

C. LEGAULT

INRA Station
de Génétique
Quantitative
et Appliquée,
78352 Jouy-en-Josas
Cedex

Génétique et prolificité chez la truie : la voie hyperprolifique et la voie sino-européenne

Les performances de reproduction désignent, chez le porc, un ensemble de critères dont la résultante est bien connue des éleveurs sous le nom de « productivité numérique » ou nombre de porcelets sevrés/truie/an. En intervenant sur le prix de revient des porcelets au sevrage, la productivité numérique a une importance économique relative déterminante : elle représente environ 50 % des variations de la rentabilité d'un atelier de production du type « naisseur-engraisseur ». Parmi les composantes de la productivité numérique, la prolificité (ou taille de la portée à la naissance) apparaît indiscutablement comme le critère le plus important. D'ailleurs, avec une pondération économique relative proche de 45 % en France et de 55 % au Danemark, la prolificité occupe actuellement la première place dans l'objectif global de la sélection au sein des races et lignées maternelles.

Un retour en arrière de 20 à 25 ans permettra de mieux comprendre les lenteurs de l'émergence de la prolificité au rang des priorités économiques dans l'esprit des sélectionneurs. Peu héritable et peu répétable, la prolificité est très difficile à améliorer génétiquement par la sélection classique intra-troupeau. Aussi, pendant une quinzaine d'années, les ambitions des professionnels de la sélection se sont-elles limitées à la généralisation de l'usage de truies parentales croisées Large White X Landrace qui se traduit immédiatement par un progrès de 6 à 8 % imputable à l'effet d'hétérosis maternel. Le troupeau français ayant « fait le plein » en truies croisées de ce type vers 1985, il n'y avait plus d'amélioration à attendre de leur extension dans la population. Les mesures de rétorsion prises progressivement par les industriels de la viande et les consommateurs contre des carcasses toujours plus maigres et de moindre qualité, ainsi que le plafonnement des charges alimentaires, ont eu pour effet d'accroître l'importance économique relative d'autres critères au premier rang desquels on trouve la prolificité.

1 / Les lignées hyperprolifiques

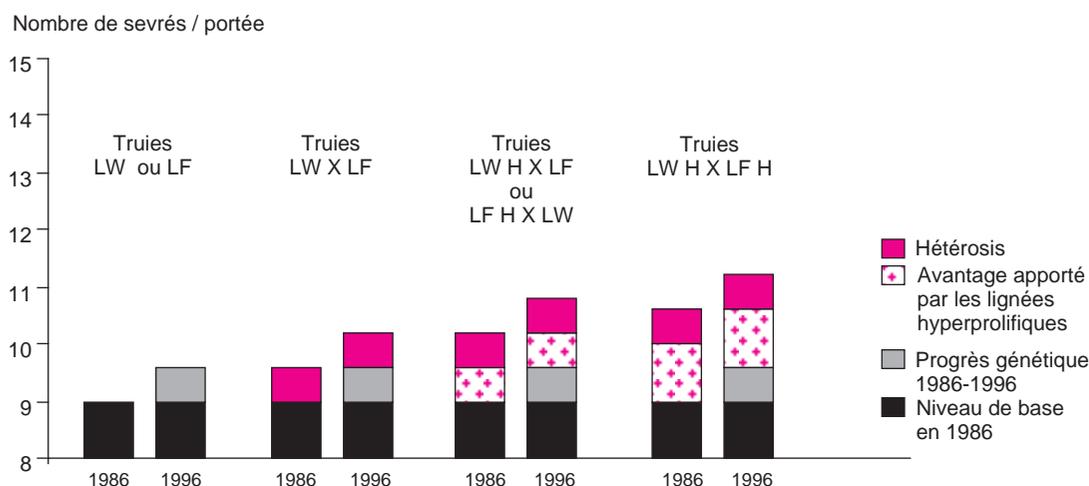
La voie tracée par les lignées dites hyperprolifiques a pour principe l'extension de la base de sélection à l'ensemble de la population de manière à permettre l'application d'un taux de sélection extrêmement sévère, généralement inférieur à 0,5 %. Les truies de prolificité exceptionnelle sont repérées par le canal du programme national de gestion technique ; leur supériorité génétique minimale sur la moyenne de la population ayant été fixée arbitrairement à 0,8 porcelet né/portée

(de 1974 à 1984) puis à 1,2 porcelet né/portée (à partir de 1985). Cela correspond à une supériorité moyenne de 1,2 au cours de la première période et de 1,6 porcelet né/portée au cours de la seconde période.

Lorsque ces truies sont fécondées par des verrats choisis au hasard dans la population, la supériorité génétique de leurs descendants mâles et femelles est réduite de moitié. A la suite d'accouplements raisonnés répétés de verrats fils de truies hyperprolifiques (H) avec d'autres femelles H non apparentées, le niveau génétique des verrats de la lignée tend asymptotiquement vers celui des truies H de la population. En définitive, la lignée hyperprolifique est donc représentée par quelques verrats dont le niveau génétique est confondu avec (ou très voisin de) celui des femelles de prolificité exceptionnelle détectées dans la population. La meilleure valorisation de ces verrats, en race pure ou en croisement (pour produire des truies parentales F1), ne peut s'envisager sans le recours à l'insémination artificielle. L'amélioration attendue chez les filles de ces verrats est alors de 0,6 à 0,8 porcelet né par portée, ce qui correspond à une productivité numérique augmentée de 1,4 à 1,9 porcelets sevrés par an. Si deux lignées sont développées dans deux races différentes (Large White et Landrace par exemple) les femelles F1 bénéficient également de l'effet d'hétérosis et leur supériorité attendue théoriquement par rapport aux populations parentales initiales est de l'ordre de 1,8 à 2,2 porcelets né/portée.

Dès 1973, l'INRA a entrepris la création d'une lignée de verrats dits hyperprolifiques de race Large White à la Station expérimentale de sélection porcine de Rouillé (Legault et Gruand 1976). Au terme d'un contrôle individuel portant sur la vitesse de croissance et l'épaisseur du lard dorsal, ces verrats, dont l'effectif par génération était initialement compris entre 2 et 5, étaient mis en service à la station expérimentale d'insémination artificielle INRA de Rouillé et se trouvaient par conséquent à la disposition de l'ensemble des éleveurs français.

Plusieurs vérifications expérimentales (Legault *et al* 1981, Bolet *et al* 1986, Després *et al* 1992), complétées par quatre évaluations à grande échelle chez les éleveurs (Le Roy *et al* 1987, Petit *et al* 1988, Herment *et al* 1994, Bidanel et Ducos 1994), ont confirmé les prévisions théoriques et établi la supériorité des filles des verrats H sur celles de leurs contemporaines variant, selon l'estimation, de 0,6 à 1,3 porcelet né/portée et de 0,5 à 0,9 porcelet sevré/portée. L'efficacité de cette méthode simple repose surtout sur la sévérité du taux de sélection et sur le pouvoir de diffusion génétique de l'insémination artificielle.

Figure 1. Sélection et croisement, races Large White (LW) et Landrace Français (LF).


Sa mise en œuvre relativement facile et les résultats obtenus l'ont fait adopter par la majorité des organisations de sélection. D'ores et déjà en France, 80 % des verrats Large White et Landrace français en service dans les centres d'insémination artificielle ont la qualification hyperprolifique. Cette méthode contribue à placer la génétique porcine française au meilleur niveau international. D'ailleurs, cette efficacité est encore amplifiée par la généralisation récente du recours au BLUP-modèle animal qui augmente la précision de la détection des truies hyperprolifiques (Tribout *et al* 1998) et par la poursuite de l'extension de l'insémination artificielle en France (65 % fin 1997). Ces dif-

férentes situations sont illustrées par la figure 1 et le tableau 1 pour le nombre de porcelets sevrés/portée, avec une estimation du progrès génétique réalisé en France entre 1986 et 1996 de 0,6 porcelet sevré/portée (Tribout *et al* 1998).

Rappelons aussi que le principe même de la détection des truies H (basé sur la moyenne mobile des contemporaines intégrant le progrès génétique) assure la continuité de l'amélioration. Cependant, les principaux facteurs limitants de cette méthode (l'augmentation de la mortalité et de l'hétérogénéité pondérale des porcelets), devraient conduire à la prise en compte de nouveaux critères dans l'objectif de sélection.

Tableau 1. Perspectives d'amélioration génétique du nombre de porcelets sevrés par portée en 1997 : analyse de différentes stratégies. LW : Large White, LF : Landrace Français, MS : Meishan, LW H : Large White Hyper, LF H : Landrace Français Hyper, ΔG : progrès génétique réalisé de 1986 à 1996.

Type de truies ⁽¹⁾	Éléments du progrès					Sevrés/ portée	PN ⁽²⁾	TVM (%) ⁽³⁾
	Niveau 1986	ΔG	Avantage Hyper	Avantage Chinois	Hétérosis			
Races européennes								
LW ou LF	9	0,6	-	-	-	9,6	22,9	58 ⁽⁴⁾
LW X LF	9	0,6	-	-	0,6	10,2	24,4	61
LW H X LF	9	0,6	0,6	-	0,6	10,8	25,8	61
LW H X LF H	9	0,6	1	-	0,6	11,2	26,8	61
Croisements discontinus								
LW X MS	9	0,6	-	1,1	2,8	13,5	32,3	56
[LW X MS] X LF	9	0,6	-	0,5	1,4	11,5	27,5	58,5
LW H X MS	9	0,6	0,6	1,1	2,8	14,1	33,7	56
[LW H X MS] X LF H	9	0,6	0,9	0,5	1,7	12,7	30,4	58,5
Lignées sino-européennes								
Sino-LW ou sino-LF	9	-	-	1,4	1,4	11,8	28,2	56 ⁽⁴⁾
Sino-LW X LF H	9	0,3	0,6	0,6	1,7	12,2	29,2	60,5
[Sino-LW H] X LF H	9	0,3	0,9	0,6	1,7	12,5	29,9	60,5
[Sino-LW] X LF H] LW H	9	0,4	0,9	0,3	1,0	11,6	27,7	60,8

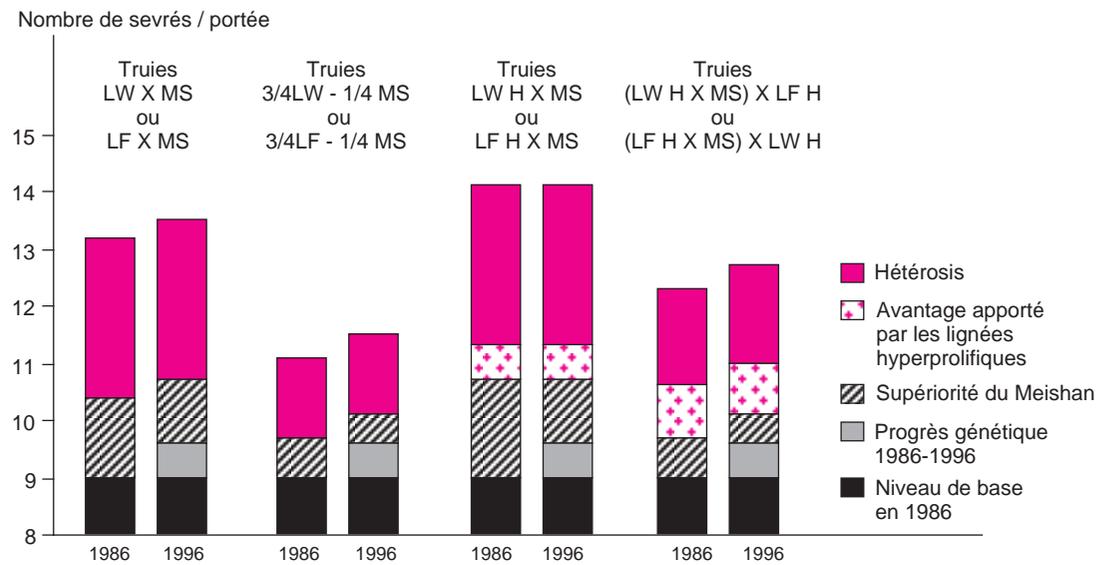
⁽¹⁾ Dans tous les cas, LW et LF peuvent être permutés. Sino-LW ou sino-LF : lignée composite sino-européenne après 10 ans de sélection pour les critères de production.

⁽²⁾ PN : Productivité numérique/truie reproductive/an = TPsevrage \times (365/152,5)

⁽³⁾ TVM : taux de viande maigre attendu chez le produit terminal avec : LW et LF = 58 %, MS = 38 %, verrat terminal = 64 %, lignée composite sino-LW après sélection = 56 %.

⁽⁴⁾ Conduite en race ou lignée pure.

Figure 2. Croisements discontinus entre Meishan et LW ou LF.



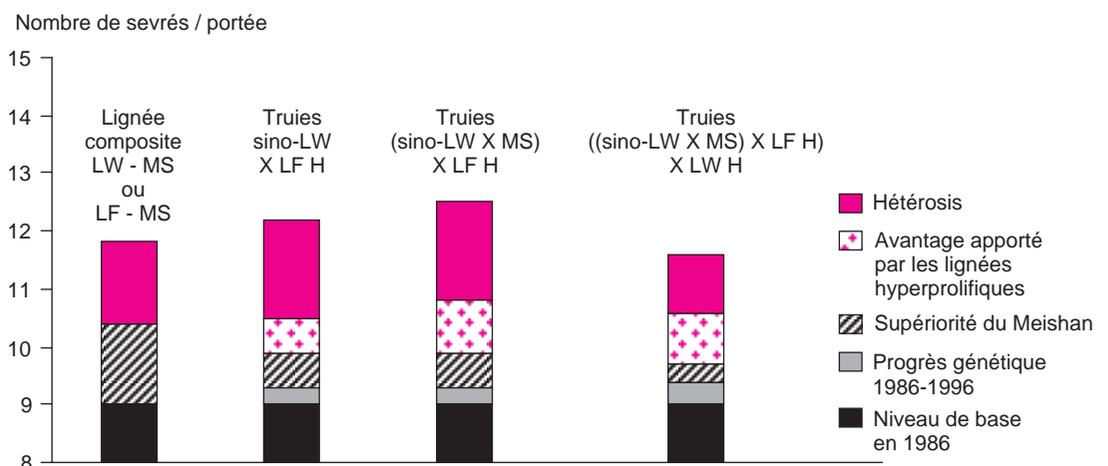
2 / La voie chinoise

Depuis leur importation par l'INRA en novembre 1979, les porcs chinois ont fait l'objet d'un programme expérimental intensif dont les résultats ont été largement et régulièrement diffusés dans la presse scientifique et professionnelle (Legault et Caritez 1983, Bidanel *et al* 1989a et 1989b). Rappelons brièvement que ces animaux (et tout particulièrement la race Meishan), expriment, dans nos conditions d'élevage, leur aptitude exceptionnelle à la reproduction : précocité sexuelle (puberté vers l'âge de 90 jours), fertilité, prolificité (14 à 15 porcelets/portée) et qualités maternelles. En revanche, ces races avaient un retard considérable pour les critères de production. Une viande d'excellente qualité (notamment organoleptique) et un effet d'hétérosis très élevé (15 à 25 %) ne permettent pas d'atteindre le seuil de rentabilité économique par le recours à des schémas de croisement discontinus à 3 ou 4 voies. En effet, à titre indicatif, la très haute productivité numérique des truies F1 Large White X Meishan (5 à 8 porcelets sevrés en plus/an) ne suffit pas à compenser les moindres perfor-

mances du produit terminal quart chinois. Les études théoriques de Bidanel (1989) aboutissent à la conclusion que la forme de valorisation des gènes chinois la plus prometteuse est l'utilisation à l'étage grand-parental de lignées composites sino-européennes au terme de 6 à 8 générations de sélection en faveur des critères de production (croissance et composition corporelle).

Vers le milieu des années 80, deux entreprises françaises se sont engagées sur la voie de la sélection de lignées sino-européennes ; cinq ans plus tard, leur exemple fut suivi dans d'autres pays, notamment par les trois plus importantes firmes anglaises. Or, les théories de Dickerson sur l'évolution d'une lignée composite n'ayant jamais été vérifiées en vraie grandeur chez le porc, cet engagement ressemblait à une aventure avec sa part d'incertitudes : une première réponse est fournie par les résultats relatifs à l'évolution au cours des 9 premières générations de la lignée française Tiameslan produisant la lignée Naima commercialisée depuis 1994 par la Société Pen Ar Lan et dont les performances ne sont que partiellement conformes aux prévisions (Naveau *et al* 1993).

Figure 3. Usage des lignées composites sino-européennes.



Pour le taux de viande maigre (TVM) en effet, le progrès réalisé au cours des 5 premières générations est supérieur au progrès théorique estimé dans l'hypothèse d'une hérédité polygénique additive. Comme le suggèrent Naveau *et al* (1993), ce phénomène s'explique en partie par une surestimation du TVM (basée à l'époque sur l'épaisseur du lard dorsal et le Fat-O-Meter), mais aussi par la présence, dans les races chinoises, de gènes majeurs ou de QTL favorables à l'adiposité qui sont rapidement éliminés dès les premières générations de sélection.

Cependant, la validation à grande échelle chez les éleveurs de ces résultats prometteurs est encore indispensable pour que l'on puisse porter un jugement définitif sur l'avenir de cette option.

Une dernière question est de savoir s'il y a complémentarité entre les lignées européennes hyperprolifiques d'une part et les lignées chinoises ou sino-européennes d'autre part. Une première réponse très encourageante est fournie par les résultats expérimentaux de l'INRA montrant que l'avantage de la lignée hyperprolifique s'ajoute à l'effet d'hétérosis en dépit de la très haute prolificité des truies F1 Meishan X Large White (Mandonnet *et al* 1992, Legault *et al* 1995). Ces résultats ont été confirmés récemment chez les truies de la lignée sino-européenne développée par la société Gène+ (C. Gasnier, communication personnelle 1997).

Ces différentes stratégies sont illustrées par la figure 2 pour les croisements discontinus à 2 ou 3 voies et par la figure 3 pour le recours aux lignées composites sino-européennes. Les paramètres génétiques du croisement Meishan X Large White utilisés dans ces simulations sont la synthèse des estimations faites en France (Bidanel *et al* 1989a et 1989b) et en Grande-Bretagne (Haley *et al* 1995). Ainsi, pour la taille de la portée au sevrage, la différence génétique entre ces deux races était respectivement de 2,8 et de 2,2 porcelets/portée en 1986 et en 1996 alors que l'effet d'hétérosis est de 2,8 porcelets/portée (tableau 1). A titre indicatif, les taux de viande maigre attendus chez les produits terminaux correspondant à chaque situation figurent également au tableau 1.

Perspectives d'avenir et conclusion

La productivité numérique des truies en France a progressé d'un peu plus de 7 porcelets sevrés/truie/an de 1970 à 1996, qu'elle soit estimée par année de vie reproductive ou par année de présence dans le troupeau. La part de la génétique dans cette amélioration, qui est de l'ordre de 30 %, se limite pour l'essentiel à l'effet d'hétérosis sur la taille de la portée et sur l'intervalle sevrage-fécondation. Les changements importants dans le système de conduite d'élevage sont responsables de 70 % de cette amélioration : réduction de la durée

d'allaitement et conduite en bandes avec ses conséquences favorables sur la survie des porcelets, l'état sanitaire, la surveillance des mise bas et des chaleurs, les adoptions, etc.

L'amélioration génétique de la prolificité n'est plus une préoccupation secondaire et des solutions efficaces sont accessibles dans la mesure où l'on prend le risque de s'écarter des voies classiques. D'ailleurs, comme ils le démontrent par leur intérêt croissant pour les lignées hyperprolifiques, il paraît évident qu'à l'avenir, les professionnels ne se contenteront plus de lignées grand-maternelles immuables en matière de reproduction. Dès maintenant, on peut considérer que la voie des 30 porcelets sevrés/truie/an est ouverte à moyen terme aux éleveurs les plus performants. Au cours des années 1990, c'est la génétique qui est appelée à être prédominante dans l'amélioration de la productivité des truies. Certaines prévisions théoriques comportent encore une part de fiction que les années qui viennent dissiperont peu à peu.

Il convient en particulier de souligner les facteurs limitants de la progression vers les 12 ou 13 porcelets sevrés par portée. On pense d'abord au nombre de tétines fonctionnelles qui, après des décennies d'efforts exercés par les éleveurs, se situe en moyenne entre 13 et 14. En fait, le nombre de tétines ne représente pas le premier facteur limitant, sachant que pour des truies d'origine européenne, le nombre moyen de porcelets sevrés plafonne entre 10,5 et 11 par portée. Il serait donc plus opportun de s'intéresser à la production laitière de la truie qui est facilement estimable par une simple pesée de l'ensemble de la portée allaitée vers 3-4 semaines, critère délaissé par les sélectionneurs depuis 25 ans. En raison de leurs excellentes qualités maternelles (nombre de tétines, aptitude laitière, comportement maternel permettant les adoptions à tous les stades), le recours par le croisement aux races chinoises et aux lignées sino-européennes permet d'envisager d'atteindre un plafond entre 12 et 13 porcelets sevrés/portée. L'analyse du déterminisme de la durée de la parturition serait également utile dans la mesure où l'allongement de cette fonction favorise la mortinatalité.

Parmi les anomalies chromosomiques de structure, les translocations hétérozygotes sont les mieux connues chez le porc pour leurs conséquences désastreuses sur la reproduction. En effet, les reproducteurs porteurs d'une telle anomalie sont responsables d'une réduction de 40 à 50 % de la taille des portées qu'ils conçoivent en raison de la disparition de la moitié environ des embryons dès implantation. Heureusement, la fréquence de ces anomalies est relativement faible (proche de 1 sur 1 500). Un système de détection informatisé basé sur le programme National de Gestion Technique des Troupeaux de Truies a permis d'identifier en France une vingtaine de telles anomalies (Legault et Popescu 1993, Ducos *et al* 1997).

Les prochaines années sont appelées à bénéficier très largement des recherches

visant une meilleure connaissance du génome, par une approche statistique (gènes majeurs) ou moléculaire (carte génique et recherche de marqueurs moléculaires de gènes à effet quantitatif) (Bidanel *et al* 1996). D'ailleurs, il est envisagé d'étendre la technique de l'identification puis du typage des gènes à l'ensemble des caractères d'intérêt économique ainsi qu'à la résistance aux maladies et aux anomalies héréditaires (comme l'intersexualité) dont les conséquences sont amplifiées par la généralisation de l'insémination artificielle. Simple au premier abord, la sélection assistée par des gènes marqueurs soulève encore d'importantes difficultés d'ordre méthodologique. Quant à la transgénèse, d'énormes obstacles d'ordre technique et éthique sont encore à surmonter avant d'envisager sérieusement les retombées de cette technique sur des critères économiques comme la taille de la portée.

Références

- Bidanel J.P., 1989. Etude de stratégies de valorisation en croisement de la race porcine Meishan. 3. Evaluation économique comparée de différents systèmes de croisement. Journées de la Rech. porcine en France, 21, 361-366.
- Bidanel J.P., Ducos A., 1994. Utilisation du BLUP modèle animal pour l'évaluation génétique des porcs de race Large White et Landrace français sur la prolificité. Journées de la Rech. porcine en France, 26, 321-326.
- Bidanel J.P., Caritez J.C., Legault C., 1989a. Etude de stratégies de valorisation en croisement de la race porcine Meishan. 1. Estimation des paramètres du croisement pour les caractères de productivité des truies. Journées de la Rech. porcine en France, 21, 345-352.
- Bidanel J.P., Caritez J.C., Fleury J., Gruand J., Legault C., 1989b. Etude de stratégies de valorisation en croisement de la race porcine Meishan. 2. Estimation des paramètres du croisement pour les caractères de production. Journées de la Rech. porcine en France, 21, 353-360.
- Bidanel J.P., Bonneau M., Chardon P., Elsen J.M., Gellin J., Le Roy P., Milan D., Ollivier L., 1996. Etablissement et utilisation de la carte génétique porcine. INRA Prod. Anim., 9, 299-310.
- Bolet G., Martinat-Botté F., Locatelli P., Gruand J., Terqui M., Berthelot F., 1986. Components of prolificacy of hyperprolific Large White sows. Comparison with Meishan and control Large White sows. Génét. Sél. Evol., 18, 333-342.
- Després P., Martinat-Botté F., Lagant H., Terqui M., Legault C., 1992. Comparaison des performances de reproduction des truies appartenant à trois génotypes : Large White (LW), Large White « hyperprolifique » (LWH) Meishan (MS). Journées de la Rech. porcine en France, 24, 345-350.
- Ducos A., Berland H., Pinton A., Seguela A., Blanc M.F., Darre A., Darre R., 1997. Les translocations réciproques chez le porc : état des lieux et perspectives. Journées de la Rech. porcine en France, 29, 375-382.
- Haley C.S., Lee G.J., Ritchie M., 1995. Comparative reproductive performance in Meishan and Large White pigs and their crosses. Anim. Sci., 60, 259-267.
- Herment A., Runavot J.P., Bidanel J.P., 1994. Une nouvelle évaluation de l'intérêt de la voie hyperprolifique chez le porc. Journées de la Rech. porcine en France, 26, 315-320.
- Legault C., Caritez J.C., 1983. L'expérimentation sur le porc chinois en France. I. Performances de reproduction en race pure et en croisement. (Experiments with Chinese pigs in France. I. Reproductive performance in pure and cross breeding with European breeds.) Genet. Sel. Evol., 15, 225-240.
- 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. Journées de la Rech. porcine en France, 8, 201-206.
- Legault C., Popescu P., 1993. Les translocations réciproques chez le porc domestique : détection, éradication et prévention. Elevage et Insémination, 254, 1-12.
- Legault C., Gruand J., Bolet G., 1981. Résultats de l'utilisation en race pure et en croisement de la lignée dite « hyperprolifique ». Journées de la Rech. porcine en France, 13, 255-260.
- Legault C., Caritez J.C., Lagant H., Popescu C.P., 1995. Etude expérimentale du rôle de l'espace utérin sur la viabilité embryonnaire et fœtale. Incidence de type génétique de la mère. Journées de la Rech. porcine en France, 27, 25-30.
- Le Roy P., Legault C., Gruand J., Ollivier L., 1987. Héritabilité réalisée pour la taille de portée dans la sélection de truies dites « hyperprolifiques ». Génét. Sél. Evol., 19, 351-364.
- Mandonnet N., Le Roy P., Caritez J.C., Elsen J.M., Legault C., Bidanel J.P., 1992. Existe-t-il un gène à effet majeur expliquant la prolificité exceptionnelle de la race Meishan ? Journées de la Rech. porcine en France, 24, 25-30.
- Naveau J., Ducos A., Bidanel J.P., Bazin C., 1993. Résultats de huit générations de sélection sur la croissance et la composition corporelle de la lignée composite sino-européenne Tiameslan. Journées de la Rech. porcine en France, 25, 65-68.
- Petit G., Runavot J.P., Gruand J., Legault C., 1988. Evaluation en race pure et en croisement de la lignée hyperprolifique Large White dans un réseau d'élevages de multiplication et de production. Journées de la Rech. porcine en France, 20, 309-314.
- Tribout T., Bidanel J.P., Garreau H., Fleho J.Y., Gueblez R., Le Tiran M.H., Ligonésche B., Lorent P., Ducos A., 1998. Présentation du dispositif collectif français d'évaluation génétique porcine pour les caractères de production et de reproduction. Journées de la Rech. porcine en France, 30, 95-100.