

R.7906

IMPORTANCE RELATIVE DES COMPOSANTES DE LA PRODUCTIVITÉ NUMÉRIQUE DES TRUIES DANS LES ÉLEVAGES FRANÇAIS EN 1977

C. LEGAULT (*)

I.N.R.A. - Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78350 Jouy-en-Josas

I - INTRODUCTION

Le nombre de porcelets sevrés annuellement ou "productivité numérique" des truies qui s'estime ordinairement sur la base de l'année de vie reproductive gagne, sur le plan de la signification économique, à l'être sur la base de l'année de présence dans le troupeau (LEGAULT et DAGORN, 1973 ; LEGAULT 1978). Dans les deux cas, la productivité numérique dépend à la fois du rythme de reproduction (durée d'allaitement et intervalle sevrage-fécondation) et de la prolificité (nombre de porcelets nés vivants, nés morts et sevrés par portée). Dans la seconde situation, l'estimation de la productivité des truies s'applique à une période qui va de la fin de l'engraissement à la réforme et tient compte par conséquent des deux intervalles de temps improductifs mais coûteux qui séparent respectivement la fin de l'engraissement de la première mise-bas et le dernier sevrage de la réforme.

En utilisant les informations recueillies en 1977 dans des élevages français suivis par le programme national de gestion technique des troupeaux de truies (LEGAULT et al., 1971), nous avons estimé l'importance relative des composantes des deux mesures de la productivité numérique des truies en tenant compte des variations de la taille du troupeau.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données recueillies dans 3.464 élevages caractérisés par un nombre moyen de 97 portées sevrées dans l'année ont été considérées. Les troupeaux dont l'adhésion au programme national de gestion technique est postérieure à l'année 1976, ceux dans lesquels moins de 20 portées ont été sevrées en 1977, ainsi que ceux qui présentaient des données manquantes ou aberrantes ont été éliminés. Quatre classes d'élevage ont été constituées en fonction du nombre de portées sevrées au cours de la période de référence soit :

- 931 troupeaux avec 20 à 50 portées sevrées en 1977,
- 1426 troupeaux avec 51 à 100 portées sevrées en 1977,
- 762 troupeaux avec 101 à 180 portées sevrées en 1977,
- 345 troupeaux avec plus de 180 portées sevrées en 1977.

Cet échantillon comprenait 8 % d'élevages de "Sélection" en race pure et par conséquent une grande majorité d'élevages de "Production" en race pure ou en croisement sur une partie ou la totalité de l'effectif. L'absence d'informations précises sur le type génétique de la plupart des truies en service n'a pas permis de tenir compte de ce facteur dans l'analyse statistique. Les 11 variables considérées sont les moyennes annuelles d'élevage en 1977 telles quelles sont fournies pour la plupart aux éleveurs chaque trimestre.

- La productivité numérique ou nombre moyen de porcelets sevrés par truie par année de vie reproductive (P_n), c'est-à-dire de la première à la dernière mise-bas.
- La productivité numérique par année de présence dans le troupeau c'est-à-dire de l'âge de 200 jours à la réforme (P'_n) : Le début de la carrière de la "truie" a été fixé arbitrairement à 200 jours, très proche de l'âge moyen à l'abattage des "porcs charcutiers" en France.

(*) Avec la collaboration de C. FELGINES et Marie-Reine LANGLOIS.

- l'âge à la première mise-bas (A_{1mb})
- le nombre moyen de porcelets nés vivants par portée (T_p)
- le nombre moyen de porcelets morts-nés par portée (M_n)
- le nombre moyen de porcelets morts de la naissance au sevrage (M_n s)
- le taux de mortalité de la naissance au sevrage (T_m)
- la durée de l'allaitement (L)
- l'intervalle sevrage-fécondation (I_{SF})
- l'intervalle dernier sevrage-réforme (I_{SR})
- le pourcentage de 1^{ère} mise-bas (P_{1mb})

Les deux estimations de la productivité numérique sont associées aux autres variables par les relations :

$$P_n = \frac{T_p (1 - T_m) 365}{I} = \frac{T_p (1 - T_m) 365}{G + L + I_{SF}}$$

où I est l'intervalle moyen entre mise-bas et G représente la durée de gestation supposée constante et égale à 115 jours :

$$P'_n = \frac{NT_p (1 - T_m) 365}{i_1 + I(N - 1) + i_2}$$

N représente le nombre moyen de portées sevrées par truie réformée

$i_1 = A_{1mb} - 200$ est l'intervalle séparant la fin de l'engraissement de la première mise-bas

$i_2 = L + I_{SR}$ est l'intervalle séparant la dernière mise-bas de la réforme

Après avoir estimé les paramètres statistiques et les corrélations entre variables, les équations de régression linéaire multiple progressive de P_n et P'_n sur les 7 variables suivantes ont été établies pour l'ensemble de l'échantillon ainsi que pour chacune des quatre classes de "taille du troupeau" : A_{1mb} ; T_p ; T_m ; L ; I_{SF} ; I_{SR} et P_{1mb} .

Le nombre de porcelets morts-nés (M_n) non enregistrés dans bon nombre d'élevages ainsi que le nombre de porcelets morts en cours d'allaitement (M_n s) remplacés par T_m n'ont pas été pris en considération dans cette dernière analyse.

III - RÉSULTATS

Les principaux paramètres statistiques (moyenne et écart-type) figurent au tableau 1. La productivité numérique par année de vie reproductive est en moyenne de 19,03 porcelets avec des valeurs extrêmes qui vont de 11 à 27 porcelets. Le mode de la distribution (figure 1) est compris entre 19 et 20 porcelets. Lorsque ce paramètre est estimé sur la base de l'année de présence dans le troupeau, il se trouve réduit de 2,5 unités et relativement plus dispersé autour de la moyenne (coefficient de variation de 15,4 contre 11,8 %). Pour ce second paramètre, les valeurs s'étalent de 7 à 26 avec un mode compris entre 16 et 17 porcelets.

La considération des moyennes suivant la taille du troupeau met en évidence l'augmentation générale de la productivité numérique avec la taille de l'élevage. L'effet de la classe d'effectif est hautement significatif ($P < 0,01$) pour la plupart des variables sauf pour la taille de la portée et la proportion de première mise-bas. Les deux estimations de la productivité numérique passent respectivement de 18,3 à 20,0 et de 15,9 à 17,6 porcelets suivant que le nombre de portées sevrées dans l'année est compris entre 20 et 50 ou est supérieur à 180.

Cette amélioration avec la taille du troupeau provient essentiellement d'une réduction de la durée d'allaitement (27,6 contre 36,7 jours) et de l'ensemble des temps improductifs : âge à la première mise-bas avancé de 12 jours (361 contre 373 jours), intervalle sevrage-fécondation réduit de 7 jours (15,4 contre 22,7 jours) et intervalle dernier sevrage-réforme réduit de 8 jours (54,6 contre 62,5 jours). Il faut noter également que dans les plus grands élevages, la taille de la portée à la naissance est légèrement plus faible (10,0 contre 10,2) mais que le taux de mortalité des porcelets y est réduit d'environ 1 % (13,6 contre 14,6 %).

TABLEAU 1
PARAMÈTRES STATISTIQUES POUR CHACUNE DES QUATRES CLASSES D'ÉLEVAGE (*)
ET POUR L'ENSEMBLE DE L'ÉCHANTILLON : MOYENNE (\bar{x}) ET ÉCART-TYPE (s)

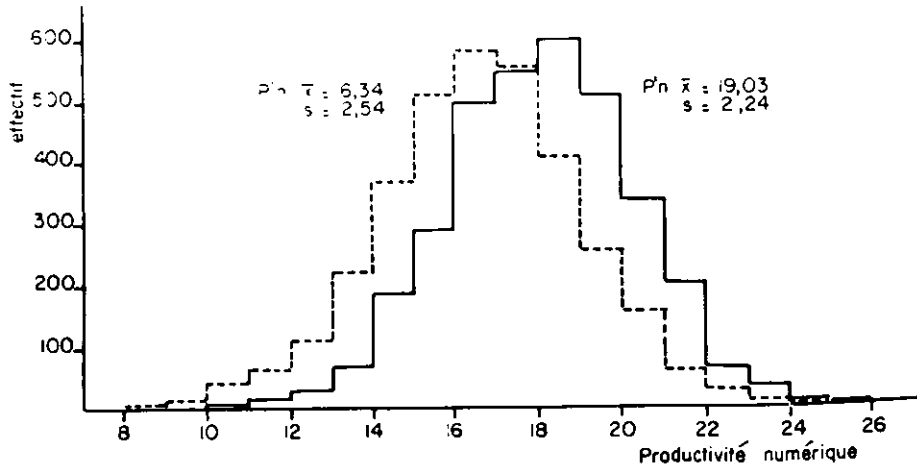
VARIABLE	CLASSE D'ÉLEVAGE(*)	N	\bar{x} (**)	s
P _n	1	931	18.31	2.35
	2	1 426	18.95	2.22
	3	762	19.63	1.93
	4	345	20.00	1.89
	5	3 464	19.03	2.24
P' _n		931	15.91	2.74
		1 426	16.41	2.56
		762	17.09	2.09
		345	17.56	2.16
		3 464	16.54	2.54
A _{1 MB}		891	373	50
		1 415	372	49
		760	366	27
		344	361	22
		3 410	370	43
T _P		931	10.23	0.95
		1 426	10.20	0.78
		762	10.14	0.67
		345	10.02	0.59
		3 464	10.18	0.79
T _M		931	14.58	6.19
		1 426	14.51	5.43
		762	14.01	5.02
		345	13.61	4.42
		3 464	14.33	5.48
L		931	36.7	7.3
		1 426	33.9	6.5
		762	30.4	6.1
		345	27.6	5.4
		3 464	33.3	5.5
I _{SF}		931	22.7	11.4
		1 426	19.2	9.5
		762	16.6	7.0
		345	15.4	6.2
		3 464	19.2	9.7
I _{SR}		931	62.5	33.9
		1 426	62.8	30.4
		762	57.6	26.6
		345	54.6	21.8
		3 464	60.5	30.0
P _{1 MB}		931	22.72	13.39
		1 426	21.32	10.13
		762	21.87	9.54
		345	21.33	8.27
		3 464	21.82	10.86
Mn		3 024	0.54	0.33
Mns		3 456	1.47	0.60

(*) Classe d'élevage
 (1) 20 < N < 50
 (2) 50 < N < 100
 (3) 100 < N < 180
 (4) N > 180
 (5) Ensemble

(**) Les différences non significatives sont réunies par une accolade.

FIGURE 1

DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES DE DEUX ALIMENTATIONS DE LA PRODUCTIVITÉ NUMÉRIQUES DES TRUIES P_n ET P'_n



Les corrélations entre variables pour l'ensemble des troupeaux et pour chacune des quatre classes d'effectif sont rassemblées dans le tableau 2. Les coefficients de régression linéaire des deux estimations de la productivité numérique sur l'âge à la première mise-bas, la durée d'allaitement, l'intervalle sevrage-fécondation et l'intervalle dernier sevrage-réforme ont été déduits des tableaux 1 et 2 : Pour une diminution de 10 jours de chacune de ces variables, la productivité numérique augmente respectivement de 0,06 ; 1,04 ; 1,40 et 0,10 porcelets par année de vie reproductive et respectivement de 0,16 ; 0,88 ; 0,96 et 0,33 porcelet par année de présence dans le troupeau. Les coefficients de régression linéaire du nombre de porcelets nés vivants par portée sur la durée d'allaitement et l'intervalle sevrage-fécondation montrent que pour une augmentation respective de 10 jours de chacune de ces deux variables la taille de la portée augmente de 0,22 unité et diminue de 0,13 unité.

L'établissement des équations de régression multiple progressive a permis de classer les variables par ordre de détermination décroissante et, à chaque étape de l'analyse, d'estimer le coefficient de corrélation multiple dont le carré correspond à la fraction de la variable dépendante (P_n ou P'_n) expliqué par les variables indépendantes introduites (figure 2a et 2b).

FIGURES 2a - 2b

POURCENTAGES CUMULÉS DE LA VARIANCE P_n (a) ET DE P'_n (b), EXPLIQUÉS PAR 1,2... 7 VARIABLES CLASSÉES PAR ORDRE DE PRIORITÉ DÉCROISSANTE

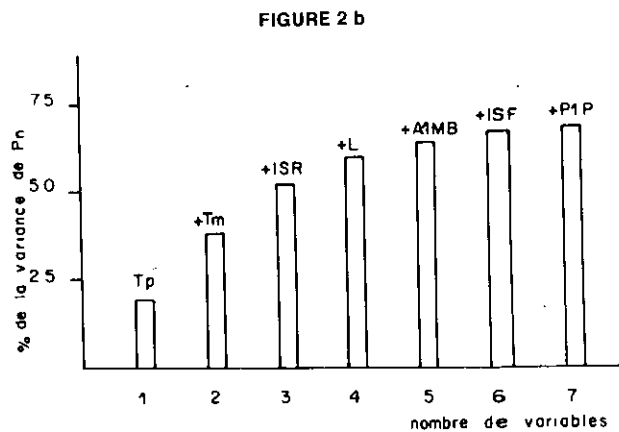
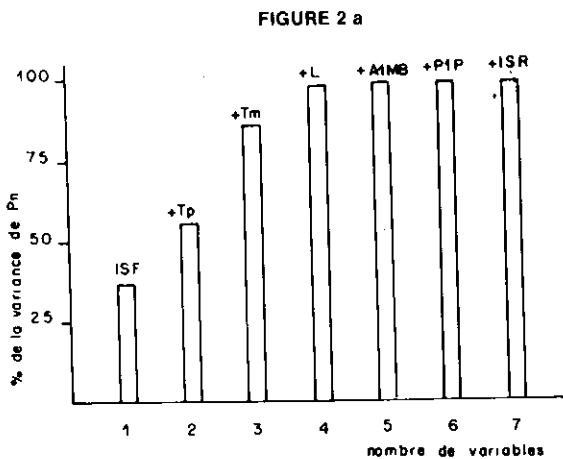


TABLEAU 2
CORRÉLATIONS LINÉAIRES ENTRE LES 9 VARIABLES

	1P _n	2.P _n	3. A 1 MB	4T _P	5T _M	6 L.	7 I SF	8 I SR	Classique d'élevage
P _n	.67* .71* .74* .84* .73*								
A 1 MB	-.12* -.07* -.13* -.13* -.11*	-.25* -.28* -.24* -.29* -.27*							
T _P	.60* .55* .51* .61* .52*	.47* .46* .45* .53* .44*	-.06 -.02 .03 .02 -.02						
T _M	-.35* -.47* -.50* -.54* -.44*	-.23* -.33* -.35* -.46* -.31*	.03 .03 .06 .06 -.04	.29* .23* .23* .11 .25*					
L.	-.18* -.29* -.31* -.35* -.33*	-.13* -.20* -.19* -.33* -.25*	.02 .04 .12* .23* .08*	.17* .18* .21* .16* .20*	.02 .14* .10* .27* .11*				
I SF	-.60* -.60* -.54* -.47* -.61*	-.32* -.34* -.35* -.33* -.37*	.10* .07* .15* .10 .10*	-.19* -.18* -.12* -.19* -.16*	-.02 .06 .05 -.05 .03	-.01 .02 .05 -.07 .11*			
I SR	-.11* -.13* -.07* -.14* -.13*	-.35* -.39* -.42* -.38* -.39*	.04 .04 .04 .11 .05	-.06 -.06 -.08 .01 -.05	-.03 .01 -.09* .05 -.02	-.00 .07* .02 .09 .07*	.17* .17* .17* .24* .19*		
P 1 MB	-.16* -.24* -.22* -.32* -.21*	-.24* -.27* -.27* -.34* -.26*	.00 -.02 -.08* -.04 -.01	-.26* -.30* -.35* -.41* -.30*	-.08* -.01 -.06 .06 -.04	-.03 -.04 -.02 -.04 -.02	.05 .13* .03 .08 .09*	-.01 .01 -.03 -.05 -.01	

* Corrélation significative (P < .05)

Les variables qui déterminent significativement le nombre de porcelets sevrés par année de vie reproductive (P_n) sont, par ordre de priorité décroissante, pour l'ensemble de l'échantillon et les trois classes d'élevage de moindre effectif : l'intervalle sevrage-fécondation, la taille de la portée à la naissance, le taux de mortalité des porcelets et la durée d'allaitement ; les deux premières variables expliquent 50 à 60 % de la variance de P_n . Dans la classe d'élevages de plus grand effectif (plus de 180 portées sevrées dans l'année), c'est la taille de la portée et le taux de mortalité des porcelets qui interviennent en priorité tout en répondant de 74 % de la variance P_n .

Le nombre de porcelets sevrés par année de présence dans le troupeau (P'_n) est également déterminé par quatre variables significatives qui sont, par ordre de priorité décroissante : la taille de la portée, le taux de mortalité des porcelets, l'intervalle dernier sevrage-réforme et, dans trois cas sur quatre, la durée d'allaitement. L'âge à la première mise-bas se situe en cinquième position sauf pour les élevages de 50 à 100 portées où il occupe la quatrième place. Les deux premières variables expliquent 36 à 56 % de la variance de P'_n alors que l'ensemble des quatre variables significatives en explique 53 à 76 %.

IV - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Dans le cadre de cette discussion, nous ne nous attarderons guère sur l'estimation de la productivité numérique par année de vie reproductive (P_n) qui, en dépit de sa simplicité, ne revêt plus qu'un intérêt historique. En revanche, nous insisterons sur le critère (P'_n) estimé de l'âge de 200 jours à la réforme de la truie qui est plus représentatif sur le plan économique. Il convient d'ailleurs de noter que P'_n tend vers P_n lorsque le nombre moyen de portées sevrées par truie réformée (N) augmente. Toutefois, nous devons regretter qu'il ne soit pas encore possible d'analyser un critère plus élaboré tenant compte notamment des échecs de reproduction (retards à la puberté, stérilité, accidents) chez les jeunes femelles de remplacement.

L'une des conclusions essentielles de cette étude est que l'augmentation de la taille des ateliers de production de porcelets est un facteur d'amélioration de la productivité numérique des truies. Ce résultat provient essentiellement d'une accélération du rythme de reproduction découlant de la réduction des temps improductifs : mise à la reproduction plus précoce, réduction de la durée d'allaitement et des intervalles sevrage-fécondation et dernier sevrage-réforme. Le "naiseur" spécialisé ne raisonne plus en éleveur traditionnel qui connaît les animaux individuellement mais en gestionnaire de troupeau qui élimine impitoyablement les sujets les moins productifs.

Chaque jour de retard à la première mise-bas diminue la productivité numérique des truies par année de présence dans le troupeau de 0,014 porcelet dans les plus petits troupeaux et de 0,029 porcelet dans les plus grands troupeaux. Pour un prix de revient moyen du porcelet de 25 kg voisin de 160 F (LEGAULT, 1978), ce jour de retard représente pour l'éleveur une perte financière comprise entre 2,2 et 4,6 F, actualisant ainsi des résultats antérieurs obtenus d'une autre manière (LEGAULT et DAGORN, 1973). Cependant, il faut noter que les informations sur l'âge à la première mise-bas sont relativement imprécises dans les élevages de "production". D'autre part ces résultats ne sont transposables en pratique qu'entre les âges de 340 et 400 jours ; en effet, leur extrapolation à des truies plus jeunes non accompagnée d'un complément d'alimentation et de surveillance peut entraîner une chute de fertilité après la première mise-bas, un retard dans le développement et par conséquent une diminution de la productivité.

La réduction d'une journée de la durée d'allaitement s'accompagne en moyenne d'une augmentation d'environ 0,1 porcelet sevré par année de présence avec des variations comprises entre 0,05 unité dans les plus petits troupeaux et 0,13 unité dans les plus grands troupeaux. Ces résultats confirment dans leur ensemble les estimations d'AUMAITRE et al. (1975) et AUMAITRE (1978). Les résultats concernant l'influence de la durée d'allaitement sur la taille de la portée confirment ceux d'une étude récente limitée aux races pures (LEGAULT et al., 1977) : Chaque jour de réduction de la durée d'allaitement entraîne une diminution de l'ordre de 0,02 unité de la taille de la portée.

L'incidence favorable de la réduction d'une journée de l'intervalle sevrage-fécondation sur P'_n s'accroît également avec la taille du troupeau puisqu'elle passe de 0,08 dans les plus petits à 0,12 porcelet/an dans les plus grands troupeaux. Notons enfin que l'effet de la réduction de l'intervalle dernier sevrage-réforme sur la productivité des truies qui est de l'ordre de 0,03 porcelet/jour est pratiquement indépendant de la taille de l'élevage.

Enfin, l'indication d'une corrélation favorable entre la fertilité et la prolificité des truies (LEGAULT, 1977) se trouve confirmée par la présente étude : Pour une diminution d'une journée de l'intervalle sevrage-fécondation, la taille de la portée augmente en effet en moyenne de 0,013 unité.

D'une manière générale, les coefficients de régression linéaire ne peuvent être appliqués sans risques que dans des limites raisonnables au voisinage de la moyenne en raison de la non linéarité de la plupart des liaisons.

A l'issue d'une étude portant sur les caractéristiques de 451 élevages suivis par le programme national de gestion technique des troupeaux de truies, TEFFENE et VAN DER HAEGEN (1975) ont établi l'équation déterminant la productivité numérique par année de vie reproductive (P_n) par la méthode de la régression linéaire progressive. L'ordre d'apparition des variables était le suivant : Taille de la portée à la naissance, taux de mortalité des porcelets, intervalle sevrage-fécondation et durée d'allaitement. La présente étude ne confirme ces résultats que pour la classe correspondant aux élevages de plus grande taille (plus de 180 portées sevrées/an). Pour les trois classes d'élevages de plus faible effectif, c'est en effet, l'intervalle sevrage-fécondation qui intervient en premier, suivi de la taille de la portée, du taux de mortalité et de la durée d'allaitement.

Or, nous avons déjà souligné la meilleure signification économique de la productivité numérique par année de présence dans le troupeau (P'_n). Dans cette seconde situation, quelle que soit la classe d'élevage, l'ordre d'apparition des variables est le suivant : taille de la portée, taux de mortalité des porcelets, intervalle dernier sevrage-réforme puis durée d'allaitement ou âge à la première mise-bas. L'intervalle sevrage-fécondation n'intervient plus qu'en cinquième ou sixième position. La fraction de la variance de P'_n qui est expliquée par l'ensemble des deux premières variables passe de 36 % dans les plus petits élevages à 55 % dans les plus grands élevages.

L'ensemble des résultats qui viennent d'être discutés attirent l'attention sur la redistribution des priorités parmi les composantes de la productivité de la truie en raison de deux phénomènes : Le premier est l'évolution des structures d'élevage vers des unités plus grandes et plus spécialisées ; le second phénomène qui est en partie un corollaire du précédent est l'amélioration rapide des techniques d'élevage qui se concrétise par une réduction spectaculaire des "temps improductifs". Comme le laissait prévoir une étude récente (LEGAULT et al., 1977), il est dès maintenant possible d'estimer les limites (biologiques) raisonnables de cette évolution dont certaines sont déjà atteintes dans bon nombre d'élevages : 320 à 340 jours pour l'âge à la première mise-bas, 20 à 30 jours pour la durée d'allaitement, 5 à 10 jours pour l'intervalle sevrage-fécondation et 15 à 30 jours pour l'intervalle dernier sevrage-réforme.

Il en résulte que dès à présent ainsi qu'au cours des années qui viennent, les composantes essentielles de la productivité des truies sont la taille de la portée à la naissance et le taux de survie des porcelets jusqu'au sevrage.

Nous ne développerons pas ici les différents chapitres d'une récente mise au point sur les possibilités d'amélioration génétique de la productivité des truies (LEGAULT, 1978). Remarquons d'abord que la taille de la portée a été plutôt délaissée par les sélectionneurs au cours de la dernière décennie en raison de la lenteur du progrès attendu en regard de celui espéré d'un recours aux croisements. Pour un taux de sélection de 50 % appliqué aux truies classées en fonction d'un indice de prolificité intra-troupeau, le progrès génétique théorique est de l'ordre de 0,5 porcelet/portée tous les dix ans (LEGAULT, 1970 ; LEGAULT et al., 1971). L'usage des croisements est source d'un progrès plus spectaculaire atteint dès la seconde génération qui est de l'ordre de 8 % sur la taille de la portée à la naissance et de 12 % au sevrage (SELLIER, 1970 ; SELLIER, 1976 ; OLLIVIER et al., 1978). Sélection et croisements apparaissent donc comme deux techniques complémentaires. D'autres méthodes d'amélioration génétique de la prolificité telles que l'usage en insémination artificielle de verrats appartenant à une lignée "hyperprolifique" (LEGAULT et GRUAND, 1976) ou l'utilisation en croisement de certaines races asiatiques hautement prolifiques peuvent également être envisagées à l'avenir.

Le taux de mortinatalité qui est voisin de 5 % figure pour l'instant parmi les constantes biologiques de l'espèce. Par contre, le taux de mortalité de la naissance au sevrage qui a diminué sensiblement au cours des dernières années (LEGAULT et al., 1977), est réduit dans les plus grands élevages (13,6 contre 14,6 %) et semble très largement améliorable ; on note en effet que ce taux est inférieur à 10 %, parfois 5 % dans de nombreux élevages français. Si la pratique des croisements est susceptible de diminuer cette mortalité de 6 à 8 %, c'est avant tout les installations de mise-bas, la surveillance des éleveurs et l'état sanitaire qui jouent un rôle déterminant.

En définitive, il semble que dans le proche avenir, l'amélioration de la productivité numérique des truies soit du domaine de la génétique et de la pathologie.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier MM. A. AUMAITRE, J. DAGORN et P. SELLIER pour l'aide et les suggestions apportées lors de l'interprétation des résultats et de rédaction de ce texte.

BIBLIOGRAPHIE

- AUMAITRE A., 1978 - Les conséquences zootechniques du sevrage précoce du porcelet. J. Rech. Porcine en France. I.T.P. Ed., PARIS, 251-273.
- AUMAITRE A., PEREZ J.M., CHAUVEL J., 1975 - Effet de l'habitat et de l'âge du sevrage sur les composantes de la productivité des truies en France. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, LIII-LXVI.
- LEGAULT C., 1970 - Recherche d'un taux optimum de sélection des jeunes truies sur la prolificité de leur mère. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS 241-249.
- LEGAULT C., FELGINES C., OWEN J., 1977 - Analyse statistique des composantes de la productivité numérique des truies de quatre races françaises. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS 57-62.
- LEGAULT C., 1978 - Génétique et reproduction chez le porc. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 43-60.
- LEGAULT C., MOLENAT M., STEIER G., TEXIER C., ZICKLER G., 1971 - Principe et illustration d'un programme d'interprétation mécanographique des performances d'élevage des truies. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 11-14.
- LEGAULT C., DAGORN J., 1973 - Incidence de l'âge à la première mise-bas sur la productivité de la truie. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 227-237.
- LEGAULT C., GRUAND J., 1976 - Amélioration de la prolificité des truies par la création d'une lignée "hyperprolifique" et l'usage de l'insémination artificielle : Principe et résultats expérimentaux préliminaires. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 201-206.
- LEGAULT C., FELGINES C., OWEN J., 1977 - Analyse statistique des composantes de la productivité numérique des truies de quatre races françaises. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 57-62.
- OLLIVIER L., LEGAULT C., MOLENAT M., SELLIER P., 1978 - Les recherches en génétique porcine et leurs applications : Un bilan de la période 1969-1977. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, 27-42.
- SELLIER P., 1970 - Hétérosis et croisement chez le porc. Ann. Génét. Sél. anim., 2, 145-207.
- SELLIER P., 1976 - The basis of crossbreeding in pigs : A review. Livest. Prod. Sci., 3, 203-226.
- TEFFENE O., VANDERHAEGEN J., 1975 - Facteurs de productivité des élevages de truies. J. Rech. Porcine en France. I.T.P., Ed., PARIS, XXXI-XLII.