

Le problème de la qualité de la viande de porc n'a sans doute pas en France, pour le moment, la même acuité que dans d'autres pays européens, pour des raisons diverses liées au matériel animal utilisé (prépondérance du Large White), aux conditions d'abattage et au type de consommation. D'autre part, les techniques de mesure de cette qualité sont relativement délicates à mettre en œuvre et l'accord est loin d'être réalisé entre les spécialistes sur le meilleur moyen à utiliser pour apprécier la qualité, d'autant plus que sa définition même fait encore l'objet de discussions. Toutes ces raisons expliquent que ce critère est généralement ignoré dans la pratique de la sélection, car les sélectionneurs en savent l'importance mais se heurtent à de nombreuses difficultés lorsqu'il s'agit d'en tenir compte au moment du choix des reproducteurs.

Nous avons cependant aujourd'hui les premières indications objectives (article de HOUIX et coll. 1) suggérant que, depuis 1965, la qualité de la viande a baissé dans la race Large White. Comme par ailleurs cette qualité est liée à l'aptitude de l'animal à résister aux agressions auxquelles il est soumis au cours de son existence, on peut aussi penser que cette aptitude a décliné, entraînant des conséquences défavorables quant à la mortalité au cours de l'engraissement et durant le transport à l'abattoir. Le moment est donc venu d'envisager la prise en considération de critères de qualité de la viande dans les programmes de sélection porcine. Deux questions se posent alors :

- 1/ Quels critères choisir ?
- 2/ Quelle importance donner à ces nouveaux critères de sélection par rapport aux critères classiques relatifs à l'engraissement et à la carcasse ?

Cet article a pour objet de proposer quelques éléments de réponse à ces questions.

LES CRITERES DE QUALITE

La qualité de la viande peut être soit **mesurée directement** sur la viande elle-même, dont après l'abattage, soit **prédite indirectement** à partir de mesures sur l'animal vivant. Il n'est pas utile d'insister sur les mesures **post mortem** qui sont bien connues et utilisées depuis longtemps sur une assez grande échelle. Rappelons qu'on mesure l'acidité de la viande (45 min. ou 24 h. après l'abattage), sa couleur, son pouvoir de rétention d'eau, ou son rendement au cours d'une transformation. Il s'agit là des **propriétés technologiques** de la viande qui intéressent surtout le transformateur et qui sont relativement faciles à mesurer objectivement. Un autre aspect qui intéresse le consommateur, et qui est en partie lié aux propriétés précédentes, concerne les **propriétés sensorielles** de la viande, et fait appel à des jurys de dégustateurs (1). Il faut noter que les préférences du consommateur ne sont pas toujours celles du transformateur. Contrairement aux mesures ou appréciations directes de la viande, les méthodes indirectes basées sur des mesures **in vivo** n'ont pas encore, pour la plupart, quitté le stade du laboratoire, car les recherches dans ce domaine sont récentes et n'ont connu un développement important que depuis 4 ou 5 ans. Les méthodes proposées peuvent se classer en deux catégories, soit qu'on mesure des critères biochimiques, après un prélèvement sur l'animal, ou des critères physiologiques qui sont des indicateurs de la réaction de l'animal

* Ce travail, qui a fait l'objet d'un mémoire de fin d'études à l'ESITPA présenté par D. POTIER, a bénéficié de la collaboration technique de D. TASTU et de Madame Nathalie BOUTLER.

(1) HOUIX Y., DANDO P., SELLIER P., 1975. Note préliminaire sur l'estimation, à l'aide d'une lignée-témoin, de l'évolution génétique des caractères d'engraissement et de carcasse du porc Large-White en France, de 1965 à 1973. Journées Rech. Porcine en France 1975.

à une contrainte de nature variable. Le tableau 1 résume les résultats de quelques travaux concernant les critères biochimiques et montre que les résultats obtenus, le plus souvent sur des effectifs assez faibles, sont très variables quant à leur valeur prédictive de la qualité de la viande.

TABEAU 1
RELATIONS ENTRE DES CRITERES BIOCHIMIQUES
MESURES IN VIVO ET LA QUALITE DE LA VIANDE

SUBSTANCE DOSEE (1)	PRELEVEMENT	CORRELATIONS AVEC LA QUALITE DE LA VIANDE (VALEURS EXTREMES)		MATERIEL ANIMAL (2)	REFERENCE
Métabolites de l'adrénaline	Urine	-0,81	0,74	32 PC 15 CW	4
17 - OHCS	Sang	0,04	0,08	475 L	5
Lactate	Biopsie musculaire	0,41	0,43	32 L	6
	" "	0,14	0,27	112 L, LW, P	7
G 6 P	Biopsie musculaire	0,51	0,62	32 L	6
	" "	0,14	0,29	112 L, LW, P	7
CPK	Sang	0,57	0,60	32 L	6
	" "	0,24		86 LW, L, P	8
	" "	0,51		161 L et L x LW	9
	" "	0,32	0,41	269 L	10
LDH	Sang	0,45		86 LW, L, P	8
	" "	0,51		41 L et L x LW	9
	" "	-0,25	0,63	39 L	11
GOT	Sang	0,05	0,18	32 L	6
ALD	Sang	0,54		41 L et L x LW	9

(1) 17 OHCS : 17-hydroxy-corticostéroïdes
G6P : glucose-6-phosphate
CPK : créatine-phosphokinase
LDH : lactate-déshydrogénase
GOT : glutamate-oxalacétate-transaminase
ALD : aldolase

(2) PC : Poland-China
CW: Chester White
L : Landrace
LW: Large White
P : Piétrain

Le tableau 2 montre que les réactions physiologiques "normales" à des contraintes non spécifiques sont généralement en faible corrélation avec la qualité de la viande. Il faut remarquer en outre que ces réactions sont généralement peu répétables, car elles peuvent varier d'une manière importante selon le jour de la mesure. Par contre, un agent anesthésiant, le fluothane, expérimenté plus récemment, produit un ensemble de réactions très caractéristiques chez certains individus. Ces réactions constituent ce qu'on appelle le **syndrome d'hyperthermie maligne**, puisqu'il est caractérisé par une élévation très rapide de la température corporelle. Le signe extérieur le plus visible est un raidissement musculaire, phénomène bien connu des éleveurs de Piétrain. Il s'agit d'une réaction du type "tout ou rien", les porcs pouvant être classés en "sensible" ou "résistant" et des différences très nettes de qualité de viande ont pu être mises en évidence entre les deux catégories de porcs. Ce test est relativement simple à mettre en œuvre et, comme l'aptitude à bien le supporter paraît de nature héréditaire, son intérêt pratique est considérable.

Tableau 2, page suivante.

LA SELECTION SUR LA QUALITE DE LA VIANDE CONSIDEREE SOULEMENT

La qualité de la viande est améliorable par sélection puisque de nombreuses études ont montré que ce caractère est moyennement héréditaire : l'hérédité est de l'ordre de 0,30 et comparable à celle des performances

TABEAU 2
RELATIONS ENTRE LES REACTIONS PHYSIOLOGIQUES
DU PORC A UNE CONTRAINTE ET LA QUALITE DE LA VIANDE

NATURE DE LA CONTRAINTE	REACTION MESUREE	CORRELATIONS AVEC LA QUALITE DE LA VIANDE (VALEURS EXTREMES)	MATERIEL (1) ANIMAL	REFERENCE
Injection de pyrifer	Température corporelle	0,11 0,14	240 L	5
	Rythme cardiaque	0,16 0,21		
Choc thermique	Température corporelle	0,42 0,54	10 L	12
		0,01 0,15	565 LW, P, PBO et X	13
		0,01 0,19	150 L, P, PBO et X	14
	Rythme respiratoire	0,61 0,73	10 L	12
		0,01 0,10	565 LW, P, PBO et X	13
		0,02 0,03	150 LW, P, PBO et X	14
	Rythme cardiaque	0,01 0,20	565 LW, P, PBO et X	13
		0,06 0,22	150 LW, P, PBO et X	14
Anesthésie au fluothane	Positive ou négative	différence de qualité selon la réaction : 0,2 à 1,9 écart-type	231 L	15

- (1) L : Landrace
 LW : Large-White
 P : Piétrain
 PBO : Porc Blanc de l'Ouest
 X : Croisements

d'engraissement. Trois méthodes de sélection sont possibles :

- 1/ La sélection individuelle sur des critères mesurés **in vivo**,
- 2/ La sélection sur n collatéraux abattus ($n=1$ ou 2 pleins-frères) qui fait appel à des critères mesurés **post mortem** sur la viande,
- 3/ La sélection combinée basée sur l'ensemble des mesures précédentes.

L'efficacité de ces 3 méthodes dépend d'abord de la précision avec laquelle est estimée la valeur génétique d'un reproducteur. Cette précision est, dans les 3 cas :

(1) rh' (sélection individuelle indirecte)

(2) $\sqrt{0,25 \ n \ h^2 / [1 + (n-1) t]}$ (sélection sur une moyenne de n frères)

(3) $\sqrt{[(rh')^2 [1 + Cn-1) t] + 0,25 \ n h^2} / [1 + (n-1) t - 0,25 \ n (rhh')^2]$ (indice à 2 caractères, une mesure sur le reproducteur et une moyenne de n frères)

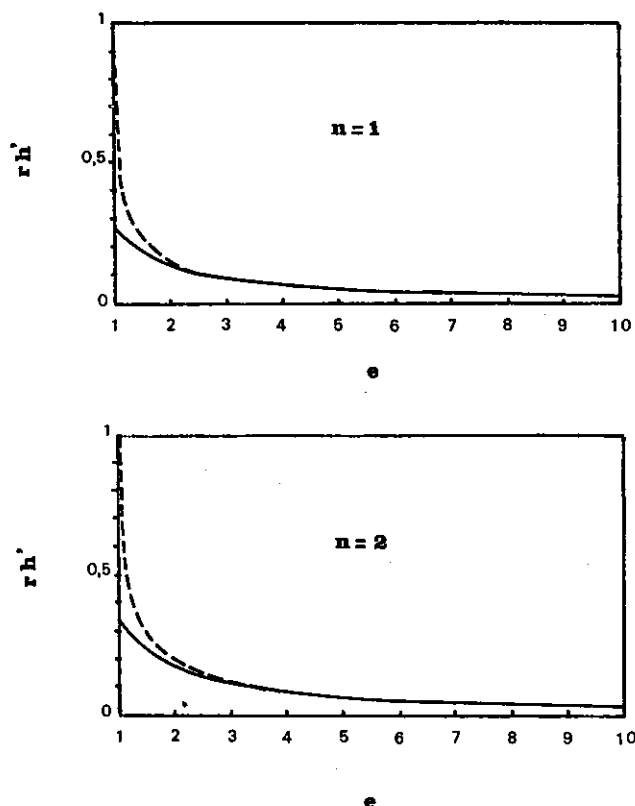
avec h^2 : l'héritabilité de la qualité de la viande **post mortem**
 h^2 : l'héritabilité de la mesure **in vivo**
 r : corrélation génétique entre la mesure **in vivo** et la qualité **post mortem**
 t : corrélation phénotypique entre frères pour la qualité **post mortem**.

On peut vérifier que (1) et (2) sont des cas particuliers de la formule (3) appliquée respectivement avec $n=0$ et $r=0$. Comme h^2 et t sont fixés et connus assez exactement ($h^2=0,30$ et $t=0,25$), la précision relative des trois méthodes va dépendre seulement du produit rh' . La première méthode est supérieure à la deuxième quand rh' dépasse 0,274 avec $n=1$ et 0,346 avec $n=2$. La 3ème méthode est évidemment toujours supérieure aux 2 premières. Mais d'autres facteurs sont à prendre en considération dans la pratique, tels que l'effort de sélection que permet chaque méthode (2, 3) et les coûts des mesures. De ce point de vue, les 2 dernières méthodes sont défavorisées puisqu'elles nécessitent des abattages, donc réduisent automatiquement l'effort de sélection, et des techniques de mesure relativement complexes applicables seulement en stations, la capacité de celles-ci étant alors le facteur limitant de l'effort de sélection. La figure 1 donne la valeur de rh' pour laquelle la 1ère méthode est aussi efficace génétiquement que les deux dernières en fonction du rapport de l'effort de sélection que permet la 1ère méthode relativement aux 2 dernières. Les capacités des stations françaises de sélection permettent une sélection environ 6 fois plus intense sur les résultats du contrôle individuel (1ère méthode) que sur ceux du contrôle sur collatéraux ou combiné (2ème et 3ème méthodes); la valeur critique correspondante de rh' est de l'ordre de 0,06. Ainsi des mesures *in vivo* relativement imprécises peuvent quand même constituer des critères de sélection intéressants. Malheureusement la plupart des mesures rapportées dans les tableaux 1 et 2 n'ont pas été suffisamment étudiées pour qu'on puisse établir avec certitude la valeur et parfois même le signe du produit rh' . Seul le test de la CPK semble avoir été approfondi sur le plan génétique (10, 16), encore que des incertitudes subsistent sur son héritabilité (de l'ordre de 0,10 en utilisant la composante paternelle de la variance et de 0,30 en utilisant les composantes paternelle et maternelle) et sur sa corrélation génétique avec la qualité de la viande que les références précédentes ne donnent pas. En prenant pour celle-ci les valeurs des corrélations phénotypiques du tableau 1, le produit rh' se situerait entre 0,09 ($h^2=0,10$ et $r=0,30$) et 0,22 ($h^2=0,30$ et $r=0,40$).

FIGURE 1

VALEURS DU PRODUIT rh' RENDANT LA SÉLECTION INDIVIDUELLE –
SUR UNE MESURE *IN VIVO* D'HERITABILITE h^2 ET EN CORRELATION GENETIQUE r
AVEC LA QUALITE DE LA VIANDE – AUSSI EFFICACE QUE :

- la sélection sur la qualité de la viande de n collatéraux abattus
- - - la sélection combinée sur la mesure *in vivo* et la qualité de la viande de n collatéraux abattus;



e est le rapport de l'effort de sélection applicable avec la 1ère méthode à celui que permettent les 2 dernières.
On a supposé que pour la qualité de la viande l'héritabilité est de 0,30 et la corrélation entre collatéraux de 0,25.

LA SÉLECTION SIMULTANÉE SUR DES CRITÈRES D'ENGRAISSEMENT DE CARCASSE ET DE QUALITÉ DE VIANDE

Si on veut améliorer simultanément la qualité de la viande et les performances d'engraissement et de carcasse, de nombreux paramètres sont à prendre en considération en plus des 2 de la situation précédente. Les objectifs et les critères de sélection étant multiples, il faut connaître :

- 1) l'importance relative des objectifs que l'on se fixe,
- 2) les interrelations entre ces objectifs,
- 3) les interrelations entre les critères d'une part, et entre critères et objectifs d'autre part.

Il s'agit en fait d'adapter les indices de sélection actuellement utilisés (17) à la prise en compte de la qualité de la viande. Pour simplifier nous allons réduire les objectifs à 3 variables (Y_1 , Y_2 , Y_3) qui synthétisent respectivement le coût de l'engraissement, le prix de la carcasse et la qualité de la viande, et les critères de sélection possibles à 6 variables dont 3 (X_1 , X_2 , X_3) sont mesurables *in vivo*, le coût de l'engraissement, l'adiposité de la carcasse et un critère lié à la qualité de la viande et 3 sont les objectifs de sélection précédemment définis, mesurés sur n collatéraux.

L'importance relative des 3 objectifs peut être basée sur les conditions économiques actuelles. Un écart-type de coût d'engraissement est d'environ $20 \times 0,8 \times 1,25 = 20$ F, 20 kg étant l'écart-type de la consommation, 0,8 F le prix du kg d'aliment et 1,25 étant le rapport coût d'engraissement/coût d'alimentation. L'écart-type du prix des carcasses est également voisin de 20 F, sur la base des prix pratiqués au 1er trimestre 1974. L'importance économique de la qualité de la viande est plus délicate à évaluer. Si son incidence sur le prix de carcasse est à peu près nulle (18), il n'en est pas de même en amont (chez l'engraisseur) et en aval (chez le transformateur). Comme une mauvaise qualité de viande va de pair avec des risques accrus de mortalité sous l'effet des chocs divers, l'engraisseur doit faire face à des pertes en cours d'engraissement et surtout lors du transport à l'abattoir. La relation entre les pertes que subit un lot de porcs au cours du transport et la qualité de la viande moyenne du lot est difficile à quantifier avec précision. Des données de la littérature permettent cependant de le tenter. Une étude belge (19) portant sur plus de 11.000 porcs a montré qu'un tranquillisant injecté à l'animal avant le transport réduit les pertes de 8,2 à 1,7 p. mille, soit un gain de 0,65 point en pourcentage de perte. Par ailleurs une augmentation de 0,23 unité pH a été obtenue sur la viande après traitement avec le même tranquillisant (20). En admettant que tous les facteurs de variation du pH ont des effets parallèles sur la mortalité en cours de transport, une baisse d'un écart-type de pH, égal à 0,25 unité, est donc accompagnée d'une perte due à la mortalité en cours de transport de $(0,0065/0,23) \times 0,25 \times 400 \times 1,15 = 3,25$ F, en supposant un prix de carcasse de 400 F, le facteur 1,15 tenant compte des pertes supplémentaires dues à la saisie des carcasses pour myopathie qui représentent en valeur monétaire 15 p. cent des pertes dues à la mortalité en cours de transport (21). L'incidence du pH de la viande sur sa transformation industrielle est mieux connue. En se limitant au jambon, une unité de pH équivaut à 11 points en rendement technologique de la transformation en jambon de Paris ; ainsi pour 2 jambons parés et désossés pesant 10 kg, un écart-type de pH a une valeur de $0,25 \times 0,11 \times 10 \times 20 = 5,5$ F, en attribuant une valeur de 20 F au prix du kg de jambon de Paris. Un écart-type de pH vaut donc $3,25 + 5,5 = 8,75$ F, que l'on peut arrondir à 10 F pour tenir compte d'autres pertes plus difficiles à évaluer, liées à la mortalité au cours de l'engraissement et à la commercialisation des morceaux autres que le jambon. La valeur génétique globale que l'on se propose d'accroître est donc :

$$H = -20 Y_1 + 20 Y_2 + 10 Y_3$$

où Y_1 , Y_2 et Y_3 sont exprimés en unités d'écart-type. Des valeurs voisines ont été obtenues en Allemagne (22,23) mais ces auteurs ne donnent pas d'évaluation précise du coefficient de Y_3 .

Quant aux corrélations à prendre en compte dans l'établissement des indices, elles peuvent se représenter par la matrice ci-dessous, dont la diagonale contient les héritabilités des 6 variables considérées, et les éléments hors-diagonale sont les corrélations phénotypiques et génétiques, supposées égales :

	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
X_1	0,35	0	0	1	0	0
X_2		0,5	r'	0	0,6	-0,1
X_3			h'^2	0	r'	r
Y_1				0,35	0	0
Y_2					0,5	-0,2
Y_3						0,3

Dans cette matrice figurent d'une part des valeurs numériques qui sont indépendantes du critère X_3 et connues avec assez de précision d'après les données de la littérature, et d'autre part 3 paramètres h' , r et r' qui dépendent de X_3 (h' et r sont des paramètres déjà utilisés dans le paragraphe précédent). Le coût de l'engraissement est considéré comme indépendant des autres caractères et les corrélations phénotypiques entre frères sont supposées égales à 0,275 pour Y_1 et 0,25 pour Y_2 et Y_3 . L'établissement des éléments nécessaires aux calculs des indices de sélection est donné dans (24).

Pour chaque série de valeurs r , r' et h' , 4 indices de sélection ont été comparés du point de vue de leur précision globale et des progrès qu'ils entraînent pour chacun des objectifs élémentaire Y_1 , Y_2 , Y_3 . Par ordre croissant d'information prise en compte, la 1ère méthode inclut X_1X_2 , la 2ème $X_1X_2X_3$, la 3ème $X_1X_2Y_1Y_2Y_3$ et la 4ème $X_1X_2X_3Y_1Y_2Y_3$. Du point de vue de la précision globale, les 2 premières méthodes, c'est-à-dire sélection individuelle avec ou sans inclusion de critère *in vivo* de qualité de viande, sont à peu près équivalentes quelles que soient les valeurs de r , r' et h' . De même les 3ème et 4ème méthodes, c'est-à-dire sélection combinée avec ou sans prise en considération de critère *in vivo* de qualité de viande, sont également équivalentes et, avec 2 collatéraux abattus, supérieures d'environ 20 p. 100 aux 2 premières, il suffit donc que l'effort de sélection avec les 2 premières méthodes soit de 20 p. 100 supérieur à celui des 2 dernières pour que les 4 méthodes soient équivalentes au point de vue de l'efficacité globale. De ce point de vue, la prise ou non en considération de critère *in vivo* de qualité de viande est indifférente, ce qui peut paraître surprenant. Cela s'explique par une sorte de jeu de bascule entre les variables Y_2 et Y_3 , c'est-à-dire entre la quantité et la qualité de la viande produite. Ainsi la 2ème méthode, par rapport à la 1ère, favorise d'autant plus la qualité aux dépens de la quantité que r et h' sont élevés, pour une valeur faible de r' . Lorsque r' devient fortement négatif, c'est-à-dire qu'il y a opposition entre X_3 et Y_2 (et X_2), l'inverse se produit et on aboutit à cette situation paradoxale que la 2ème méthode entraîne une dégradation plus forte de la qualité que la 1ère (tableau 3).

TABLEAU 3

PROGRES GENETIQUES EN QUANTITE ET QUALITE DE VIANDE,
POUR DIFFERENTES VALEURS DE PARAMETRES GENETIQUES,
PAR SELECTION INDIVIDUELLE

	ΔY_2	ΔY_3
1ère méthode	0,187	- 0,024
2ème méthode avec :		
$r' = -0,3$ $\left\{ \begin{array}{l} r=h'^2=0,1 \text{} \\ r=h'^2=0,7 \text{} \end{array} \right.$	 0,189 0,171	 - 0,024 0,026
$r' = -0,6$ $\left\{ \begin{array}{l} r=h'^2=0,1 \text{} \\ r=h'^2=0,7 \text{} \end{array} \right.$	 0,193 0,203	 - 0,025 - 0,051

ΔY_2 : progrès en prix de carcasse (exprimé en écart-type) par unité d'intensité de sélection.

ΔY_3 : progrès en qualité de viande (en écart-type de pH) par unité d'intensité de sélection.

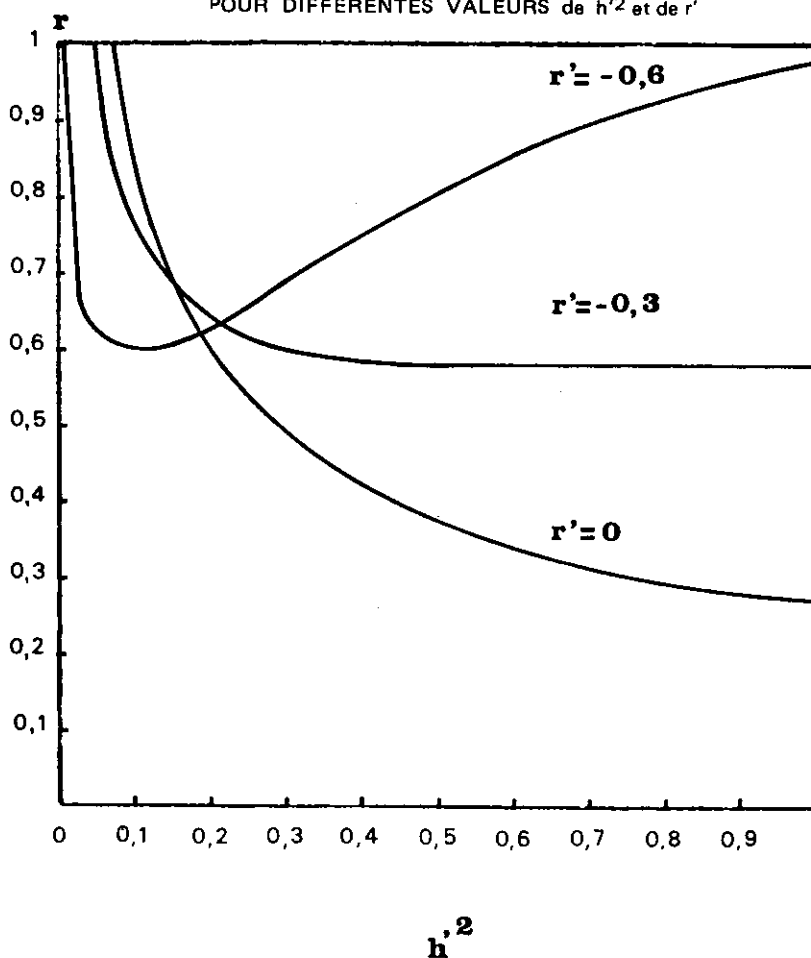
(méthodes de sélection, h' , r et r' définis dans le texte).

Si du point de vue global les variations de r , r' et h' ont peu d'incidence, il en va tout autrement quand on considère chaque variable Y_1 , Y_2 , Y_3 séparément. La comparaison des 3ème et 4ème méthodes montre qu'elles sont à peu près équivalentes du point de vue de l'amélioration de la qualité de la viande lorsque r et h' ont des valeurs faibles ou moyennes. Pour des valeurs élevées de r et h' l'avantage va à la 4ème méthode quand r' est fortement négatif. La comparaison des 1ère et 2ème méthodes est plus intéressante à considérer, puisqu'il s'agit de deux méthodes de sélection individuelle permettant un effort de sélection important. La 1ère méthode entraîne une dégradation de la qualité de la viande qui reste cependant assez lente, de l'ordre de 0,02 écart-type par unité d'intensité de sélection. Nous avons vu plus haut que lorsque r' est fortement négatif, la 2ème méthode, entraîne une dégradation plus rapide de la qualité que la 1ère méthode. En fait, cela n'est vrai que pour des valeurs moyennes de r et h' , car la dégradation de la qualité pourrait théoriquement être évitée mais pour des

valeurs extrêmes de r et de h' qu'il est peu réaliste d'espérer pratiquement (figure 2). Au contraire lorsque r' est faible, la 2ème méthode devient supérieure à la 1ère et peut non seulement ralentir la détérioration de qualité mais même améliorer celle-ci pour des valeurs moyennes de r et de h' . Ainsi quand r' est voisin de zéro, le seuil critique du produit rh' pour que la 2ème méthode n'entraîne aucune dégradation de la qualité est compris entre 0,25 et 0,28. Notons que toute diminution de qualité peut être évitée, quelles que soient les valeurs de r , r' et h , en imposant les contraintes voulues dans le calcul des indices (25), mais aux dépens de leur efficacité globale.

FIGURE 2

VALEURS MINIMUM DE r PERMETTANT UNE AMELIORATION
DE LA QUALITE DE LA VIANDE PAR SELECTION INDIVIDUELLE
(2ème méthode du texte)
POUR DIFFERENTES VALEURS de h'^2 et de r'



En conclusion, le choix d'un critère de sélection mesurable sur l'animal vivant en vue de l'amélioration de la qualité de la viande paraît devoir être guidé par les considérations suivantes. En premier lieu, ce critère doit être aussi indépendant que possible de la composition corporelle ($r' > -0,30$). Cette condition étant remplie, le critère devra être assez héritable et en corrélation suffisante avec la qualité de la viande ($rh' > 0,25$). Il faut signaler cependant que d'une race à une autre l'opposition biologique quantité-qualité de viande peut être plus ou moins importante ce qui peut rendre les perspectives d'amélioration de la qualité plus ou moins favorables.

Dans les conditions actuelles du marché, où la prépondérance est accordée à la quantité de viande, il semble seulement possible de maintenir un niveau constant de qualité, sans pouvoir espérer d'amélioration importante. De même que le paiement des porcs à la qualité (de la carcasse) a été, dans le passé, un encouragement à la sélection de porcs maigres, il faudra sans doute instaurer, à l'avenir, un paiement à la qualité (de la viande) pour inciter les sélectionneurs à en tenir compte dans le choix de leurs reproducteurs.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) DUMONT B.L., 1974. Propriétés sensorielles et qualités technologiques de la viande de trois races (Landrace Français et Piétrain). *Journées de la Rech. Porcine en France 1974*, 233-239, Institut technique du Porc, Paris.
- (2) NAVEAU J., 1972. La mesure de l'effort de sélection dans un élevage de porcs. In *Journées de la Rech. Porcine en France 1972*, 69-72, Institut technique du Porc, Paris.
- (3) LEGAULT C., OLLIVIER L., 1974. Plans de sélection porcine. In *1er Congrès Mondial de Génét. appliquée à l'élevage*, vol. 1, 823-835.
- (4) JUDGE M.D., FORREST J.C., SINK J.D., BRISKEY E.J., 1968. Endocrine related stress responses and muscle properties of swine. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1247-1253.
- (5) STEINHAUF D., WENIGER J.H., HOPPENBROCK K.H., 1969. Stressresistenz als Leistungsmerkmal beim Schwein. *Züchtungskunde*, **41**, 93-111.
- (6) SCHMIDT G.R., ZUIDAM L., SYBESMA W., 1971. Biopsy technique and analyses for predicting pork quality. In *Proc. 2nd intern. Symp. Condition Meat Quality Pigs*, 73-80, Pudoc, Wageningen.
- (7) WALSTRA P., MINKEMA D., SYBESMA W., VAN DE PAS J.G.G., 1971. Genetic aspects of meat quality and stress resistance in experiments with various breeds and breed crosses. *Journ. Etud. Féd. Eur. Zootechn.*, Commission Production Porcine, Versailles, 17-19 juillet, 14 p.
- (8) CUTHBERTSON A., ALLEN W.M., BERRET S., SMITH R.J., 1972. Relationship between in vivo levels of certain plasma enzymes and subsequent carcass composition and meat quality characteristics. *Journ. Etud. Féd. Eur. Zootech.*, Commission Production Porcine, Vérone, Italie, 6-7 octobre, 8 p.
- (9) BERMAN M.C., CONRADIE P.J., KENCK J.E., 1972. Serum enzyme activity and post mortem changes in porcine skeletal muscle. *Agroanimalia*, **4**, 93-96.
- (10) RICHTER L., FLOCK D.K., BICKHARDT K., 1973. Creatin-Kinase-Test als Selektionsmerkmal zur Schätzung der Fleischbeschaffenheit im Rahmen der Eigenleistungsprüfung beim Schwein. *Züchtungskunde*, **45**, 429-438.
- (11) ADDIS P.B., KALLWEIT E., 1969. Beziehungen zwischen Isoenzymen der Laktatdehydrogenase (LDH) im Blut-serum und Merkmalen der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. *Die Fleischwirtschaft*, **49**, 218-221.
- (12) ADDIS P.B., JOHNSON H.R., THOMAS N.W., JUDGE M.D., 1967. Effect of temperature on porcine physiological responses to heat stress and associated properties of muscle. *J. Anim. Sci.*, **26**, 466-469.
- (13) CHARPENTIER J., MONIN G., OLLIVIER L., 1971. Relations entre les réactions du porc à une hyperthermie et la qualité de la viande. *Journ. Etud. Féd. Eur. Zootech.*, Commission Génétique, Versailles, 17-19 juillet, 12 p.
- (14) MAIGA M.P., 1972. L'épreuve du "choc thermique" et la qualité de la viande chez le porc. *Mém. fin Etud.*, E.S.I.T.P.A., Paris, 45 p.
- (15) EIKELBOOM G., MINKEMA D., 1974. Prediction of pale, soft, exudative muscle with a non-lethal test for the halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome. *Neth. J. Vet. Sci.*, **99**, 421-426.
- (16) FLOCK D.K., RICHTER L., WILLECKE H., BICKHARDT K., 1974. Performance testing for meat quality in five pig using the creatin-kinase test. *25ème Journ. Féd. Europ. Zootech.*, Copenhague, 19-21 Août, 12 p.
- (17) OLLIVIER L., 1972. Combinaison des trois types d'indice de sélection fournis aux sélectionneurs français de porcs. In *Journées de la Rech. Porcine en France 1972*, 99-103, Institut Technique du Porc, Paris.
- (18) OLLIVIER L., 1970. L'utilisation des indices de sélection dans l'amélioration du Porc. In *Journées de la Rech. Porcine en France 1970*, 217-221, Institut Technique du Porc, Paris.
- (19) DEVLOO S., GEERTS H., SYMOENS J., 1971. Effect of azaperone on mortality and meat quality after transport of pigs for slaughter. In *Proc. 2nd intern. Symp. Condition Meat Quality Pigs*, 215-224, Pudoc, Wageningen.

- (20) OLDIGS B., UNSHELM J., 1971. Influence of a stress reducing medical treatment before transport on meat quality of pigs. In *Proc. 2nd intern. Symp. Condition Meat Quality Pigs*, 205-207, Pudoc, Wageningen.
- (21) DEN HARTOG J., LENDFERS L., VAN LOGTESTIJN J., 1974. Losses caused by transport of pigs intended for slaughter in the Netherlands in 1971-1972. *Neth. J. Vet. Sci.*, **99**, 421-426.
- (22) FLOCK D., 1968. Farbhelligkeit im *musculus longissimus dorsi* als Selektionsmerkmal beim Schwein. *Die Fleischwirtschaft*, **48**, 1362-1365.
- (23) HEIL G., HAUSSMANN H., 1974. Entwicklung eines Selektionsindex für die Nachkommenprüfung von Ebern. *Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol.*, **91**, 49-58.
- (24) POTIER D., 1974. Possibilités d'amélioration génétique de la qualité de la viande chez le Porc. *Mém. fin Etud., E.S.I.T.P.A., Paris*, 35 p.
- (25) KEMPTHORNE O., NORDSKOG A.W., 1959. Restricted selection indices. *Biometrics*, **15**, 10-19.