

G. 8501

## ÉVOLUTIONS OBSERVÉES DANS L'EXPÉRIENCE DE SÉLECTION PORCINE DE ROUILLE (1965-1984)

L. OLLIVIER (1), J. GRUAND (2), C. FELGINES (1)

*Institut National de la Recherche Agronomique*

(1) *Station de Génétique quantitative et appliquée – 78350 JOUY-EN-JOSAS*

(2) *Station de Sélection porcine – 86480 ROUILLE*

*Avec la collaboration de Michèle JOSEPH, H. BERNARDIN et H. JOUET*

Le centre d'insémination artificielle porcine de l'INRA, à Rouillé (Vienne), a lancé en 1965 une expérience de sélection dont les premiers résultats ont été présentés aux Journées de la Recherche Porcine de 1971 (OLLIVIER, 1971). Le bilan des onze premières générations, incluant celle des 10 verrats fondateurs, a été établi depuis (OLLIVIER, 1980) et une analyse génétique détaillée des dix premières générations a par ailleurs été réalisée (OLLIVIER, 1977, 1983 et 1985). L'objet de cette communication est de présenter un bilan de l'expérience pour l'ensemble de la période 1965-1984, et tout particulièrement les évolutions génétiques qui ont été mesurées au cours de cette période, soit 19 générations successives de verrats.

### PLAN D'EXPÉRIENCE

#### 1. Sélection des verrats

En novembre 1965, dix verrats en provenance du « Herd-Book Large White » ont été mis à l'insémination et ont constitué la génération des « fondateurs ». Un lot de jeunes mâles nés de ces verrats en mars 1966 a été soumis à une épreuve individuelle et les individus sélectionnés à l'issue de cette épreuve ont été mis à l'insémination en novembre 1966. Une opération similaire était ensuite réalisée chaque année aux mêmes dates, c'est-à-dire la mise à l'insémination en novembre d'une nouvelle génération de verrats nés en mars de la même année.

Les modalités de la sélection des verrats ont peu évolué au cours de l'expérience, le changement le plus notable étant le passage, en 1969, d'une alimentation individuelle à une alimentation par groupe et, en même temps, d'un indice de sélection à 3 variables (vitesse de croissance, indice de consommation et épaisseur de gras dorsal) à un indice à 2 variables ne prenant en compte que la croissance et l'adiposité. Le tableau 1 résume l'évolution du protocole de sélection au cours de l'expérience.

#### 2. Mesure des réponses à la sélection

Chaque année, parallèlement à l'épreuve individuelle des verrats qui vient d'être décrite, des descendants de deux générations successives de verrats (ceux de l'année précédente et ceux de deux ans plus tôt) (1) étaient placés simultanément en engraissement, de manière à comparer les deux groupes de descendance. Il s'agit d'un dispositif dit de « pères répétés » qui est classiquement utilisé pour mesurer le progrès génétique.

(1) Exceptionnellement en 1983, 3 générations de verrats ont été comparées : aux verrats de 1981 et de 1982 ont été ajoutés ceux de 1977 dont la semence avait été congelée en vue d'une utilisation décalée de 5 ans.

Les informations détaillées qui sont données par ailleurs (OLLIVIER, 1977 et 1980), tant sur le dispositif que sur les variables considérées, valent pour la période 1966-1976, au cours de laquelle des femelles et des mâles castrés étaient engraisés. A partir de 1977, l'engraissement des mâles castrés a été abandonné et les jeunes verrats candidats à la sélection ont été intégrés au dispositif de mesure des réponses à la sélection. De ce fait, les mesures après abattage ont été limitées aux femelles et les résultats de la période 1977-1984 ont donc été analysés séparément pour les femelles et les mâles entiers, les variables concernées étant différentes. Le tableau 2 résume les principales caractéristiques des deux protocoles successivement appliqués.

**TABLEAU 1**  
ÉVOLUTION DU PROTOCOLE DE SÉLECTION DES VERRATS

Année	Période de contrôle	Alimentation	Indice de sélection	Mode de sélection
1966	30-80 kg	individuelle semi - <i>ad libitum</i>	$I_1 = 0,01 X_1 - 6X_2 - 0,8X_3$	intra-famille de père
1969	—	par loge de 10 <i>ad libitum</i>	$I_2 = 0,01 X_1 - 0,5X_3$	—
1972	—	—	—	massale
1977	30-85 kg	—	$X_1$ et $X_3$ exprimés en écart à la moyenne du bâtiment de contrôle	—

$X_1$  : Gain moyen quotidien (g), corrigé pour les poids initial et final à partir de 1980.

$X_2$  : Indice de consommation (kg aliment/kg de gain).

$X_3$  : Épaisseur moyenne du gras dorsal (mm), corrigé pour le poids final.

**TABLEAU 2**  
PROTOCOLES DE MESURE DES RÉPONSES A LA SÉLECTION

Année	Sexe	Période de contrôle	Variables mesurées
1966-1976	Femelles et mâles castrés (abattus vers 100 kg)	30-100 kg	Croissance, carcasse, qualité de la viande (1), cornets nasaux (2)
	Femelles et mâles castrés en loges mixtes	30-80 kg	Consommation d'aliment par loge (10 porcs par loge-alimentation à volonté)
1977-1984	Femelles (abattues vers 100 kg)	30-100 kg	Croissance, carcasse, qualité de la viande, cornets nasaux (2)
	Mâles entiers (vifs)	30-85 kg	$X_1$ , $X_3$ , cornets nasaux (3)
	Femelles et mâles entiers en loges séparées	30-100 kg et 30-85 kg	Consommation d'aliment par loge (10 porcs par loge-alimentation à volonté)

(1) A partir de 1969.

(2) Par examen radiographique en début d'engraissement (1972-1980) et coupe de nez à l'abattage (1972-1984) : voir PLANCHENAU *et al.*, (1978).

(3) Examen radiographique (1972-1980).

Les animaux, achetés à des poids de 20 à 25 kg, étaient regroupés par loge de 10 (à l'exception des verrats de 1966-68 qui étaient alimentés individuellement dans des loges de 7) dans des bâtiments semi-ouverts. Dans chaque loge ils avaient accès en permanence à un abreuvoir et à un nourrisseur. De 1966 à 1980, un aliment « croissance » à 17 p. cent de matières azotées était distribué jusqu'à 60 kg, puis un aliment finition à 15 p. cent de matières azotées de 60 à 100 kg. Depuis 1981, un aliment unique à 16,5 p. cent de matières azotées environ et 3200 kilocal. d'énergie métabolisable par kg est distribué de 30 à 100 kg. La formule alimentaire a toujours été la même pour les femelles, les verrats et les mâles castrés.

### 3. La population femelle soumise à l'insémination

Au début de l'expérience, la population des truies concernée était répartie dans les élevages des deux seuls départements du Poitou (Vienne et Deux-Sèvres). Il s'agissait en majorité d'élevages naisseurs, de type familial, dont la taille ne justifie pas la présence d'un verrot dans l'élevage. Progressivement, la base de sélection s'est élargie à des départements voisins (Charente, Charente-Maritime, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loire Atlantique, Vendée et Haute-Vienne) ainsi qu'à des élevages plus importants dont certains font appel à l'insémination dans le cadre d'un programme de sélection. Ainsi l'approvisionnement en verrats, qui était exclusivement poitevin au départ, ne l'est plus aujourd'hui qu'à 50 p. cent (voir tableau 3). Le nombre annuel des élevages fournisseurs, qui était d'environ une cinquantaine dans les premières années, est passé à 60-70 dans les dernières années.

**TABLEAU 3**  
ORIGINES DÉPARTEMENTALES DES VERRATS  
SOUJETS A L'ÉPREUVE INDIVIDUELLE

Période	Nombre de verrats	Nombre de départements	Pourcentage du Poitou (Vienne et Deux-Sèvres)
1966-1970	304	3	100 (*)
1971-1975	546	7	83
1976-1980	900	10	63
1981-1984	696	10	50

(\*) 1 d'Indre-et-Loire.

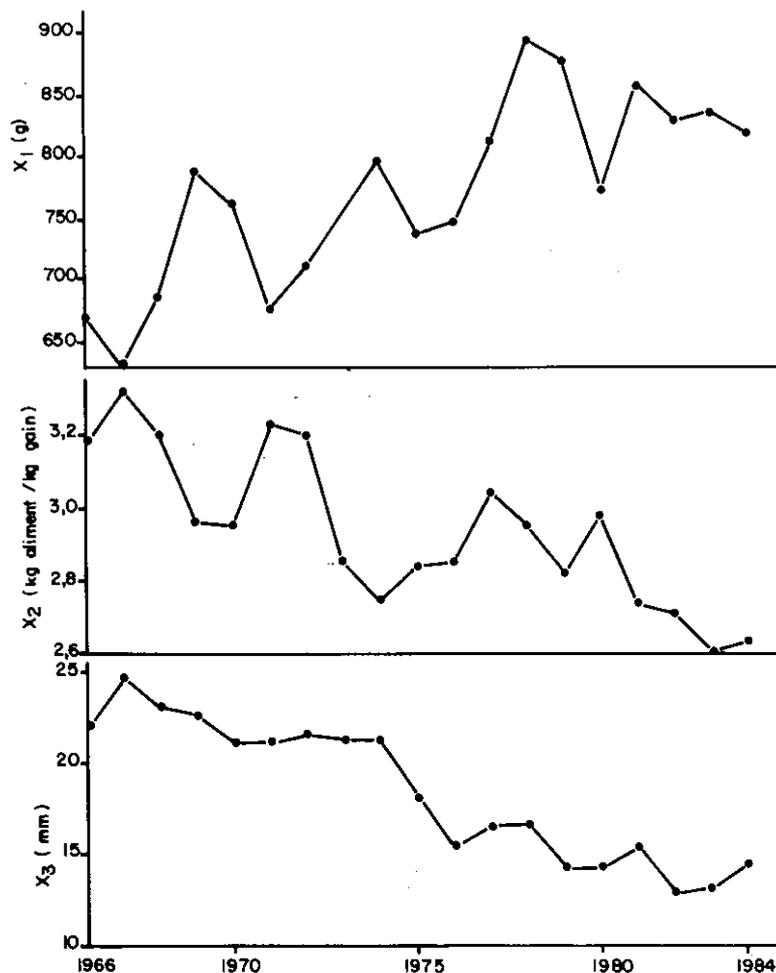
Il faut souligner par ailleurs que le programme mis en œuvre ne prévoyait au début que la sélection des verrats, le choix des truies dans les élevages étant laissé à l'initiative de chaque éleveur. Cependant, à partir de 1973, la station de sélection de Rouillé a entrepris la sélection de jeunes femelles sur la base de la même épreuve individuelle et du même indice de sélection que pour les verrats. Les « cochettes » ainsi sélectionnées ont été inséminées et replacées dans les élevages de la région et elles ont contribué pour une part progressivement croissante (20 à 25 p. cent) à produire le lot de jeunes verrats mis en contrôle chaque année.

## RÉSULTATS

### 1. Sélection des verrats

Entre 1966 et 1984 (inclus) 2446 verrats ont été soumis à l'épreuve individuelle, à l'issue de laquelle 150 au total ont été retenus et ont engendré des descendants contrôlés l'année suivante. L'évolution phénotypique moyenne des critères de sélection au cours de cette période est indiquée dans la figure 1. La vitesse de croissance journalière a augmenté de plus de 200 g, l'indice de consommation a diminué de plus de un demi point et l'épaisseur du gras dorsal a diminué de plus d'un cm.

FIGURE 1  
MOYENNES ANNUELLES DES VERRATS CONTROLÉS  
(LES VARIABLES  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$  SONT DÉFINIES AU TABLEAU 1)



L'évolution des effectifs contrôlés et retenus est retracée dans la figure 2 qui donne aussi les intensités de sélection appliquées chaque année dans le choix des verrats sur l'indice  $I_2$  défini au tableau 1. Ces intensités correspondent, pour une distribution normale, à des taux de sélection allant de plus de 50 p. cent dans les premières années à des taux de l'ordre de 5 à 6 p. cent dans les deux dernières années.

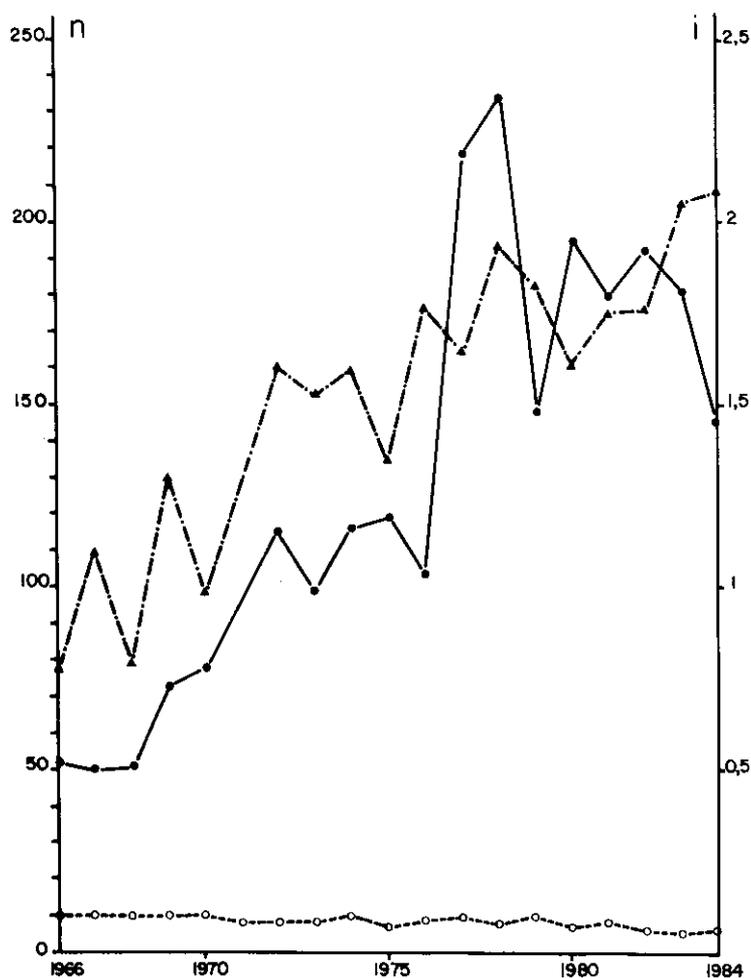
La connaissance de l'intensité de sélection sur un indice donné permet, connaissant les corrélations phénotypiques entre les variables de l'indice, de calculer la supériorité phénotypique attendue des individus sélectionnés pour chacune des variables de l'indice. Par ailleurs, à l'issue de la sélection on peut aussi calculer la supériorité effective des individus sélectionnés, qui n'est pas nécessairement égale à la valeur attendue. Connaissant cette supériorité effective, on peut par une opération inverse de la précédente déterminer les coefficients appliqués à chaque variable dans la sélection réalisée. L'indice ainsi calculé, qui peut être différent de l'indice utilisé pour classer les candidats, est appelé indice *a posteriori* (ou indice rétrospectif). Le tableau 4 donne les coefficients de l'indice rétrospectif des deux périodes 1966-1974 et 1975-1984 et montre que l'importance donnée à l'épaisseur de gras, relativement à la vitesse de croissance, est nettement moindre dans l'indice effectivement appliqué que dans l'indice  $I_2$  qui a servi à classer les verrats. En fait, le poids donné à l'épaisseur de gras au cours de la deuxième période est inférieur de plus de moitié à son poids dans  $I_2$ .

**TABLEAU 4**  
**INDICES DE SÉLECTION APPLIQUÉS DANS LE CHOIX DES VERRATS**  
**(SUR LA BASE DES VARIANCES ET COVARIANCE PHÉNOTYPIQUES**  
**DE  $X_1$  ET  $X_3$  ESTIMÉES SUR LA PÉRIODE 1966-1974)**

Année de sélection	Coefficients d'indice rétrospectif moyen			Intensité de sélection sur l'indice rétrospectif
	$X_1$ (g)	$X_3$ (mm)	$X_3/X_1$ (*)	
1966-1974	0,0096	- 0,3436	1,0	1,10
1975-1984	0,0181	- 0,4058	0,6	1,81
Indice « voulu » ( $I_2$ )	0,01	- 0,5	1,4	

(\*) Valeur absolue du rapport entre le coefficient de  $X_3$  et celui de  $X_1$ , dans l'indice avec  $X_1$  et  $X_3$  exprimés en écart-type.

**FIGURE 2**  
**NOMBRE ANNUEL ( $n$ ) DES VERRATS CONTRÔLÉS (●—●) SÉLECTIONNÉS (○—○)**  
**ET INTENSITÉ ( $i$ ) DE SÉLECTION (▲—▲) SUR LES INDICES  $I_1$  (1966-1968)**  
**ET  $I_2$  (1969-1984) DÉFINIS AU TABLEAU 1**



## 2. Réponses à la sélection

Entre 1966 et 1984, 2812 femelles, 1284 mâles castrés et 1514 mâles entiers ont été utilisés dans les protocoles indiqués au tableau 2 pour mesurer les réponses à la sélection. Les méthodes d'analyse appliquées aux données de la période 1966-1976, qui ont été décrites par ailleurs (OLLIVIER, 1980), ont également été utilisées pour la période suivante. Rappelons que les modèles linéaires ajustés aux variables permettent de comparer sur descendance un groupe de géniteurs nés dans une année donnée, qu'on appelle une cohorte, à un groupe d'une autre année. Sur la base des années de naissance des pères et des mères, il est ainsi possible d'estimer l'évolution génétique des cohortes paternelles et maternelles au cours de l'expérience, après élimination des effets du sexe et du milieu, celui-ci étant lui-même défini par le bâtiment de contrôle et l'année (ou la date d'abattage pour les variables de qualité de la viande). Notons que pour les mesures de carcasse sont également éliminés les effets dus aux variations de poids vif d'abattage autour de 100 kg et pour l'indice de consommation moyen par loge les effets des poids initial et final moyens ainsi que du nombre de porcs éliminés dans chaque loge au cours du contrôle, qui est un indicateur de l'état sanitaire global de la loge.

**TABLEAU 5**  
ÉVOLUTIONS GÉNÉTIQUES ANNUELLES ( $\pm$  ERREUR-STANDARD)  
DES CARACTÈRES DE CROISSANCE ET DE CARCASSE

Variable	Symbole	Unité	Période (1)	
			1965-1975	1975-1983
Gain moyen quotidien	30-100 kg	GMQ 100	9 $\pm$ 4*	13 $\pm$ 4** 11 $\pm$ 5*
	30-85 kg	GMQ 85		
Indice de consommation	30-100 kg	IC 100	-0,044 $\pm$ 0,048	-0,044 $\pm$ 0,018* -0,047 $\pm$ 0,019*
	30-85 kg (2)	IC 85		
Poids net (sans tête)	PN	kg	-0,062 $\pm$ 0,069	-0,048 $\pm$ 0,081
Poids de la tête	TE	kg	0,050 $\pm$ 0,016**	0,007 $\pm$ 0,009
Poids dans la demi-carcasse :				
du jambon	JA	kg	0,005 $\pm$ 0,017	0,033 $\pm$ 0,019
de la longe	LO	kg	0,027 $\pm$ 0,026	0,127 $\pm$ 0,029**
de la bardière	BA	kg	-0,095 $\pm$ 0,036**	-0,157 $\pm$ 0,036**
de la panne	PA	kg	0,002 $\pm$ 0,009	-0,028 $\pm$ 0,008**
Épaisseur de gras dorsal :				
sur la carcasse à 100 kg	L100	mm	-0,35 $\pm$ 0,021	-0,64 $\pm$ 0,19**
sur le vivant à 85 kg	L85	mm		-0,25 $\pm$ 0,08**
Pourcentage de muscle (3)	M	%	0,29	0,70

\* : significatif au seuil de 5 p. cent      \*\* : significatif au seuil de 1 p. 100.

(1) Les années indiquées correspondent aux cohortes paternelles comparées, les cohortes maternelles concernées étant 1960-1974 et 1970-1982 dans les 2 périodes respectives.

(2) 80 kg pour la période 1965-1975.

(3) Valeur prédite à partir des moyennes et des évolutions de PN, JA, LO et BA (voir OLLIVIER, 1980, p. 66).

Les tableaux 5 et 6 donnent les évolutions génétiques, séparément sur les données de la période 1966-1976 et sur celles de la période 1977-1984, correspondant respectivement à 11 et 9 cohortes paternelles allant de 1965 à 1983, la cohorte 1975 étant commune aux deux échantillons. Les chiffres de ces tableaux sont les sommes des coefficients de régression des cohortes paternelles et maternelles en fonction de l'année et représentent donc l'évolution du niveau génétique des produits (1) engendrés par les verrats de l'expérience et les truies de la zone soumise

(1) Pour les indices de consommation il s'agit du niveau génétique des pères, seules les cohortes paternelles étant considérées.

à l'insémination. On note une assez bonne cohérence générale des réponses au cours des deux périodes, et, au cours de la période la plus récente, un net accroissement des gains en vitesse de croissance et surtout en composition corporelle. Les réponses indirectes en qualité de viande sont peu marquées et la tendance vers une viande plus pâle, qu'indiquaient d'une manière hautement significative les mesures de réflectance de la première période, est nettement atténuée sur la deuxième. Par contre, la tendance à la dégradation des cornets nasaux est significative aux 2 stades d'examen de l'animal et sur les deux périodes.

TABLEAU 6  
ÉVOLUTIONS GÉNÉTIQUES ANNUELLES DE LA QUALITÉ  
DE LA VIANDE ET DE L'ÉTAT DES CORNETS NASAUX

Variable	Symbole	Unité	Période	
			1965-1975	1975-1983
pH	PH	unité pH	- 0,007 ± 0,012	0,006 ± 0,008
Réflectance	RF	échelle 0-100	0,72 ± 0,27**	0,19 ± 0,29
Rétention d'eau	RE	sec	0,51 ± 2,46	1,12 ± 2,14
Indice de qualité de viande (1)	IQV	point	- 0,10 ± 0,09	0,04 ± 0,06
Examen des cornets nasaux :				
par radiographie	RA	note (2)	0,18 ± 0,05**	0,14 ± 0,04**
par coupe	CO	note (3)	0,11 ± 0,05*	0,09 ± 0,04*

(1)  $IQV = 5,902 (PH) - 0,092 (RF) + 0,0173 (RE)$  (JACQUET *et al.*, 1984).

(2) Note allant de 0 (normal) à 5 (atrophie complète).

(3) Note allant de 0 (normal) à 4 (atrophie complète).

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le rapprochement des résultats de la première décennie de cette expérience et des 9 années qui ont suivi (tableau 5 et 6) fait apparaître des différences dans l'amplitude des réponses, que nous allons tenter de relier aux modifications intervenues dans la conduite de l'expérience. Nous avons vu que la sélection des verrats a été modifiée dans le sens d'une augmentation de son intensité et d'une importance plus grande accordée à la vitesse de croissance dans l'indice (tableau 4). Ce dernier point mérite d'être souligné d'autant plus que l'indice de sélection utilisé ( $I_2$ ) n'a pas changé et que la tendance observée dans la première période se trouve nettement accentuée dans la seconde. Il y a donc lieu de penser que l'écart entre l'indice *a priori* et l'indice *a posteriori* n'est pas le résultat fortuit du choix d'un nombre limité de verrats chaque année. Les éliminations (pour des raisons diverses, telles que l'état des cornets nasaux de 1972 à 1980, les aplombs, la constitution, l'aptitude au saut) des premiers verrats classés sur l'indice  $I_2$  ont donc, semble-t-il, affecté préférentiellement les verrats à faible adiposité. Une autre modification à signaler est la réduction de l'intervalle de génération : elle résulte du rajeunissement de la population des truies échantillonnées, dont l'âge moyen passe de 2,07 (échantillon 1966-1976) à 1,62 an (échantillon 1977-1984). Sur la base des informations précédentes sur les intensités de sélection et les intervalles de génération les réponses annuelles attendues sont calculées en appliquant la formule de RENDEL et ROBERTSON (1950) et avec les paramètres génétiques estimés sur la première période (OLLIVIER, 1983 et 1985). Le tableau 7 montre l'accroissement de réponse prévisible, et les réponses estimées des tableaux 5 et 6 sont dans l'ensemble compatibles avec ces prédictions, compte tenu de la précision de nos estimations. Malgré tout, en l'absence d'une analyse génétique détaillée de la deuxième partie de l'expérience, qui reste à faire, la comparaison des résultats obtenus dans les deux parties est délicate à interpréter. Les chiffres des tableaux 5 et 6 sont, rappelons-le, des moyennes d'évolutions génétiques paternelle et maternelle entre lesquelles la concordance n'est pas toujours excellente. Par ailleurs les prédictions du tableau 7 ne s'appliquent en toute rigueur qu'après plusieurs années d'un régime constant de sélection et de renouvellement des verrats et des truies et ne prennent pas en compte le retard dû

au renouvellement des générations successives des géniteurs (voir, pour la première période, OLLIVIER, 1985). Enfin, les effets de la sélection des femelles de renouvellement, qui est mal connue sur la première période et n'est que partiellement connue sur la deuxième, ont aussi été ignorés dans les calculs.

**TABLEAU 7**  
RÉPONSES ANNUELLES ATTENDUES  
(UNITÉS DES TABLEAUX 5 ET 6)

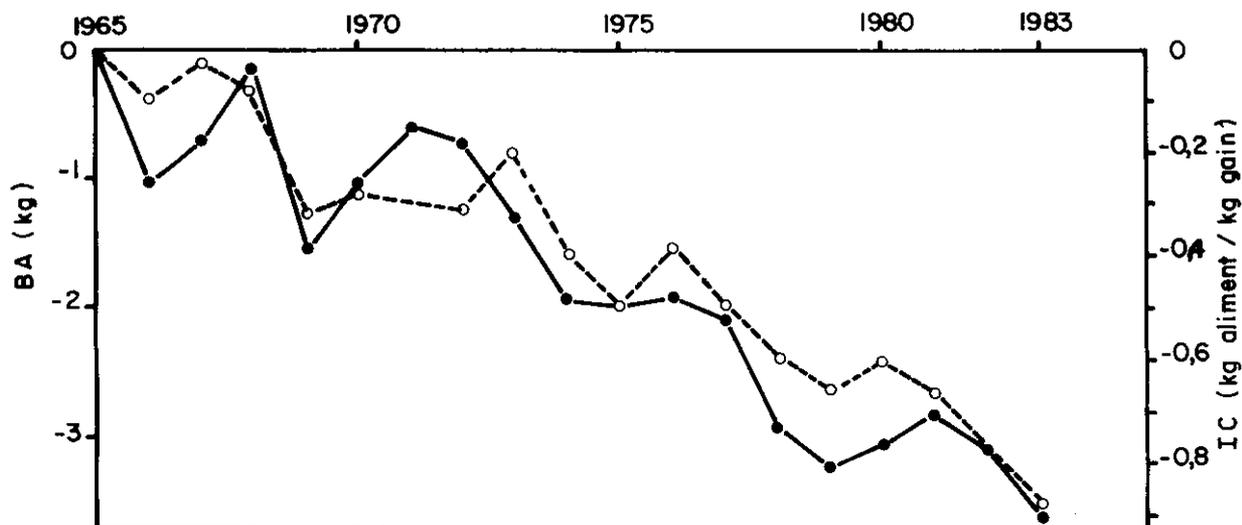
	Période	
	1965-1974	1975-1984
Intensité moyenne de sélection sur les verrats $i$	1,10	1,81
Intervalle de génération (an) $t$	1,60	1,44
Réponses annuelles en : $R(*)$		
GMQ 100	10	19
IC 85	- 0,04	- 0,08
PN	- 0,016	- 0,018
JA	0,035	0,043
LO	0,078	0,082
BA	- 0,135	- 0,153
PA	- 0,050	- 0,086
M	0,55	0,60
IQV	- 0,04	- 0,06

(\*)  $R = (i/2 t) \text{Cov}(A, I)$  : avec les valeurs de  $i$  et  $t$  qui sont indiquées, et  $\text{Cov}(A, I)$ , qui est la covariance entre l'indice de sélection rétrospectif ( $I$ ) correspondant (tableau 4) et la valeur génétique du caractère ( $A$ ), calculé avec les paramètres génétiques estimés par ailleurs (OLLIVIER, 1983 ; pour IC 85, OLLIVIER, 1985).

Rappelons, en conclusion, que les résultats de la première décennie de cette expérience de sélection démontraient l'efficacité de la sélection pour augmenter la vitesse de croissance et simultanément réduire l'adiposité chez le porc. Ils confirmaient ainsi à la fois ce que laissent prévoir les paramètres génétiques estimés dans les populations porcines, les résultats de quelques expériences de sélection réalisées à l'étranger sur les mêmes critères (WEBB et KING, 1976 ; SATHER et FREDEEN, 1978 ; VANGEN, 1979 ; VOGELI *et al.*, 1983), et les évolutions génétiques mesurées dans diverses populations nationales (TIXIER, 1984). L'ensemble des résultats présentés ici vient à l'appui de cette démonstration, pour une durée de sélection qui couvre près de deux décennies. A titre d'exemple, la figure 3 illustre les réponses indirectes obtenues en efficacité alimentaire et en poids des morceaux gras de la carcasse. Signalons aussi que les verrats sélectionnés en 1974 dans cette expérience ont été situés par rapport au « Large White national » de l'UPRA (SELLIER, 1977) mais que nous ne disposons pas de comparaisons plus récentes.

L'expérience de Rouillé avait également pour but de mettre en évidence les effets indirects sur la qualité de la viande du type de sélection pratiqué. Nos résultats montrent que ces effets sont faibles. Parmi les 3 critères étudiés les seules indications défavorables concernent la couleur de la viande. Notons enfin que l'incidence défavorable de la sélection sur l'état des cornets nasaux, un résultat assez inattendu qu'avait révélé la première analyse, se trouve confirmée sur l'ensemble de l'expérience. Cela indique que les améliorations génétiques obtenues pourraient nécessiter une vigilance sanitaire accrue.

**FIGURE 3**  
ÉVOLUTION DE LA VALEUR GÉNÉTIQUE DES PÈRES SÉLECTIONNÉS CHAQUE ANNÉE  
POUR L'INDICE DE CONSOMMATION (IC85 : ●—●) ET LE POIDS DE LA BARDIÈRE (BA : ○- - -○)



## REMERCIEMENTS

Nous remercions nos collègues F. du MESNIL du BUISSON et M. COUROT, du Département de Physiologie animale de l'INRA, pour leur soutien dans la réalisation de cette expérience, F. BARITEAU et J. BUSSIERES (Station expérimentale d'insémination artificielle de Rouillé) pour le soin apporté à l'utilisation des verrats sélectionnés, J.C. JEZEQUEL (Directeur de la Station de sélection porcine de Saint-Sauvant), qui a assuré la responsabilité technique de l'expérience sur les 3 premières années, et les établissements ARCHAIMBAULT (Celle-sur-Belle, Deux-Sèvres) pour les facilités accordées dans la réalisation des mesures sur carcasse.

## BIBLIOGRAPHIE

- JACQUET B., SELIER P., RUNAVOT J.P., BRAULT D., HOUIX Y., PERROCHEAU C., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 1984, 16, 49-58.
- OLLIVIER L., 1971. Journées Rech. Porcine en France, 1971, 3, 35-40.
- OLLIVIER L., 1977. Ann. Génét. Sél. anim., 9, 353-377.
- OLLIVIER L., 1980. Livest. Prod. Sci., 7, 57-66.
- OLLIVIER L., 1983. Génét. Sél. Évol., 15, 99-118.
- OLLIVIER L., 1985. Génét. Sél. Évol. (soumis pour publication).
- PLANCHENAULT D., SELIER P., OLLIVIER L., 1978. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys., 18, 211-218.
- RENDEL J.M., ROBERTSON A., 1950. J. Génét., 50, 1-8.
- SATHER A.P., FREDEEN H.T., 1978. Can. J. Anim. Sci., 58, 285-289.
- SELIER P., 1977. Journées Rech. Porcine en France, 1977, 9, 85-89.
- TIXIER M., 1984. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Université de Paris-Sud.
- VANGEN O., 1979. Acta agric. scand., 29, 305-319.
- VOGELI P., GERWIG C., SCHNEEBELI H., 1983. Livest. Prod. Sci., 10, 159-169.
- WEBB A.J., KING J.W.B., 1976. Anim. Prod., 231-244.