

C. LEGAULT, F. MÉNISSIER,
P. MÉRAT *, G. RICORDEAU **,
R. ROUVIER **

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

* INRA Laboratoire de Génétique Factorielle
78352 Jouy-en-Josas Cedex

** INRA Station d'Amélioration Génétique des Animaux
BP 27 31326 Castanet-Tolosan Cedex

Les lignées originales de l'INRA : historique, développement et impact sur les productions animales

Associé à de multiples obtentions variétales dans le domaine végétal, le sigle de l'INRA apparaît moins fréquemment en production animale. Cependant, un examen un peu plus attentif montre que des lignées animales conçues et développées à l'INRA ont profondément marqué plusieurs de nos filières avec des retombées qui débordent souvent les limites de l'hexagone. En effet, si la loi sur l'élevage de 1966 a clairement défini le rôle du département de génétique animale de l'INRA dans le programme national d'amélioration génétique de nos espèces domestiques, notamment par un rôle déterminant dans l'évaluation des reproducteurs, une autre mission de l'INRA tout aussi importante, est d'imaginer et d'éprouver dans ses installations expérimentales des types génétiques originaux et compétitifs répondant aux besoins présents et à venir de notre élevage. Après avoir tenté de clarifier une terminologie particulièrement abondante et diversifiée puis évoqué quelques principes de génétique et de zootechnie qui seront à la base des choix et des orientations, l'objet de cet article sera précisément de retracer l'histoire d'obtentions originales de l'INRA en se limitant à l'exemple le plus connu dans 5 espèces domestiques. Il va de soi que les populations animales soumises à un programme de sélection classique, les lignées qui n'ont pas dépassé le stade expérimental ainsi que les lignées destinées à des recherches fondamentales ou biomédicales (consanguines, histocompatibles, etc) sont de ce fait écartées de cet inventaire. C'est dans cet esprit, et selon un choix qui peut paraître arbitraire, que nous examinerons successivement la Vedette-INRA chez la volaille, la lignée INRA95 chez les bovins, la souche INRA401 chez les ovins, la lignée « LW-INRA hyperproliférique » chez les porcins et les souches A2066 et A1077 chez les lapins.

Rappels sur la terminologie et les bases de génétique et de zootechnie

Le terme de lignée, couramment utilisé chez les bovins, les porcins, les équidés et les volailles, très proche de celui de souche plus couramment utilisé chez les ovins et les lapins, désigne un ensemble d'animaux soumis à une double contrainte, celle de la population (ensemble d'individus de la même espèce qui se reproduisent entre eux) et celle de la race (ensemble d'individus de la même espèce qui présentent un certain nombre de caractères et aptitudes communs). Par rapport à la race qui en est souvent à l'origine, le terme de lignée contient un renforcement de la contrainte de reproduction et de sélection en commun. Lorsque des lignées sont développées au sein d'une race, elles sont parfois dénommées « variétés » pour marquer leur phylogénie ou appartenance originelle à cette race. Quand elles résultent du mélange de plusieurs races ou lignées elles sont alors qualifiées de « composites » ou de « synthétiques ». Il convient enfin de mentionner les lignées ou souches commerciales, ordinairement désignées par la juxtaposition de lettres et de chiffres, et dont l'origine et la nature comportent volontairement des zones d'obscurité. Sous l'angle des « ressources génétiques », rappelons la typologie proposée par Lavergne (1982), qui définit 4 catégories de populations ou ressources : (1) la population sauvage, (2) la population traditionnelle ou primaire, (3) la race standardisée et (4) la lignée (ou souche) sélectionnée. Enfin, l'organisation communautaire retient la notion plus globale de « race pure » (ou « population animale sélectionnée » - PAS - dans la terminologie du ministère de l'Agriculture) pour désigner tout ensemble d'individus (race,

lignées,...) soumis à un même programme reconnu de sélection ou de conservation.

Les lignées animales ayant par définition un effectif plus limité que celui des races, leur valorisation en élevage a besoin de l'effet multiplicatif des schémas de croisement à 2 ou 3 voies ou de celui de l'insémination artificielle. En introduisant la notion de lignées ou races spécialisées, en opposition à celle de races « mixtes », Smith (1964) a beaucoup contribué à clarifier une situation plutôt confuse quant aux meilleures formes de valorisation des croisements. Ainsi, pour la production de viande, le croisement entre lignées maternelles ou grand-maternelles sélectionnées à la fois pour les critères de reproduction et de production et des lignées paternelles sélectionnées en faveur des critères de production, tire le meilleur parti des effets d'hétérosis (directs et maternels), des effets de complémentarité et d'éventuelles oppositions génétiques entre critères de production et de reproduction. Quelques années plus tard, Dickerson (1969) a proposé une définition pour l'ensemble des paramètres génétiques du croisement, permettant de prédire les résultats attendus de tout plan de croisement.

Généralités sur les lignées de l'INRA

Ces considérations théoriques n'ont pas été les seules à provoquer les initiatives ayant abouti à la création de lignées originales à l'INRA. La part la plus importante dans les décisions revient en effet à un ensemble d'éléments conjoncturels et à l'imagination, la détermination et la chance d'un petit nombre de chercheurs qui se sont engagés dans une entreprise longue et risquée, parfois sous les critiques d'une partie des collègues et des professionnels. Dans tous les cas, en anticipant sur les besoins de l'élevage, il s'agissait de préparer, d'expérimenter et de valider des solutions applicables 5 à 15 ans plus tard, les choix s'inspirant du matériel animal disponible et surtout de l'évolution prévisible des structures et techniques d'élevage, des méthodes de reproduction et des changements dans les rapports économiques, occasionnés par le progrès génétique notamment.

En définitive, les réalisations de l'INRA peuvent se répartir en 4 catégories avec une originalité liée au fait que, dans la plupart des cas, les voies empruntées étaient entièrement inédites. Cette classification comporte une part d'arbitraire, de nombreuses passerelles subsistant entre les 4 catégories proposées. En outre, au risque d'anticiper sur le chapitre suivant, cette classification fournit l'occasion d'y évoquer brièvement 3 lignées originales supplémentaires, la lignée Orylag (lapins à fourrure), la lignée HPG (bovins) et la lignée porcine sino-européenne Tiameslan.

Lignées construites autour d'un gène

Mentionnons d'abord la plus ancienne et la plus célèbre de ces lignées que fut la Vedette – INRA devenue, depuis 1979, la Vedette-ISA. Comme cela sera décrit, la grande originalité de la démarche a consisté à valoriser, au travers d'un croisement très particulier, un gène de nanisme récessif et lié au sexe (jusqu'alors considéré comme une anomalie sans intérêt) pour la production du poulet de chair.

Dans la lignée INRA95 qui sera également prise comme exemple, c'est le gène d'hypertrophie musculaire qui a été introduit dans une lignée sélectionnée pour la production de taureaux d'insémination artificielle, ces reproducteurs étant destinés au croisement terminal sur des races laitières ou à viande pour la production de veaux de boucherie voire de jeunes bovins.

Dans le secteur des phanères, une souche de lapin a été créée, permettant de valoriser à la fois une viande labellisée et une fourrure nouvelle de grande qualité : l'Orylag (marque déposée par l'INRA). L'exploitation du gène « rex » (autosomal et récessif), associé à un patient travail de sélection, a permis à l'équipe du Magneraud d'obtenir des pelages originaux particulièrement doux au toucher. D'autres paramètres de la qualité : compacité, maturité, couleur, etc, ont été également améliorés et la fourrure ainsi obtenue s'apparente, selon les professionnels, à celle du Chinchilla. Des conditions originales de développement ont été élaborées, en collaboration avec la Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime. Les producteurs se sont dotés de structures permettant de valoriser en commun leur production. Début 1996, la filière comptait 1 800 femelles reproductrices réparties dans 17 élevages avec une capacité de production de 50 000 peaux par an.

Les lignées composites (ou synthétiques)

La création d'une lignée composite consiste d'abord à mélanger par croisement 2 ou plusieurs races ou lignées présentant des aptitudes complémentaires, le plus souvent la prolificité, les qualités maternelles et la rusticité pour les unes, la croissance et la composition corporelle pour les autres. Après 2 ou 3 générations sans sélection (pour se rapprocher de l'équilibre de linkage), la lignée est fermée et sélectionnée en faveur d'objectifs spécifiques.

Les lignées INRA de ce type font appel à des races « exotiques » prolifiques, rustiques et mal conformées comme la race ovine russe Romanov ou les races porcines prolifiques chinoises Meishan et Jiaying et à des races complémentaires indigènes. La lignée INRA401 constituée à partir des races ovines Romanov et Berrichon du Cher est le premier exemple de ce type et sera présentée plus loin.

Un autre exemple du même type est fourni par les lignées porcines sino-européennes qui, sur la base des travaux réalisés en France par l'INRA dans le courant des années 80 (Legault *et al* 1985, Bidanel *et al* 1990), se développent en France, en Europe et en Amérique du Nord. La lignée Tiameslan a été créée dès 1984, sous forme contractuelle entre l'INRA et la société Pen Ar Lan, à partir des races prolifiques chinoises Meishan et Jiaying (détenues par l'INRA au domaine du Magneraud) et la lignée Laconie. Les résultats enregistrés sont conformes aux prévisions (Naveau *et al* 1993). Cette lignée est utilisée pour l'instant au niveau arrière grand-parental ; la truie parentale Naïma qui en résulte est commercialisée depuis 1994 (2 000 cochettes) avec des perspectives d'expansion importantes : 7 000 cochettes vendues en 1995, prévisions de plus de 50 000 à court terme.

Les lignées hyperprolifiques

L'originalité de cette méthode, qui s'applique surtout à des critères peu héréditaires, repose d'une part sur la détection informatisée de femelles exceptionnelles (truies hyperprolifiques ou vaches à jumeaux) correspondant à un taux de sélection très sévère (moins de 0,5 %) et d'autre part sur le pouvoir de diffusion de l'insémination artificielle. Par la répétition d'accouplements raisonnés entre les fils des femelles exceptionnelles avec d'autres femelles (hyperprolifiques) non apparentées, on favorise l'accroissement de fréquence des allèles favorables à la prolificité ou à la gémellité chez les mâles, qu'il s'agisse de gènes majeurs ou de « modestes polygènes ».

La lignée porcine INRA-LW hyperprolifique représente l'illustration de cette approche.

La lignée bovine HPG (haut potentiel de gémellité) a été développée par J.L. Foulley en race Maine-Anjou dans le prolongement d'études préliminaires réalisées en collaboration avec F. Ménissier et J. Frebling au domaine INRA de la Minière (Ménissier et Frebling 1974). Parallèlement aux études expérimentales menées au domaine INRA de la Grêlerie (Mayenne), un volet professionnel de sélection sur la gémellité s'est mis en place progressivement depuis 1988 en race Maine-Anjou autour de l'UPRA (éleveurs sélectionneurs) et de l'Union Maine-Anjou (centre de production de semence). Il s'agit d'un programme pilote ponctuel axé sur la détection, la procréation et la mise à l'épreuve sur descendance de taureaux à haut potentiel de gémellité. La phase de détection sur fichier racial a été l'occasion de révéler le très grand potentiel d'un taureau (Liran) qui, avec un taux de 12 % de vêlages gémellaires chez ses filles, se situe à 2,5 écarts-types génétiques au-dessus de la moyenne de la population (5 % de gémellité). L'intérêt de la sélection des mâles pour améliorer la proportion de naissances gémellaires a d'ailleurs été confirmé par une analyse comparative franco-

néo-zélandaise menée, en France sur 11 troupeaux Maine-Anjou participant au programme HPG et, en Nouvelle-Zélande, sur 3 élevages de Shorthorn et Frisonne (Morris et Foulley 1991). La réalisation d'accouplements raisonnés entre les trois meilleurs taureaux Maine-Anjou détectés et les 40 meilleures vaches à jumeaux de la race a été entreprise avec l'UPRA ; quatre taureaux ont été ainsi procréés et sont en cours de mise à l'épreuve sur descendance.

Les souches de Lapin-femelles INRA

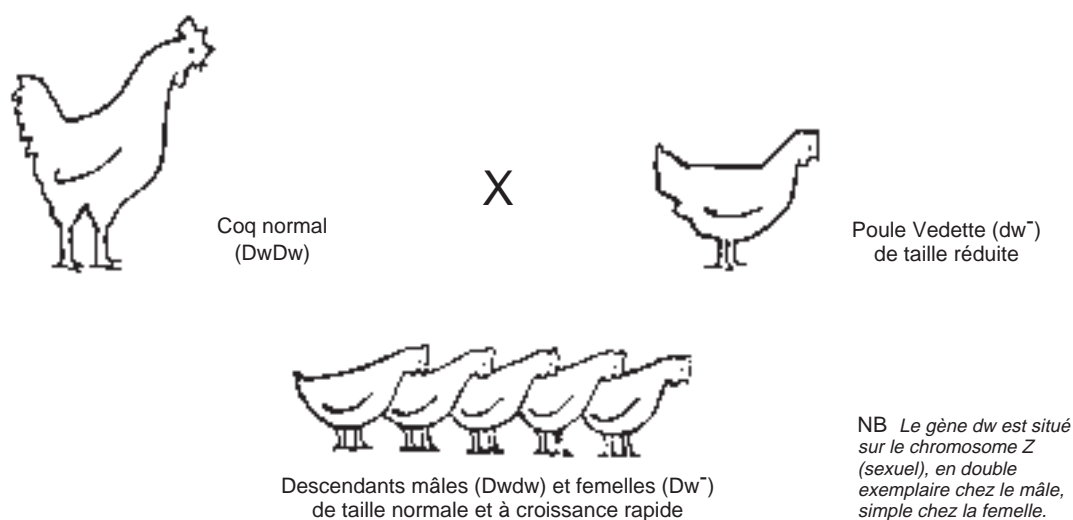
La lapine parentale proposée par l'INRA aux professionnels résulte du croisement entre deux souches femelles aux aptitudes complémentaires expérimentées dans les années 70 : d'une part, la souche INRA2066 qui se distingue par son taux d'ovulation élevé et des effets maternels favorables sur la survie des lapereaux de la naissance au sevrage et, d'autre part, la souche INRA1077 choisie pour sa complémentarité avec la précédente, notamment pour l'aptitude laitière.

Historique, développement et impact économique de 5 lignées INRA

La « Vedette-INRA »

En 1959, dans une poussinière du groupe de génétique de la station de recherches avicoles de l'INRA à Jouy en Josas (plus tard laboratoire de génétique factorielle) un technicien animalier, R. de Roince, eut l'attention attirée par 7 ou 8 poulets anormalement petits. Ils n'avaient pas très fière allure, mais paraissaient en bonne santé. R. de Roince eut l'heureuse initiative, au lieu de les éliminer comme anormaux, d'alerter son collègue G. Coquerelle et le scientifique responsable, P. Mérat, que l'on savait intéressé par les « mutants ». On vérifia qu'il s'agissait uniquement de femelles, toutes filles d'un même coq. Cela faisait soupçonner chez ce coq une mutation dans un gène lié au sexe réduisant la taille, identifié quelques années auparavant aux Etats-Unis en race Leghorn (Hutt 1959). Par quelques croisements, il ne fut pas difficile de vérifier que c'était bien le cas. Nous avons la chance de posséder une mutation d'un gène de « nanisme » lié au sexe (dw), réduisant la taille d'environ 30 %.

A Jouy-en-Josas, nous pouvions faire des recherches sur ce gène à l'échelle du laboratoire, mais évidemment pas le répandre et l'utiliser à un stade commercial. Or P. Mérat se posa cette question, pensant d'abord à une « pondeuse naine » à faibles besoins alimentaires (idée qui fut aussi celle de Bernier aux USA en Leghorn, et que nous avons continué à poursuivre). Il informa donc L.P. Cochez, qui, au domaine du Magneraud, pouvait disposer des moyens d'un sélectionneur « com-

Figure 1. Schéma d'utilisation du gène *dw* en croisement « chair ».

mercial » à l'époque. Précisément à ce moment, L.P. Cochez était très sensibilisé aux problèmes des souches « chair », le poids et le coût d'entretien des reproductrices étant élevés et leurs performances de reproduction médiocres. Il y eut un déclic, et il répondit presque tout de suite que cela l'intéressait beaucoup pour créer une reproductrice « chair » allégée, donc moins coûteuse à nourrir mais donnant néanmoins un poulet « normal » en croisement terminal, le gène étant récessif (figure 1). Il demanda que le maximum d'adultes porteurs du gène lui soient envoyés dès que possible. Pour mettre en place ce projet, L.P. Cochez développa sur le site du Magneraud 35 000 m² de poulaillers répartis sur les 100 ha du domaine. C'est là qu'allaient être fabriquées, à une échelle analogue à celle de nos concurrents anglais et américains, les parentales de la Vedette-INRA ainsi que les parentales des « labels » actuels.

Dans l'immédiat, le coq porteur de la mutation et les 7 ou 8 filles de départ prirent le chemin du Magneraud et, heureusement, s'y adaptèrent de façon satisfaisante. Le gène *dw* fut ainsi introduit dans une première lignée « femelle chair ». Aux générations suivantes, on fit des croisements de retour répétés vers la lignée d'origine tout en conservant le gène introduit, pour retrouver le poids et la croissance de cette lignée d'origine. Parallèlement au travail de sélection, il y eut des observations sur l'existence éventuelle d'effets secondaires associés au gène. En effet, si l'effet principal de réduction de la taille et des besoins alimentaires, ainsi que le caractère presque totalement récessif en croisement, étaient évidents, on ne pouvait exclure au départ la possibilité d'effets secondaires, moins voyants mais non négligeables, sur d'autres caractères (reproduction, survie, etc). Or, les premières observations sur les lignées en cours de sélection au Magneraud, ou à Jouy-en-Josas sur des croisements expérimentaux, ou un peu plus tard à Nouzilly, montrèrent que de tels effets existaient sur la reproduction de la femelle, mais qu'ils étaient

positifs, ajoutant à l'intérêt du gène : ponte légèrement meilleure, éclosion également à cause de l'absence d'œufs à deux jaunes fréquents dans les lignées « chair » classiques et n'éclosant pas. Cette chance s'ajoutait à celle de l'apparition du gène lui-même. Le tableau 1 récapitule les principaux effets associés au gène *dw* dans les croisements « chair ». On retrouve aussi les caractéristiques des croisements à base de reproductrices nanifiées (efficacité alimentaire meilleure réduisant le prix de revient du poussin) dans les résultats publiés de testage (par exemple Turgie *et al* 1994). Comme prévu, le travail de sélection au Magneraud dura une dizaine d'années, silencieuses quant aux publications car il ne s'agissait pas que de recherche ; les publications viendraient après (revue par Mérat 1984).

En 1968, le Magneraud exhiba sa reproductrice chair nanifiée donnant des poulets de taille normale (Anonyme 1968). En 1978, sur l'injonction du ministre de l'Agriculture (C. Bonnet) qui considérait que les activités com-

Tableau 1. Effets moyens associés au gène *dw* en lignées « chair » (d'après Mérat 1984).

	Effets du gène <i>dw</i>
Caractères de la reproductrice (<i>dw</i>)	
Poids corporel	- 30 %
Nbre d'œufs	0 ou légèrement +
Consommation d'aliment/ kg d'œuf	au moins - 20 %
Mortalité	0
Pourcentage d'œufs anormaux (sans coquille ou à 2 jaunes)	suppression quasi-totale
Pourcentage d'œufs cassés	réduction variable
Pourcentage d'éclosion	légèrement +
Nbre de poussins/reproductrice	+ 1 à + 15 %
Densité d'élevage	+ (jusqu'à 40 %)
Volume des déjections	- 20 % au moins
Caractères du croisement terminal	
Poids des poulets mâles (<i>Dwdw</i>)	- 2 à - 3 %
Poids des poulets femelles (<i>Dw</i>)	0

merciales ne devaient pas se développer dans le cadre d'un Institut de Recherches, la décision fut prise de transmettre le flambeau à un partenaire commercial, l'ISA (Institut de Sélection Animale). La Vedette-INRA poursuivit ainsi sa carrière en devenant la Vedette-ISA et en couvrant la majeure partie du marché français des reproductrices chair. De l'ordre de 25 % dans les derniers temps de la Vedette-INRA, le pourcentage du marché de la reproductrice chair en France couvert par la Vedette-ISA est actuellement voisin de 75 % pour le poulet standard. La proportion dépasse 80 % si l'on y inclut le marché du poulet « label ». Dans le monde, on estime à 8 % le pourcentage de reproductrices chair nanifiées (chiffres ISA : Donal, comm. pers.).

La recherche de la mutation causale du nanisme de la poule « Vedette » n'a abouti que très récemment, grâce à la conjonction d'études endocrinologiques et de la recherche de polymorphismes moléculaires. Une délétion dans le gène du récepteur de l'hormone de croissance (RGH) a été identifiée dans plusieurs lignées commerciales nanifiées (Burnside *et al* 1991). Cependant, deux nouvelles anomalies du RGH ont été décrites dans des lignées naines expérimentales, dont une à l'INRA. Il existe donc plusieurs « nanismes » à l'échelle moléculaire, qui sont autant de modèles d'étude du mécanisme d'action de l'hormone de croissance.

« INRA95 » : une lignée mâle composite cularde pour le croisement terminal

Un choix stratégique de recherche des années 60

L'existence du caractère cularde, ou hypertrophie musculaire, est connue depuis plus d'un siècle chez les bovins (Lauvergne *et al* 1963 et 1968). Son origine héréditaire était déjà un fait établi au moment de la création de l'INRA (Ménissier 1974). N'ayant alors jamais fait l'objet de recherches systématiques, dès 1960-61, avec la collaboration des organismes professionnels (UNLG, centres d'insémination artificielle, etc) et des aides financières spécifiques (DGRST, etc) un groupe de recherches de l'INRA coordonné par J. Poly et P. Charlet et animé par B. Vissac, avec l'appui technique d'experts comme B. Perreau, a entrepris une description assez complète de l'hypertrophie musculaire, de ses incidences zootechniques et biologiques, et de son déterminisme génétique (Neuvy et Vissac 1962). Il ressortait clairement (INRA 1966, Ménissier 1982) que l'hypertrophie musculaire a (1) un effet favorable très important sur la valorisation des carcasses et de la viande (meilleur rendement à l'abattage, réduction des dépôts adipeux, hypertrophie plus marquée pour les muscles les mieux valorisés, réduction de la trame conjonctive, etc), (2) des effets défavorables sur les caractères de reproduction et les qualités mater-

nelles (subfertilité, difficultés de vêlage, etc), (3) un déterminisme qui ne pouvait résulter que de l'action d'un gène majeur (la localisation de ce gène *mh* ne sera réalisée qu'en 1995 par nos collègues belges de l'Université de Liège - Charlier *et al* 1995a). Durant cette période, le croisement industriel par insémination artificielle (IA) avec des taureaux de races à viande spécialisées s'installait rapidement. Du fait de leur valeur bouchère exceptionnelle, des taureaux culards étaient proposés par les marchands et ainsi exploités (expérimentalement car ces taureaux n'étaient pas « inscrits » - centre d'IA de Bel-Air dirigé par Mr Charvet par exemple) notamment dans les régions de production de « veaux blancs » (Centre-Est, Sud-Est, Sud-Ouest). Les recherches développées sur veaux de boucherie en ferme et sur jeunes bovins en station pour vérifier l'intérêt d'une telle pratique (Ménissier 1982) ont montré que ces veaux croisés, apparemment normaux et issus de pères culards, par rapport aux veaux croisés issus de pères normaux, engendraient une plus-value notable associée à une croissance musculaire supérieure, une conformation bouchère améliorée et des dépôts adipeux plus tardifs, résultant de la récessivité (ou dominance) partielle du gène d'hypertrophie musculaire.

Dès le milieu des années 60, forts de ces connaissances et pratiques, s'appuyant sur l'expérience acquise par l'élevage expérimental de vaches Charolaises culardes (chez MM Vieillard et Masy-Perier, à La Minière - INRA) et l'agrément pour l'IA des premiers taureaux procréés (*Arriviste*, *Doux*, etc, ont été ainsi les précurseurs), le projet de création et sélection d'un troupeau souche destiné à procréer des taureaux culards pour le croisement par IA était décidé. Son objectif était clairement annoncé comme en témoignent les archives : produire le « mâle idéal » pour le croisement sur races laitières et rustiques dont aurait besoin l'Europe occidentale, pour satisfaire la demande française et « assurer une supériorité de qualité très nette sur les marchés européens ». Cette lignée mâle cularde (qui se dénommera INRA95 en 1971) vient ainsi compléter la lignée mâle composite non cularde (COPELSO93) initiée quelques années avant par le centre d'IA du même nom dans le cadre d'une convention expérimentale avec l'INRA et la DGRST.

Une création originale ancienne suivie d'une constante sélection

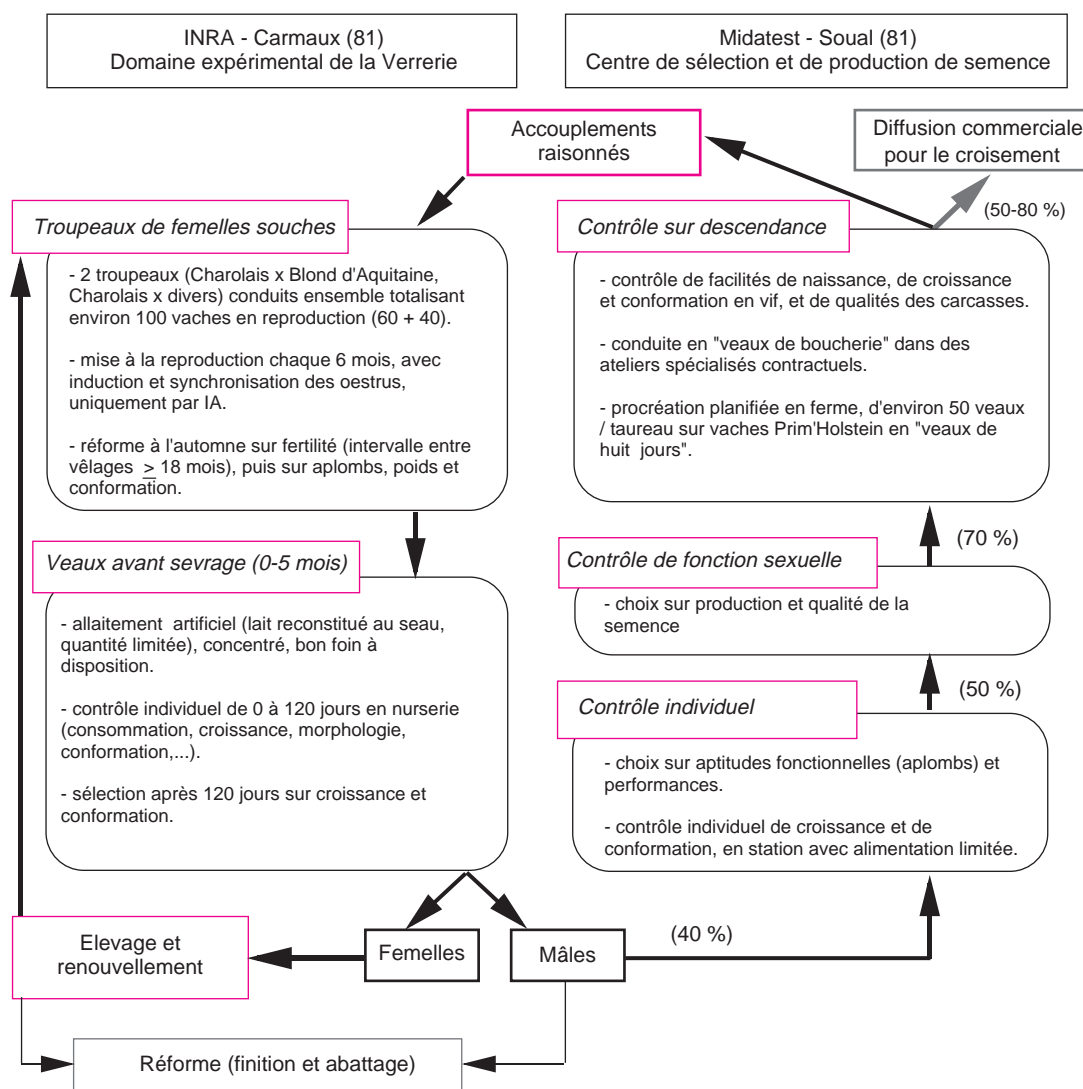
L'arrivée des premières génisses (automne 1967) sur le domaine expérimental de La Verrerie à Carmaux (Tarn) représente en quelque sorte l'acte fondateur d'INRA95. Outre le symbole du caractère cularde s'installant dans un pays minier comme au début du siècle dans l'Europe du Nord, il va de soi que ce troupeau souche ne pouvait trouver meilleure terre d'accueil : le Tarn-Aveyron, traditionnellement producteur de veaux de boucherie conformés était la zone du centre d'IA partenaire de la première heure dans ce

programme (COPELSO, intégré aujourd'hui à l'union MIDATEST). L'incitation du directeur de ce centre (M. Rondeau) et les collectivités territoriales du Tarn ont facilité dès 1965 cette implantation durable de l'INRA qui s'inscrivait dans la perspective plus large de décentralisation d'unités de recherche en génétique animale vers Toulouse (Vissac 1967). Cette installation s'est faite sous la responsabilité de G.P. Fabre de 1965 à 1994 (1967-71 défrichage et constructions, 1970-90 adaptation des techniques d'élevage, de reproduction et de contrôle de performances, mise en œuvre de protocoles d'études spécifiques à partir de 1990).

S'agissant de procréer des taureaux culards pour le croisement, l'objectif du programme sera simple : (1) d'abord constituer un troupeau souche de races à viande avec l'hypertrophie musculaire (choix des fondateurs sur phénotype culard), (2) puis accroître par sélection la fréquence du (des) gène(s) d'hypertrophie musculaire et de son (leur) expression dans le troupeau tout en maîtrisant la capacité de reproduction de celui-ci pour assurer son renouvellement et sa productivité

en jeunes mâles culards, (3) continuer à sélectionner les aptitudes recherchées pour tout taureau de croisement (croissance musculaire, facilités de naissance), (4) enfin, évaluer sur la valeur en croisement les taureaux culards ainsi procréés et sélectionnés. Le fonctionnement du programme est schématisé sur la figure 2. La conduite du troupeau souche (élevage, renouvellement, sélection, procréation et évaluation des mâles jusqu'au sevrage) est réalisée par l'INRA. Les mâles sélectionnés intègrent le programme de MIDATEST agréé « aptitudes bouchères » dans lequel, à l'issue d'une évaluation des aptitudes bouchères et des facilités de naissance sur descendance (veaux de boucherie en croisement), les tout meilleurs taureaux seront agréés pour une diffusion commerciale par IA. La productivité globale du programme au cours de la dernière décennie est d'environ 0,3 à 0,4 mâle sevré/an et par femelle en reproduction, parmi lesquels 5 à 10 % seront agréés pour l'IA, ce qui permet de disposer de 2 à 4 nouveaux taureaux agréés par an.

Figure 2. Programme de sélection de la lignée mâle composite cularde INRA95.



INRA95 est une lignée composite à base de 6 races, créée à partir d'environ 140 femelles fondatrices (4 races) et 150 taureaux fondateurs (6 races). De fait, la lignée INRA95 est constituée de 2 troupeaux souches conduits conjointement :

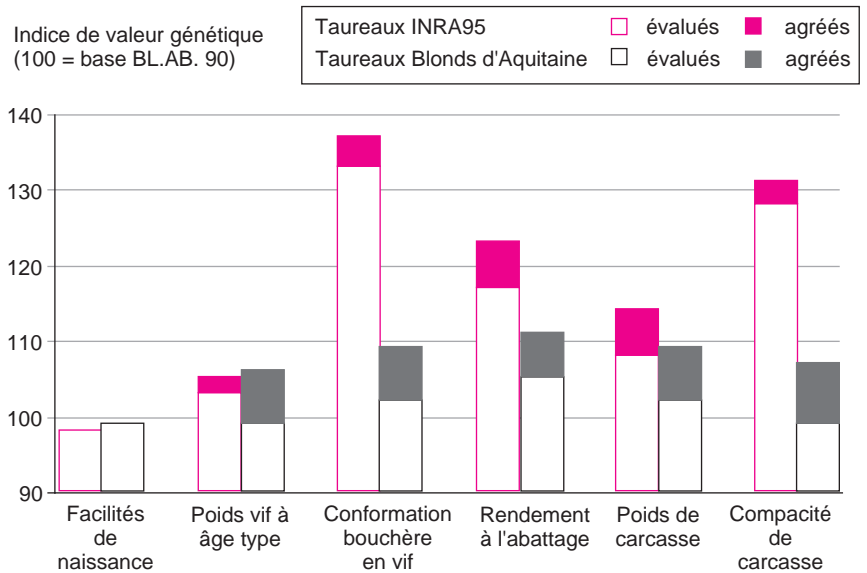
- la souche CH.BA créée en 1967-68 à base de fondateurs Charolais et Blonds d'aquitaine, aujourd'hui constituée d'environ 60 vaches essentiellement de générations 3 à 6, sélectionnée en « noyau fermé » (accouplements avec des taureaux INRA95 du noyau) ;
- la souche CH.XX constituée en 1971-72 à base de Maine-Anjou, Limousine, Blonde d'Aquitaine, afin de disposer d'un matériel génétique *a priori* plus apte à produire une viande plus colorée (plan national de « relance bovine »), sélectionnée depuis 1982 en « noyau ouvert » (accouplements avec des taureaux culards extérieurs choisis sur l'expression de l'hypertrophie musculaire : Charolais agréés « muscularité précoce » notamment du « programme national culard » et quelques Blanc Bleu Belges et INRA95) et composée d'environ 40 vaches de générations 2 à 5.

Une conquête certaine des partenaires de la « filière viande précoce »

Il est difficile de situer aujourd'hui INRA95 par rapport aux autres races paternelles de croisement. Les seules comparaisons expérimentales remontent aux années 70 (essai CEE-INRA en croisement sur vaches Frisonnes, Ménissier *et al* 1982) et au début des années 80 (essai franco-hongrois en croisement sur vaches Simmentales, Bodo *et al* 1986) pour des productions de jeunes bovins. S'agissant de taureaux INRA95 de 1^{re} et 2^e générations, leurs résultats étaient comparables à ceux de leurs races fondatrices mais avec des qualités de carcasse plutôt meilleures. Lors des 10 dernières années, les taureaux INRA95 étant évalués sur descendance pour une production de veaux de boucherie en croisement, comme les taureaux Blonds d'Aquitaine et avec la même base de référence (BL.AB.90), leurs valeurs génétiques moyennes peuvent être comparées (figure 3). Elles sont voisines de celles des Blonds d'Aquitaine pour les facilités de naissance et la croissance, mais nettement supérieures pour la conformation et les performances d'abattage (+ 1 à 2 écarts-types), ce qui n'est pas passé inaperçu dans le Sud-Ouest.

Ainsi le nombre de vaches inséminées avec des taureaux INRA95, d'environ 20 000 (années 70) a atteint plus de 30 000 à la fin des années 80, prenant progressivement la place de COPELSO93 (derniers taureaux agréés en 1988). L'année 1990 marque le début d'une ascension spectaculaire qui fait qu'aujourd'hui plus de 75 000 vaches/an sont inséminées avec INRA95. Dans le Sud-Ouest, où plus de 50 % des vaches laitières inséminées en croisement le sont avec INRA95, cette progression s'est faite au détriment des

Figure 3. Moyennes des valeurs génétiques standardisées des taureaux INRA95 et Blonds d'Aquitaine évalués sur descendance (veaux de boucherie en croisement) et agréés pour l'IA.

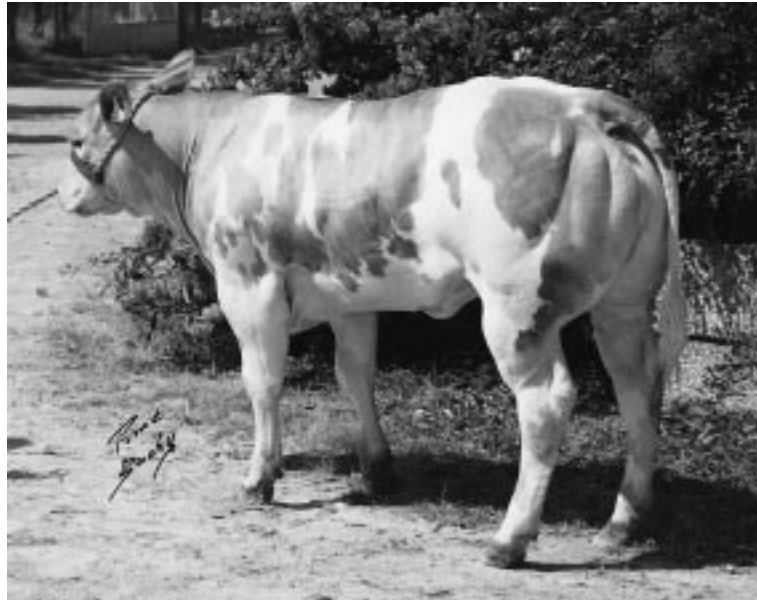


racres paternelles traditionnelles (Limousine, Blonde d'Aquitaine). La progression semble se poursuivre, alors qu'en France les IA en croisement diminuent.

Uhlotte n'est pas étranger à ce brusque changement : « taureau idéal » pour les éleveurs, donnant des veaux de robe claire, petits à la naissance et qui deviendront de très bons veaux de boucherie... mais « idéal » aussi pour les inséminateurs assurés de la satisfaction de leurs clients. Ainsi, selon les années, plus de 2/3 à 3/4 des IA seront faites avec ce seul taureau (souche CH.BA) dont la réputation auprès des éleveurs est alors plus grande que celle d'INRA95 ! Les abatteurs-transformateurs (Ets Spanghero en particulier) vont aussi jouer un rôle décisif. Lors du contrôle de descendance, quelle que soit la diversité de couleur de la robe des croisés INRA95, ils ne sont pas insensibles à leurs qualités de carcasse « obtenues sans hormones » (photo) et voient là un atout commercial stratégique sur un marché où l'image de la viande de veau, fréquemment malmenée, est déterminante vis-à-vis du consommateur. Depuis 1993, les partenaires de la filière ont donc créé avec succès pour le Sud-Ouest, une marque d'identification génétique des veaux issus des meilleurs taureaux INRA95 (MIDAVO) pour s'assurer leur valorisation.

Quelle évolution technique voire culturelle depuis les années 70 ! Plus particulièrement pour la souche CH.XX dont la valorisation prometteuse ne fait que débiter. Durant les années 80, la robe non conventionnelle des veaux de 8 jours engendrés par ces taureaux composites nous a contraint à mettre en sommeil la valorisation de cette souche. Plus récemment, lors de sa relance avec les premières naissances d'un des nouveaux taureaux agréés, les appels des éleveurs furieux de voir naître des veaux de type « pie-noir »

Veau croisé issu d'une vache laitière et d'un taureau INRA95 identifié MIDAVO. Crédit photo MIDATEST, cliché P. Buchy.



ont obligé à retirer ce taureau du catalogue commercial... taureau qui ensuite figurera dans la sélection MIDAVO. La robe bariolée des taureaux INRA95 et de leurs veaux n'est donc plus un obstacle à leur valorisation.

Des perspectives concrètes

Conçue à la fin des années 60, mise en place durant les années 70, davantage sélectionnée depuis les années 80 et opérationnelle dès les années 90, la lignée INRA95 répond parfaitement à la demande actuelle. Des progrès sont encore attendus sur la productivité du troupeau souche (Maurel *et al* 1994, Méniissier *et al* 1995), l'optimisation de sa sélection et l'actualisation de son objectif. Prévoir une plus large diffusion et exploitation de ce patrimoine génétique reste une de nos préoccupations d'intérêt général. De plus, nous possédons là un matériel génétique original pour étudier l'hypertrophie musculaire (Charlier *et al* 1995b) dans ses mécanismes biologiques et sa gestion avec les nouveaux outils de génétique moléculaire.

Souche ovine INRA401

Motivations et étapes préliminaires

Dans les années 60, lorsqu'on a pris conscience de la nécessité d'augmenter la prolificité des ovins, on manquait de bases sérieuses sur la génétique de la reproduction dans cette espèce. Les Néo-Zélandais, en 1948, et les Australiens, en 1954, avaient bien démarré séparément une expérimentation de sélection divergente sur la prolificité en troupeau fermé, mais on ne disposait que de résultats préliminaires. Ce n'est que 25 ans plus tard que les Australiens découvrirent un gène majeur sur la taille de portée, le gène Booroola, qui a fait l'objet de pro-

grammes INRA d'introgession par croisement d'absorption, à titre expérimental dans les races Mérinos d'Arles et Romanov (Elsen et Thimonier 1987). Par ailleurs, dans les années 1960, les possibilités de sélection en race pure étaient limitées, la lutte contrôlée étant rarement pratiquée dans les grands troupeaux, de même que l'insémination artificielle. Le niveau de prolificité des races françaises étant assez faible à cette époque, il est apparu nécessaire de faire appel au croisement avec des races très prolifiques (races françaises, britanniques et russes). D'où l'expérimentation au domaine INRA de La Sapiinière, près de Bourges, conçue et mise en route par J. Poly, qui a démarré en 1963. La première étape (1963 à 1969), animée par A. Desvignes et mise en œuvre par C. Lefevre, consistait à croiser des brebis Berrichonnes du Cher (BC) avec des béliers Cotentin, Border Leicester et Romanov (RO), puis à accoupler les brebis F1 obtenues avec les deux autres types de béliers F1 pour produire des croisements à trois races. Cette étape préliminaire a clairement démontré la supériorité des croisées Romanov en taille de portée, mais aussi en viabilité des agneaux, ce qui a été déterminant pour la suite.

Création de la souche INRA401 au domaine INRA de la Sapiinière

Compte tenu de ces résultats, l'INRA recommande, en 1968, l'utilisation de béliers Romanov pour produire des brebis F1 (RO x race locale) dans un schéma de croisement à double étage. Cette solution n'est pas optimale, car elle oblige à renouveler le troupeau à partir des brebis locales les moins prolifiques et entraîne la production de 3 types génétiques d'agneaux. En revanche, la création d'une souche synthétique permet d'optimiser la productivité du troupeau, tout en

répondant aux préoccupations des éleveurs qui souhaitent une conduite simplifiée (comme en race pure), notamment grâce à l'autorenouvellement, et un niveau général de prolificité voisin de 2, pas trop exigeant en main-d'œuvre. Ce sont ces éléments qui nous ont conduits à proposer, dès 1970, la création d'une lignée synthétique à partir des 2 races parentales Romanov et Berrichon du Cher, races à aptitudes complémentaires (prolificité et aptitudes maternelles pour l'une, valeur bouchère et toison blanche pour l'autre). L'objectif fixé était de produire des brebis prolifiques, bonnes laitières et aptes au désaisonnement. Le programme prévoyait la production des 2 F1 réciproques, puis des générations F2 à F4, avec utilisation de toutes les familles parentales, sans sélection notamment sur la coloration, afin de favoriser le maximum de recombinaisons génétiques. A partir de 1973, un rythme de reproduction original a été adopté, avec une 1^{re} lutte en mars-avril (fin de 1^{re} saison sexuelle), une 2^e lutte *post-partum* en septembre-octobre (saison), la 3^e lutte et les suivantes ayant lieu en juin-juillet (début de saison).

Contrairement aux résultats connus jusqu'à cette époque, nous n'avons observé aucun effet d'hétérosis, ni aucune diminution de la taille de portée de la F1 à la F4, l'héritabilité de ce caractère chez les croisées étant comparable à celle obtenue en race pure (Ricordeau *et al* 1982). Par ailleurs, nous avons constaté que la taille de portée (2 agneaux nés en moyenne) était peu variable (69 % de doubles, 16 et 15 % de simples et de triples) et que l'effet direct de la race Romanov était nettement favorable à la viabilité des agneaux à la naissance ou à 90 jours.

Le troupeau INRA401, créé à partir des brebis de 4^e génération, s'est donc constitué peu à peu et a été fermé en 1989. Depuis, il est sélectionné sans distinction de génération. Les mères sont indexées sur la taille de portée et la valeur laitière, et les jeunes mâles issus des meilleures mères sont mis en station de contrôle individuel de 110 à 180 j, pour être indexés sur les aptitudes viande, les meilleurs étant réservés aux saillies de renouvellement, ainsi qu'aux sélectionneurs associés (Ricordeau *et al* 1992). Les résultats obtenus en 1995 sont conformes aux objectifs visés en 1970 : fertilité supérieure à 90 % à la première lutte de contre-saison, taille de portée de 2,2 en adulte, taux d'ovulation peu variable (2 à 4), d'où une mortalité embryonnaire réduite, une production de lait pendant le premier mois de 2,5 kg/j pour les brebis allaitant 2 agneaux (D. François et J.C. Brunel 1995, non publié).

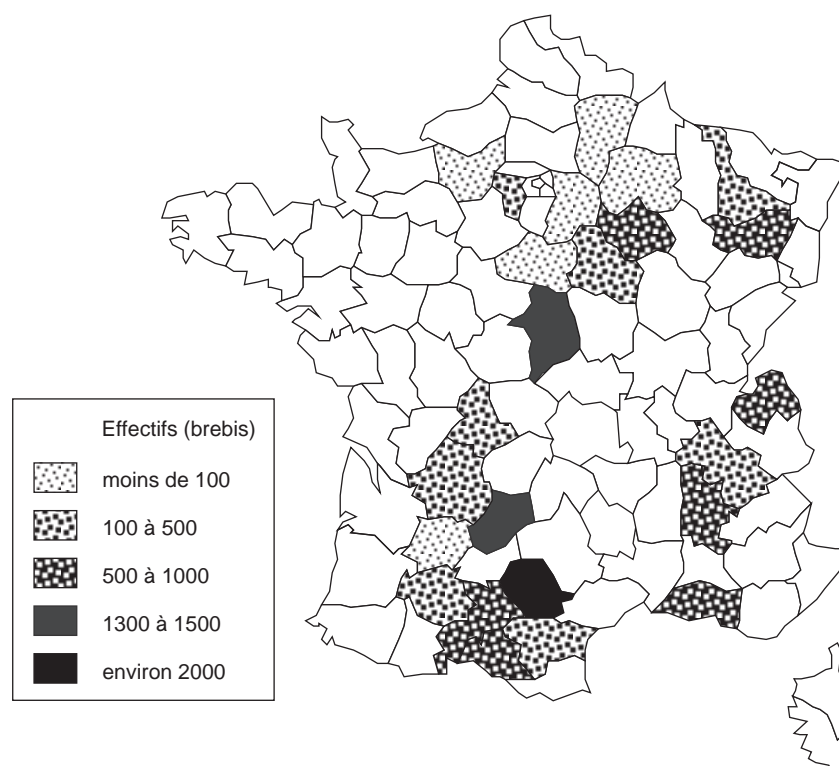
De la souche à la race INRA401

En 1979, les éleveurs sollicitent l'INRA et le ministère de l'Agriculture pour mettre à l'épreuve des béliers INRA401 en fermes, en majorité sur des brebis F1 (Romanov × race locale). Les premiers béliers sont distribués

dès 1980. Les filles G1 ainsi obtenues manifestent les performances attendues, quel que soit le rythme de reproduction (1 agnelage/an ou 3 agnelages/2 ans) et la période de lutte (Tchamitchian 1987), de sorte qu'un programme d'absorption est mis en place afin de produire les brebis G1 à G4, ces dernières étant considérées comme le point de départ de la nouvelle race. En 1987, ce programme concernait 143 élevages, soit 21 000 brebis nées de 450 béliers INRA401. Il a pu être réalisé grâce à la création d'une Association des éleveurs utilisateurs de béliers INRA401 (AUSI 401) dotée d'un centre d'élevage (Soual, Tarn), la semence des béliers étant également diffusée à partir du Centre Régional d'Insémination Artificielle (Pompertuzat, Haute-Garonne). En 1994, ce programme concernait 30 000 brebis dans 160 élevages, dont 12 200 brebis en contrôle de performances dans 81 élevages répartis dans 24 départements (figure 4). La taille de portée était de 1,72 pour les agnelles et de 1,98 pour les adultes, ce qui situe la population INRA401 (G1 à G4 et plus) au premier rang des races contrôlées en France pour le critère prolificité (à l'exception des Romanov et Finnoise), et au même niveau que l'Ile-de-France en ce qui concerne le gain de poids 30-70 j des agneaux (ALGO-INRA 1995).

Actuellement, les sélectionneurs font encore appel aux béliers provenant du noyau de sélection fermé du domaine de la Sapinière, mais ils en utiliseront de moins en moins puisqu'ils produisent eux-mêmes de plus en plus de mâles sélectionnés. D'ici quelques années, le schéma de sélection

Figure 4. Répartition des brebis contrôlées du programme 401 (campagne 1993-94, d'après ALGO-INRA 1995).



AUSI 401 pourra ainsi couper son cordon ombilical et évoluer comme un schéma traditionnel en fermes.

Une évolution réussie

Le transfert de cette souche expérimentale aux élevages privés s'est fait à la demande des éleveurs et selon un programme rigoureux pour obtenir des brebis ayant au moins 15/16^e de sang INRA 401. Cette population a réussi à s'implanter dans de nombreuses régions ce qui traduit sa capacité d'adaptation. Sa valeur bouchère, qui a fait l'objet d'un programme spécifique (Bouix *et al* 1992, cité par Ricordeau *et al* 1992) ne cesse de s'améliorer. Ses qualités maternelles sont reconnues. Cette nouvelle souche, productive et économique, répond bien aux préoccupations des éleveurs face aux difficultés actuelles de l'élevage ovin.

La lignée « LW-INRA hyperprolifique »

Parmi les nombreuses composantes de la productivité numérique (nombre de porcelets sevrés/truie/an), la prolificité ou taille de la portée à la naissance est actuellement le critère prioritaire dont l'importance économique relative est proche de 35 % dans l'objectif global de la sélection. Il en était tout autrement il y a 25 ans, quand les sélectionneurs étaient surtout préoccupés par l'amélioration génétique des performances de production, croissance, efficacité alimentaire et composition corporelle, critères qui ont le double avantage d'être héréditaires et d'être mesurables sur les candidats des deux sexes. Côté reproduction, la seule issue alors acceptée était le recours au croisement entre les races Large White et Landrace pour produire les truies parentales F1 bénéficiant d'un effet d'hétérosis maternel de 6 à 8 %. Il faut considérer en effet que, pour un caractère peu héréditaire et peu répétable comme la taille de la portée et en l'absence d'insémination artificielle (moins de 3 % avant 1985), la sélection intra troupeau était peu efficace. De plus, toute sélection en faveur de la prolificité, du fait qu'elle était généralement appliquée dès le sevrage, entrait en conflit avec le contrôle individuel à la ferme sur les critères de production, la priorité chez les opérateurs étant alors de disposer de bandes de contrôle aussi fournies que possible pour justifier le déplacement des techniciens dans les élevages.

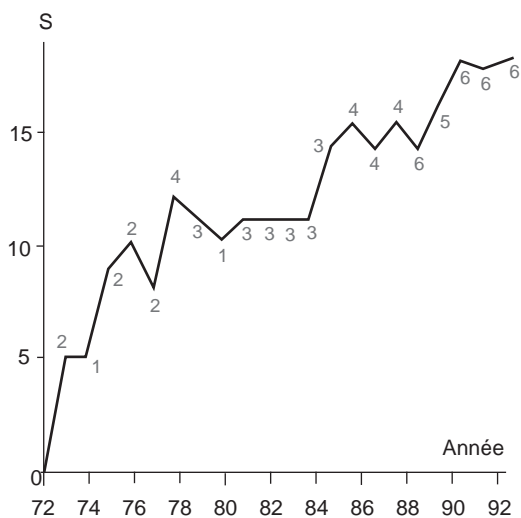
Dans ce contexte pour le moins incertain, la mission de l'INRA était de s'interroger sur des solutions alternatives, même si elles allaient à contre-courant de la mode des années 70. Soumettre à l'épreuve de l'expérimentation ces solutions nouvelles et originales, éventuellement applicables 10 ou 20 ans plus tard compte tenu de l'évolution prévisible de nos connaissances, du contexte économique, des techniques et des structures d'élevage et des méthodes de reproduction, restait cependant une nécessité. La « voie chinoise » évoquée précédemment et la « voie

hyperprolifique » dont il sera question dans les lignes suivantes en sont deux illustrations.

L'échec relatif des tentatives d'amélioration génétique de la taille de la portée par une sélection exercée dans un troupeau fermé et de taille limitée s'explique surtout par la difficulté pratique d'y appliquer une intensité de sélection élevée. 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 mis en service dès 1970 (Legault *et al* 1971) : leur supériorité génétique sur la moyenne de la population étant comprise entre 1,2 et 2,2 porcelets/portée (soit de l'ordre de 2 écarts-types au-dessus de la moyenne des contemporaines). 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 des 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 de l'ordre de 0,6 à 1,1 porcelet par portée, ce qui correspond à une productivité numérique augmentée de 1,4 à 2,6 porcelets par an. Si deux lignées étaient développées dans deux races différentes (Large White et Landrace par exemple) les femelles F1 bénéficieraient également de l'effet d'hétérosis et leur supériorité attendue théoriquement par rapport aux populations parentales initiales serait de l'ordre de 1,8 à 2,8 porcelets par portée.

Sur la base de ces spéculations théoriques, c'est en 1973 que l'INRA a entrepris la création d'une lignée de verrats de race Large White dits hyperprolifiques à la Station expérimentale de sélection porcine de Rouillé (SESP) sous la responsabilité technique de J. Gruand. Au terme d'un contrôle individuel portant sur la vitesse de croissance et l'épaisseur du lard dorsal pratiqué à la SESP (et particulièrement dans les stations publiques depuis 1994), ces verrats, dont l'effectif instantané était initialement compris entre 2 et 5, étaient mis en service à la station expérimentale d'insémination artificielle INRA de Rouillé (SEIA) et se trouvaient par conséquent à la disposition de l'ensemble des éleveurs français. Quant aux truies H, elles sont

Figure 5. Moyenne des différentielles de sélection cumulées (S) des verrats de la lignée hyperprolifique selon l'année (en gris : nombre de verrats).



rassemblées depuis 1984 à la SESP où l'on dispose d'un troupeau souche de 30 à 35 « mères à verrats » de prolificité exceptionnelle. La figure 5 illustre l'évolution de la supériorité génétique des verrats de la lignée H au cours des 21 premiers cycles de sélection (soit 21 générations père-fils). Ces valeurs sont actuellement de l'ordre de 1,7 porcelet / portée et ont dépassé assez sensiblement l'objectif de 1973 qui était de 1,2 porcelet / portée.

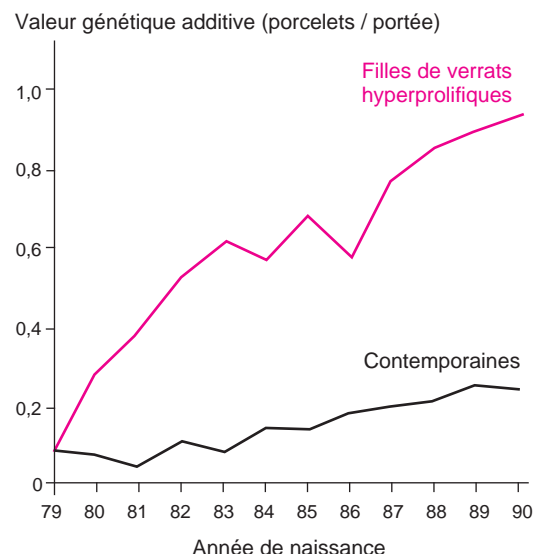
Plusieurs vérifications expérimentales (Legault et Gruand 1976, Legault *et al* 1981) suivies de 3 évaluations à grande échelle chez les éleveurs (synthèse de Bidanel *et al* 1994), ont confirmé les prévisions théoriques et établi la supériorité des filles des verrats H sur celles de leurs contemporaines à une valeur comprise entre 0,7 et 1,3 porcelet né/portée et entre 0,5 et 0,9 porcelet sevré/portée. La meilleure illustration de ces résultats est fournie par l'étude de Bidanel et Ducos (1994) qui ont retracé l'évolution génétique de la taille de la portée au cours des 12 dernières années chez les filles des verrats « Large White hyperprolifiques » en comparaison aux truies contemporaines (figure 6) : on notera un gain génétique de 0,9 en lignée H contre 0,2 chez les témoins, la différence de 0,7 porcelet/portée correspondant à la moitié de la supériorité génétique des pères de la figure 5. 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 (Mandonnet 1991) montrant que l'avantage de la lignée LW-INRA hyperprolifique s'ajoute à l'effet d'hétérosis en dépit de la très haute prolificité des truies F1 Meishan x Large White.

A de rares exceptions près, les professionnels français ont d'abord observé pendant une douzaine d'années une extrême prudence

proche du scepticisme vis-à-vis de cette voie nouvelle avant de l'adopter avec une conviction qui a dépassé les prévisions les plus optimistes. Plusieurs éléments ont favorisé la prise de conscience par les professionnels de l'enjeu économique représenté par la productivité numérique des truies. Citons en premier lieu la généralisation du recours à des truies parentales Large White x Landrace : près de 92 % en 1993 contre à peine 20 % en 1970. Notre troupeau national ayant « fait le plein » en truies croisées, il n'y a plus de progrès à espérer 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'augmenter l'importance économique relative des autres objectifs de la sélection au premier rang desquels se trouve la prolificité. C'est avant tout sa simplicité d'application et les bons résultats enregistrés sur le terrain qui expliquent l'engouement actuel des professionnels pour cette technique dont l'efficacité repose, en fait, sur l'extrême sévérité du taux de sélection et sur le pouvoir de diffusion génétique de l'insémination artificielle. La lignée INRA a servi d'appui pour être généralisée en race Large White et de modèle pour sa transposition au Landrace.

D'ores et déjà en France, 70 % 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 le remplacement récent de l'ancien indice de sélection intra troupeau par un

Figure 6. Estimation de la taille de la portée à la naissance des filles des verrats de la lignée INRA Large White hyperprolifique comparée à la population Large White contemporaine (Bidanel et Ducos 1994).



indice « BLUP - modèle animal » qui accroît la précision de la détection des truies hyperprolifériques et par la poursuite de l'extension de l'IA en France (50 % fin 1995).

Les souches maternelles de lapins A2066 et A1077

C'est en 1961, à l'initiative de J. Poly, que les recherches de génétique et sélection du lapin, considéré à l'origine comme animal expérimental en génétique, ont été engagées puis développées par l'INRA. L'élevage commençait à évoluer vers une rationalisation, notamment par l'introduction de races sélectionnées aux États-Unis et en Angleterre. A la suite des premiers travaux (1961-1969), il est donc apparu comme nécessaire à tous les partenaires concernés de définir un schéma d'amélioration génétique du lapin à l'échelon national. L'INRA a alors reçu la mission confiée par le ministère de l'Agriculture sur la demande des organisations professionnelles regroupées, de sélectionner deux souches de lapins femelles pour l'obtention par leur croisement d'une lapine métisse à haute productivité numérique.

1961-1969 : choix des races et souches d'origine

L'objectif de l'élevage expérimental de lapins de la Station de Génétique Quantitative et Appliquée de Jouy-en-Josas a été de constituer 6 souches à partir d'animaux des races les plus utilisées et prometteuses en vue de comparer leurs performances zootechniques en pur et en croisement, tout en cherchant à mettre au point des techniques de reproduction et d'élevage plus rationnelles. Des collaborations ont été établies par les généticiens : avec le Laboratoire de Physiologie de la Croissance (chaire de Zootechnie de l'ENSAM, Dautier, Prud'hon, Cantier *et al*) qui orientait ses études vers la description quantitative de la croissance dans une souche de lapins communs et l'accélération du rythme de reproduction de la lapine ; avec F. Lebas, recruté en 1964 dans l'équipe de A. Rérat, pour permettre une rationalisation de l'élevage en plus grandes unités. Il a fourni par la suite, avec l'appui de la Station de Pathologie Aviaire (J. Aycardi et P. Schellenberg), un cadre plus large aux recherches de sélection.

Dans l'élevage traditionnel en France, le rythme de reproduction était extensif (présentation de la lapine au mâle après un sevrage, en général tardif, à l'âge de 56 j des lapereaux) ce qui conduisait à seulement 3-4 portées par lapine et par an. Le rythme de reproduction (Prud'hon *et al* 1969) que nous avons défini consistait à présenter la lapine au mâle 10 jours après sa mise bas, en sevrant ses lapereaux à l'âge de 30 j, dans le but d'atteindre ainsi 7-8 portées par lapine et par an, sans diminuer les effectifs de lapereaux nés vivants et sevrés par portée.

1970-1975 : définition du schéma de sélection

L'analyse des données du contrôle de performances en ferme du SNEALC (Rouvier *et al* 1973) avait montré notamment la faible efficacité prévisible d'une sélection en ferme, dans les structures de l'époque, sur des caractères de faible héritabilité. Les objectifs professionnels concernaient les améliorations à la fois des qualités des carcasses produites et de la productivité numérique des mères. En 1968-69, de façon concertée avec les diverses disciplines et avec la profession, un programme d'étude d'un schéma d'amélioration génétique du lapin, basé sur la sélection et les croisements, a donc été défini. Les recherches ont visé à la création de souches de mâles de croisement terminal et d'une lapine croisée à forte productivité numérique, issue de la sélection de deux souches femelles (Rouvier 1981). D'où la proposition d'un programme expérimental comprenant un testage en station sur les qualités de carcasse et de la viande de 6 souches mâles sélectionnées par les organismes professionnels regroupés dans la SOLAM, et une sélection de deux souches de lapins femelles à partir desquelles les organismes professionnels regroupés dans la SOLAF produiraient et diffuseraient les lapines métisses de haute productivité numérique.

Au Laboratoire de Méthodologie Génétique du Centre INRA de Toulouse Auzeville, à partir de notre matériel génétique disponible et connu, une expérimentation en croisement a été conduite, de 1970 à 1972, sur deux générations successives, avec pour objectif le choix des deux souches de lapins femelles à sélectionner ainsi que du sens de leur croisement. Dans une première génération, des mâles des 6 souches (Fauve de Bourgogne, Argenté de Champagne, Géante Blanche du Bouscat, Californienne, Néo-Zélandaise Blanche, Petite Russe), ont donné une descendance avec des lapines des trois souches Californienne, Néo-Zélandaise Blanche, Petite Russe. Dans une deuxième génération, les lapines des 9 types génétiques issus des accouplements suivant un plan factoriel entre les 3 souches Californienne, Néo-Zélandaise Blanche et Petite Russe, ont été accouplées avec des mâles Fauve de Bourgogne, souche mâle qui avait donné les meilleurs résultats. Cette expérimentation devait servir aussi, pour un premier test de souches potentielles de mâles (races de formats adultes lourds, moyens, légers) et pour le démarrage d'une recherche sur la croissance musculaire et les critères de qualité des carcasses et de la viande (J. Ouhayoun). L'opposition intra souche entre effets maternels favorables (ovulation avec + 2 ovules pondus, viabilité naissance-sevrage) et grand maternels défavorables (viabilité) de la Californienne en faisait une souche paternelle de la lapine métisse. La Néo-Zélandaise Blanche complétait la Californienne par son effet grand-maternel favorable (lié à son aptitude laitière) sur la taille et le poids de portée au

sevrage et conférait à la femelle (mâle Californie x femelle Néo-Zélandaise) une supériorité de 18 % par rapport à la moyenne (Brun et Rouvier 1984).

Une méthode de sélection, inspirée de la sélection avicole (L.P. Cochez et F.H. Ricard) mais originale pour le lapin, a du être optimisée, s'agissant d'une sélection en noyau d'effectif très limité et prévue pour le long terme (Matheron et Rouvier 1977). Le protocole de sélection est appliqué dans le centre de sélection des souches de lapins femelles (F. Tudela) depuis le début. Il en est aujourd'hui à la 23^e génération de sélection.

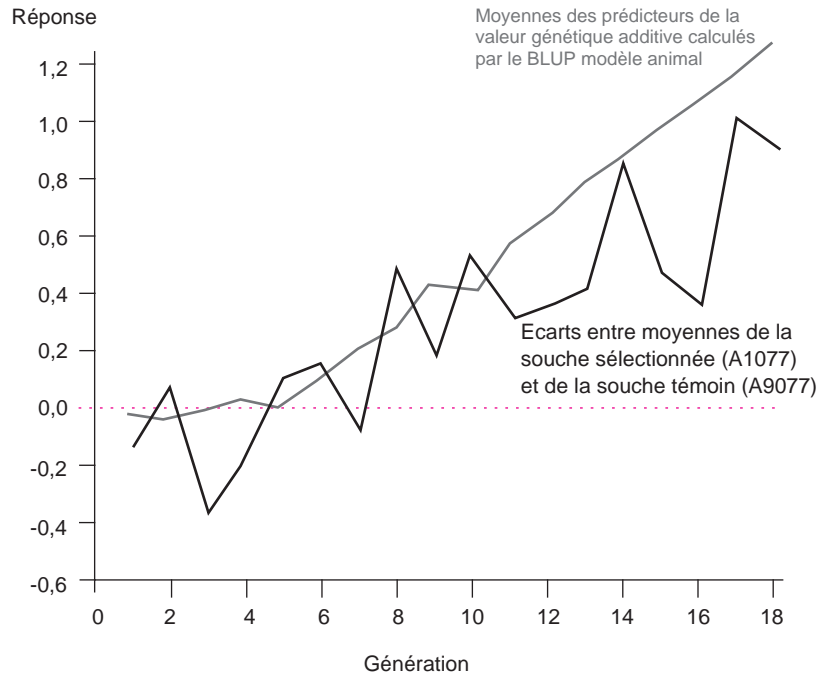
Les développements depuis 1976

La sélection des deux souches A2066 et A1077 a débuté en 1975, une souche témoin non sélectionnée (A9077), de même pool génétique que la A1077, a été constituée (Matheron et Chevalet 1977). La souche A2066 est sélectionnée pour augmenter le nombre de lapereaux nés vivants par portée ; la souche A1077 est sélectionnée pour augmenter le nombre de lapereaux sevrés par portée. La souche A9077 diffère dans la conduite de la souche A1077 car les reproducteurs et les accouplements y sont choisis au hasard. Le mode de conduite zootechnique est décrit par Pujardieu et Théau-Clément (1995).

Pour la souche A1077, la figure 7 illustre l'évolution des valeurs génétiques estimées en fonction des générations. Dans les deux souches, les tailles de portée à la naissance et au sevrage s'accroissent et les résultats sont semblables. Le poids total de portée au sevrage s'accroît mais le poids moyen des lapereaux au sevrage diminue. Les analyses récentes permettent d'estimer à la 20^e génération de sélection un progrès génétique de + 0,08 lapereau sevré/génération de sélection en moyenne dans les souches de base, la réponse à la sélection semblant s'être installée à partir de la 6^e génération. Par ailleurs, un fait remarquable est l'apparition d'un hétérosis maternel très important de 15 à 20 % (Brun et Rouvier 1984 et 1988, Brun 1993).

On estime aujourd'hui que plus de 50 % de la production rationnelle de viande de lapin (140 000 tonnes de carcasses / an) proviennent des lapines métisses issues des noyaux de sélection des souches A2066 et A1077. Rappelons que l'INRA a commencé la diffusion des reproducteurs en 1975, après une phase d'essais dans des élevages de production et des lycées agricoles, par une diffusion de grand-parentales A1077 et des mâles grand-parentaux A2066 aux multiplicateurs de la SOLAF qui produisaient les parentales, en devant limiter le nombre de grand-parentales A1077 à 2 500 maximum par an, l'ITAVI étant chargé de répartir ces animaux entre les partenaires professionnels. En 1984, ce quota n'étant plus suffisant, l'INRA a proposé à ses partenaires, regroupés dans le SYSELAF (Syndicat des Sélectionneurs de Lapins de Chair Français), d'ajouter un étage au schéma de diffusion en créant, chez six sélec-

Figure 7. Evolution du gain génétique cumulé (réponse à la sélection) sur le nombre de lapereaux sevrés par portée en fonction du numéro de générations, de la 1^{re} à la 18^e.



tionneurs associés, des souches homologues des souches A2066 et A1077. La diffusion potentielle des souches expérimentales de l'INRA est alors passée de 37 500 femelles parentales à 562 500 par an. Au début des années 90, le quota de 2 500 femelles A1077 arrière-grand-parentales étant à nouveau atteint, l'INRA a suggéré à ses partenaires de diffuser la souche A1077 par la voie mâle. Ce changement a multiplié par six la diffusion potentielle.

La mise en œuvre du schéma de sélection a contribué à une organisation de la production et de la diffusion des reproducteurs (Rochambeau 1994). Le développement des systèmes de contrôles de performances en fermes a permis de suivre l'évolution sur le terrain.

Conclusion

Le cheminement des lignées originales de l'INRA dont nous venons de faire un examen rapide et non exhaustif attire l'attention sur la grande diversité qui se manifeste depuis leur origine et leur conception jusqu'aux modalités de valorisation par les éleveurs. En fait, l'INRA a été conduit à occuper une position essentielle, parfois stratégique, dans des schémas de production faisant généralement appel aux croisements, dans la mesure où il y avait des besoins non satisfaits, pas nécessairement exprimés et dans l'attente d'un relais pris par la profession ou d'autres opérateurs. Les décisions n'ont jamais été le fait du hasard, mais plutôt le fait d'une profonde réflexion nourrie par les connaissances de l'époque, suivie d'un travail d'études, de vérification et de validation qui n'a pu se faire que dans des troupeaux expérimentaux spé-

cialement dédiés à ces créations. Cela explique à la fois une fréquence d'échecs relativement faible et le fait que l'INRA ait eu à assurer la fonction de sélectionneur ou d'obtenteur. Ce rôle s'intègre sans ambiguïté dans la mission de l'INRA dans la mesure où il n'y a pas de concurrence avec nos partenaires professionnels, notamment au plan commercial. Le passage de la Vedette-INRA à la Vedette-ISA est une première illustration de cette situation. C'est dans le cadre d'accords entre partenaires que l'INRA a en charge la sélection de la souche INRA95 de croisement terminal et des lignées femelles arrière-grand-parentales chez le lapin. Pour les ovins INRA401, nous avons observé un passage progressif chez les professionnels, alors que pour la lignée porcine LW-INRA hyperprolifique, ce sont à la fois les « gènes » et la méthodologie qui ont été transférés à l'échelle nationale. A l'extrême, ce peut être uniquement une méthodologie mise au point à l'INRA qui a été transférée à la profession (exemple des lignées porcines sino-européennes).

Par leur nature inédite et évolutive, les lignées de l'INRA représentent un matériel expérimental très précieux pour la plupart de nos travaux de recherche. Cet aspect est particulièrement important pour la Vedette-INRA (polymorphisme du gène *dw*) et INRA95 (mécanismes de croissance musculaire fœtale, etc). Signalons aussi, à titre d'exemple, que les lignées composites se prêtent bien aux recherches sur la résistance aux maladies (INRA401 pour l'étude de la

résistance à la salmonellose ovine) ; la lignée LW-INRA hyperprolifique chez le porc comme la lignée bovine HPG sont particulièrement bien adaptées à l'analyse des mécanismes de la superovulation naturelle ; enfin, les lignées grand-parentales chez le lapin se prêtent remarquablement aux avancées méthodologiques en matière de gestion des petites populations.

A l'approche des années 2000, il paraît évident que la conception et la construction de tout matériel génétique original intégreront de plus en plus les avancées de la génétique moléculaire et par conséquent la meilleure connaissance du génome : cartes géniques, marquage et identification de gènes majeurs ou de gènes à effets particuliers. C'est ainsi que l'amélioration génétique des populations animales impliquera une phase d'introduction (dire « introgression » pour paraître plus savant) voire de fixation des allèles favorables à tout critère zootechnique intéressant (ou d'élimination s'ils sont défavorables). Toutefois, avant de livrer aux utilisateurs un « allèle présumé favorable », il est toujours recommandé de procéder à l'analyse approfondie de l'effet de ce gène sans oublier celle des effets secondaires sur les autres caractères. Là encore, les élevages expérimentaux du département de génétique animale sont appelés à jouer un rôle déterminant. Cela suggère qu'à l'avenir, dans le domaine des productions animales, le rôle de l'INRA est encore loin de se limiter à un simple transfert de technologie.

Références bibliographiques

ALGO-INRA, 1995. Bilan du contrôle de performances des ovins allaitants : campagne 1993-94. Institut de l'Élevage, C.R. n° 2318, juin 1995.

Anonyme, 1968. La découverte d'une combinaison génétique par les chercheurs de l'INRA ouvre une voie nouvelle à l'aviculture mondiale. *Le Courrier Avicole*, 24^e année, n° 307 (mai 1968), 1-2.

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 Rech. Porcine en France*, 26, 321-326.

Bidanel J.P., Caritez J.C., Legault C., 1990. Paramètres du croisement entre les races porcines Large White et Meishan. Perspectives de valorisation de la race Meishan en élevage intensif. In : M. Molénat et C. Legault (eds), *Symposium sur le porc chinois*, 67-82. Toulouse, 5-6 juillet 1990.

Bidanel J.P., Gruand J., Legault C., 1994. An overview of 20 years of selection for litter size in pigs using « hyperprolific » schemes. 5th World Cong. on Genet. Applied to Livest. Prod., Guelph, Canada. Vol. 17, 512-519.

Bodo I., Balika S., Méniissier F., 1986. Incidence sur les performances des produits du croisement industriel avec des taureaux de races à viande françaises sur vaches Simmentales Hongroises. *Féd. Eur. Zootech.*, 1-4 septembre 1986, Budapest (Hongrie), 16 p.

Brun J.M., 1993. Paramètres du croisement entre trois souches de lapin et analyse de la réponse à une sélection sur une taille de portée : caractères des portées à la naissance et au sevrage. *Genet. Sel. Evol.*, 25, 459-474.

Brun J.M., Rouvier R., 1984. Effets génétiques sur les caractères des portées issues de trois souches de lapins utilisées en croisement. *Génét. Sél. Evol.*, 16, 367-384.

Brun J.M., Rouvier R., 1988. Paramètres génétiques des caractères de la portée et du poids de la mère dans le croisement de deux souches de lapins sélectionnées. *Génét. Sél. Evol.*, 20, 367-378.

Burnside J., Liou S.S., Cogburn L.A., 1991. Molecular cloning of the chicken growth hormone receptor complementary deoxyribonucleic acid : mutation of the gene in sex-linked dwarf chickens. *Endocrinology*, 128, 3183-3192.

- Charlier C., Copprietiers W., Farnir F., Grobet L., Leroy P., Michaux C., Mni M., Schwers A., Vanmanshoven P., Hanset R., Georges M., 1995a. The *mh* gene causing double-muscling in cattle maps to bovine chromosome 2. *Mammalian genome*, 6, 788-792.
- Charlier C., Georges M., Leroy P., Ménéssier F., Michaux C., 1995b. Hypertrophie musculaire bovine : cartographie du gène *mh* et perspectives pour améliorer la production de viande. *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 181-186.
- Dickerson G.E., 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim. Breed. Abstr.*, 37, 191-202.
- Elsen J.M., Thimonier J., 1987. A propos du gène Booroola : le point sur les expérimentations INRA. Perspectives d'utilisation. *B.T.I.A.*, 45, 17-24.
- Hutt F.B., 1959. Sex-linked dwarfism in the fowl. *J. Hered.*, 50, 209-221.
- INRA, 1966. Document de travail sur les recherches françaises concernant le caractère culard. *Féd. Eur. Zootech.*, 10 août 1966, Edimbourg (UK), 35 p.
- Lauvergne J.J., 1982. Genetica en poblaciones animales despues de la domesticacion : consecuencias para la conservacion de las razas. 2do Cong. Mund. Genet. Applic. Prod. Ganad., Madrid, 6, 77-87.
- Lauvergne J.J., Vissac B., Perramon A., 1963. Etude du caractère culard. I - Mise au point bibliographique. *Ann. Zootech.*, 12, 135-156.
- Lauvergne J.J., Boyazoglu I., Hubert D., 1968. Le phénomène culard chez les bovins : Bibliographie annotée. *Bull. tech. Dépt Génét. anim. (INRA)*, n° 2, 49 p.
- 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 Rech. Porcine en France*, 8, 201-206.
- Legault C., Molénat M., Steier G., Texier C., Zickler G., 1971. Principe et illustration d'un programme d'interprétation mécanographique des performances d'élevage des truies. *Journées Rech. Porcine en France*, 3, 11-17.
- Legault C., Gruand J., Bolet G., 1981. Résultats de l'utilisation en race pure et en croisement de la lignée dite « hyperprolifique ». *Journées Rech. Porcine en France*, 13, 255-260.
- Legault C., Sellier P., Caritez J.C., Dando P., Gruand J., 1985. L'expérimentation sur le porc chinois en France : II - Performances de production en croisement avec les races européennes. *Génét. Sél. Evol.*, 17, 113-152.
- Mandonnet N., 1991. Recherche d'un gène à effet majeur sur la prolificité des truies dans une expérience de croisement entre races chinoise et européenne. *Mémoire de DEA, Université de Paris VI, VII et XI*, 37 p.
- Matheron G., Chevalet C., 1977. Conduite d'une population témoin de lapins. Evolution à court terme du coefficient de consanguinité selon le schéma d'accouplement. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 9, 3-15.
- Matheron G., Rouvier R., 1977. Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le lapin. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 9, 393-405.
- Maurel M.C., Thiéry P., Ménéssier F., Astruc S., Bouguennec B., Saumande J., 1994. Détection du pic de LH pour juger l'efficacité des traitements de contrôle de l'ovulation : application à l'analyse de la subfertilité des vaches culardes. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 217-220.
- Ménéssier F., 1974. Hypertrophie musculaire d'origine génétique chez les bovins : description, transmission, emploi pour la production de viande. *Proc. 1st Word Congr. Genet. Applied to Livest. Prod.*, 7-11 oct. 1974, Madrid (SP), vol. I, 85-107.
- Ménéssier F., 1982. Rappel sur l'incidence du caractère culard sur les performances zootechniques des bovins. - Etat des connaissances sur le déterminisme génétique de l'hypertrophie musculaire chez les bovins. - Intérêt des taureaux culards pour le croisement terminal et sélection d'une lignée mâle spécialisée en France. *Bull. tech. Dépt Génét. anim. (INRA)*, n° 36, 7-33, 35-69, 71-114. (textes originaux en anglais in : J.W.B. King & F. Ménéssier (eds), *Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production (série Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science, vol.16, 658 p)*. M. Nijhoff publishers.
- Ménéssier F., Frebling J., 1974. Aptitude à la gémellité des races à viande françaises : observations en élevage et constitution d'un troupeau de sélection. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 1975, 7, 237 (abstr.).
- Ménéssier F., Sapa J., Foulley J.L., Frebling J., Bonaiti B., 1982. Comparison of different sire breeds crossed with Friesian cows : preliminary results. In : More and O'Ferral (eds), *Beef production from different dairy breeds and dairy beef crosses*, 94-136 (série *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science, vol.16*). M. Nijhoff publishers.
- Ménéssier F., Astruc S., Coupet H., Bouguennec B., Procureur R., Caste G., Saumande J., 1995. Bilan de la production d'embryons de génisses INRA95 utilisée comme test de leur capacité à se reproduire. *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 409-412.
- Mérat P., 1984. The sex-linked dwarf gene in the broiler chicken industry. *World's Poult. Sci.*, 540, 10-18.
- Morris C.A., Foulley J.L., 1991. A comparison of genetic data from New Zealand and France on twin calving in cattle. *Genet. Sél. Evol.*, 23, 345-350.
- 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 Tia Meslan. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 65-68.
- Neuvy A., Vissac B., 1962. Contribution à l'étude du phénomène culard. *Union Nationale des Livres Généalogiques*, Paris, 52 p.
- Poujardieu B., Théau-Clément M., 1995. Productivité de la lapine et état physiologique. *Ann. Zootech.*, 44, 29-39.
- Prud'hon M., Rouvier R., Cael J., Bel L., 1969. Influence de l'intervalle entre la parturition et la saillie sur la fertilité et la prolificité des lapins. *Ann. Zootech.*, 18, 317-329.

Ricordeau G., Razungles J., Tchamitchian L., Lefèvre C., Brunel J.C., 1982. Paramètres phénotypiques et génétiques des caractères de croissance et de reproduction des brebis croisées Berrichon du Cher x Romanov F1 à F4. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 14, 327-352.

Ricordeau G., Tchamitchian L., Brunel J.C., Nguyen T.C., François D., 1992. La race ovine INRA401 : un exemple de souche synthétique. *INRA Prod. Anim.*, hors série « Eléments de génétique quantitative et application aux populations animales », 255-262.

Rochambeau (de) H., 1994. L'amélioration génétique du lapin en France. Description et bilan. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 1994, 80, n° 4, 13-22, séance du 27 avril 1994.

Rouvier R., 1981. Travaux de recherche français sur la sélection du lapin en cours des dix dernières années (1970-1980). *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 509-524, séance du 25 mars 1981.

Rouvier R., Poujardieu B., Vrillon J.L., 1973. Analyse statistique des performances d'élevage des lapines. Facteurs du milieu, corrélations, répétabilité. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 5, 83-107.

Smith C., 1964. The use of specialised sire and dam lines in selection for meat production. *Anim. Prod.*, 6, 337-344.

Tchamitchian L., 1987. Mise à l'épreuve des béliers INRA401 en fermes : C.R. d'expérimentation. Rapport au Ministère de l'Agriculture.

Turgie J.P., Bougon M., Le Menec M., Drouin P., 1994. 27e épreuve pour producteurs de type chair (1993-1994). *Sciences Techniques avicoles*, 9 (oct. 94), 4-16.

Vissac B., 1967. Projets expérimentaux de la station de génétique animale dans le secteur des bovins à viande (groupe de génétique quantitative et appliquée). 29 p.