

Nominé pour le Prix CUNINOV 2000

La femelle parentale issue des souches expérimentales de l'INRA, évolutions génétiques et perspectives

Hubert de ROCHAMBEAU

INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Auzeville Cedex

Introduction

Les recherches sur la génétique et la sélection du lapin ont débuté à l'INRA en 1961 à l'initiative de J. Poly (Rouvier, 1981). Un premier contrôle de performances a été mis en place avec les éleveurs du Syndicat National d'Élevage et d'Amélioration du Lapin de Chair (SNEALC). Rouvier *et al.* (1973) ont analysé les caractères d'intérêt zootechnique dans plusieurs élevages. Des travaux ont aussi débuté sur l'alimentation, l'élevage et la pathologie. Une production rationnelle intensive s'est développée. En 1968-69, une vaste concertation entre les Professionnels, la Recherche et les Pouvoirs Publics a abouti à la définition d'un schéma national de sélection du lapin de chair. L'absence d'un matériel animal homogène, de bonne qualité zootechnique, sain, et en quantité suffisante, apparaissait alors comme l'un des facteurs limitant le développement de la production (Rouvier, 1972). Ce schéma national prévoyait la sélection de souches spécialisées mâles et femelles, puis leur utilisation en croisement. Il suivait en cela l'exemple du porc et des espèces avicoles. Il faisait l'hypothèse que la sélection intra souche serait efficace et que le croisement apporterait un gain supplémentaire. Depuis lors, le contexte a beaucoup évolué. Des firmes privées sélectionnent des souches et vendent des reproducteurs améliorés. La sélection des mâles de croisement terminal est l'oeuvre exclusive de ces firmes, même si certaines collaborent avec la Recherche Publique. Par ailleurs, l'INRA poursuit la mission qui lui a été confiée il y a une trentaine d'années en sélectionnant expérimentalement deux souches à forte fécondité dans le but de les croiser pour obtenir une femelle métisse, mère du lapereau de boucherie. Ces souches sont ensuite multipliées pour approvisionner les élevages de production. Certaines firmes privées sont associées à cette opération, d'autres sélectionnent leur propres populations.

Cet article présente une synthèse des expériences de sélection et de croisement réalisées sur ces souches. Il fait un bilan de la diffusion et évoque des perspectives en matière de sélection et de diffusion.

1. Les expériences de sélection et de croisement

Dans le courant des années 1960, l'INRA a constitué 6 souches à partir d'animaux de races pures provenant de France et des États Unis. Une expérience de croisement qui s'est déroulée entre 1970 et 1972 a abouti au choix de deux d'entre elles (Matheron et Rouvier, 1978; Vrillon *et al.*, 1979; Brun et Rouvier, 1984). Il s'agit de la souche A1077, d'origine néo-zélandaise blanche, et de la souche A2066, d'origine grand russe. Dans cette dernière, des animaux d'origine californienne ont ensuite été introduits et cette souche a souvent été désignée sous ce deuxième nom. Une souche témoin A9077 a été créée en 1976 à partir de la souche A1077.

1.1 La sélection des souches pour accroître la taille de la portée

Poujardieu *et al.* (1998) analysent d'une manière détaillée les 18 premières générations de sélection, nées entre 1976 et 1992. Après avoir exposé le protocole expérimental, nous présenterons les principaux résultats.

Les lapines sont élevées dans des conditions proches de celles d'un bon élevage rationnel intensif. Elles sont présentées au mâle dix jours après la mise bas. Les souches A1077 et A9077 sont divisées en 11 groupes de reproduction et la souche A2066 en 8 groupes. Chaque groupe se compose de 3 mâles et d'un nombre de femelles qui varie entre 5 et 11 en fonction de la souche et de la génération. L'objectif de sélection est la taille de la portée au sevrage pour la souche A1077 et la taille de la portée à la naissance pour la souche A2066. Pour choisir les lapines qui donneront les reproducteurs de la génération suivante, on utilise un index monocaractère. Il combine les performances de la candidate, celles de ses pleines soeurs et de ses demi-soeurs de père, et celles de sa mère. Les

performances des six premiers mois de la carrière sont prises en compte. Lors du choix des futurs reproducteurs, les lapines candidates, identifiées par leur groupe de reproduction, sont classées par valeur d'index décroissante. En descendant cette liste, des fils et des filles en bon état sanitaire sont retenus jusqu'à la reconstitution de chaque groupe de reproduction. Le plan d'accouplement prévoit de maintenir les mâles dans le groupe de leur père et de répartir les femelles dans l'ensemble des groupes. Les reproducteurs de la souche témoin sont pris au hasard dans la descendance des femelles vivantes au moment du choix en respectant le plan d'accouplement.

Tableau 1 : Résultats des expériences de sélection après 18 générations, pour la taille de la portée dans les souches A1077 et A2066. Les critères de sélection sont respectivement le nombre de lapereaux sevrés et le nombre de lapereaux vivants à la naissance. La souche A9077 est la souche témoin (Poujardieu et al., 1998).

Souche	A1077	A9077	A2066
Héritabilité :			
• Nombre de nés vivants	0,07		0,06
• Nombre de sevrés	0,03		0,04
• Poids total de la portée	0,07		0,08
• Poids individuel au sevrage	0,09		0,08
Intervalle entre générations en jours	305	463	308
Coefficient de consanguinité moyen	0,15	0,12	0,18
Intensité de sélection en unité phénotypique	0,143	0,001	0,210
Réponse par génération en écart au témoin	0,08		
Réponse par génération estimée avec un BLUP			
• Nombre de nés vivants	0,11		0,12
• Nombre de sevrés	0,07		0,07
• Poids total de la portée en gramme	47		34
• Poids individuel au sevrage en gramme	-3,4		-4,4

Les caractères analysés sont les nombres de lapereaux nés vivants et sevrés, le poids total de la portée et le poids moyen des lapereaux au sevrage. Les valeurs génétiques ont été obtenues par un BLUP modèle animal. Les valeurs d'héritabilité utilisées sont obtenues par un maximum de vraisemblance restreint appliqué à un modèle animal. Elles sont faibles (Tableau 1) et varient entre 0,03 et 0,09. Elles sont cohérentes avec les estimations de la bibliographie (Blasco, 1996). La méthode d'estimation utilisée offre la possibilité d'introduire dans le modèle d'analyse l'effet aléatoire du milieu commun aux performances d'une même femelle. Les estimations ainsi obtenues sont inférieures à celles fournies par les méthodes plus anciennes. L'intervalle entre générations est égal à 10 mois dans les souches sélectionnées (Tableau 1). Il atteint 15 mois dans la souche témoin de façon à réduire la dérive génétique. A la 18ème génération, le coefficient moyen de consanguinité varie entre 0,12 (souche A9077) et 0,18 (souche A2066); il est plus élevé dans les souches sélectionnées, mais l'augmentation par génération est inférieure ou égale à 1%. L'intensité de sélection est plus importante dans la souche A2066 que dans la souche A1077 (respectivement 0,210 et 0,143). Elle est proche de 0 pour la souche témoin comme attendu.

La réponse à la sélection, estimée par l'écart entre les souches sélectionnée et témoin, est égale à 0,08 lapereau sevré par portée et par génération pour la souche A1077 (Tableau 1). Estimée par la régression des valeurs génétiques additives moyennes sur le numéro de génération, elle est égale à 0,07 lapereau sevré par portée et par génération. Dans la souche A2066, la réponse par génération pour le nombre de lapereaux nés vivants est égale à 0,12. Le nombre de lapereaux nés vivants est plus variable que le nombre de lapereaux sevrés et cette différence explique les progrès génétiques observés. Les valeurs des réponses sont très proches si elles sont exprimées en unité d'écart type génétique (Figure 1). Le progrès sur le critère de sélection s'accompagne d'une réponse sur d'autres caractères. On observe une augmentation du poids de la portée au sevrage (+47g et +34 g par portée et par génération respectivement dans les souches A1077 et A2066). Dans le même temps, le poids individuel des lapereaux au sevrage diminue (-3,4g et -4,4g par génération respectivement). Après un plateau de 4 ou 5 générations, le progrès génétique évolue linéairement avec le numéro de la génération.

Figure 1 : Progrès génétique, exprimé en unité d'écart type génétique, dans la souche A1077 pour le nombre de lapins sevrés par portée (Nbsev) et pour d'autres caractères (Nbviv : Nombre de lapins vivants à la naissance, Pdtot : poids total de la portée, Pdmoy : poids individuel moyen au sevrage).

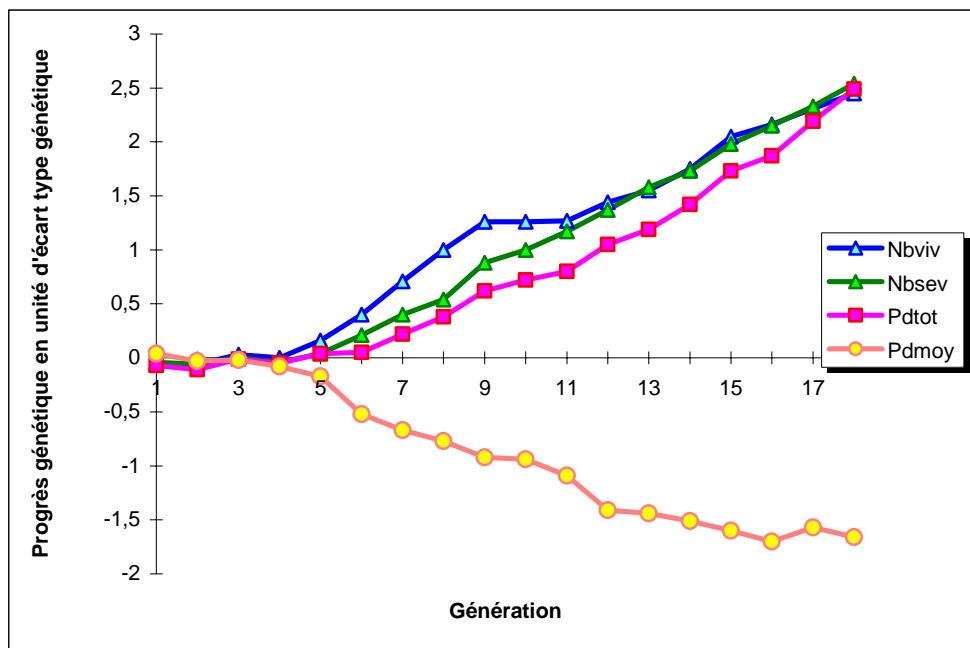


Tableau 2 : Effet de la sélection pour la taille de la portée dans la souche A1077 sur la croissance post sevrage et les caractères de la carcasse (La souche A9077 est la souche témoin, les poids sont exprimés en gramme, Brun et Ouhayoun, 1994).

Souche	A1077	A9077
Poids individuel à 30 jours	526	592
Poids individuel à 79 jours	2036	2262
Poids adulte	3860	4130
Vitesse de croissance post sevrage	30,8	31,4
Degré de Maturité à 79 jours	52,7 %	54,8 %
Poids ajusté du tissu adipeux	15,3	19,0
Poids ajusté de la cuisse	177,2	181,8

Ces souches expérimentales sont utilisées par toutes les équipes qui travaillent sur le lapin à l'INRA et de nombreux caractères ont été étudiés. Le progrès sur la taille de portée au sevrage dans la souche A1077 est la conséquence d'un accroissement du taux d'ovulation et d'une réduction des mortalités embryonnaire et foetale (Brun *et al.*, 1992). Ces mêmes auteurs montrent que le progrès sur la taille de portée à la naissance dans la souche A2066 s'explique par une réponse directe sur ce caractère car le taux d'ovulation n'est pas modifié.

Brun et Ouhayoun (1994) comparent la croissance post sevrage dans les souches A1077 et A9077 (Tableau 2). Les lapins de la souche sélectionnée sont plus légers au sevrage (526 contre 592 g), à 79 jours (2036 contre 2262 g) et à l'âge adulte (3860 contre 4130 g). Leur croissance pendant l'engraissement est moins rapide (30,8 contre 31,4 g). La souche A1077 ne présente pas un degré de maturité plus élevé à 79 jours, bien qu'elle soit la plus légère à l'âge adulte. Elle atteint seulement 52,7% de son poids adulte contre 54,8% pour la souche A9077. Cette plus faible maturité pondérale se traduit logiquement par un poids plus réduit du tissu adipeux (15,3 contre 19,0 g) et du membre postérieur (177,2 contre 181,8 g). La sélection pour la prolificité a donc réduit la vitesse de croissance et la précocité. Brun et Ouhayoun (1994) signalent cependant que ces caractères ont pu être sélectionnés involontairement dans la souche A9077. Par ailleurs, Blasco (1996) s'interroge sur les conséquences de cette sélection sur la longévité des femelles. Rinaldo et Bolet (1988) concluent qu'il n'y a pas d'effet défavorable. Leur étude porte sur des femelles sélectionnées et témoins de la 7ème génération. Il faudrait maintenant valider ce résultat sur des lapines des générations ultérieures.

1.2 Les performances en croisement des souches sélectionnées

Le croisement du mâle A2066 et de la femelle A1077 donne la femelle parentale A0067. Aussi il est important de connaître les paramètres du croisement entre ces 2 souches ainsi que leur évolution. Brun (1993) décrit un plan de croisement factoriel entre les souches A1077, A9077 et A2066. Lors de la première étape, des mâles des 3 populations sont croisés avec des femelles de chaque population. Ensuite, les 9 types génétique de lapines issus de l'étape 1, 3 purs et 6 métisses, sont croisés avec des mâles de chaque souche selon un plan factoriel incomplet. Enfin, les 9 types génétique utilisés à l'étape précédente sont accouplés avec des mâles de croisement terminal. Les lapines sont contrôlées sur leurs 3 premières portées. Ce dispositif permet de mettre en évidence des influences maternelles qui deviennent exploitables dans un croisement à double étage.

Brun (1993) observe des réponses à la sélection qui dépendent du contexte génétique. L'écart de taille de portée à la naissance entre les souches pures est de 0,5 lapereau; il atteint la valeur de 1,1 lapereau lorsqu'il est estimé à partir des performances de femelles métisses. Les réponses observées au sevrage sont de 0,4 et 0,8 lapereau. Le progrès observé en croisement est le double de celui qui est estimé en souche pure. Brun (1993) discute cette observation. Les gènes des souches A1077 et A9077 s'expriment différemment selon le contexte génétique, ici la race pure ou le croisement. C'est un exemple d'interaction "génotype-milieu génétique". Comme les effets additifs directs, les effets d'hétérosis directs entre les souches A1077 et A2066 sont rarement significatifs (Tableau 3). Par contre, les effets additifs maternels présentent des différences entre souches qui sont fréquemment significatives. La souche A1077 montre une supériorité d'effet maternel sur la souche A9077 à la naissance et au sevrage. La souche A2066 présente une supériorité du même ordre pour le nombre de nés totaux mais elle la perd ensuite à cause d'un effet maternel défavorable sur la viabilité des lapereaux à la naissance (Brun, 1993). Les effets d'hétérosis maternels entre les souches A1077 et A2066 sur les tailles et le poids total de la portée sont significatifs et ils varient entre 14 et 19% (Tableau 3). L'effet d'hétérosis négatif pour le poids individuel au sevrage disparaît si ce poids est ajusté pour le nombre de lapereaux nés vivants (Brun, 1993).

Les souches A1077 et A2066 ont fait l'objet de 3 expériences de croisement depuis leur création. Les valeurs des types génétique ne sont pas comparables entre expériences du fait de l'absence d'un témoin commun, mais on peut discuter les écarts intra expérience. Le Tableau 4, relatif au nombre de lapins nés vivants, montre que l'écart entre les souches pures, initialement en faveur de la souche A2066, s'est inversé. Ensuite, le croisement simple augmente le nombre de lapereaux nés vivants dans les 3 expériences pour les lapines A2066 alors qu'il ne l'augmente que dans la première pour la souche A1077. Enfin, l'écart entre les femelles métisses et les femelles pures augmente constamment sous l'effet de l'hétérosis maternel. Cet effet présent en station existe aussi en ferme. Brun et Saleil (1994) ont analysé les performances de femelles pures et croisées issues des souches A1077 et A2066 dans 6 élevages suivis avec le contrôle de performances en ferme. Les effets d'hétérosis maternel dans les 2 milieux sont respectivement égaux à 19 et à 20% pour le nombre de lapereaux nés vivants.

Tableau 3 : Effets d'hétérosis dans le croisement entre les souches A1077 et A2066 pour quelques caractères de fécondité (Brun, 1993).

	Nombre de nés vivants	Nombre de sevrés	Poids total de la portée au sevrage	Poids individuel au sevrage
Hétérosis direct	- 1 %	0 %	2 %	2 %
Hétérosis maternel	19 %	16 %	14 %	- 5 %

Tableau 4 : Moyennes du nombre de lapereaux nés vivants lors de trois expériences de croisement entre les souches A1077 et A2066 (Brun, 1993).

Type génétique de la lapine	Mode d'accouplement	1970-1972	1979-1980	1987-1989
A2066	Souche pure	7,3	7,8	7,5
A2066	Croisement	7,8	8,6	8,0
A1077	Souche pure	7,1	8,0	8,1
A1077	Croisement	7,9	8,0	8,2
A1077*A2066 et A2066*A1077	Croisement	7,9	8,9	9,7

1.3 Les perspectives

La sélection pour la taille de la portée est efficace dans les souches A1077 et A2066. Le progrès d'environ 0,08 lapereau par portée et par génération s'accompagne d'un hétérosis maternel qui ne cesse de croître et qui dépasse maintenant 15%. Cependant le poids individuel au sevrage diminue (-4 g par lapereau et par génération) ainsi que la croissance post sevrage et la précocité de la souche. Par ailleurs, cet accroissement de la productivité numérique rend plus difficile la gestion du début de la carrière des femelles. La lapine est souvent simultanément gestante et allaitante et cette compétition gestation-lactation se traduit par un déficit nutritionnel important. L'étude de la composition corporelle de la lapine allaitante en fin de gestation montre que le poids des tissus adipeux disséquables est beaucoup plus faible chez les lapines gestantes et allaitantes. Les réserves corporelles lipidiques sont fortement réduites (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). La fonte du cheptel autour de la première mise bas est élevée. Les études des interactions gestation-lactation doivent être poursuivies. Fortun-Lamothe et Bolet (1998) décrivent le début de la carrière de femelles qui ont des formats adultes différents. La capacité d'ingestion est un facteur important (Maertens, 1992). Ces difficultés sont encore plus marquées dans la souche A2066. Elle a perdu l'avantage qu'elle possédait par rapport à la souche A1077 (Tableau 4). Elle a en outre un taux de fertilité moindre, un taux de mortalité supérieur et un pourcentage plus élevé de portées qui disparaissent entre la naissance et le sevrage. Elle se caractérise par un état sanitaire médiocre, dominé par des symptômes plus spécifiques, ce qui entraîne un taux d'élimination plus élevé. La viabilité des lapines de la souche A1077 est double de celle de la souche A2066 (Coudert et Brun, 1989, Brun et Saleil, 1994).

Ces considérations nous conduisent à infléchir notre problématique de recherche et à orienter différemment les expériences de sélection. Le nouvel objectif de sélection de la souche A1077 combine le nombre de lapereaux nés vivants et le poids à 63 jours. Nous avons aussi considérablement modifié le milieu de sélection : les lapines sont inséminées artificiellement tous les 42 jours dans un vrai système de bande unique. Le renouvellement s'effectue sur une bande de naissance. Lors d'un prochain bilan, nous analyserons le nombre de candidats à la sélection disponibles et les intensités de sélection réalisables de façon à évaluer l'efficacité de cette conduite. Les souches sélectionnée et témoin sont élevées dans la même cellule. On maintient le principe des groupes de reproduction, mais une réflexion est en cours pour l'optimisation à moyen et long terme de la gestion de la variabilité génétique. Des considérations pratiques ont dicté le choix des critères de sélection. Le développement des ventes de lapereaux à la naissance nous a conduits à abandonner le nombre de lapins vivants au sevrage au profit du nombre de lapins vivants à la naissance. De même, le poids à 63 jours a été préféré au poids à 70 jours car on évite ainsi le stockage des futurs reproducteurs en cage individuelle dans l'attente de leur indexation. Par ailleurs, cet âge correspond mieux à l'âge commercial à l'abattage. Aujourd'hui, nous ne pouvons pas estimer la corrélation génétique entre le nombre de lapereaux nés vivants et le poids à 63 jours dans cette population. Aussi les candidats à la sélection sont indexés à partir de 2 BLUP modèle animal mono caractère, qui sont ensuite additionnés après avoir été réduits. Cette méthode simple et robuste sera remplacée par une indexation multicaractère dans 4 générations.

Il existe généralement une liaison phénotypique positive entre le format adulte et la taille de la portée chez les mammifères (Brien, 1986). La réponse directe et la réponse corrélative pour la croissance post sevrage vont dans le même sens chez la souris, lorsque la sélection pour la taille de la portée est réalisée en réduisant l'incidence des effets maternels. Sinon ces derniers masquent la corrélation génétique. Cette liaison résulterait d'une corrélation

entre le poids adulte et le taux d'ovulation. La viabilité embryonnaire serait, par contre, indépendante du format adulte. Chez le porc, la corrélation génétique entre la taille de la portée et la croissance post sevrage est nulle ou légèrement négative pour les truies nullipares; ensuite elle est légèrement positive. Cependant les résultats des expériences de sélection ne confirment pas cette estimation.

Chez le lapin, les travaux de Camacho et Baselga (1990 a et b) constituent les principales références disponibles. Dans les souches A et V, sélectionnées pour la taille de la portée, les estimations des corrélations génétiques entre la taille de la portée au sevrage et la croissance post sevrage sont nulles ou faiblement négatives (0,04 et -0,23). Dans les souches B et R, sélectionnées sur la croissance post sevrage, elles sont modérément positives (0,28 et 0,60). Les corrélations génétiques entre la taille de la portée au sevrage et la croissance post sevrage réalisées au cours des expériences de sélection sont plus faibles mais de même signe pour les souches B et R (0,13 et 0,19). Par contre la situation est beaucoup plus confuse pour les souches A et V (-0,11 et 0,19). La faiblesse des réponses corrélatives réduit la précision des estimations, qui changent de signe d'une souche à l'autre. Gomez *et al.* (1998) estiment cette corrélation sur des femelles nullipares issues d'une souche sélectionnée pour la taille de la portée. Elle est faiblement négative. Les auteurs insistent sur la nécessité de considérer les effets maternels dans l'analyse conjointe de ces 2 caractères. Aussi, nous nous interrogeons sur une éventuelle standardisation des tailles de portée à la naissance dans cette expérience. Bolet *et al.* (1995) ont montré qu'un effet négatif du nombre de lapereaux allaités par femelle sur leur croissance se combine avec un effet positif du nombre de lapereaux nés sur la production laitière de leur mère. Cependant, la pratique de l'adoption ne compense pas totalement l'effet défavorable d'une augmentation de la prolificité sur le poids des lapereaux à la naissance. Par ailleurs, on étudiera avec attention l'évolution du poids adulte des animaux et celle de leur capacité d'ingestion. On peut faire l'hypothèse qu'un progrès génétique sur le poids à 63 jours augmentera le format adulte des femelles ainsi que leur capacité d'ingestion. Est-ce que cela réduira la fonte du cheptel observée autour de la première mise bas?

Pour la souche A2066, la problématique est différente : notre objectif est d'accroître l'aptitude de cette souche à se reproduire et sa facilité d'élevage, tout en améliorant les performances de la femelle métisse. Pour cela nous avons mis en place une expérience de croisement avec la souche V de l'Université de Valence (Espagne). Après une comparaison des 2 souches pures et des 2 croisements réciproques, nous étudions la productivité de femelles métisses issues d'une lapine A1077 et d'un mâle A2066, V ou croisé (A2066*V). Brun *et al.* (1998) présentent les premiers résultats de cette expérience. Lorsqu'elle sera achevée, nous aurons le choix entre plusieurs options : conserver la souche A2066, la remplacer par la souche V ou par une souche synthétique A2066-V, ... On peut imaginer d'autres stratégies. Il faudra aussi déterminer l'objectif de sélection de ce nouveau type génétique.

2. La diffusion du progrès génétique

La diffusion du progrès génétique est le second volet d'un programme d'amélioration. Après avoir présenté la diffusion des souches expérimentales de l'INRA, nous donnerons quelques résultats et nous évoquerons des perspectives.

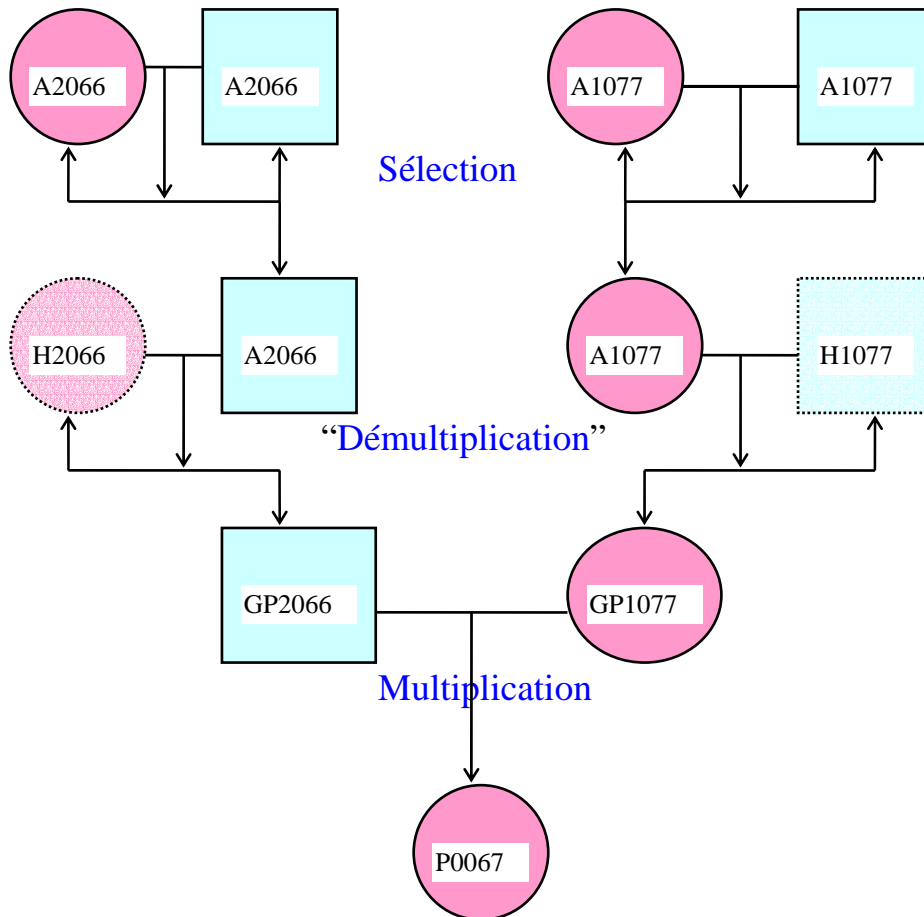
2.1 Présentation de l'organisation de la diffusion

Les schémas de sélection et de diffusion sont organisés d'une manière pyramidale dans les espèces avicoles et chez le porc. Les souches sélectionnées se trouvent au sommet de la pyramide. Ces populations sont de taille assez réduite relativement au reste de la pyramide du fait du fort pouvoir de multiplication de ces espèces. Elles sont sélectionnées intensément pour un objectif clairement défini et sont utilisées en croisement. Le produit terminal valorisé par l'éleveur est issu chez le lapin d'un croisement entre 3 ou 4 souches. La femelle métisse mère du lapin de boucherie est accouplée avec un mâle issu d'une souche pure ou du croisement de 2 souches. Les élevages de multiplication produisent les animaux dont ont besoin les éleveurs à partir des souches sélectionnées. Selon la complexité du schéma de croisement, le pouvoir de multiplication de l'espèce et l'effectif à produire, le nombre d'étages de multiplication varie. Il est compris entre 1 et 3. Plus le nombre d'étages est élevé, plus le retard génétique entre la sélection et la production est important. Cependant les évolutions génétiques de ces 2 étages sont parallèles (Bichard, 1971; Elsen, 1980). Le grand coté de la pyramide est constitué par les élevages de production. Ces reproducteurs sont les parentaux; ceux de l'étage de multiplication qui précède sont les grand-parentaux, ceux de l'étage suivant les arrière-grand-parentaux et ainsi de suite jusqu'à l'élevage de sélection. Ces schémas pyramidaux sont très efficaces pour créer et diffuser du progrès génétique. Ils ont rapidement conquis des parts de marché en vendant des reproducteurs métis homogènes et de bonne qualité. L'existence d'un effet d'hétérosis significatif leur a donné dès le départ un avantage par rapport aux reproducteurs de race pure. Cependant ces schémas peuvent aussi diffuser des problèmes sanitaires si le statut de l'un des étages est mauvais. Une crise de confiance est apparue à la suite de plusieurs accidents graves au début des années 1980. La FENALAP a alors élaboré une Charte Sanitaire avec l'aide

des pouvoirs publics et du CNEVA. C'est une démarche volontaire du fournisseur et de l'éleveur qui précise les droits et les devoirs de chacun (François, 1986). Même si tous les problèmes n'ont pas disparu, la Charte a eu un effet très positif sur la qualité des reproducteurs livrés. La plupart des sélectionneurs et des multiplicateurs ont adhéré à cette démarche.

La diffusion des souches A1077 et 2066 débute en 1975 et des élevages de multiplication sont créés après une phase d'essai dans des élevages de production. Cette opération était conduite par deux sociétés qui travaillaient en collaboration avec l'INRA et l'ITAVI. Il s'agissait d'une part de la SOLAM qui était chargée de la sélection et du testage des souches mâles de lapins et d'autre part de la SOLAF chargée de la sélection, de la multiplication et de la diffusion des souches femelles de lapins. Cette dernière était une SICA. Elle regroupait des éleveurs, des firmes et des organisations économiques. Elle adhérait au SNEALC. La SOLAF avait confié à l'INRA et à l'ITAVI la sélection des souches A1077 et A2066. Les adhérents multiplicateurs de la SOLAF recevaient des reproducteurs grands parentaux, mâles A2066 et femelles A1077, pour produire les femelles parentales (Rouvier, 1972). L'INRA a limité à 2 500 le nombre de femelles A1077 livrées chaque année pour maintenir un bon équilibre entre la diffusion et les autres missions de recherche. L'ITAVI était chargé de répartir ces animaux entre les firmes candidates. La SOLAF a rapidement disparu car elle était mal adaptée mais l'opération s'est poursuivie d'une manière moins formelle.

Figure 2 : Schéma de diffusion des souches expérimentales de l'INRA. Les ronds désignent les femelles et les carrés les mâles. Les types génétiques A1077 et A2066 désignent des sujets nés à l'INRA; les types génétiques H1077 et H2066 des sujets des souches homologues; les types génétiques G1077 et G2066 des sujets grand-parentaux et le type génétique P0067 des femelles parentales.



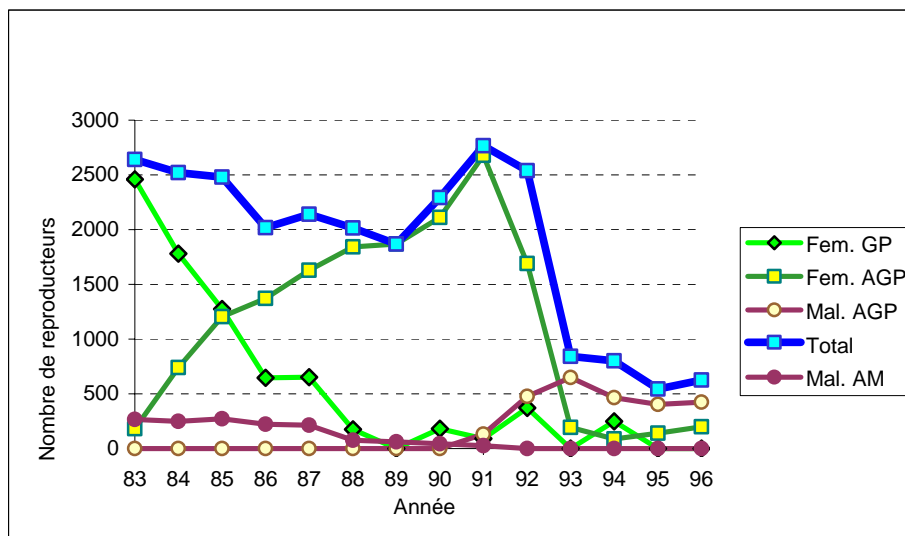
En 1984, il est clairement apparu que le quota de 2500 lapines n'était plus suffisant pour répondre à toutes les demandes (Rochambeau, 1994). L'INRA a proposé à ses partenaires d'ajouter un étage au schéma de diffusion. Ce nouveau système a reçu le nom de "démultiplication". On a créé chez chaque "démultiplicateur" des souches homologues H2066 et H1077 (Figure 2). Pour cela, on a réalisé une série de croisements d'absorption en partant de sujets de type génétique A0067. L'absorption a été réalisée par la voie femelle pour la souche H1077 : on a croisé les mâles H1077 avec des femelles A1077 nées à l'INRA. Les mâles de renouvellement étaient choisis parmi les descendants des meilleures femelles; toutes les femelles de renouvellement provenaient de l'INRA. A chaque

génération, le pourcentage de gènes ne provenant pas de la souche A1077 était divisé par 2. L'absorption a été réalisée par la voie mâle dans la souche H2066 : on a croisé des femelles H2066 avec des mâles A2066 nés à l'INRA. Une comparaison de la productivité numérique des femelles grands parentales issues des 2 systèmes de diffusion montre qu'il n'existe pas de différences significatives (Roustan et Poujardieu, 1984). Cette comparaison porte sur 2 lots de plus de 500 femelles. D'un point de vue plus théorique, Rochambeau et Matheron (1986) modélisent ces 2 schémas de diffusion pour évaluer l'augmentation du retard génétique entre la sélection et la production. Le niveau génétique de cet étage évolue parallèlement à celui de l'étage de sélection. Le retard génétique est de 3,1D dans le système de diffusion à 3 étages, et il vaut 5,3D en cas de "démultiplication" (D désigne le progrès génétique annuel). Cette augmentation est raisonnable si on se souvient que dans le même temps le pouvoir de diffusion est multiplié par 15. Au début des années 1990, le quota de 2500 femelles A1077 a été à nouveau atteint. L'INRA a proposé alors à ses partenaires de diffuser la souche A1077 par la voie mâle, ce qui a multiplié par six le potentiel de diffusion.

Un tel pouvoir de diffusion impose un strict contrôle de la qualité des animaux. Une commission de contrôle, présidée par le Ministère de l'Agriculture (Bureau des Productions Hors Sol) a été mise en place. Elle rassemble des professionnels (FENALAP, ITAVI) et des représentants d'organismes publics et semi publics (OFIVAL, Ministère de l'Agriculture, INRA). Les firmes qui souhaitent utiliser ces souches expérimentales s'engagent à respecter un cahier des charges. Ce document définit le mode d'emploi technique et génétique des souches, et il rend obligatoire l'utilisation d'une gestion technique individuelle pour toutes les femelles des élevages de "démultiplication" et de multiplication. La firme candidate établit un dossier technique qui décrit son projet. La commission lui accorde alors une approbation pour une durée d'un an. Cette approbation est éventuellement renouvelée chaque année après une analyse du dossier de chaque firme. Pour cela la commission réalise des visites dans les élevages de "démultiplication" et de multiplication, étudie les résultats de gestion technique individuelle, analyse avec la FENALAP et l'ITAVI les comptes rendus des visites techniques effectuées dans le cadre de la Charte sanitaire ainsi que les échos provenant des élevages de production. Les trois firmes qui diffusent les souches expérimentales de l'INRA (Grimaud Frères, Hexalap et UCAAB) ont des démarches commerciales indépendantes. Même si les femelles qu'elles vendent ont une origine génétique commune, le travail effectué par le réseau de diffusion ("le démultiplicateur", et les multiplicateurs) différencie les produits. Par ailleurs, chaque sélectionneur possède sa ou ses souches mâles.

Depuis une dizaine d'années, les modalités pratiques de vente des reproducteurs ont considérablement évolué. Au départ, les éleveurs achetaient des sujets âgés de 10 semaines. L'âge de ces futurs reproducteurs s'est progressivement réduit et les plus jeunes avaient environ 4 semaines. Dans le même temps, diverses solutions se développaient pour faciliter l'adaptation des futurs reproducteurs à leur nouveau milieu : certains éleveurs achetaient des grands parentaux et produisaient eux-mêmes leurs parentaux; d'autres utilisaient un mâle à aptitudes maternelles en croisement avec une femelle parentale pour produire une femelle de renouvellement. Enfin certains éleveurs choisissaient leurs futurs reproducteurs parmi les lapereaux de boucherie. "L'autorenouvellement" est la méthode qui donne les moins bons résultats. Le mâle à aptitudes maternelles est intéressant mais il ne s'est jamais vraiment développé (Roustan *et al.*, 1986). Ce mâle était issu d'un croisement entre un géniteur A1077 et une lapine A3089. Cette souche de petit format possède une bonne fertilité. Le développement des ventes de lapereaux âgés d'un jour a alors constitué une innovation majeure. Cette possibilité, connue depuis longtemps, a été évoquée par Lebas en 1987. Elle est restée inutilisée plusieurs années et a commencé à se développer en 1989 après un lancement commercial par la Société Grimaud lors d'un salon professionnel (Anonyme, 1989). Aujourd'hui c'est la méthode de référence. Les éleveurs, qui utilisent la bande unique, abandonnent l'achat de femelles grand-parentales qu'ils remplacent par des femelles parentales âgées d'un jour. L'évolution n'est pas terminée et l'insémination artificielle offre de nouvelles possibilités. Elle est déjà utilisée pour féconder des femelles grand-parentales. Espérons simplement que ce nouveau mode de diffusion du progrès génétique n'occultera pas une évidence : la génétique coûte cher et si les sélectionneurs ne rentabilisent pas leurs investissements en vendant le progrès génétique à son juste prix, ils disparaîtront.

Figure 3 : Evolution des nombres de femelles et de mâles A1077 diffusés chaque année (Fem, GP : femelles grand-parentales, Fem, AGP : femelles arrière-grand-parentales, Mal, AGP : mâles arriere-grand-parentaux, Mal, AM : mâles à aptitudes maternelles).



2.2 Quelques résultats

Pour évaluer l'impact de cette action, nous allons d'une part estimer le nombre de femelles diffusées et d'autre part étudier l'évolution des performances de lapines parentales. La Figure 3 présente le nombre d'animaux mis à disposition de la profession entre 1983 et 1996 par sexe et par type génétique. Après une phase expérimentale en 1983, la "démultiplication" s'est progressivement mise en place. Le nombre de femelles arrière-grand-parentales a augmenté et dans le même temps le nombre de femelles grand-parentales a diminué. Nous diffusons encore chaque année quelques centaines de femelles grands parentales à la demande des "démultiplicateurs" qui peuvent ponctuellement être dans l'impossibilité de livrer quelques clients. La diffusion des mâles à aptitudes maternelles a régressé pendant toute la période et elle a pris fin officiellement en 1992. Après 1991, les mâles arrière grand-parentaux A1077 ont pris le relais des femelles arrière-grand-parentales de même type génétique. Depuis plusieurs années nous diffusons un peu moins de 500 mâles et toujours 200 femelles. Les réseaux qui utilisent les femelles arrière-grand-parentales n'achètent pas de mâle. Le nombre total d'animaux diffusés depuis 1983 n'a jamais dépassé significativement le quota de 2500.

Les enquêtes cunicoles effectuées par le SCESS en complément du recensement général de l'agriculture fournissent une estimation de la répartition des différents types génétiques utilisés par les éleveurs. Le Tableau 5 résume les résultats des enquêtes de 1982 et de 1994. Il concerne les éleveurs qui avaient plus de 20 femelles.

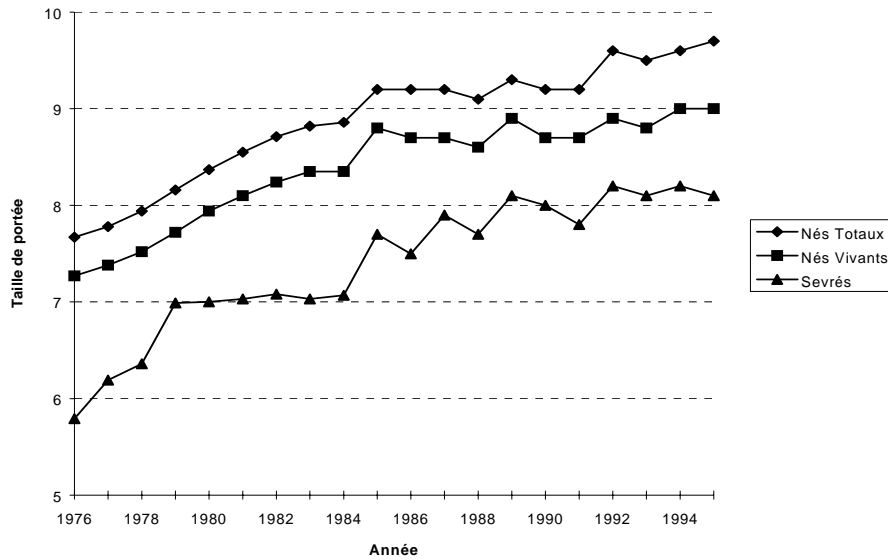
Tableau 5 : Types génétiques des femelles utilisées dans les élevages de lapin d'après les enquêtes du SCESS en 1982 et 1994.

Type génétique	1982	1994
Femelles croisées	74 %	92 %
Femelles issues des souches INRA	6 %	47 %
Femelles issues d'autres souches	19 %	33 %
Femelles croisées de type génétique inconnu	49 %	12 %
Femelles de race pure	26 %	8 %

En 1982, les lapines de race pure représentaient environ un quart de la population. La moitié suivante était constituée par des femelles croisées dont l'éleveur ne précise pas la provenance. Enfin le dernier quart correspondait à des femelles issues d'un schéma génétique clairement identifié. Les partenaires de l'INRA n'ont commercialisé que le quart de ce dernier quart, soit 6% du total. Douze ans plus tard, la situation a beaucoup évolué. Les femelles de race pure ne représentent plus que 8% et les femelles croisées de type génétique inconnu 12%. Le nombre de lapines issues d'un schéma génétique identifié a été multiplié par 3 et atteint 80% du total. Les partenaires de l'INRA ont

largement contribué à cette spectaculaire progression puisque leur part relative a été multipliée par 7 pour atteindre 47% de ce même total.

Figure 4 : Evolution des tailles de portée des femelles grand-parentales A1077 élevées par les partenaires de l'INRA.



L'évolution des performances des lapines dans les élevages de production est difficile à connaître avec précision. Blasco (1996) s'interroge sur l'existence éventuelle d'une interaction génotype-milieu qui empêcherait l'expression des progrès génétiques réalisés en station. Ces craintes nous semblent infondées. La Figure 4 présente l'évolution des tailles de portée des femelles grand-parentales dans les réseaux qui utilisent les souches expérimentales de l'INRA. Le nombre de portées étudiées chaque année est inférieur à quelques milliers au début de la période mais il dépasse les 20 000 en 1995. Avant 1979, les tailles de portée augmentent régulièrement, puis le nombre de lapereaux vivants au sevrage stagne jusqu'en 1984. L'arrivée de nouveaux partenaires et les vides sanitaires réalisés lors de la mise en place de la "démultiplication" expliqueraient la reprise de la progression. Il est curieux de constater qu'entre 1985 et 1991 c'est le nombre de lapereaux nés totaux qui reste constant. Il reprend sa progression en 1992 au moment où le nombre de lapereaux sevrés stagne à nouveau. Cependant, le développement des ventes de lapereaux à la naissance après cette date rend délicate l'analyse de cette variable. Globalement, ces évolutions sont du même ordre que le progrès génétique mesuré en station. Nous ne disposons pas de données du même type pour des femelles parentales, car le nombre d'élevages qui utilisent des gestions techniques individuelles est trop réduit. Dans les résultats de gestion technico-économique le type génétique des reproducteurs n'est pas connu. Il est intéressant de voir comment évoluent les performances (Tableau 6). L'accroissement régulier du taux d'occupation des cages traduit l'intensification croissante de l'utilisation du matériel et des bâtiments. Il n'en va pas de même pour les femelles puisque le nombre de mises bas par femelle et par an est revenu à 7 après avoir culminé à 7,4. Le taux de renouvellement du cheptel femelle a suivi la même évolution avec un maximum à 141% en 1983 et une décroissance régulière depuis pour atteindre 122% en 1995. Le nombre de lapereaux nés totaux par portée progresse très régulièrement : 7,8 en 1974, 8,3 en 1983 et 9,6 en 1995. Sur cette dernière période le progrès annuel est légèrement supérieur à 0,1. Les mortalités avant et après sevrage sont passées par un maximum en 1983, et elles diminuent lentement depuis. Malgré ces gains de productivité la marge sur coût alimentaire exprimée en francs constant 1995 a diminué par rapport au maximum observé en 1992. Finalement, l'évolution des tailles de portée dans les élevages de production est compatible avec les progrès génétiques observés en station. Ce n'est pas une preuve mais simplement un indice favorable.

Tableau 6 : Evolution des performances moyennes des élevages qui utilisent une gestion technico-économique en France. (D'après Henaff, 1987; Koehl, 1996).

Performance	1974	1983	1989	1991	1995
Taux d'occupation des cages (%)	85	104	134	142	149
Taux de renouvellement des femelles (%)	83	141	144	135	122
Nombre de mises bas par femelle et par an	5,3	7,4	7,4	7,2	7,0
Nombre de lapereaux nés totaux par portée	7,8	8,3	8,7	9,0	9,6
Mortalité naissance-sevrage en %	18,9	21,3	19,4	19,4	19,6
Mortalité sevrage-vente en %	7,7	14,9	13,7	12,7	11,7
Nombre de lapereaux par femelle et par an	31	41	45	46	48
Marge sur coût alimentaire en francs constants		470	563	692	592

3. Conclusions

Le bilan du schéma national d'amélioration génétique du lapin de chair est largement positif. La sélection a permis accroître la taille de la portée, et le croisement apporte un gain supplémentaire. Les deux souches expérimentales servent de matériel biologique de référence à toutes les équipes qui étudient le lapin à l'INRA. Elles ont été l'objet de nombreux travaux de recherche et de multiples collaborations pluridisciplinaires. Cependant, l'analyse des résultats disponibles nous conduit à infléchir notre thématique de recherche et les objectifs de sélection de ces souches. Les progrès faits sur la prolificité posent différemment le problème des liaisons entre la croissance et la reproduction. Par ailleurs, existe-t-il une variabilité génétique de l'aptitude des femelles à conduire simultanément une gestation et une lactation? Quelle est l'influence du format adulte, de la capacité d'ingestion, de l'aptitude à mobiliser les réserves corporelles? Ces souches expérimentales sont diffusées depuis 1975. Le dynamisme de nos partenaires nous a obligés à faire évoluer plusieurs fois le schéma de diffusion de façon à conserver un bon équilibre entre l'acquisition de nouvelles connaissances et la diffusion. Comme avec les équipes de recherche, ces souches expérimentales dynamisent nos collaborations avec des partenaires professionnels. Notre appui scientifique et logistique aux sélectionneurs ne se limite pas aux trois firmes privés qui utilisent ces deux souches expérimentales. Nous développons des actions avec d'autres partenaires, notamment sur la sélection des souches mâles de croisement terminal.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord associer à cette synthèse le personnel technique de la SELAP qui élève les souches A1077 et A2066 depuis leur création. Cet article s'est nourri des nombreuses discussions que j'ai eu avec les membres actuels et passés du groupe " lapin et palmipèdes " de la SAGA. Les remarques constructives de P. Sellier et B. Poujardieu m'ont permis d'améliorer ce manuscrit. Je souhaite donc remercier tous ceux qui m'ont aidé dans la rédaction de cette synthèse. Enfin, je dédie cet article à Jacques Poly qui est à l'origine de ces travaux sur le lapin.

Références bibliographiques

- ANONYME, 1989. Grimaud : renouvellement par des lapereaux d'un jour. *L'Éleveur de Lapins*, 25, 14.
- BICHARD M., 1971. Dissemination of genetic improvement through a livestock industry. *Anim. Prod.*, 13, 401-411.
- BLASCO A., 1996. Genetics of litter size and does fertility in the rabbit. *Proc. 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 9-12/07/1996, Vol. 2, 219-227.
- BOLET G., ESPARBIE J., FALIERES J., 1995. Relations entre le nombre de foetus par corne utérine, la taille de portée à la naissance et la croissance pondérale des lapereaux. *Ann. Zoot.*, 45, 185-200.
- BRIEN F.D., 1986. A review of the genetic and physiological relationships between growth and reproduction in mammals. *Anim. Breed. Abst.*, 54, 975-997.
- BRUN J.M., 1993. Paramètres du croisement entre 3 souches de lapin et analyse de la réponse à une sélection sur la taille de portée : caractères des portées à la naissance et au sevrage. *Genet. Sel. Evol.*, 25, 459-474.
- BRUN J.M., BOLET G., BASELGA M., 1998. Comparaison de deux souches européennes de lapin sélectionnées sur la taille de portée et analyse de l'intérêt de leur croisement. *7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Lyon, 13-14/05/98.
- BRUN J.M., BOLET G., OUHAYOUN J., 1992. The effects of crossbreeding and selection on productive and reproductive traits in a triallel experiment between three strains of rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 15, 191-189.
- BRUN J.M., OUHAYOUN J., 1994. Qualités bouchères de lapereaux issus d'un croisement dialléle de 3 souches : interaction du type génétique et de la taille de portée d'origine. *Ann. Zootech.*, 43, 173-183.

- BRUN J.M., ROUVIER R., 1984. Effets génétiques sur les caractères des portées de trois souches de lapins utilisées en croisement. *Génét. Sél. Evol.*, 16, 367-384.
- BRUN J.M., SALEIL G., 1994. Une estimation, en fermes, de l'hétérosis sur les performances de reproduction entre les souches INRA A2066 et A1077. *6èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, La Rochelle, 6 et 7 décembre 1994, Vol.1, 203-210.
- CAMACHO J., BASELGA M., 1990a. Genetic correlation between reproductive and growth traits in rabbits. *4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Edinburgh, 1990, XVI, 366-369.
- CAMACHO J., BASELGA M., 1990b. Estimation des corrélations génétiques entre caractères de reproduction et de croissance à travers la réponse à la sélection. *5èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Paris, 12-13/12/1990, communication 66.
- COUDERT P., BRUN J.M., 1989. Production et morbidité des lapines reproductrices : étude comparative de quatre génotypes. *Génét. Sél. Evol.*, 21, 49-65.
- EISEN J.M., 1980. Diffusion du progrès génétique dans les populations avec générations imbriquées : quelques propriétés d'un modèle de prévision. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 12, 49-80.
- FORTUN-LAMOTHE L., BOLET G., 1995. Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. *INRA Prod. Anim.*, 8, 49-56.
- FORTUN-LAMOTHE L., BOLET G., 1998. Incidence du format et de la prolificité des lapines sur l'évolution de leurs réserves corporelles et leur performances de reproduction : comparaison de deux types génétiques. *7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Lyon, 13-14/05/98.
- FRANCOIS C., 1986. La Charte de production et d'utilisation des reproducteurs. *Cuniculture*, 13, 111-112.
- GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., 1998. Genetic relationships between growth and litter size traits at first parity in a specialised dam line in rabbits. *6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Armidale, XXV, 552-555.
- HENAFF R., 1987. Gestion technico économique : bilan et résultats 1987. *Cuniculture*, 14(3), 130-135.
- KOEHL P.F., 1996. GTE RENALAP : une lapine produit 114 kg de viande par an. *Cuniculture*, 23(6), 243-247.
- LEBAS F., 1987. Quelle filière pour demain? *L'éleveur de lapins*, 15, 13-15.
- MAERTENS L., 1992. Rabbit nutrition and feeding : a review of some recent developments. *J. Applied Rabbit Res.*, 15, 889-913.
- MATHERON G., ROUVIER R., 1978. Etude de la variation génétique dans le croisement à double étage chez la lapine. Performances de reproduction des lapines croisées et pures accouplées en croisement. *2èmes Journ. Rech. Cunicole Fr.*, Toulouse, 4-5 avril 1978. ITAVI Ed., Paris.
- POUJARDIEU B., BRUN J.M., DUZERT R., ROUVIER R., MATHERON G., ROCHAMBEAU H. de, 1998. Amélioration de la prolificité de la lapine. Expériences de sélection à long terme. *Génét. Sél. Evol.*, soumis pour publication.
- RINALDO D., BOLET G., 1988. Effect of selection for litter size at weaning on reproductive life of female rabbit. *Proc. 4th World Rabbit Congress*, Budapest, Hongrie, 10-14/10/1988, Vol. 2, 269-274.
- ROCHAMBEAU H. de, 1994. L'amélioration génétique du lapin en France. Description et bilan. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 80(4), 13-22.
- ROCHAMBEAU H. de, MATHERON G., 1986. Dissemination of genetic improvement through two multiplication systems. *3rd Intern. Coll. Rostock*, 1, 34-38.
- ROUSTAN A., POUJARDIEU B., 1984. Vers un nouveau système de diffusion du progrès génétique. *L'éleveur de lapins*, 3, 18-20.
- ROUSTAN A., SALEIL G., ROCHAMBEAU H. de, 1986. Premiers résultats d'un essai de comparaison entre 3 méthodes de renouvellement des femelles reproductrices dans un élevage de lapins de chair. *3èmes Journ. Recher. Cunicole*, Paris, Fr., communication 40.
- ROUVIER R., 1975. Génétique et sélection du lapin en vue du développement de la production de sa viande. *Information technique des Services Vétérinaires*, n°51-54, 69-85.
- ROUVIER R., 1981. Les travaux de recherche français sur la sélection du lapin au cours des 10 dernières années (1970-1980). *CR. Acad. Agric. Fr.*, 61, 151-159.
- 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.
- VRILLON J.L., MATHERON G., ROUVIER R., 1979. Utilisation de 3 races de lapin. *Cuniculture*, 6, 111-114.