

Le potentiel glycolytique du muscle mesuré sur le porc vivant : un nouveau critère de sélection pour la qualité de la viande ?

*Catherine LARZUL (1), Pascale LE ROY (1), P. SELLIER (1), B. JACQUET (2),
J. GOGUÉ (3), A. TALMANT (4), P. VERNIN (4), G. MONIN (4)*

(1) I.N.R.A., Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78352 Jouy-en-Josas Cedex

(2) C.T.S.C.C.V. - 7, avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex

(3) I.N.R.A., Domaine de Galle - 18520 Avord

(4) I.N.R.A., Station de Recherches sur la Viande - 63122 Saint-Genès-Champagnelle

Le potentiel glycolytique du muscle mesuré sur le porc vivant : un nouveau critère de sélection pour la qualité de la viande ?

Une expérience de sélection pour réduire le potentiel glycolytique du muscle mesuré in vivo (PGIV) a montré que ce caractère pouvait être un critère de sélection pour la qualité technologique de la viande de porc puisqu'il est moyennement héritable, génétiquement lié favorablement à la qualité de la viande et défavorablement à la composition corporelle. La prise en compte de ce caractère dans les schémas d'amélioration génétique porcins a donc été simulée dans le cadre de l'objectif de sélection tel qu'il est défini à l'heure actuelle en sélection sur les performances de production dans la race Large White. Il apparaît que sur les collatéraux abattus, la mesure du PGIV peut remplacer l'Indice de Qualité de Viande actuellement mesuré sans répercussion sur le progrès génétique sur l'objectif global de sélection. En revanche, si le contrôle des collatéraux est totalement éliminé, même en prenant en compte le PGIV mesuré sur les candidats en ferme, la réponse à la sélection sur l'objectif global est un peu inférieure à celle obtenue lorsque les collatéraux sont mesurés. La situation la plus favorable qui conduit au progrès génétique maximal est de maintenir la mesure de l'IQV sur les collatéraux abattus tout en introduisant une mesure du PGIV sur les candidats en ferme.

The muscle glycolytic potential measured on live pig: a new selection criterion for meat quality?

A selection experiment on in vivo muscle glycolytic potential (IVGP) showed that this trait provided a possible selection criterion for pig meat technological quality. This trait was of medium heritability, genetically favourably correlated to meat quality but unfavourably to carcass composition. Taking into account a measurement of IVGP in pig breeding programmes was simulated, without modifying the selection goal as defined for production selection in the Large White breed. On slaughtered sibs, the measurement of IVGP may replace the meat quality index without changing the global response to selection. Conversely, the absence of central pig testing stations, even if IVGP is measured on on-farm tested candidates, leads to a slightly lower global response to selection. The most favourable situation is to measure meat quality index on slaughtered sibs in testing station and additionally to measure IVGP on on-farm candidates.

INTRODUCTION

Le potentiel glycolytique mesuré *in vivo* (PGIV) sur le muscle *Longissimus dorsi* (MONIN et SELLIER, 1985; TALMANT et al., 1989) s'est déjà avéré un outil essentiel pour l'amélioration de la qualité technologique de la viande de porc. Il est en effet utilisé avec succès pour l'éradication de l'allèle RN-, afin d'éliminer les problèmes de « viande acide » liés à la présence de cet allèle, dans certaines lignées synthétiques (LE ROY et al., 1994). Cette éradication est réalisée en évitant simplement de retenir comme reproducteurs les animaux ayant un PGIV au-dessus d'un seuil fixé. Cette méthode se révèle efficace dans la mesure où l'allèle RN- a un effet très marqué sur ce caractère et qu'il est dominant (LE ROY et al., 1995 ; 1996). En revanche, l'utilisation du PGIV en tant que critère de sélection pour améliorer la qualité technologique de la viande dans une population indemne de l'allèle RN- n'a pour l'instant pas été appliquée. En effet, un préalable indispensable à cette application était de connaître la variabilité génétique de ce caractère ainsi que les relations qui le lient aux performances de croissance, à la qualité de la carcasse et surtout à la qualité de la viande.

Une expérience de sélection sur le PGIV a donc été réalisée à l'INRA sur une population de race Large White a priori homozygote rn^+rn^+ . Il est ressorti de l'estimation des paramètres génétiques que le potentiel glycolytique est un caractère moyennement héritable ($h^2=0,29$), lié négativement aux qualités technologiques de la viande et défavorablement à la teneur en muscle de la carcasse (LARZUL et al., 1997). L'introduction d'un tel critère de sélection en vue d'améliorer la qualité de la viande peut donc être envisagée dans les schémas d'amélioration génétique porcins, en substitution aux critères de qualité de la viande actuellement en usage, qui ne sont pas mesurables sur les candidats à la sélection. Toutefois, avant d'entreprendre une telle modification de la sélection, il reste à définir les modalités d'introduction de ce nouveau critère. Une première approche a été réalisée, grâce au programme de calcul du progrès génétique développé par MAIGNEL (1996). Quelques modifications du schéma de sélection actuel sont envisagées et les conséquences induites par la prise en compte du PGIV sont présentées.

1. MODÉLISATION DU SCHÉMA DE SÉLECTION

Le schéma étudié ici concerne uniquement la sélection sur les performances de production en race Large White. A l'heure actuelle, les candidats à la sélection sont contrôlés en ferme pour la croissance (A100 : âge ajusté à 100 kg, en jours) et l'adiposité de la carcasse (L100 : épaisseur de lard dorsal mesurée aux ultrasons, ajustée à 100 kg, en mm). Un de leurs collatéraux (mâle castré) est contrôlé en station pour la croissance (GMQ : gain moyen quotidien entre 30 et 100 kg, en g/j), l'efficacité alimentaire (IC : indice de consommation, en kg d'aliment/kg poids vif), la qualité de la carcasse (REND : rendement de carcasse en % et TM : pourcentage de muscle estimé à partir d'une découpe normalisée), et la qualité de la viande (IQV : indice de qualité de la viande, combinaison d'un pH ultime, d'un temps d'imbibition et

d'une mesure de réflectance). Les valeurs génétiques des candidats à la sélection sont estimées à partir de ces différentes mesures, en utilisant la méthodologie BLUP appliquée à un modèle animal. Chaque candidat est ensuite classé suivant l'objectif de sélection H, utilisé depuis 1995, qui est une combinaison linéaire des valeurs génétiques estimées pour chacun des cinq caractères GMQ, IC, REND, TM et IQV. Les pondérations ont été calculées à travers une approche économique (DUCOS, 1994) sous contrainte de non évolution de la qualité de la viande. L'objectif de sélection s'écrit :
 $H = 0,162 \text{ GMQ} - 109 \text{ IC} + 12 \text{ TM} + 13 \text{ REND} + 25 \text{ IQV}$.

La population est modélisée suivant la structure démographique actuelle de la population Large White française en sélection, en tenant compte du nombre d'individus présents, de l'utilisation conjointe de mâles d'insémination artificielle et de monte naturelle et de la présence simultanée de femelles ayant des âges différents. Le principe d'estimation du progrès génétique repose sur un modèle déterministe, qui tient compte de la distribution des caractères dans chaque classe de population, définie par le sexe, l'âge et le type d'utilisation (MAIGNEL et al., 1997). Le progrès génétique est calculé pour chaque cycle, avec prise en compte de l'évolution de la variabilité génétique, ce qui conduit à un progrès plus important dans les premiers cycles. Ce progrès génétique a tendance à se stabiliser au bout de quelques cycles (environ 10), ce qui aboutit pour les cycles suivants à un progrès génétique dit asymptotique, identique d'un cycle à l'autre.

2. CARACTÈRES ÉTUDIÉS ET PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES ASSOCIÉS

Les caractères étudiés sont ceux qui font partie de l'objectif global de sélection actuel (GMQ, IC, REND, TM et IQV) et les caractères mesurés sur les candidats en ferme (A100 et L100), auxquels ont été ajoutés la mesure *in vivo* du potentiel glycolytique musculaire (PGIV) et le rendement technologique de la fabrication du jambon cuit (RT), le premier en tant que nouveau critère de sélection, le second étant le caractère dont on souhaite connaître l'évolution génétique en fonction de la sélection effectuée.

L'estimation des évolutions génétiques attendues nécessite la connaissance des paramètres génétiques (variances et covariances génétiques, d'environnement commun et résiduelles) qui lient les caractères entre eux. Les paramètres qui concernent les caractères actuellement mesurés en station et en ferme (GMQ, IC, REND, TM, IQV, A100 et L100) sont ceux qui ont récemment été estimés dans la population Large White nationale (DUCOS et al., 1993 ; LABROUE et al., 1996 ; TRIBOUT et al., 1996). Les héritabilités du PGIV et du RT ainsi que leurs corrélations avec les caractères GMQ, TM, IQV, A100 et L100 ont été estimées à partir des mesures effectuées au cours de l'expérience de sélection citée en introduction. Les détails concernant cette expérimentation ont été présentés par LARZUL (1997).

Pour le rendement de carcasse après abattage (REND), les résultats de l'expérience de sélection fournissant des estima-

tions éloignées des paramètres actuellement utilisés, il a été jugé préférable de choisir les corrélations REND - PGIV et REND - RT a priori. Il en a été de même pour les corrélations avec l'IC, qui n'ont pas pu être estimées à partir des données de l'expérience de sélection. Dans les deux cas, les corrélations génétiques et résiduelles estimées dans la population Large White français entre ces deux caractères (REND ou IC) et l'IQV ont été prises par défaut pour remplacer les corrélations manquantes entre ces caractères et le PGIV ou le RT. Par ailleurs, les corrélations résiduelles entre le PGIV et les autres caractères sont des paramètres nécessaires au calcul. Or, si ces paramètres ont pu être estimés pour le GMQ, l'A100 et le L100, il n'était pas possible d'obtenir leurs valeurs pour le REND, le TM et l'IQV, les mêmes animaux n'ayant pas été mesurés à la fois sur le PGIV et sur ces caractères. Ces valeurs manquantes ont été remplacées par

les corrélations résiduelles avec le PG mesuré post mortem sur le même muscle (*Longissimus dorsi*).

Les estimations des paramètres nécessaires ont été réalisées grâce au logiciel VCE, version 3.1 (GROENEVELD, 1993) en effectuant des analyses « tri-caractères », le PGIV étant inclus dans toutes les analyses. Pour des raisons calculatoires, il n'a en effet pas été possible de réaliser une estimation unique. Les matrices des variances-covariances génétiques, d'environnement commun et résiduelles ont donc été construites à partir des analyses partielles et des paramètres a priori. Les matrices résultantes ont été rendues positives définies par la méthode de « bending » (HAYES et HILL, 1981 ; FOULLEY et OLLIVIER, 1986). Les paramètres retenus sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 - Paramètres génétiques utilisés pour l'estimation des progrès génétiques. Héritabilités sur la diagonale, corrélations génétiques au-dessus de la diagonale, corrélations phénotypiques⁽¹⁾ sous la diagonale.

	IC	GMQ	REND	TM	IQV	A100	L100	PGIV	RT
IC	0,20	-0,56	0,02	-0,54	0,35	0,32	0,46	-0,35	0,35
GMQ	-0,15	0,37	-0,20	0,20	-0,07	-0,58	-0,24	0,16	-0,19
REND	0,01	-0,13	0,51	-0,06	0,21	0,20	0,15	-0,20	0,20
TM	-0,20	0,00	-0,03	0,66	-0,32	-0,09	-0,84	0,17	0,05
IQV	0,07	0,00	0,04	-0,06	0,20	-0,04	0,14	-0,51	0,85
A100						0,25	-0,12	-0,05	0,19
L100						0,05	0,44	-0,31	-0,10
PGIV	0,00	-0,05	0,06	0,09	-0,30	0,12	-0,18	0,29	-0,42
RT									0,30

(1) Les valeurs des corrélations phénotypiques qui n'interviennent pas dans l'estimation des progrès génétiques ne sont pas données.

3. SITUATIONS ENVISAGÉES

Cinq stratégies ont été envisagées sans modifier l'objectif global de sélection (tableau 2). La première stratégie est basée sur la sélection telle qu'elle est pratiquée actuellement (C1), une solution alternative étant de simplement remplacer la mesure de l'IQV par une mesure du PGIV sur les collatéraux abattus (C2), afin de vérifier la validité du PGIV en tant que critère de qualité de la viande. Dans deux autres straté-

gies, les stations publiques de contrôle de performances ne sont plus utilisées et seuls les candidats en ferme sont mesurés, les deux options étant de mesurer (F2) ou non (F1) le PGIV sur ces candidats. Enfin, la stratégie la plus complète (T), où la qualité de la viande est mesurée à la fois sur les collatéraux abattus par l'IQV et sur les candidats en ferme par le PGIV fournit la situation de référence dans laquelle le progrès génétique doit être maximal.

Tableau 2 - Les différentes stratégies de sélection

	C1	C2	F1	F2	T
Candidats mesurés en ferme	oui	oui	oui	oui	oui
Collatéraux contrôlés en station	oui	oui	non	non	oui
Mesure de la qualité de la viande sur les collatéraux	IQV	PGIV	non	non	IQV
Mesure de la qualité de la viande sur les candidats en ferme	non	non	non	PGIV	PGIV

4. COMPARAISON DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES

Les comparaisons des différentes stratégies de sélection concernent l'évolution génétique de l'objectif global (figure 1),

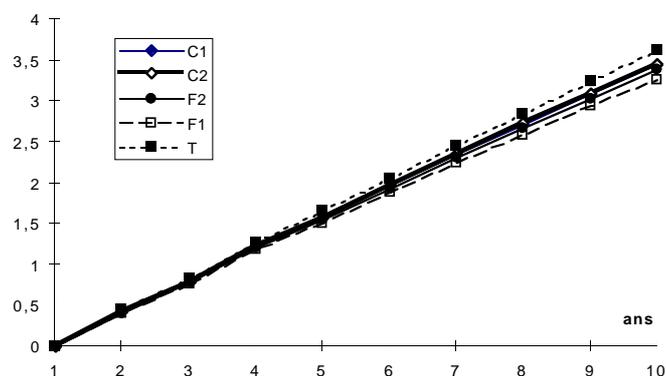
ainsi que celle de chacun des caractères qui le constituent (tableau 3). Les évolutions génétiques du PGIV et du rendement technologique de la fabrication du jambon cuit sont également présentées (tableau 3).

Dans ce calcul des évolutions génétiques des différents caractères, une contradiction apparaît entre l'évolution de l'IQV, qui a plutôt tendance à baisser, et celle du rendement technologique, qui a plutôt tendance à augmenter. La même contradiction peut être relevée avec le PGIV qui a tendance à augmenter alors que la corrélation génétique entre ce caractère et le rendement technologique est négative. En fait, l'évolution génétique du rendement technologique doit être considérée avec précaution, en raison du peu de précision des paramètres génétiques utilisés pour ce caractère. Les corrélations génétiques avec les caractères de production retenues pour cette étude sont en effet plutôt favorables (tableau 1). L'effet défavorable de l'augmentation du PGIV est donc compensé par l'amélioration des caractères de production. Dans ce cas, il convient de se limiter à considérer l'évolution relative du rendement technologique lorsque l'on compare les stratégies de sélection les unes par rapport aux autres.

Le remplacement de la mesure de l'IQV (C1) par celle du PGIV (C2) sur les collatéraux en station, modifie très peu l'évolution de l'objectif global (figure 1) ou celle de chacun des caractères (tableau 3). Ces deux mesures de la qualité de la viande semblent donc interchangeables dans la mesure où l'objectif de sélection reste le même. Toutefois, la mesure du PGIV au lieu de l'IQV conduit à diminuer un peu plus l'IQV, mais sans que le rendement technologique en soit affecté. Dans les deux cas, on peut remarquer l'augmentation du PGIV.

Dans la stratégie où il n'y a ni collatéraux en station, ni mesure du PGIV (F1), on peut noter une diminution de la réponse sur l'objectif global par rapport à la sélection actuelle, avec une diminution plus importante de l'IQV par rapport à la stratégie C1 (tableau 3). Cette évolution se traduit également par une augmentation du potentiel glycolytique in vivo et une quasi-stagnation du rendement technologique. La stratégie F1 est donc moins favorable que les stratégies C1 et C2, non seulement en terme de réponse génétique globale mais aussi en terme de réponse sur la qualité de la viande. Ces résultats rejoignent les conclusions

Figure 1 - Évolution de l'objectif global de sélection (H) en fonction de la stratégie de sélection, exprimé en écart type génétique



de MAIGNEL et al. (1997) qui ont montré que l'abattage d'un collatéral contrôlé en station était indispensable, non seulement pour maintenir le taux de progrès génétique réalisé actuellement sur l'objectif global de sélection, mais également pour éviter de détériorer la qualité de la viande. La nécessité d'une mesure de la qualité de la viande lorsque l'on veut maîtriser l'évolution génétique de ce caractère est donc pleinement justifiée. Par ailleurs, la diminution de la réponse sur l'objectif global de sélection par rapport à la stratégie C1 s'explique par le fait que les mesures en ferme ne correspondent pas exactement aux critères inclus dans l'objectif de sélection qui a été élaboré en combinant les mesures réalisées sur les collatéraux abattus. Il y a donc une perte de précision pour l'estimation des valeurs génétiques des caractères de l'objectif qui conduit à une progression moins importante de l'objectif global. Cette stratégie donne, de fait, davantage de poids à la vitesse de croissance et au taux de muscle aux dépens des autres caractères (tableau 3). L'introduction de la mesure du PGIV sur les candidats en ferme (stratégie F2) permet d'obtenir une réponse sur l'objectif global plus élevée par rapport à la situation où cette mesure n'est pas effectuée (figure 1). La réponse attendue reste toutefois inférieure à celle obtenue lorsque des collatéraux sont mesurés en station. Cette amélioration relative de

Tableau 3 - Progrès génétiques asymptotiques des caractères et de l'objectif global de sélection, exprimés en unités du caractère

	C1	C2	F1	F2	T
IC, kg/kg	-0,048	-0,048	-0,050	-0,041	-0,040
GMQ, g/j	23,6	23,7	25,3	22,9	21,8
REND, %	-0,05	-0,06	-0,27	-0,35	-0,12
TM, %	2,77	2,83	2,91	2,82	2,72
IQV	-0,04	-0,07	-0,14	0,07	0,14
A100, j	-0,79	-0,77	-0,83	-0,71	-0,67
L100, mm	-1,14	-1,13	-1,22	-1,14	-1,07
PGIV, µmol/g	4,54	4,03	5,00	0,28	0,25
RT, %	0,26	0,24	0,08	0,36	0,50
Objectif global de sélection H	40,6	40,6	37,6	39,2	42,4

la réponse à la sélection s'explique surtout par le fait que l'introduction d'une mesure supplémentaire augmente la précision des estimations. En ce qui concerne la qualité de la viande, la prise en compte du PGIV a un effet important puisque tous les indicateurs de qualité de la viande ont une évolution plus favorable que dans les stratégies précédentes. L'IQV, dont l'évolution génétique reste limitée, a plutôt tendance à augmenter alors que dans tous les autres cas envisagés, il a plutôt tendance à diminuer. La valeur du PGIV reste quant à elle constante, alors que dans les autres situations, elle augmente. Enfin, l'amélioration du rendement technologique est un peu plus marquée. Sur les autres caractères, on peut surtout noter la progression un peu plus faible de la vitesse de croissance et surtout une diminution plus marquée du rendement de carcasse.

Comme attendu, la dernière situation envisagée (T), où la qualité de la viande est mesurée sur les collatéraux et les candidats, est la plus favorable pour l'objectif global, étant donné que la quantité d'information est la plus importante. Cette stratégie donne la limite maximale du progrès génétique attendu avec cet objectif de sélection. C'est également la stratégie qui favorise le plus la qualité de la viande.

CONCLUSION

Il apparaît que la mesure in vivo du potentiel glycolytique sur le muscle *Longissimus dorsi* est une alternative intéressante à la mesure de la qualité de la viande sur collatéral abattu. En ce qui concerne les perspectives d'application de cette mesu-

re, le point n'a toutefois été que partiellement abordé à travers la comparaison des réponses génétiques en fonction des différentes stratégies de sélection. En fait, ce type d'application nécessiterait avant tout de (re)définir l'objectif de sélection, en fonction du poids que l'on veut accorder à la qualité de la viande. De plus, dans la mesure où la contrainte était précédemment une non-évolution de l'IQV, il pourrait par exemple être envisagé de choisir comme nouvelle contrainte la non-évolution du rendement technologique en intégrant ce critère dans l'objectif global de sélection. Il conviendrait également d'étudier la faisabilité de ce type de mesure à grande échelle, surtout pour une application en ferme. L'application d'une stratégie où seuls les candidats en ferme sont mesurés aboutirait à la fermeture des stations de contrôle. Mais il faut souligner que le contrôle en station apporte une information plus importante que la simple qualité de la viande et qu'il permet d'obtenir le progrès génétique le plus élevé.

Il serait également pertinent de se placer dans des situations où les populations sélectionnées sont de petite taille, comme certaines lignées originales, et où l'objectif pourrait être explicitement d'améliorer la qualité technologique de la viande. Dans ce type de population, il serait sans doute avantageux de ne pas sacrifier d'animaux pour servir de collatéraux abattus, afin de préserver le maximum de candidats à la sélection, d'où l'intérêt accru d'une mesure in vivo de la qualité de la viande. Ce type de problème ne peut toutefois pas être résolu de manière adéquate par l'étude du progrès génétique asymptotique calculé ici, cette théorie n'étant applicable que dans les populations de grande taille.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DUCOS A., 1994. Évaluation génétique des porcs contrôlés dans les stations publiques à l'aide d'un modèle animal multicaractère. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 177p.
- DUCOS A., BIDANEL J.P., DUCROCQ V., BOICHARD D., GROENEVELD E., 1993. *Genet. Sel. Evol.*, 25, 475-493.
- FOULLEY J.L., OLLIVIER L., 1986. *J. Anim. Breed. Genet.*, 103, 81-86.
- GROENEVELD E., 1993. Estimating (co)variances for joint genetic evaluations. In : Proc EC seminar on application of mixed linear models in the prediction of genetic merit in the pigs, 27 05 1993, Mariensee, Germany.
- HAYES J.F., HILL W.G., 1981. *Biometrics*, 37, 483-493.
- LABROUE F., SELLIER P., GUÉBLEZ R., MEUNIER-SALAÜN M.C., 1996 *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 23-30.
- LARZUL C., 1997. Variabilité génétique d'une mesure in vivo du potentiel glycolytique musculaire chez le porc. Relations avec les performances, les caractéristiques du muscle et la qualité technologique des viandes. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 146p.
- LARZUL C., LE ROY P., SELLIER P., JACQUET B., LEFAUCHEUR L., MONIN G., 1997. 48th annual meeting of the EAAP. Vienna, Austria, 25-28 Août 1997.
- LE ROY P., PRZYBYLSKI W., BURLLOT T., BAZIN C., LAGANT H., MONIN G., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 311-314.
- LE ROY P., CARITEZ J.C., BILLON Y., TALMANT A., VERNIN P., LAGANT H., LARZUL C., MONIN G., SELLIER P., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 165-170.
- LE ROY P., MONIN G., ELSÉN J.M., CARITEZ J.C., TALMANT A., LEBRET B., LEFAUCHEUR L., MOUROT J., JUIN H., SELLIER P., 1996. Proc. 47th Annual Meeting of European Animal Production, 26-29. 08.96 - Lillehammer - Norvège.
- MAIGNEL L., 1996. Modélisation de schémas de sélection porcins. Application à l'étude de deux cas concrets : comparaison de stratégies de sélection sur la prolificité et d'utilisation des stations de contrôle de performances. Mémoire de DEA, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Septembre 1996, 24p.
- MAIGNEL L., PHOCAS F., BIDANEL J.P., 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 343-352.
- MONIN G., SELLIER P., 1985. *Meat Sci.*, 13, 49-63.
- TALMANT A., FERNANDEZ X., SELLIER P., MONIN G., 1989. In : Proceedings of the 35th Int. Cong. of Meat Sci. and Technol., Copenhagen, Danemark, 1129-1131.
- TRIBOUT T., GARREAU H., BIDANEL J.P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 31-38.