

Chapitre 4

Génétique et sélection

INTRODUCTION

Le lapin domestique est issu de l'espèce *Oryctolagus cuniculus*, qui est originaire de l'ouest du bassin méditerranéen (Espagne et Afrique du Nord). Les lapins sauvages appartiennent à d'autres espèces (*Sylvoilagus*, *Coprolagus*, *Nesolagus* et *Brachylagus*). La domestication du lapin est relativement récente, et la plupart des races ont été créées par l'homme il y a 200 ou 300 ans au maximum. De ce fait il existe peu de populations locales qui soient anciennes et adaptées aux conditions locales.

Dès le début du siècle, le lapin a été utilisé comme animal expérimental par les généticiens et les physiologistes. Il faut cependant attendre Venge (1950) pour avoir les premiers résultats de génétique quantitative dans son étude sur l'influence maternelle sur le poids des lapins à la naissance. Ces travaux ont ouvert la voie aux recherches sur l'amélioration génétique du lapin pour la production de viande. Celles-ci ont été mises en place et développées, depuis 1961, par les chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), en France, puis plus récemment par d'autres laboratoires de recherche dans le monde. On peut citer sans prétendre à l'exhaustivité l'équipe de l'Université de Zagazig en Egypte, les équipes de Gödöllő et de Kaposvar en Hongrie, l'équipe d'Iztnanagar en Inde, les équipes de Milan et de Viterbo en Italie, les équipes de Valence, Saragosse et Barcelone en Espagne, l'équipe de Normal aux Etats-Unis, les équipes chinoises et notamment celle de Shangai, l'équipe de Nitra en Tchécoslovaquie, l'équipe de Cracovie en Pologne. Aussi l'excellente bibliographie de Robinson (1958) dans *Genetic studies of the rabbit*, qui donne des bases génétiques et physiologiques certaines, est-elle déjà dépassée.

Des mises au point sur les travaux menés en

génétique du lapin ont été réalisées régulièrement à l'occasion de congrès mondiaux de cuniculture (Rouvier, 1980; Matheron et Poujardieu, 1984; Rochambeau, 1988). Cependant, les connaissances acquises dans les conditions de l'élevage en Europe ne sont pas transposables telles quelles pour le développement de l'élevage dans les pays du tiers monde. L'amélioration génétique doit y exploiter le matériel animal disponible, qui est issu de populations locales ou importées et acclimatées, ainsi que la variabilité génétique observée dans les divers environnements, pour répondre au mieux aux objectifs qu'il faut analyser et définir dans chaque cas. Les connaissances sur la biologie et la génétique du lapin devraient donc permettre à chaque pays concerné d'analyser l'intérêt du lapin pour répondre à ses besoins dans le cadre de ses contraintes de milieu (physique, socio-économique et culturel). Il semble en effet qu'il faille privilégier les études sur le développement de l'élevage rural et familial en petits troupeaux dans des systèmes d'élevage à faible coût d'investissement utilisant les ressources locales, donc relativement économes et autonomes, avec un souci de productivité suffisante.

GÉNÉTIQUE DES RACES ET POPULATIONS DE LAPINS

Notion de race

Parmi les nombreuses définitions de la notion de race, on peut retenir celle de Quittet: «La race est, au sein d'une espèce, une collection d'individus ayant en commun un certain nombre de caractères morphologiques et physiologiques qu'ils perpétuent lorsqu'ils se reproduisent entre eux.»

Pour avoir une idée de l'originalité génétique des différentes races, on peut étudier leur ori-

gine. Cela a été fait dans les *Cahiers du Conservatoire* (n° 1, mars 1981) pour 34 races françaises. Il est cependant difficile de définir ce qu'est une race et d'en faire l'historique. Une race résulte des effets conjugués de la sélection artificielle et de la sélection naturelle (adaptation au milieu). La sélection peut se baser sur de nombreux critères différents, parfois sans rapport avec la productivité zootechnique; les animaux peuvent être sélectionnés dans des conditions artificielles d'élevage ou non; le milieu peut être changeant au cours du temps, etc.

Les races et populations de lapins peuvent aussi être caractérisées par leurs fréquences géniques. Cela est possible pour les gènes identifiables par leurs effets visibles ou leurs effets majeurs sur une production. On classe dans le premier groupe les gènes de coloration et de structure de poil. Lorsque les moyens d'observation sont devenus plus puissants, on a pu ajouter à cette connaissance celle de gènes responsables des groupes sanguins, de polymorphismes biochimiques de protéines et d'anomalies héréditaires. (Voir les travaux de Zaragoza *et al.*, 1990.)

Les populations de lapins peuvent aussi se définir par leurs performances pour des caractères quantitatifs. Ces caractères, tels que la taille de la portée ou le poids au sevrage, sont contrôlés par l'action d'un très grand nombre de gènes non identifiables. On suppose en outre que ces gènes ont une faible action par rapport à la variabilité globale, et qu'ils agissent indépendamment les uns des autres. Ce sont les hypothèses classiques de la génétique quantitative. Ces caractères sont aussi influencés par le milieu. Pour caractériser une population, il faut décrire soigneusement les caractéristiques du milieu et préciser l'effectif de reproducteurs, l'orientation de la sélection, l'origine de la population et son aire d'extension.

Les gènes sont portés par des chromosomes qui sont organisés en 22 paires ($2n = 44$). Environ 60 marqueurs sont décrits. Ce sont soit des gènes à effet visible (gènes de coloration ou de pelage, anomalies morphologiques, etc.), soit des gènes codant pour des molécules dont on

étudie l'effet biologique. Ces deux approches ont du mal à se rejoindre, car les équipes n'utilisent souvent qu'un seul type de marqueur. Parmi les marqueurs décrits, 37 ont été positionnés sur huit autosomes et sur le chromosome X; 23 marqueurs constituent six groupes de linkage et six marqueurs n'ont pas encore été localisés. L'ensemble de ces marqueurs est réparti sur une majorité des 22 paires de chromosomes du lapin. Cependant, les liaisons entre les marqueurs biologiques et les gènes de coloration ou de pelage ont rarement été testées.

L'expérience montre que le lapin peut supporter un accroissement progressif et lent de la consanguinité mais, dans la pratique, on a recherché, pour les populations d'effectif limité, des plans d'accouplement qui minimisent la grandeur et la vitesse d'accroissement de la consanguinité des animaux (Rochambeau, 1990).

Les races créées par les sélectionneurs, amateurs d'Europe et des Etats-Unis notamment, sont caractérisées actuellement par des standards officiels. Ainsi, l'ouvrage de la Fédération française de cuniculture (FFC) sur les standards des races de lapins en décrit plus de 40. Chaque race a été créée à partir d'animaux d'une population locale ou régionale, ou par croisement entre races existantes, ou encore à partir d'une mutation de couleur ou de structure du pelage. Une sélection massale sur la taille et la morphologie corporelle a différencié les races géantes, moyennes, petites et très petites. Il est intéressant d'étudier l'origine des races – pour détecter si elles peuvent correspondre à des ensembles génétiques originaux – et de rechercher leurs caractéristiques.

Les caractéristiques des animaux propres à un standard de race, comme la taille corporelle, la forme compacte ou non, la couleur et la densité du pelage, l'importance des appendices (oreilles chez le lapin), peuvent être en relation avec une résistance aux variations climatiques. En effet, des facteurs intrinsèques à l'animal, comme le pelage et la peau, la surface corporelle et le poids, interviennent dans son

homéothermie. Il convient donc d'indiquer ici le déterminisme génétique actuellement connu des variations de coloration et de structure du pelage. De plus, la coloration du pelage a toujours fortement intéressé les éleveurs.

Génétique de la coloration et structure du pelage chez les races de lapins. Dès 1930, dans *The genetics of the domestic rabbit*, Castle décrivait six mutations de coloration et deux mutations de tacheté du pelage, trois mutations de structure du poil, plus une mutation de coloration jaune de la graisse abdominale, ainsi que deux groupes de linkage. Il est commode de commencer par décrire le type «sauvage» de coloration du lapin pour en dégager les effets des différentes mutations. Trois types de poils forment le pelage: les jarres, poils les plus longs, recteurs, raides à leur base; les barbes, poils tecteurs, plus nombreux, qui constituent le gros du pelage; les duvets, poils plus courts, qui partagent un follicule pileux avec les barbes et qui constituent la sous-fourrure.

Le lapin de coloration de type sauvage, dite «agouti», possède une fourrure dorsale grise avec une surface ventrale beaucoup plus claire ou blanche. Les jarres sont noirs sur toute leur longueur, mais apparaissent d'un noir foncé à leur extrémité et s'éclaircissent en bleuté vers leur base. Les barbes sont zonées, noires aux extrémités, traversées en leur milieu par une bande de couleur jaune; elles s'éclaircissent en bleuté à leur base. Les fibres de sous-fourrure sont bleutées à leur base et frangées de jaune à leur extrémité. La coloration est donc due à la répartition des pigments noir (eumélanine) et jaune (phæomélanine) sur les poils (notamment les barbes) et sur l'ensemble du pelage (faces dorsales et latérales par rapport aux faces ventrales). Différentes mutations à plusieurs locus modifient cette coloration.

La coloration. Nous présentons ici la notation internationale des allèles. Arnold (1984) donne la correspondance avec le système allemand.

- Locus *A*, agouti. La mutation non agouti *a* conduit à des animaux qui n'ont pas de poils zonés par la bande jaune et n'ont pas

de surface ventrale plus claire. Leur coloration est donc uniforme. *A* est dominant par rapport à *a*. Un 3^e allèle à ce locus a été décrit, *a*^t (patron tan), récessif par rapport à *A* et dominant par rapport à *a*.

- Locus *B*, pigment noir. Un allèle récessif *b* entraîne le fait qu'un pigment de couleur brun chocolat remplace le noir dans la fourrure de type sauvage.
- Locus *C*. Le gène *C* est nécessaire au développement des pigments dans la fourrure, la peau, les yeux, et donc à l'expression de la coloration. Le gène récessif *c* inhibe cette expression de la coloration, conduisant à l'albinisme chez les homozygotes récessifs *cc*. Il existe plusieurs allèles à ce locus; cités dans l'ordre dominants à récessifs, ce sont:
 - *C*: expression complète de la coloration;
 - *c*^{ch}: chinchilla, suppression de la coloration dans la bande zonée intermédiaire du poil;
 - *c*^h: himilayan, seuls les poils des extrémités du corps sont colorés en noir; l'expression de ce gène dépend de la température ambiante;
 - *c*: albinisme. Le locus de l'albinisme est épistatique sur les autres locus de coloration. Le génotype *cc* cache l'expression des gènes de coloration situés aux autres locus.
- Dilution *D*, *d*. L'allèle mutant *d*, récessif, affecte l'intensité de la pigmentation en causant une dilution des granules de pigments. L'allèle dominant *D* conduit à une densité normale de la pigmentation. L'homozygote récessif *dd* correspond au génotype de lapins de type bleu (noir dilué en bleu) ou beige (jaune dilué en beige).
- Extension normale du noir *E* ou extension du jaune *e*. La mutation donnant le gène *e* conduit à une extension du pigment jaune dans le poil, qui remplace plus ou moins le pigment noir (ou marron). Les races de couleur grise, noire ou marron ont le gène *E*. Les races jaunes et rouges sont homozygotes récessives *ee*.
- Locus du Blanc de Vienne. Les lapins de la

race Blanc de Vienne ont une fourrure complètement non pigmentée, mais ils ont les yeux colorés (bleus). Le gène originel est appelé *V*, sa forme mutée *v*. Les lapins de cette race sont donc homozygotes récessifs *vv*. Les croisements de lapins Blanc de Vienne et de lapins albinos donnent des descendants colorés.

- Mutations provoquant un pelage tacheté. Elles concernent le locus de l'«English» (*En, en*) et du «Dutch» (*Du, du*). Le lapin Papillon a le génotype hétérozygote *En en*. Le gène *En* est incomplètement dominant; les homozygotes *En En* sont plus blancs que les hétérozygotes, et les homozygotes récessifs sont plus noirs. Le génotype de la coloration du lapin Papillon (appelé Checker Giant en anglais, Mariposa en espagnol) ne peut pas être fixé. A l'autre locus mentionné, le génotype *du du* conduit à la ceinture blanche que l'on trouve chez le lapin Hollandais (Dutch en anglais).

La structure du pelage. Trois mutations principales sont connues.

- Angora. C'est une mutation autosomale récessive, qui se traduit par un allongement de la durée de croissance du poil. La vitesse de croissance reste la même et, finalement, le poil est plus long. Le gène sauvage (*L* dominant) a muté en un allèle récessif *l* (angora). L'accouplement de deux Angoras entre eux donne toujours des descendants Angoras. Parfois, deux lapins à poil normal peuvent donner une fraction de leur descendance Angora. Cela indique que les deux parents étaient hétérozygotes *Ll*.
- Rex. C'est une mutation autosomale récessive qui provoque la disparition presque complète des jarres. La toison a donc un aspect différent avec des poils plus courts. Le gène rex est symbolisé par *r*, l'allèle sauvage dominant par *R*.
- Peau nue. Il s'agit de plusieurs mutations récessives et le plus souvent létales.

La connaissance de ces principaux locus permet de déterminer le génotype de coloration et de structure du pelage des races de lapins. Jus-

qu'à présent, on a trouvé très peu de relations entre gènes à effets visibles sur la coloration du pelage et caractéristiques zootechniques, mais il y a eu très peu de recherches dans ce sens. Les gènes angora et rex sont évidemment exploités pour la production de poil angora et de fourrures rex.

Groupes de races suivant la taille adulte et leur origine. Il existe différents types de races:

- les races primitives ou primaires, ou encore géographiques, à partir desquelles se sont différenciées toutes les autres;
- les races obtenues par sélection artificielle à partir des précédentes, par exemple Fauve de Bourgogne, Néo-Zélandais Rouge et Blanc, Argenté de Champagne;
- les races synthétiques obtenues par croisement raisonné de plusieurs races, par exemple Blanc de Bouscat, Californien;
- les races mendéliennes, obtenues par fixation d'un caractère nouveau, à détermination génétique simple, apparu par mutation, par exemple Castorrex, Satin, Japonais.

Il est commode de regrouper les races suivant leur taille adulte. De plus, celle-ci est en rapport avec des caractères de production: précocité, prolificité, vitesse de croissance pondérale, vitesse d'atteinte de la maturité. Pour une taille adulte donnée, l'origine de la race est intéressante à considérer.

Races lourdes. Le poids adulte dépasse 5 kg. La fécondité est généralement faible. Le potentiel de croissance des races lourdes peut être exploité, notamment en croisement. Citons le Bélier Français, le Géant Blanc du Bouscat, le Géant des Flandres, le Géant Papillon Français.

La couleur de la fourrure du lapin Bélier est très variée: blanc, agouti, gris fer, papillon, noir, etc. D'après sa conformation, c'est un lapin apte à produire de la viande. Cependant, il n'est élevé que par les éleveurs amateurs et se trouve donc en petits troupeaux de faible effectif, du moins en France. Les lapins Bélier sont mieux implantés dans les autres pays européens (Allemagne, Danemark).

Le Géant Blanc du Bouscat est une race synthétique albinos. C'est un lapin de grand format, bien connu pour sa prolificité et sa vitesse de croissance, dans les conditions d'élevage fermier français traditionnel.

Le Géant des Flandres, originaire de Belgique et des Flandres françaises, existe en plusieurs colorations de pelage. C'est un des plus gros lapins (poids adulte pouvant atteindre 7 kg) encore utilisé dans l'élevage fermier. Cette race peut constituer un réservoir de gènes intéressants pour l'amélioration de la croissance; son élevage en race pure peut être utile dans ce but.

Races moyennes. Le poids adulte varie de 3,5 à 4,5 kg. Les races moyennes sont à la base des populations, souches ou races de lapins utilisées pour la production intensive de viande dans les conditions de l'Europe occidentale. Ce sont les plus nombreuses. On se limitera ici à quelques exemples. Les lapins Argentés existent dans plusieurs pays (Argenté Anglais, Argenté Allemand); ces variétés diffèrent de l'Argenté de Champagne par leur taille adulte (l'Argenté Anglais est plus léger) et leur coloration.

L'Argenté de Champagne est un exemple, comme le Fauve de Bourgogne, d'une race sélectionnée depuis très longtemps à partir d'une population régionale (de la Champagne). Ce lapin est connu pour les caractéristiques de sa fourrure autrefois appréciée et pour ses aptitudes de production: prolificité élevée, forte croissance, fort développement musculaire, qualité de la viande. Il est élevé en France de façon fermière et en général sur litière. L'étude de cette race dans des conditions d'élevage plus intensif a été abordée.

Le Fauve de Bourgogne est également une race d'origine régionale (la Bourgogne), qui s'est largement répandue en France et dans d'autres pays européens (Italie, Belgique, Suisse). L'Association des éleveurs de lapins Fauve de Bourgogne a constitué un livre généalogique de cette race et s'occupe de sa sélection en race pure.

Le Néo-Zélandais Roux, exploité d'abord en Californie, y a été sélectionné de façon comparable au travail fait en France sur le Fauve de Bourgogne, à la différence qu'aux Etats-Unis

on a introduit très tôt l'élevage sur grillage, de façon généralisée, alors que ce n'est pas le cas pour les lapins de race en France.

Le Californien est une race synthétique américaine présentée pour la première fois en 1928 en Californie par son obtenteur. Celui-ci a cherché à obtenir un lapin de chair avec une très bonne fourrure. Le poids adulte de cette race est de 3,6 à 4 kg.

Le Néo-Zélandais Blanc est une race originaire des Etats-Unis. Il descend de lapins colorés dont il est l'albinos. Il a été sélectionné, dès le départ, dans de grands élevages producteurs de viande du sud de la Californie notamment (région de San Diego), sur des qualités zootechniques: prolificité, aptitudes maternelles des femelles, vitesse de croissance et précocité de développement corporel pour un abattage à l'âge de 56 jours, visant à produire une carcasse légère. Le poids adulte est de l'ordre de 4 kg, un peu supérieur à celui du Californien. Le Néo-Zélandais Blanc a servi de base pour les premières études sur le lapin animal zootechnique faites par la Station de Fontana en Californie (Rollins et Casady, 1967). Cette race s'est largement répandue depuis 1960 en Europe occidentale et dans le monde, lorsque l'élevage sur grillage du lapin s'est développé.

Le lapin Grand Chinchilla élevé en Europe est d'origine allemande. Son poids moyen adulte est de 4,5 kg. Il peut être sélectionné pour la viande et la fourrure.

Races légères. Ce sont des races dont le poids adulte se situe entre 2,5 et 3 kg: Petit Russe, Petit Chinchilla, Hollandais, Havane Français, etc.

Le lapin Russe est aussi appelé lapin Himalayan. Ce lapin blanc à extrémités noires serait originaire de Chine, d'où la race aurait été transportée en Russie, puis en Pologne. En fait, il porte la mutation du gène himalayan *ch*.

Les races légères ont en général un développement corporel très précoce et parfois d'excellentes aptitudes maternelles. Ayant des besoins alimentaires quantitatifs plus faibles que les races moyennes et géantes, elles pourraient être utilisées en croisement ou même en race pure dans les pays du tiers monde, si

l'on désire produire une carcasse légère (de 1 à 1,2 kg), mais bien charnue.

Petites races. Elles ont un poids adulte de l'ordre de 1 kg et sont représentées principalement par le lapin Polonais, dans ses diverses variétés de coloration du pelage. La sélection sur la petitesse de la taille a conduit dans ces races à une très faible prolificité et à une très forte diminution de la vitesse de croissance. Ces races ne sont pas utilisables pour la production de viande. Elles peuvent servir pour la sélection «sportive», pour des besoins expérimentaux en recherche ou pour produire des lapins d'appartement (très petites races).

Populations locales et souches

Les animaux de race ne sont en général élevés qu'en troupeaux de très petits effectifs, et les programmes de sélection des races sur les caractères zootechniques n'en sont qu'à leur début. A ce titre, les races peuvent constituer une réserve génétique intéressante où l'on pourra puiser pour améliorer une population locale.

La plupart des lapins utilisés pour la production commerciale de viande appartiennent à des populations d'animaux qui peuvent ressembler à telle ou telle race (sans toutefois répondre aux critères d'origine et de standards de la race), ou ne ressembler à aucune race. Il s'agit des lapins communs, gris, tachetés ou blancs, issus de croisements divers non planifiés (élevage fermier français), ou appartenant à des populations locales. Les pays du tiers monde peuvent disposer de populations locales, par exemple le lapin Baladi du Soudan (en arabe, *baladi* signifie indigène ou local), le Maltais de Tunisie, le lapin Créole de Guadeloupe. Si des pays du tiers monde envisagent de développer l'élevage du lapin, ils doivent d'abord s'attacher à identifier les populations locales qui pourraient exister, rechercher leurs caractéristiques biologiques, zootechniques et d'adaptation au milieu, et envisager leur sélection et le meilleur système d'utilisation.

Dans de nombreux pays où l'élevage du

lapin domestique est récent (quelques dizaines d'années tout au plus), il n'existe pas de populations locales bien définies. Il s'agit de populations très polymorphes issues d'une multitude de croisements faits sans ligne directrice à partir d'animaux de race pure importés. Ces populations ont souvent un potentiel limité et elles ne sont pas adaptées au milieu local. Il faut toutefois les étudier avant de décider de les supprimer.

Enfin, il existe des souches de lapins. La souche est un troupeau génétiquement fermé, d'effectif limité, conduit sans introduction de l'extérieur depuis plusieurs générations. Les caractéristiques d'une souche sont le nombre de reproducteurs, l'année et le mode de constitution, éventuellement le mode de conduite des accouplements (souche sélectionnée ou non). Ces souches peuvent se trouver dans des laboratoires de recherche qui les entretiennent pour étudier leurs caractéristiques biologiques et zootechniques en vue d'obtenir leur meilleure utilisation en sélection. Ainsi, l'INRA (Centre de Toulouse) réalise des expérimentations de sélection sur des souches (tableau 28). Des sélectionneurs privés sélectionnent aussi des souches de lapins, à l'instar de ce qui se fait en sélection avicole depuis 1930. Mais certains éleveurs ou petits groupes d'éleveurs, au niveau d'un village par exemple, peuvent également avoir constitué une souche à leur insu.

Enfin, certains laboratoires de recherche (par exemple Jackson Laboratory, Bar Harbor, Maine, Etats-Unis) entretiennent des souches ou lignées consanguines de lapins utilisés exclusivement comme animaux de laboratoire.

Lorsque les éleveurs d'une région élèvent traditionnellement des lapins, ils utilisent une population locale. Les caractéristiques écologiques de la région et du système de production, ainsi que les interventions des éleveurs, modèlent le patrimoine génétique de la population. Lentement la population évolue. Sauf dans certains cas particuliers, elle reste ouverte sur les populations qui exis-

TABLEAU 28
Caractéristiques de quelques souches expérimentales de l'INRA

Souche et origine raciale	Critères de sélection	Méthodes de sélection	Taille de la population	Nombre de générations
1077 Néo-Zélandaise Blanche	Taille de la portée au sevrage	Index	33 mâles 121 femelles	18
9077 Même origine que le 1077	Souche terrain		22 mâles 44 femelles	12
2066 Californienne et Grande Russe	Taille de la portée à la naissance	Index	24 mâles 64 femelles	18

tent à sa périphérie. Cela ralentit la marche vers l'uniformité, mais offre une variabilité génétique nouvelle à la sélection naturelle et/ou artificielle.

L'étape suivante de l'évolution est la race. L'action de l'éleveur est plus importante. Il définit un standard et recherche les animaux les plus conformes à ce standard. L'influence des caractéristiques écologiques de la région et du système de production est plus réduite que pour les populations. Les races sont génétiquement plus homogènes que les populations. Cette sélection pour une conformité à un standard entraîne parfois des excès. Les éleveurs recherchent uniquement des caractéristiques extérieures et négligent les caractères de production. Ils pratiquent des accouplements entre des individus très apparentés pour accroître l'impression visuelle d'homogénéité des animaux.

L'étape ultime de l'évolution est la souche. Le nombre d'animaux fondateurs est plus faible (quelques dizaines dans chaque sexe), et la souche échange très peu de gènes avec les populations voisines. Ensuite, une souche est généralement soumise à une sélection artificielle pour un petit nombre de critères. Les souches sont souvent plus homogènes génétiquement que les races.

Caractéristiques zootechniques des races de lapins

L'expression de ces caractéristiques dépend du milieu et de l'éleveur. En comparant des résul-

tats obtenus dans plusieurs milieux et des lieux géographiques différents, on pourra déduire des caractéristiques générales des races. La fécondité des lapins, leur vitesse de croissance et le développement tissulaire des lapereaux sont trois groupes de caractères zootechniques essentiels.

Fécondité. La fécondité se définit comme le produit d'une fertilité (nombre de mises bas par lapine et par unité de temps) et d'une prolificité (nombre de lapereaux par mise bas).

La prolificité varie significativement en fonction de plusieurs facteurs propres ou extérieurs à l'animal. La taille de portée s'accroît en moyenne de 10 à 20 pour cent entre la 1^{re} et la 2^e portée d'une lapine; elle subit un accroissement plus limité de la 2^e à la 3^e portée; elle reste stationnaire jusqu'à la 4^e portée et peut décroître ensuite. La consanguinité de l'œuf et de la lapine peuvent réduire la prolificité. Celle-ci dépend aussi de la saison et du rythme de reproduction imposé à la lapine.

Cependant, pour des lapines en bonne santé et alimentées normalement, soumises à une durée d'éclaircissement de 12 à 14 heures sur 24, la prolificité semble être une caractéristique liée à la taille adulte. En effet, le potentiel d'ovulation s'accroît en moyenne avec cette dernière. La première limite à la prolificité est d'abord le taux d'ovulation (nombre d'ovules pondus) et ensuite la viabilité des blastocystes et des embryons jusqu'à la naissance.

Dès 1932, Gregory indiquait que la taille

de portée est fonction du nombre d'ovules pondus suite à la saillie et que celui-ci est fonction, entre races, de la taille corporelle: 3,97 pour la lapine de race Polonaise et 12,88 pour la Géante des Flandres, les tailles de portées à la naissance correspondantes étant

de 3,24 et 10,17. Les races petites et légères sont en général moins prolifiques que les races moyennes ou grandes. Au Soudan, Elamin (1978) indique les moyennes suivantes pour les trois races Baladi, Californienne et Néo-Zélandaise Blanche:

	<i>Baladi</i>	<i>Californienne</i>	<i>Néo-Zélandaise Blanche</i>
Nombre de nés par portée (total)	4,7	7,10	7,49
Nombre de nés vivants par portée	3,5	6,67	6,94

Matheron et Dolet (1986) analysent les résultats de 682 femelles dans 10 élevages situés en Guadeloupe dans les Antilles françaises. Ils distinguent d'abord des femelles «créoles» de petite taille. Comme ces femelles sont difficiles à trouver, les éleveurs achètent des femelles en métropole et réalisent de nombreux croisements. Ils distinguent donc ensuite des femelles Néo-Zélandaises Blanches et des femelles «diverses», pour lesquelles il n'est pas possible de donner plus de précisions. Dans ces croisements complexes, les éleveurs ont utilisé, en plus des deux souches précédentes, les races Argenté de Champagne, Fauve de Bourgogne, Blanc de Bouscat, Papillon, etc. Le tableau 29 montre que les femelles Néo-Zélandaises sont plus fertiles et plus prolifiques. Ce résultat confirme les grandes qualités d'adaptation de cette race aux conditions locales marquées par une forte hygrométrie et une température élevée. La mortalité entre la naissance et le sevrage reste élevée, ce qui indique l'ampleur des progrès possibles. Les femelles «créoles» ont une prolificité plus faible mais une meilleure viabilité que les femelles «diverses». La différence de -0,78 à la naissance n'est plus que de -0,12 au sevrage. La mauvaise viabilité naissance-sevrage des lapereaux issus des femelles «diverses» est surprenante. La bibliographie indique que ces femelles métisses bénéficient souvent d'ef-

fets d'hétérosis et de complémentarité favorables. Ce résultat rappelle que ce n'est pas toujours le cas. Par ailleurs il est possible que les races choisies et les croisements réalisés aient fait l'objet d'un mauvais choix.

Paez Campos *et al.* (1980) donnent les paramètres zootechniques (tableau 30) des races Néo-Zélandaise Blanche, Californienne, Chinchilla et Rex, élevées au Centre national cunicole d'Irapuato (Mexique), zone de climat tropical tempéré par l'altitude (1 800 m).

Ponce de Leon (1977) obtient les résultats présentés au tableau 31 pour quatre races étudiées dans les conditions d'élevage de Cuba, en climat tropical humide. Les caractéristiques de ces races et de cet élevage sont définies plus précisément dans la suite de ce chapitre. La forte mortalité (11,6 pour cent) s'explique ici par les conditions d'élevage.

Le développement des systèmes de gestion technico-économique en Espagne et en France fournit des séries de résultats qui décrivent l'évolution des performances dans les élevages de production. Pour l'échantillon suivi de façon régulière en France par l'Institut technique de l'aviculture, la taille de la portée (nombre de lapins nés vivants) est passée de 7,2 à 7,8 entre 1974 et 1986. Elle a atteint 8,6 en 1992.

Le tableau 32 synthétise d'autres résultats de comparaison entre des races dans des conditions d'élevage de type rural ou dans des

TABLEAU 29
Résultats de femelles de trois types génétiques dans des élevages de la Guadeloupe

Races	Taille de la portée				Mortalité (%)			
	Effectif	Taux de gestation (%)	Nés totaux	Nés vivants	Sevrés	Naissance	Naissance - sevrage	Totale
Divers	2 159	75	7,33	6,72	4,54	8	32	38
Créole	78	71	6,55	6,21	4,42	5	29	32
Néo-Zélandais Blanc	291	80	7,44	6,71	5,14	10	23	31
Total	2 528	76	7,32	6,70	4,60	8	31	37
Signification de l'effet race		**	NS	NS	*	NS	**	**
Ecart type			2,78	2,86	3,00			

Source: Matheron et Dolet, 1986.

TABLEAU 30
Paramètres zootechniques moyens de quatre races élevées au Centre national cunicole d'Irapuato, au Mexique

	Nombre de nés par portée	Nombre de nés vivants par portée	Nombre de lapereaux sevrés par portée	Age à la 1 ^{re} saillie (jours)	Poids à la 1 ^{re} saillie (kg)	Nombre de portées étudiées	Nombre de lapines
Néo-Zélandais	8,5	8,0	6,5	144	3,49	3 723	600
Californien	8,0	7,2	5,8	140	3,50	1 090	200
Chinchilla	8,7	8,1	6,0	132	3,39	562	140
Rex	6,8	6,3	5,1	153	3,02	554	120

TABLEAU 31
Tailles de portée observées à Cuba pour quatre races

	Nombre de nés par portée (total)	Nombre de nés vivants par portée
Semi-Géante Blanche	9,3	8,2
Californienne	7,8	6,6
Néo-Zélandaise Blanche	7,0	6,2
Chinchilla	7,6	6,4

Source: Ponce de Léon, 1977.

pays du Sud. Nous avons volontairement laissé de côté les comparaisons réalisées en Europe et aux Etats-Unis entre les races moyennes comme la Néo-Zélandaise Blanche et la Californienne. On pourra se reporter à la synthèse de Rochambeau (1988). Ce tableau souligne l'importance des études réalisées en Inde et en Egypte. On peut cependant regretter le peu d'études qui portent sur des populations locales. La Néo-Zélandaise Blanche et la Californienne sont utilisées par de nombreux auteurs, mais il faut souligner qu'il s'agit de souches assez différentes. Comme les auteurs ne précisent que trop rarement l'origine de leurs animaux, il est difficile de les utiliser comme base de connections. On peut craindre que ces diverses populations blanches n'aient en commun que ce phénotype de coloration. Ce tableau montre l'intérêt de certaines populations «géantes» présentes en Inde et en Egypte. Il faudrait connaître le format adulte de ces populations pour savoir lesquelles font vraiment partie du groupe des races géantes. D'autres populations comme le Chinchilla Russe ou le Sandi sont aussi dignes d'intérêt.

Composantes biologiques de la prolificité.

La caractérisation de ces composantes dans les races et les populations locales fournit des indications utiles pour choisir les meilleures stratégies d'utilisation. Pour cela, on compte le nombre de corps jaunes présents sur l'ovaire pour estimer le taux d'ovulation. On dénombre ensuite le nombre de sites d'implantation et le nombre d'embryons vivants et morts pour évaluer la viabilité embryonnaire. La connaissance de la taille de la portée à la naissance complète l'estimation de la viabilité fœtale. En observant le tractus de la femelle après l'implantation des embryons, implantation qui a lieu sept jours après la mise bas et avant le 15^e jour de la gestation, on peut à la fois estimer le taux d'ovulation et la viabilité embryonnaire. La méthode la plus simple consiste à faire une laparotomie, c'est-à-dire une ouverture dans le flanc de la femelle pour observer les ovai-

res et l'utérus. Cette méthode oblige le plus souvent à sacrifier la femelle. C'est pourquoi on préfère aujourd'hui la laparoscopie. L'utilisation d'un endoscope réduit considérablement les effets sur les femelles, qui poursuivent une vie productive normale après l'opération, et permet plusieurs observations sur la même femelle. Les tableaux 33 et 34 montrent l'existence de différences entre souches. Par ailleurs, le classement entre les souches varie entre l'ovulation et la naissance; par exemple, la souche 2066 est pénalisée par une mauvaise viabilité préimplantatoire (tableau 33).

Vitesse de croissance pondérale et composition corporelle.

Pour des lapins alimentés sans déficience alimentaire trop marquée, la vitesse de croissance du jeune animal est fortement corrélée avec la taille et le poids adulte. Des valeurs moyennes des poids des lapereaux à des âges successifs de 28 à 78 jours, ainsi que des poids de carcasses à 78 jours, sont fournies à titre indicatif au tableau 35 pour les races Petite Russe et Néo-Zélandaise. Il apparaît nettement que la vitesse de croissance des lapereaux Petit Russe (poids adulte de la race: 2,5 kg) est plus faible que celle des lapereaux Néo-Zélandais (poids adulte: 4 kg). De plus, la race Néo-Zélandaise Blanche présente à 78 jours un degré de maturité plus élevé que la race Petite Russe; en effet, son poids vif à 78 jours représente 63 pour cent du poids vif adulte contre 59 pour cent pour les animaux Petit Russe. Les coefficients de variation (v%), rapport de l'écart type phénotypique sur la moyenne, sont caractéristiques de la variabilité intrarace de ces caractères, pour un système d'alimentation donné. Cette variabilité est plus forte pour les jeunes lapins Néo-Zélandais que pour les Petit Russe.

On observe également une variation, entre races moyennes, des performances de croissance et de composition anatomique des carcasses d'animaux abattus au même âge. A titre d'exemple, des résultats concernant des lapereaux Fauve de Bourgogne, Argenté de

TABLEAU 32
Synthèse de quelques comparaisons raciales pour le poids individuel au sevrage, le poids individuel à x semaines, la taille de la portée à la naissance et au sevrage

Auteurs	Carac- tères	Géant de Bouscat	Baladi Gris	Baladi Rouge	Baladi Jaune	Califor- nien	Chin- chilla	Géant des Flandres Blanc	Géant Chin- chilla	Géant Gris	Géant Blanc	Giza Blanc	Norfolk	Néo- Zélandais Blanc	Sandy	Chin- chilla Russe
Damodar et Jatkar 1985, Inde,	10 IW						115							1,9*		
Khajil <i>et al.</i> , 1985, Egypte	WIN 12 IW	0,44* 1,00*								98 102						
Kosba <i>et al.</i> , 1985, Egypte	9 IW 12 IW	0,63* 1,10*		67 78		111 97							102 114	1,6* 2,8*		
Nunez <i>et al.</i> , 1985, Brésil	8 IW 12 IW				98 107											
Kosba <i>et al.</i> , 1988, Egypte	12 IW 39 IW		87 79				1,0* 2,2*									
Afifi et Amara, 1987, Egypte	BLS WLS	5,7* 3,7*		93 100			99 115				116 123			4,9* 4,2*		
Damodar et Jatkar, 1985, Inde	BLS WLS								116 61					8,0*		100
Gugushvili, 1981, URSS	BLS				83											
Khajil <i>et al.</i> , 1987, Egypte	BLS WLS	6,5* 4,9*								98 95						
Lahiri et Mahajan, 1983 et 1984, Inde	BLS WLS								134 115	111 141				7,8* 4,8*		102 111
Nunez <i>et al.</i> , 1985, Brésil	BLS WLS				93 107									5,9* 3,6*		
Rahumathulla <i>et al.</i> , 1986, Inde	BLS													5,3*		94

Note: Le chiffre suivi d'un astérisque indique la valeur de référence en effectif ou en kilogrammes; les autres valeurs sont exprimées en pourcentage par rapport à cette référence.
 WIN= poids individuel au sevrage; xIW= poids individuel à x semaines; BLS= taille de la portée à la naissance; WLS= taille de la portée au sevrage.
 Source: D'après Rochambeau, 1988.

TABLEAU 33
Composantes de la taille de la portée dans trois souches expérimentales de l'INRA

	Souche		
	2066	1077	9077
Taux d'ovulation	14,5	13,8	13,0
Nombre d'embryons implantés	11,1	12,0	11,0
Nombre d'embryons vivants à 15 jours	9,8	10,4	9,7
Nombre de lapereaux vivants + morts à la naissance	8,0	8,2	8,4

Source: Bolet *et al.*, 1990.

TABLEAU 34
Composantes de la taille de la portée dans un échantillon de 233 femelles de la souche V de l'université de Valence

	Moyenne	Ecart type
Taux d'ovulation	15,0	2,1
Nombre d'embryons implantés	12,9	2,6
Nombre d'embryons vivants à 12 jours	12,6	2,6
Nombre de lapereaux vivants + morts à la naissance	10,0	2,8

Source: Santagreu, 1992.

Champagne et Grand Russe sont fournis au tableau 36 pour des sujets abattus à 84 jours. La race Argenté de Champagne a d'excellentes caractéristiques de croissance et de développement des tissus musculaires et gras pour la production de viande, suivie ici par la race Fauve de Bourgogne.

La vitesse de croissance pondérale et des principaux tissus dépend des caractéristiques biologiques de la race et de facteurs d'élevage comme l'alimentation. Il semble donc préférable, pour caractériser une race dans un milieu d'élevage donné, de considérer les degrés de maturité en poids, qui se définissent comme étant le poids à un âge donné divisé par le poids adulte. Les races les plus intéressantes sur le plan zootechnique se-

ront celles qui atteignent le plus rapidement un pourcentage élevé de leur poids adulte et qui, en même temps, parviendront rapidement au poids vif demandé par le marché. Les races légères pourront être intéressantes à utiliser, en race pure ou mieux en croisement avec des races moyennes, dans les cas où le marché demande une carcasse légère avec un bon développement musculaire et une qualité gustative de la viande (suffisamment de gras).

GÉNÉTIQUE DES CARACTÈRES ZOOTECHNIQUES

L'amélioration génétique des caractères d'intérêt zootechnique des lapins dans leurs milieux d'élevage repose sur la variabilité gé-

TABLEAU 35
Variabilité du poids des lapereaux de 28 à 78 jours
et des poids de carcasses, pour deux races

	Petit Russe		Néo-Zélandais	
	x	v(%)	x	v(%)
Age (jours)	<i>Poids vif (g)</i>			
28	428	8	599	26
31	485	12	761	16
38	582	8	1 013	14
45	770	9	1 248	13
52	933	9	1 568	15
59	1 105	10	1 860	14
66	1 245	10	2 066	11
73	1 387	10	2 300	10
78	1 476	10	2 503	10
	<i>Poids de carcasses (g)</i>			
78	911	9	1 364	7

Note: Animaux élevés à l'INRA (Centre de Toulouse), en élevage rationnel et sevrés à 28 jours; carcasses avec tête et manchons; (x= moyenne; v= coefficient de variation).

TABLEAU 36
Valeurs moyennes pour le poids vif à 84 jours, le poids de carcasse, le rapport
poids de muscles/poids d'os, le poids du tissu gras dans la carcasse, des lapereaux
des races Fauve de Bourgogne, Argenté de Champagne et Grand Russe

	Fauve de Bourgogne	Argenté de Champagne	Grand Russe
Poids vif à 84 jours (g)	2 143	2 460	2 055
Poids de carcasse (g)	1 305	1 588	1 287
Poids de muscles/poids d'os	4,3	4,5	4,0
Poids du tissu gras dans la carcasse (g)	86	107	73

Source: D'après Rouvier, 1970.

nétiq ue observée dans ces milieux. La variabilité s'exprime entre animaux de la même race ou de la même population locale, entre races et entre populations, ou entre croisements de celles-ci. Elle traduit des différences génétiques que la sélection et le croi-

sement ont pour objectif d'exploiter. Il faut définir le but de cette exploitation.

Il s'agit ici de discuter les modes d'exploitation de la variabilité génétique pour un système d'élevage en petits troupeaux utilisant de préférence les ressources locales. Les possibilités

d'amélioration d'une espèce dépendent de ses caractéristiques biologiques et de la maîtrise de la reproduction que l'on peut avoir, ainsi que des paramètres génétiques calculés pour les caractères à sélectionner.

Caractéristiques biologiques

Maîtrise de la reproduction. L'obtention d'une portée par une femelle, et d'une succession de portées, représente des opérations zootechniques importantes demandant beaucoup de soins et de temps à l'éleveur. Dans l'élevage en cage, la lapine doit être présentée au mâle pour la saillie et pour cela amenée dans la cage du mâle. Bien que, à partir de la maturité sexuelle, la lapine puisse en théorie être présentée au mâle à tout moment, sauf pendant la gestation, elle n'accepte pas toujours le mâle. Une acceptation du mâle suivie d'une saillie ne conduit à une portée que dans 70 à 80 pour cent des cas. Ce taux est soumis à des variations individuelles dues au stade physiologique, à la saison, à la race et à l'environnement. La figure 17 résume les rôles respectifs du mâle et de la femelle sur la détermination génétique de la taille de la portée au sevrage chez le lapin.

La première étape indispensable à l'obtention d'une portée est la saillie. Pour la réalisation de celle-ci, le mâle et la femelle interviennent par leur ardeur sexuelle. Les bases biologiques de la libido sont peu connues chez le lapin. Celle-ci diminue lorsque la température est élevée (28°-30 °C). Cela explique qu'en période chaude on doit mettre la femelle en présence du mâle très tôt le matin, période où l'ardeur sexuelle semble être plus grande que plus tard dans la journée.

La lapine intervient de façon importante sur la prolificité par sa ponte ovulaire (+ 10 heures après la saillie), mais le mâle intervient de son côté par le pouvoir fécondant de son sperme (+ 16 heures après la saillie). Ensuite, le mâle et la femelle interviennent également par leurs gènes de viabilité et croissance prénatales transmis à l'œuf, le croisement pouvant conduire à un effet d'hétérosis sur cette viabilité de l'œuf, du blastocyste et de l'embryon. La femelle inter-

vient de plus par son milieu maternel utérin qui conditionne notamment l'alimentation des embryons. Le mâle a donc un effet sur la taille de portée des lapines saillies.

La prolificité de la lapine est une caractéristique raciale, mais avec des variations individuelles importantes (de 1 à 18 lapereaux nés par portée). Une fois que la portée est mise bas, il faut l'amener jusqu'au sevrage. La protection que l'éleveur procure aux lapereaux et l'alimentation qu'il donne à la mère, ainsi que la viabilité des lapereaux, le comportement maternel et l'aptitude laitière des lapines, sont des facteurs importants qui conditionnent le nombre de lapereaux sevrés. La viabilité des lapereaux dans les portées, entre la naissance et le sevrage, dépend, pour une race de taille adulte donnée, du nombre de nés vivants (prolificité), comme l'indique le tableau 37.

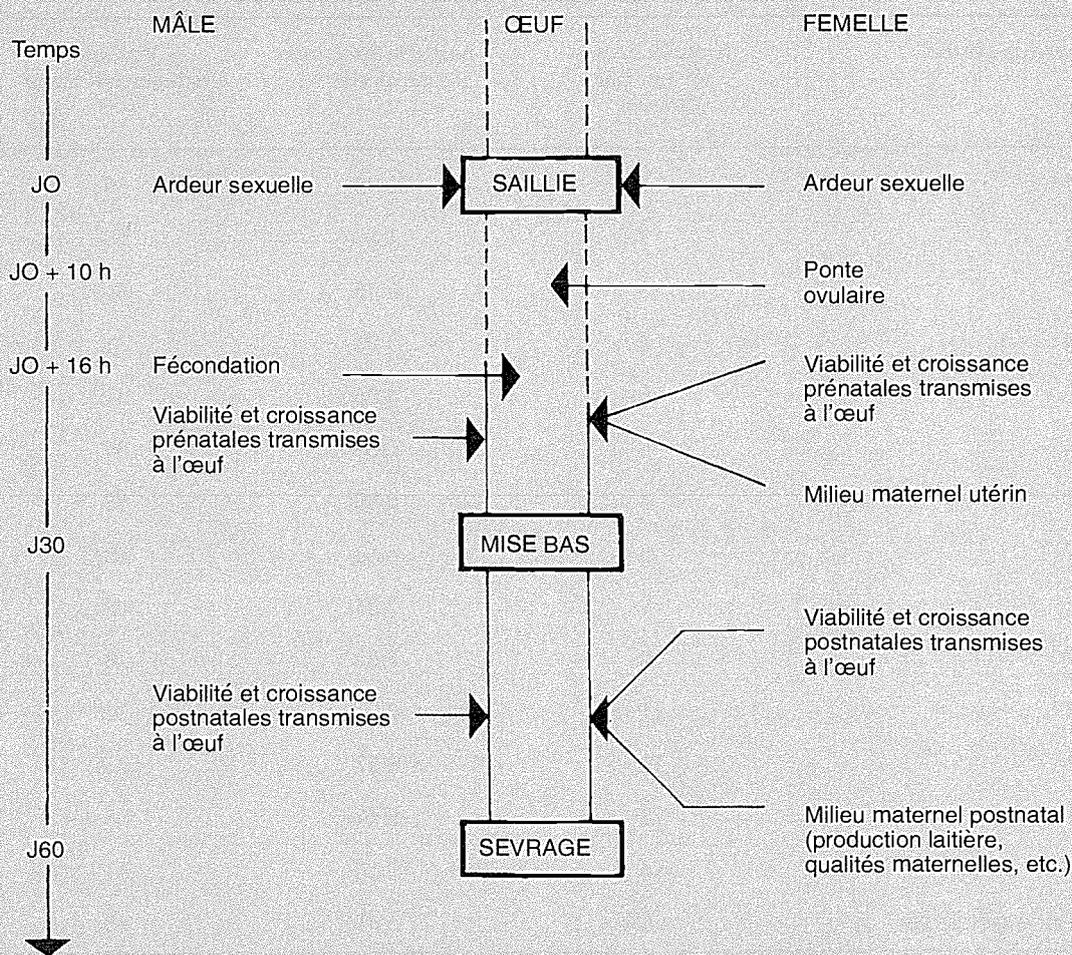
La viabilité naissance-sevrage reste à peu près constante pour des portées ayant de 3 à 9 nés vivants. Les faibles tailles de portée (1 ou 2 nés vivants) ne permettent pas le maintien d'un environnement favorable à la survie des lapereaux. A partir de 12 lapereaux nés vivants, il y a un plafonnement du nombre de lapereaux sevrés à 8,6. Cela donne des règles de pratique de l'adoption en vue d'améliorer le nombre total de lapereaux sevrés. Ces lapereaux transférés proviennent de portées de faible effectif (1 ou 2 lapereaux), mais surtout de fort effectif (plus de 10). L'adoption suppose cependant un troupeau de lapines d'effectif suffisant, pour avoir des portées contemporaines et une bonne connaissance des qualités maternelles. Après la naissance et une fois que le lapereau a tété, il peut être séparé de la mère pendant 24 heures, ce qui permet de le faire voyager facilement puis de le confier à une mère adoptive.

Du fait de ses caractéristiques biologiques (ovulation provoquée par l'accouplement, acceptation du mâle dès le jour de la mise bas, pas d'anœstrus de lactation, anœstrus saisonnier peu marqué, etc.), la lapine offre de multiples possibilités au point de vue du rythme théorique de reproduction.

Le tableau 38 donne, à titre d'exemple, les

FIGURE 17

Rôles respectifs du mâle et de la femelle sur la détermination génétique de la taille de la portée au sevrage



Source: D'après Matheron et Mauléon, 1979.

résultats obtenus jusqu'au sevrage de trois rythmes de reproduction, dans un système de grand élevage au Mexique.

En conclusion, la lapine et le lapin mâle ont un potentiel très élevé de reproduction, ainsi que le confirment les recherches les plus récentes. Ce potentiel peut être évalué à 150 lapins produits par lapine et par an; mais l'atteinte effective de celui-ci sur le plan zootechnique demandera encore des années de recherche et une très grande maîtrise des facteurs du milieu. Pour l'élevage dans les pays du tiers monde, il convient actuellement de s'orienter vers l'utilisation des populations locales avec des rythmes de reproduction adaptés, où l'on ne maîtrisera que les facteurs essentiels du milieu.

Il faudra donc commencer par l'amélioration des techniques traditionnelles et des populations locales lorsqu'elles existent.

La croissance des tissus. Comme l'ont montré les travaux de Cantier *et al.* (1969), c'est d'abord le tissu osseux qui se développe chez le jeune lapin en croissance, puis le tissu musculaire et enfin le tissu gras. Dans une population de lapins communs de poids adulte moyen (4 kg), le squelette se développe rapidement jusqu'au poids vif de 1 kg, et sa croissance se poursuit plus lentement jusqu'au poids de 4 kg. Le tissu musculaire croît, en poids, très rapidement jusqu'au poids vif de 2,3 à 2,6 kg; cette croissance est très ralentie par la suite. L'augmentation

TABLEAU 37
Viabilité naissance-sevrage des lapereaux en fonction
de la taille de portée de naissance

Nombre de portées	Nombre de nés vivants par portée	Nombre de sevrés par portée	Viabilité naissance-sevrage (%)
171	1	0,35	35
321	2	1,37	68
487	3	2,43	81
634	4	3,23	81
1 035	5	4,06	81
1 784	6	5,05	84
2 741	7	5,80	83
3 837	8	6,68	83
3 753	9	7,34	82
2 857	10	7,82	78
1 343	11	8,21	75
676	12	8,57	71
221	13	8,59	66
63	14	8,60	61
Moyenne générale	8,01	6,41	80

Note: Les résultats ont été enregistrés pour une gestion technique d'élevages de production rationnels, dans la région Midi-Pyrénées, en France.

Source: D'après Roustan, Matheron et Duzert, 1980.

de poids des tissus adipeux est excessivement rapide à partir du poids vif de 2,1 kg (tableau 39). Pour tenir compte des différences de vitesse de croissance pondérale globale dues aux variations de poids adulte entre races ou à l'alimentation, les lapins doivent être abattus lorsqu'ils pèsent de 50 à 60 pour cent du poids adulte caractéristique de la race ou de la population à laquelle ils appartiennent, en vue d'obtenir un optimum à la fois pour la composition anatomique de la carcasse et l'efficacité de l'utilisation des aliments distribués et consommés.

La fourniture d'une alimentation trop pauvre ralentit la croissance pondérale globale, et conduit ainsi à un accroissement de l'indice de consommation (quantité nécessaire pour produire 1 kg de gain de poids). Cela peut ne pas être un inconvénient

dans un système d'élevage utilisant les ressources locales pour l'alimentation des lapins en croissance. Cependant, intrapopulation, les animaux de plus forte croissance ont, à l'âge ou au poids d'abattage, la meilleure composition de carcasse (rapport muscle/os, pourcentage de gras). La viande du jeune lapin est naturellement maigre et on n'a pas à craindre un excès de gras. L'âge et le poids optimaux d'abattage sont à étudier en fonction des objectifs du marché ainsi que des conditions d'élevage et d'alimentation de la population animale utilisée.

Effets des gènes et du milieu

La plupart des caractères quantitatifs d'intérêt zootechnique, notamment la prolificité, la viabilité et la croissance, ont un déterminisme génétique qui est polygénique et sont de plus

TABLEAU 38
Comparaison de trois rythmes de reproduction

Caractères zootechniques	Lots		
	1	2	3
Nombre de lapines en reproduction dans chaque lot	75	75	75
Age des lapereaux au sevrage (<i>jours</i>)	28	35	42
Présentation de la lapine au mâle après la mise bas à partir de ... (<i>jours</i>)	3	10	17
Taux d'acceptation du mâle (%)	85	84	87
Taux de gestation (%)	61	84	87
Nombre théorique de portées par lapine et par an	9,0	8,0	6,95
Estimation du nombre de portées par cage de mère et par an	7,9	7,5	6,6
Nombre de lapereaux nés par portée	7,6	7,6	7,7
Nombre de lapereaux nés vivants par portée	6,8	6,9	7,0
Nombre de lapereaux sevrés par portée née	5,7	5,9	5,8
Poids moyen des lapereaux au sevrage (<i>g</i>)	520	760	990

Source: Centre national cynicole d'Iraputo (Mexique).

soumis aux effets du milieu. La résultante des effets des gènes (valeur génotypique) et des effets du milieu sur un caractère est sa valeur phénotypique. La valeur génotypique résulte des effets des gènes à plusieurs locus. Le milieu a de nombreuses composantes: climat, habitat et microclimat au niveau des animaux; température, hygrométrie, vitesse de l'air, matériel d'élevage, techniques d'élevage et d'alimentation, facteur humain (éleveur). La détermination de la part de variation génétique des caractères intéresse le sélectionneur et l'éleveur à deux points de vue: exploitation de la variabilité génétique entre animaux de la même race ou population et de celle existant entre races et populations.

La valeur génétique d'un individu n'est pas directement observable; seule la performance, c'est-à-dire la valeur phénotypique, est mesurable. Le modèle classique de la génétique quantitative suppose que la valeur phénotypique est la somme de la valeur génétique et des effets du milieu. Ce modèle suppose l'indépendance

de la génétique et du milieu. Toujours d'après ce modèle, la valeur génétique résulte, d'une part, des effets additifs des gènes (valeur génétique additive) et, d'autre part, des effets d'interaction des gènes situés au même locus (dominance) ou à des locus différents (épistasie). La valeur génétique additive d'un individu s'estime par une régression sur les performances de cet individu et de ses apparentés. Un programme de sélection cherche à créer du progrès génétique, c'est-à-dire à augmenter la valeur génétique additive moyenne de la population.

Héritabilités et corrélations génétiques. Le progrès génétique est fonction notamment de la part de la variance qui est d'origine génétique additive. Ce coefficient s'appelle l'héritabilité; il se calcule comme le rapport de la variance génétique additive sur la variance totale. L'héritabilité varie donc entre 0 et 1.

L'héritabilité est aussi le coefficient de régression de la valeur génétique additive d'un individu sur sa propre performance. Enfin,

TABLEAU 39
Coefficients d'allométrie des principaux organes et tissus, et indication des poids corporels critiques (sans contenu digestif) observés chez des lapins mâles

Poids corporel (g)	Tractus digestif	Peau	Tissu adipeux	Squelette	Muscles	Foie
650	1,13	0,44	0,82	0,91	1,20	1,25
850	0,46	0,86	1,87	0,55	0,50	0,47
950						
1000						
1700						
2100			3,21			
2450						

Source: D'après Cantier *et al.*, 1989, cités par Ouhayoun, 1989.

l'héritabilité varie en fonction du caractère mais aussi de la population étudiée et du milieu. Elle varie notamment avec les fréquences géniques et change donc dans une population sélectionnée.

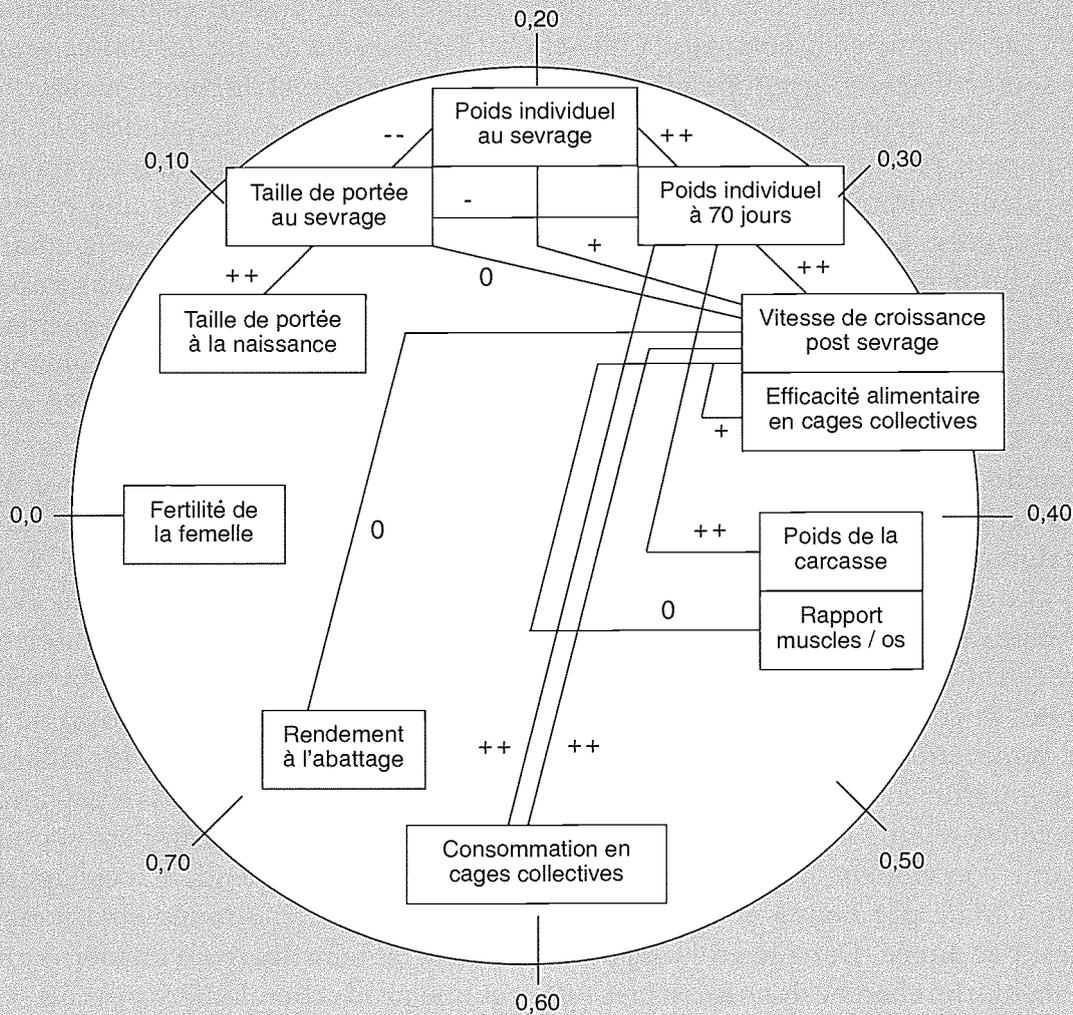
La figure 18 présente l'héritabilité des principaux caractères d'intérêt zootechnique. Les héritabilités se lisent sur un cercle qui a son origine à gauche. La fertilité des femelles a une héritabilité voisine de 0. Ensuite, lorsqu'on se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre, l'héritabilité augmente. Les tailles de portées ont une héritabilité d'environ 0,10. L'héritabilité est plus élevée pour les poids à âge type (0,20-0,30), et cela d'autant plus que l'animal vieillit et que l'influence maternelle se réduit. Entre 0,30 et 0,40, on trouve la vitesse de croissance post sevrage et l'efficacité alimentaire en cages collectives. Au-delà de 0,40, il y a des caractères

comme le poids de la carcasse, le rapport muscles/os, la consommation en cage collective, le rendement à l'abattage. Il faut rester très critique devant ces estimations; à la difficulté d'estimation d'un rapport de variance avec les données disponibles s'ajoutent les variations de l'héritabilité dans le temps et dans l'espace. Pour illustrer ce phénomène, la revue faite en 1988 par Rochambeau est instructive: pour le nombre de lapereaux nés vivants, l'héritabilité varie encore entre 0,0 et 0,40 lorsqu'on retire les estimations du quart supérieur et du quart inférieur. Pour le poids individuel à 14 semaines, elle varie entre 0,20 et 0,80 dans les mêmes conditions.

Variabilité génétique entre races et populations. La comparaison de races dans un même milieu

FIGURE 18

Héritabilités et corrélations génétiques des caractères de production chez le lapin



0: corrélation comprise entre $-0,20$ et $+0,20$
 + ou -: corrélation comprise entre $0,20$ et $0,40$ (signe + ou -)
 ++ ou --: corrélation supérieure à $0,40$ (signe + ou -)

Source: D'après Masoero, 1982.

d'élevage peut faire apparaître des particularités zootechniques qui sont dues aux différences dans les valeurs génotypiques moyennes des animaux des races dans ce milieu. Les comparaisons raciales sont donc très utiles dans les milieux de production. On pourra comparer des races ou populations locales avec des races améliorées dans d'autres pays et conditions d'élevage. L'exploitation des différences raciales se fait essentiellement par le croisement. Tous

les croisements ne sont pas avantageux et doivent donc être testés. L'avantage du croisement est dû principalement à l'hétérosis et à la complémentarité entre races différentes.

Hétérosis. Il y a hétérosis lorsque les performances zootechniques des animaux croisés sont supérieures à la moyenne de celles des animaux des deux races parentales pures. L'hétérosis peut concerner le lapereau (sa viabilité, par exemple), ou la lapine croi-

sée (sa prolificité et sa production laitière, par exemple), ou le mâle croisé (sa vigueur, son ardeur sexuelle et sa fertilité). Les caractères soumis à la dominance, comme les caractères de reproduction, sont les plus susceptibles de bénéficier d'hétérosis. Celle-ci pourra se manifester si les populations que l'on croise sont génétiquement différentes, ce qui ne peut pas toujours s'apprécier par l'étude phénotypique des races ou des populations pures. Les animaux croisés sont toujours plus hétérozygotes que les animaux des deux populations parentes. L'état hétérozygote entraîne une meilleure adaptation à des conditions de milieux variables et difficiles. Le croisement peut donc être utile pour améliorer l'élevage du lapin dans les pays du tiers monde, mais les essais de croisement doivent être planifiés, et il est recommandé d'utiliser les populations locales lorsqu'elles existent.

Complémentarité. Le croisement permet d'exploiter la complémentarité entre les races ou populations qui sont croisées. La complémentarité concerne les deux groupes de caractères, relatifs à la mère et aux lapereaux, qui contribuent à l'obtention d'un poids de viande par lapine et par unité de temps ou par année. Dans le croisement, la complémentarité cherche donc à associer soit des caractères globaux relatifs à la mère et aux produits, soit une combinaison favorable d'effets additifs sur les composantes d'un caractère global.

Dans le premier cas, on croisera des mâles d'une race à fort potentiel de croissance avec des lapines d'une autre race ou population intéressante pour sa prolificité, ses qualités maternelles, son adaptation au milieu d'élevage. La complémentarité peut aussi porter sur des caractères composant un caractère global. Ainsi, le taux d'ovulation et la viabilité des œufs et embryons sont des composantes de la taille de portée à la naissance (prolificité). La prolificité et viabilité naissance-sevrage sont des composantes de la taille de portée au sevrage. On pourra donc

rechercher des croisements qui regroupent, au niveau d'une lapine croisée, un taux d'ovulation élevé et une forte viabilité embryonnaire, ces caractéristiques pouvant par contre être antagonistes intrapopulation.

Expérimentation sur les croisements. Les effets d'hétérosis et de complémentarité ne sont pas systématiques. Il faut donc les mettre en évidence par la réalisation d'expériences de croisement. Considérons une population A et une population B . Il est souhaitable de comparer les deux populations pures ($A \times A$) et ($B \times B$) avec les deux croisements réciproques ($A \times B$) et ($B \times A$), de façon à mettre en évidence les effets maternels et grand-maternels.

Pour illustrer intuitivement ce qu'est un effet maternel, supposons que la race A a un poids adulte de 6 kg et la race B un poids adulte de 3 kg. Croisons un mâle A avec une femelle B , un mâle B avec une femelle A , et comparons le poids des lapereaux au sevrage. Les lapereaux AB ont en moyenne le même patrimoine génétique que les lapereaux BA , puisque dans les deux cas ce patrimoine provient pour moitié de leur père et pour moitié de leur mère. Cependant, ces lapereaux bénéficient d'un environnement maternel différent; les femelles A ont un utérus plus grand et une production laitière plus élevée et produisent donc des lapereaux plus lourds au sevrage. Ainsi, bien qu'ayant le même patrimoine génétique, les lapereaux BA pèsent plus lourd au sevrage que les lapereaux AB du fait d'effets maternels plus favorables. Pour une définition plus rigoureuse, on se reportera par exemple à Matheron et Mauléon (1979). Il est ensuite souhaitable d'étudier deux générations successives de croisements pour mettre en évidence les effets d'hétérosis directs sur les caractères des lapereaux et les effets d'hétérosis sur les effets maternels s'exprimant sur les caractères de la femelle. La première génération comprend les croisements ($A \times A$), ($B \times B$), ($A \times B$) et ($B \times A$); la seconde consiste à accoupler des femelles pures AA et BB et des femelles

métisses *AB* et *BA* avec, par exemple, des mâles d'une troisième souche *C*. Si le nombre de populations à étudier est supérieur à deux, le nombre de génotypes à comparer en seconde génération augmente avec le carré du nombre de populations.

Les résultats d'une expérience réalisée à l'INRA au Centre de Toulouse, entre 1987 et 1989, constituent un exemple. L'expérience se déroule en trois étapes et elle fait intervenir les souches 1077, 9077 et 2066, qui sont présentées au tableau 28. La première étape réalise un plan d'accouplement factoriel entre des mâles et des femelles des trois souches: on croise des mâles de chaque génotype (1077, 9077 et 2066) avec des femelles de chaque génotype (1077, 9077 et 2066) pour obtenir des portées de neuf génotypes (trois génotypes purs et six génotypes métis). Lors de la seconde étape, des femelles de ces neuf génotypes sont accouplées avec des mâles de trois génotypes purs. Enfin, lors de la dernière étape, ces mêmes femelles sont accouplées avec des mâles appartenant à deux souches de croisement terminal d'origine différente. A chaque étape, on contrôle les trois premières portées de la femelle. Les femelles sont ensuite abattues pendant la gestation de leur 4^e portée pour étudier les composantes de la taille de la portée.

Le tableau 40 compare les performances des femelles pures et celles des femelles métisses. On observe globalement une supériorité des femelles métisses, qui s'accroît de l'ovulation au sevrage, passant de 1 à 13 pour cent. On constate en outre des différences entre les souches pures et les femelles métisses. Les analyses qui suivent ont pour but d'expliquer ces différences de façon à mieux les valoriser ensuite. Les femelles 2066 ont un meilleur taux d'ovulation, mais cet avantage disparaît dès le stade suivant. Les souches 2066 et 1077 ont des performances assez proches. La souche 9077 a des performances moindres.

Les génotypes métis qui ont des gènes d'origine 2066 ont aussi un taux d'ovulation

plus élevé. Cet avantage se maintient jusqu'au sevrage, où les génotypes 2066 x 1077 et 1077 x 2066 confirment leur supériorité. L'utilisation de femelles métisses accroît significativement la taille de portée.

Le tableau 41 analyse ces mêmes résultats en termes d'effets génétiques. Pour les effets génétiques directs, on note un effet défavorable de la souche 2066 sur le nombre de sites d'implantation et un effet favorable de la souche 9077 sur la taille de la portée à la naissance. En ce qui concerne les effets maternels, l'effet défavorable de la souche 9077 sur le nombre de sites d'implantation contraste avec l'effet favorable de la souche 1077 sur la taille de la portée au sevrage. Si les effets d'hétérosis directs sont faibles, l'hétérosis maternelle est importante sur le nombre de sites d'implantation. Elle se maintient ensuite jusqu'au sevrage pour atteindre 16 pour cent entre les souches 1077 et 2066.

Les résultats d'expérimentation en croisement, qui sont particulièrement intéressants pour le choix d'une stratégie d'utilisation optimale du matériel animal, sont spécifiques des populations animales étudiées et non généralisables par exemple à l'ensemble des animaux d'une race. Ils peuvent par contre caractériser des populations locales ou souches et, de ce fait, permettre le choix de leur mode d'utilisation optimale en race pure et en croisement.

Apport des croisements pour l'élevage dans les pays tropicaux. Les bases biologiques de la supériorité des croisements sont à rechercher sur les populations animales dont on dispose dans différents milieux d'élevage. Plusieurs études de croisements entre races ont été réalisées en vraie grandeur dans les pays tropicaux. On rapporte ici une expérience réalisée à Cuba, avant de synthétiser des résultats obtenus en Egypte.

Ces études ont été faites sur des animaux de races importées et acclimatées, et non sur des populations de lapins locaux. Elles indiquent une amélioration de la production de viande

TABLEAU 40
Performances moyennes des femelles de neuf géotypes
pour les composantes de la taille de la portée mesurées à différents stades

Géotype des femelles ¹	Nombre de corps jaunes	Nombre de sites d'implantation	Taille de portée à la naissance	Taille de portée au sevrage
9077 x 9077	13,0	11,0	7,8	6,9
2066 x 2066	14,5	11,1	8,5	7,2
1077 x 1077	13,8	12,0	8,6	7,5
Moyenne	13,8	11,4	8,6	7,5
2066 x 1077	15,2	13,4	9,9	8,7
1077 x 2066	15,3	13,1	9,9	8,8
1077 x 9077	12,4	10,9	8,5	7,4
9077 x 1077	12,7	11,0	8,8	7,8
9077 x 2066	13,5	11,9	8,7	7,9
2066 x 9077	15,0	12,5	9,4	8,3
Moyenne	14,0 (+1%)	12,1 (+6%)	9,2 (+11%)	8,1 (+13%)

¹Successivement géotype du père, puis celui de la mère.

Source: D'après Brun, Bolet et Ouhayon, 1992.

TABLEAU 41
Paramètres génétiques de la taille de la portée mesurés
à différents stades entre l'ovulation et le sevrage

Paramètres	Géotypes	Nombre de sites d'implantation	Taille de portée à la naissance	Taille de portée au sevrage
Effets génétiques directs	9077	0,8	0,4	0,3
	2066	- 1,2	- 0,4	- 0,2
	1077	0,4	0,0	- 0,1
Effets maternels	9077	- 0,9	- 0,8	- 0,4
	2066	0,5	0,5	0,0
	1077	0,4	0,3	0,4
Hétérosis directe	2066 x 1077	3	5	0
	1077 x 9077	- 1	1	0
	9077 x 2066	- 1	3	6
Hétérosis maternelle	2066 x 1077	15	15	16
	1077 x 9077	- 4	7	7
	9077 x 2066	10	9	15

Source: D'après Brun, Bolet et Ouhayon, 1992.

par l'utilisation du meilleur croisement. A titre d'exemple, l'Instituto de Ciencia Animal de Cuba a effectué en 1969-1971 un croisement rotatif entre les quatre races: Semi-Géante Blanche, Californienne, Néo-Zélandaise Blanche et Chinchilla. Les caractères de tailles de portée à la naissance et au sevrage, ainsi que de poids de portée au sevrage, ont été analysés. L'expérience s'est déroulée en période sèche (novembre-avril; température moyenne, 22,2 °C; humidité, 75,2 pour cent) et en période de pluie (température moyenne, 26,1 °C, humidité, 77,7 pour cent). Les animaux des quatre races provenaient d'importations récentes du Canada et d'animaux élevés depuis plus longtemps à Cuba. Les caractéristiques pondérales adultes sont indiquées au tableau 42.

Les animaux étaient élevés dans des clapiers identiques à ceux utilisés dans le sud de la Californie: cages métalliques, avec boîte à nid en bois, disposées en deux rangées sur un seul étage sous un toit; bâtiment ouvert sur ses quatre côtés. Cet habitat, s'il protège les animaux des rayons directs du soleil, n'est pas suffisant en climat tropical humide pour la protection contre la pluie et le vent, ce qui explique la forte mortalité des lapereaux observée avant le sevrage. Le système de reproduction utilisé était extensif, le sevrage des lapereaux s'effectuant à l'âge de 45 jours, et la saillie ayant lieu après le sevrage. Les résultats moyens de taille de portée indiquent une prolificité normale pour des races de cette taille adulte (7,45 nés au total par portée), une mortinatalité un peu plus élevée que la normale (plus de 10 pour cent) et surtout une forte mortalité naissance-sevrage (2,5 lapereaux sevrés par portée née). Cela était dû à la mauvaise protection contre le vent et la pluie des lapereaux au nid et à l'alimentation insuffisante des lapines allaitantes. Il est donc intéressant de connaître l'apport des croisements dans ces conditions d'élevage difficiles.

La comparaison des races utilisées «en pur» montre que la Semi-Géante Blanche perd moins de portées entre la naissance et le sevrage que les autres, et on obtient avec cette race plus de poids de lapereaux sevrés au niveau du trou-

peau. Parmi les croisements simples, les croisements réciproques des races Néo-Zélandaise Blanche et Semi-Géante Blanche donnent les moyennes les plus élevées pour le nombre de sevrés et moins de mortalité totale des lapereaux. L'utilisation des lapines croisées issues de ces accouplements avec des mâles de la race Californienne permet également d'accroître la productivité numérique. La lapine croisée Semi-Géante Blanche X Chinchilla est la plus productive. Afifi et Khalil (1992) ont fait une synthèse des résultats d'une série de neuf expériences réalisées en Egypte et publiées entre 1971 et 1990. Ces expériences rapportent des comparaisons entre des races pures et des croisements faites à partir de populations locales ou importées. La liste des races utilisées est longue: Bouscat, Chinchilla, Giza Blanc, Baladi Blanc, Rouge et Jaune, Géant des Flandres Gris et Blanc, Néo-Zélandais Blanc et Californien. Les protocoles comportent un grand nombre de croisements simples et, malheureusement, assez peu de femelles métisses. Les auteurs de cette synthèse concluent que les races locales (Giza Blanc, Baladi) montrent une supériorité pour les caractères s'exprimant avant la naissance; les races importées (Néo-Zélandais Blanc, Californien, Bouscat) sont meilleures pour les caractères qui s'expriment après la naissance. Cette synthèse apporte ensuite un grand nombre d'estimations d'effets d'hétérosis directs que nous avons résumés dans le tableau 43. Dans les milieux où ces expériences ont été réalisées, il se confirme que les effets d'hétérosis directs sont faibles pour les caractères étudiés. Mis à part une valeur moyenne de 15 pour cent pour le poids de la portée à la naissance et de 7 pour cent pour la taille de la portée au sevrage, toutes les autres valeurs sont inférieures à 5 pour cent. Elles sont notamment proches de 0 pour le poids individuel à 4 et 12 semaines et pour la viabilité post sevrage. Par contre, les hétérosis maternelles sont plus élevées, même si le faible nombre de résultats disponibles empêche de conclure d'une manière catégorique.

TABLEAU 42
Poids vif adulte des quatre races utilisées dans un essai
de croisement à Cuba, en 1969-1971

Race	Poids des femelles	Poids des mâles
Semi-Géante Blanche	4,05	3,95
Californienne	4,05	3,87
Néo-Zélandaise	3,80	3,90
Chinchilla	3,98	4,20

L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE: SÉLECTION ET CROISEMENT

Les pays du sud de l'Europe occidentale (France, Italie et Espagne) développent des programmes d'amélioration génétique pour répondre aux besoins d'un élevage intensif dans des conditions de climat tempéré. Pour un objectif d'élevage en petites unités (de 5 à 60 mères lapines), dans des conditions d'élevage différentes, les animaux sélectionnés en Europe occidentale ne sont pas forcément les meilleurs. Ce sont les populations cunicoles locales et les populations constituées localement à partir de reproducteurs de différentes populations importées qui doivent servir de base à l'amélioration.

Pour être efficace, l'amélioration génétique doit être faite dans un cadre collectif et bénéficier d'un appui scientifique et technique de la part des organismes de recherche-développement du pays. La collectivité concernée sera un groupe de villages, une province ou un pays. L'amélioration génétique est une opération complexe et coûteuse; la collectivité doit être assez grande pour supporter son coût et pour mobiliser les compétences nécessaires. L'amélioration génétique demande une spécialisation technique. Il y aura donc des éleveurs-sélectionneurs et des éleveurs-utilisateurs, avec éventuellement des éleveurs-multiplicateurs entre les deux. Si les schémas pyramidaux utilisés en Europe occidentale sont efficaces dans leur contexte bien particulier, ils ne sont pas généralisables partout. Il appartient à chacun d'imaginer des réseaux correspondant mieux à la sociologie

des éleveurs du pays, réseaux qui garderont cependant une bonne efficacité génétique. Les sélectionneurs doivent d'abord être d'excellents éleveurs utilisant le système d'élevage, l'alimentation, les bâtiments et le matériel adaptés au pays. Il faut éviter une sophistication des installations de sélection, l'objectif étant de sélectionner dans des milieux d'élevage dont le niveau technique correspond aux meilleurs élevages de production. La prophylaxie hygiénique et sanitaire de l'élevage de sélection sera exemplaire. Un élevage de sélection est d'abord un très bon élevage de production. Seuls les frais supplémentaires entraînés par les opérations techniques de sélection sont pris en charge par la collectivité des éleveurs qui bénéficient de l'amélioration génétique réalisée. L'effort de recherche-développement visant à définir un programme d'amélioration génétique bien adapté aux besoins d'un pays doit être pris en charge par une collectivité plus large. Plusieurs types d'organisation sont envisageables. Le Mexique, avec l'aide de la France, a testé entre 1976 et 1982 un système pyramidal avec une station de sélection nationale contrôlée par un organisme public, des stations régionales de multiplication et des organismes de développement diffusant les reproducteurs dans des élevages familiaux. On peut cependant en imaginer d'autres.

Des organismes de recherche-développement doivent se préoccuper *i)* d'étudier l'efficacité réelle des méthodes de sélection et de créer du matériel génétique nouveau pour améliorer l'élevage dans le pays; et *ii)* de rechercher les

TABLEAU 43
Distribution des effets d'hétérosis directs et maternels dans une série
d'expériences de croisement réalisées en Egypte (en pourcentage)

Caractère	Répartition des effets d'hétérosis									
	N ¹	-10<	-5<	0<	5<	10<	15<	<20	20≤	Moyenne
Taille de portée à la naissance	43 6	1	8	5 2	11 2	6 1	4	3	5 1	4 5
Taille de portée au sevrage	43 6	4	3	7 1	6 1	11	5 1	2 1	7 1	7 14
Poids de portée à la naissance	32 0		1	1	5	6	6	7	7	15
Poids de portée au sevrage	34 4	4	4	2	7	6 1	4 2	4	3 1	5 13
Poids individuel à 5 semaines	36 5	4 1	5	6 2	11	5 1	5 1			1 1
Poids individuel à 12 semaines	32 5	2 1	3	7 1	7 1	10 1	3 1			2 0
Viabilité entre 4 et 12 semaines	17 2	3	6	1	2 1	1			3 1	1 12

¹N=nombre d'estimations. Pour chaque caractère, les effets d'hétérosis directs sont mentionnés sur la 1^{re} ligne et les effets d'hétérosis maternels sur la 2^e ligne.

Source: D'après Afifi et Khalil, 1992.

meilleures stratégies d'utilisation des populations animales, locales et exogènes, et pour cela faire les études de comparaison de races et d'expérimentation en croisement, ainsi que les opérations de testage de souches.

La sélection vise à améliorer les performances en agissant sur la valeur génétique des animaux, alors que les techniques d'élevage et d'alimentation permettent à cette valeur de s'exprimer. En fait, l'amélioration des techniques d'élevage et d'alimentation, d'une part, et l'amélioration génétique, d'autre part, doivent se réaliser simultanément. Dans ces conditions, l'objectif de la sélection et du croisement se ramène à deux points principaux:

- accroissement de la production numérique annuelle par lapine et par an, ou par cage de lapine et par an;
- accroissement de la vitesse de croissance permettant d'atteindre plus rapidement le poids d'abattage, et amélioration de la qualité des carcasses et de la viande.

La définition d'un protocole de sélection de-

mande alors le choix d'une méthode et l'étude de son efficacité théorique. Le croisement permet une amélioration supplémentaire par rapport à la sélection intrapopulation. Cependant, le progrès génétique dû au croisement n'est pas cumulable de génération en génération, comme l'est celui dû à la sélection, sauf dans le cas de sélection pour améliorer le croisement. Les points suivants seront traités ci-après: les méthodes de sélection; les stratégies de croisements; l'organisation de l'amélioration génétique.

Les méthodes de sélection

Caractères à sélectionner et critères de sélection. Parmi les caractères à sélectionner, les deux plus importants ont trait à la fécondité et à la croissance pondérale.

Fécondité. Un des objectifs principaux est l'amélioration de la production numérique par cage de mère et par an. Ce caractère global dépend de l'éleveur, de l'animal et du milieu. L'éleveur doit fixer le rythme théorique de reproduction de ses femelles. Si on suppose,

pour ces élevages en petites unités, un sevrage à 42 jours, une présentation des lapines au mâle à partir du 24^e jour après la mise bas et un taux de gestation moyen de 70 pour cent, cela conduit à six mises bas attendues par lapine et par an, en moyenne. Lorsqu'une lapine est éliminée, elle est immédiatement remplacée par une jeune femelle prête à être saillie. Si le taux de renouvellement du cheptel est de 100 pour cent par an, le nombre de portées attendues par cage de mère et par an sera de l'ordre de 5,5. Si 6 lapereaux sont sevrés par mise bas en moyenne et si 5,5 sont élevés jusqu'à l'abattage ou la reproduction, cela correspond à un objectif de départ d'environ 30 lapins élevés par cage de mère et par an.

Cet objectif modeste peut être réaliste pour des élevages en petites unités avec un système d'alimentation ne faisant pas appel exclusivement à l'aliment composé granulé. Une présentation tardive de la lapine au mâle (à partir du 24^e jour) permet de repousser l'âge du sevrage si besoin est. Si l'objectif précédent est facilement atteint, ou s'il s'avère trop modeste par rapport au potentiel des animaux et aux conditions d'environnement qui leur sont procurées, une accélération du rythme de reproduction est toujours possible. On pourrait alors choisir le rythme suivant: présentation au mâle à partir du 17^e jour après la mise bas et sevrage à 35 ou 42 jours. Cela donne une portée supplémentaire par cage de mère et par an, et on peut alors viser l'objectif de 35 lapereaux produits par cage de mère et par an. Un rythme de reproduction plus intensif pourrait conduire à un objectif initial de 40 ou 50 lapereaux produits par cage de mère et par an, mais, pour nombre de pays, cela est peu réaliste.

Quel que soit le rythme de reproduction adopté, il est important d'avoir des lapines acceptant le mâle, fécondes et capables de donner beaucoup de portées de fort effectif de lapereaux sevrés. Cela fait appel à un ensemble de caractères: taux d'acceptation du mâle, taux de gestation, prolificité, viabilité des lapereaux, production laitière, longévité. Ces caractères et aptitudes peuvent être rassemblés en un critère de sélection synthétique qui est le nombre moyen de

lapereaux sevrés par portée au cours des trois premières portées obtenues en un temps maximal défini. En effet, les performances obtenues au cours des trois premières portées sont en étroite corrélation avec la production d'une lapine dans toute sa carrière. En pratique, on pourra procéder selon le principe suivant:

- A partir de la deuxième portée d'une lapine, calculer son index de sélection sur le critère nombre de lapereaux sevrés en moyenne par portée.
- Diviser cet index par exemple par le nombre de jours écoulés entre la première mise bas et la n ème mise bas (s'il s'agit de l'index sur n portées). On obtient ainsi un indice de la fécondité.
- Comparer ensuite les lapines ayant eu le même nombre de portées sur la valeur de cet indice.

Le sevrage pouvant être plus ou moins tardif, on pourra prendre, comme effectif de lapereaux sevrés, l'effectif dans les portées à l'âge de 28 jours, ce qui permettra de connaître plus rapidement l'estimation de la valeur génétique d'une lapine.

Un système encore plus simple de choix des reproducteurs qui peut se faire directement dans l'élevage est mentionné au chapitre 9.

Croissance pondérale. L'autre groupe de caractères à sélectionner est relatif à la croissance pondérale. On pourra prendre comme critère de sélection la vitesse de croissance journalière moyenne entre le sevrage à un âge donné et l'âge à l'abattage, par exemple 70 jours. On calculera la différence entre le poids individuel à 70 jours et le poids individuel au sevrage, que l'on divisera par l'intervalle de temps entre les deux dates. L'objectif essentiel est donc l'amélioration de la vitesse de croissance post sevrage. Il n'est pas nécessaire de mesurer la quantité d'aliment consommée, sauf dans un but expérimental ou de comparaison de types génétiques pour une sélection sur l'efficacité de l'utilisation alimentaire. La mesure de la quantité d'aliment consommée ou de la matière sèche ingérée est difficile, et son interprétation en termes d'efficacité de l'utilisation alimentaire

n'est pas simple lorsque les animaux sont alimentés à partir des ressources fourragères locales et diverses. En outre, une amélioration de la vitesse de croissance post sevrage permettra de réduire indirectement la quantité de matière sèche nécessaire à l'obtention d'un kilogramme de gain de poids vif.

Les caractères «rendement à l'abattage», «qualité des carcasses» (répartition viande/os, état de gras) et «qualité gustative» de la viande sont complexes à mesurer et à sélectionner parce qu'ils nécessitent pour leur mesure un abattage des animaux et des conditions expérimentales bien définies. On ne cherchera pas une sélection intrapopulation directe sur ces caractères. On vérifiera, sur des échantillons, le niveau moyen des populations animales pour ces caractères.

Contrôles de performances et gestion technique de l'information. Dans un troupeau de sélection, il est nécessaire d'identifier individuellement chaque reproducteur; de mesurer les caractères zootechniques nécessaires à la gestion zootechnique et génétique du troupeau et de les enregistrer en vue de leur exploitation.

L'identification de tous les lapereaux se fait au sevrage, au moment où ils sont séparés de la mère, par un numéro individuel inscrit sur une boucle d'oreille ou tatoué dans l'oreille. Le numéro, attribué intra-troupeau, peut être constitué par le millésime de l'année de naissance (93 pour 1993), suivi d'un numéro d'ordre d'identification dans l'année. Suivant la taille du troupeau, on peut ainsi avoir un numéro individuel à cinq ou six chiffres (jusqu'à 999 ou 9999 naissances par an). Sur les fiches d'enregistrement, ce numéro est complété par un numéro indiquant le type génétique (race ou croisement).

Un troupeau est géré avec trois types de fiches: une fiche femelle, une fiche mâle, une fiche portée. La fiche mâle et la fiche femelle débutent par une identification du reproducteur, qui comprend le numéro de l'animal, sa date de naissance, le numéro de son père et celui de sa mère. On note ensuite le numéro de la cage dans laquelle se trouve ce reproducteur,

de façon à mieux le trouver dans l'élevage. On inscrit enfin la date et le taux de réforme du reproducteur.

Sur une fiche femelle (voir figure 45 à la page 177), on indique:

- les dates des saillies (jour, mois, année);
- le numéro du mâle qui a fait la saillie;
- le résultat du test de gestation par palpation abdominale;
- la date et le résultat de la mise bas: parité de la lapine, nombre de lapins nés vivants et nés morts (c'est-à-dire trouvés vivants ou morts lors de la première visite du nid après la mise bas), nombre de lapins ajoutés ou retirés à la portée dans les 36 heures qui suivent la mise bas;
- la date du sevrage, le nombre de lapins sevrés par mise bas et le poids de la portée sevrée.

Sur une fiche mâle (voir figure 46 à la page 178), on indique:

- les dates des saillies;
- le numéro de la femelle saillie, le résultat de la palpation et, éventuellement, le nombre de lapins nés vivants et nés morts si la lapine a mis bas.

Cette fiche reprend des informations de la fiche femelle. Cependant, elle est très utile pour suivre, pour chaque mâle, le taux de gestation et la prolificité des lapines accouplées.

Sur une fiche portée, on indique:

- la date de naissance de la portée, le numéro du père et de la mère de la portée, la date de sevrage; puis pour chaque lapereau:
- le numéro du lapereau, son poids au sevrage, la date de la pesée avant l'abattage et le poids avant l'abattage.

Sur chaque fiche, une colonne «Observations» offre à l'éleveur la possibilité de consigner des renseignements complémentaires (état sanitaire de l'animal, par exemple). Ces fiches sont conçues pour une exploitation manuelle ou informatisée après encodage. Elles servent à la gestion zootechnique journalière de l'élevage, à la gestion génétique et à d'éventuelles expérimentations.

Il existe des logiciels informatiques sur des

micro-ordinateurs qui collectent ces informations au jour le jour, qui éditent les plannings de travail de l'éleveur (notamment le planning des saillies, des palpations, des mises bas, des sevrages) et qui calculent les différents bilans d'élevage.

Choix de la méthode de sélection. Les objectifs et critères de sélection étant choisis, il faut déterminer la méthode de sélection qui donne le progrès génétique maximal. Le progrès génétique est fonction de trois paramètres: l'intensité de la sélection, la précision de la sélection et l'intervalle entre générations.

L'intensité de la sélection est fonction du pourcentage d'individus retenus. Par exemple, si on pèse 100 lapins et qu'on en choisisse 10 pour devenir reproducteurs, les autres étant abattus, ce pourcentage est égal à 10 pour cent.

La précision de la sélection dépend de l'héritabilité du caractère, du nombre de mesures réalisées et de la relation de parenté qui existe entre le candidat à la sélection et le sujet sur lequel on fait les mesures. Ainsi, pour une sélection sur la taille de la portée, la précision augmente si on note les résultats des trois premières portées et non pas simplement ceux de la première. Au contraire, pour une sélection sur le rendement à l'abattage, par exemple, la précision diminue si on le mesure sur cinq demi-frères du candidat et non pas sur cinq pleins frères.

L'intervalle entre générations est l'âge des parents à la naissance de leur descendant moyen. Cet intervalle augmente si on choisit les femelles après la troisième portée, au lieu de les choisir après la première. On remarque l'opposition entre le souci d'accroître la précision et le souhait de réduire l'intervalle entre générations.

Le progrès génétique dépend enfin de la variance génétique additive du caractère, paramètre que l'on suppose constant ici.

Il existe quatre méthodes de sélection:

- sélection massale ou individuelle: on mesure le critère sur le candidat à la sélection;

- sélection sur ascendance: on mesure les ascendants du candidat (parents, grands-parents, etc.);
- sélection sur collatéraux: on mesure les collatéraux du candidat (frères, demi-frères, etc.);
- sélection sur descendance: on mesure les descendants du candidat (fils, etc.).

Le tableau 44 schématise les avantages et les inconvénients de chaque méthode par rapport aux trois paramètres qui déterminent le progrès génétique.

Ces méthodes sont complémentaires. La sélection sur ascendance offre la possibilité de réaliser un premier tri des candidats à la sélection, lorsqu'on connaît les généalogies et les performances des parents. Cependant, ce choix est peu précis. La sélection massale est la méthode la plus simple et la plus efficace; c'est elle que l'on privilégie. La sélection sur collatéraux est plus complexe; elle est utile pour accroître la précision lorsque le caractère sélectionné est peu héritable (taille de la portée) ou lorsque sa mesure nécessite l'abattage du sujet. La sélection sur descendance est peu utilisée sur le lapin car elle augmente beaucoup l'intervalle entre générations et elle est très coûteuse.

Le tableau 45 résume les résultats de quelques expériences de sélection réalisées chez le lapin. Il montre que la sélection est efficace pour augmenter la taille de la portée et la vitesse de croissance post sevrage. Cependant, le progrès réalisé sur la taille de la portée est le plus souvent faible. Pour réussir une sélection, il est indispensable de bien maîtriser l'élevage du lapin, la collecte et la gestion des informations généalogiques et des performances, ainsi que le cycle de sélection.

En pratique, et en synthétisant différentes études théoriques, on peut faire les recommandations ci-après.

Pour améliorer la taille de la portée, on choisit comme critère de sélection la taille de la portée à la naissance ou au sevrage. On mesure ce critère sur les trois premières portées des femelles. Pour accroître la précision sans

TABLEAU 44
 Comparaison de l'efficacité des quatre méthodes de sélection

	Sélection massale	Sélection sur ascendance	Sélection sur collatéraux	Sélection sur descendance
Intensité	Moyenne	Forte	Moyenne	Faible
Précision	Moyenne	Faible	Moyenne/ forte	Forte
Intervalle entre générations	Moyen	Faible	Moyen	Fort

augmenter l'intervalle entre générations, on prend en compte les performances des pleines sœurs et des demi-sœurs de la candidate. On renouvelle avec les sujets issus de la 2^e et 3^e portée des femelles. Une conduite en générations séparées, comme celle qui est décrite ci-dessous, accroît l'efficacité de la sélection mais demande des capacités d'élevage plus importantes. Cependant, il est illusoire de faire de la sélection si on ne dispose pas des moyens nécessaires.

Pour améliorer la croissance post sevrage, on choisit comme critère de sélection la vitesse de croissance post sevrage. Le critère est mesurable sur les deux sexes et il possède une héritabilité moyenne. On réalise donc une simple sélection massale. Pour ne pas détériorer l'aptitude de la souche à se reproduire, on retient des reproducteurs dans des portées de parité supérieure à 1, et dans lesquelles le nombre de nés vivants n'est pas inférieur à 4 ou 5.

L'éleveur qui renouvelle son troupeau à partir des meilleures femelles pour la taille de la portée choisira, dans les portées de ces femelles, les lapereaux les plus lourds à l'âge de l'abattage. Dans tous les cas, cette sélection est précédée d'une élimination des lapereaux dont l'état sanitaire n'est pas bon.

Renouvellement des troupeaux de race pure et plans d'accouplement. Plusieurs cas doivent être considérés: celui d'un élevage de sélection dans lequel on réalise une sélection combinée sur la taille de la portée (1^{er} cas), ou une sélection massale sur le même caractère, soit par un effectif important de reproductrices (200 lapines)

dans la souche (2^e cas), soit pour des troupeaux de plus faible effectif (3^e cas).

1^{er} cas: sélection d'une souche sur la taille de la portée au sevrage (INRA, Centre de Toulouse), *sélection combinée et générations séparées.* Le plan théorique prévoit que le troupeau est conduit en bandes de reproduction séparées, chaque bande constituant une génération. A chaque génération, un effectif de 196 femelles est mis en reproduction avec un lot de 42 mâles. Vingt-cinq pour cent de ces femelles sont sélectionnées sur les résultats des trois premières portées, le rythme théorique de reproduction permettant un intervalle entre générations de 10 mois. Chaque femelle sélectionnée donnant en moyenne quatre filles de renouvellement, le troupeau est structuré en familles de pleines sœurs et demi-sœurs de père. Le plan d'accouplement est réalisé suivant la constitution de groupes de reproduction. Le tableau 46 indique que les femelles de chacune des 14 familles sont distribuées dans 14 groupes de reproduction de trois mâles (un utilisé plus deux suppléants) et 14 femelles. Dans chaque groupe, celles-ci sont tirées au hasard, à raison de une par famille, parmi le lot de 196 femelles.

Ce plan d'accouplement permet l'utilisation de la valeur génétique de chaque femelle à partir de ses propres performances et de celles des femelles apparentées (moyenne de famille). Il est réalisable avec moins de 14 familles et 14 groupes de reproduction (par exemple 10, ce qui correspond à un effectif total de 100 femelles reproductrices). Le système de groupes de reproduction présente l'avantage pratique de correspondre à un dispositif en bloc pour la

TABLEAU 45
Résultats de quelques expériences de sélection réalisées chez le lapin

Auteurs	Caractères sélectionnés	Progrès génétique par génération ¹	Effectif de la souche	Nombre de générations
Poujardieu <i>et al.</i> (1993)	Taille de portée	+ 0,05	33 M et 121 F	18
Baselga <i>et al.</i> (1993)	<i>id.</i>	+ 0,10	24 M et 120 F	11
		+ 0,03	24 M et 120 F	8
Mgheni et Christensen (1985)	<i>id.</i>	+ 0,35	20 M et 40 F	4
		- 0,43 ²	20 M et 40 F	4
Narayan, Rawat et Saxena (1985)	<i>id.</i>	- 0,05	22 M et 110 F	6
Rochambeau <i>et al.</i> (1989)	Poids individuel à l'abattage	+ 46 g et + 2,4%	12 M et 30 F	8
Mgheni et Christensen (1985)	<i>id.</i>	+ 75 g et +3,4 %	20 M et 20 F	4
		108 g et - 4,3% ²	20 M et 20 F	4
Estany <i>et al.</i> (1992)	<i>id.</i>	+ 27 g et 2,0%	15 M et 60 F	12
		+ 23 g et 1,6%	15 M et 60 F	8

¹Exprimé en valeur brute et éventuellement en pourcentage de la moyenne.

²Sélection pour diminuer la valeur des caractères sélectionnés.

Note: M = mâles; F = femelles.

représentation des familles dans les cages de mères dans l'élevage. Ici, 14 cages de femelles et 3 cages de mâles sont disposées côte à côte et linéairement dans l'élevage.

La conduite en générations séparées présente de nombreux avantages: comme les animaux comparés sont contemporains, le calcul des indices de sélection et l'estimation du progrès génétique sont plus faciles. Par ailleurs, elle permet de réaliser des vides sanitaires entre chaque génération.

Cependant, ce système a aussi différents inconvénients. Lorsque la fécondité des femelles est trop faible il n'est pas possible de faire naître une génération sur une période de deux mois. En outre, ce système n'utilise pas de façon optimale les cages disponibles, et le taux d'occupation est faible. C'est pourquoi beaucoup de sélectionneurs préfèrent une gestion en générations chevauchantes (2^e cas), mais, pour être efficace, ce système demande une grande rigueur dans les règles de gestion.

2^e cas: sélection d'une souche sur la croissance post sevrage et sur la fécondité des femelles (IRTA de Barcelone, Espagne), sélection massale et générations chevauchantes. La population sélectionnée comprend six groupes de reproduction composés de 16 femelles et 5 mâles. Comme dans le cas précédent, les mâles restent dans leur groupe de reproduction et un père est remplacé par l'un de ses fils. Au contraire, les femelles changent de groupe: la fille d'une femelle n'est jamais dans le même groupe que sa mère.

La sélection se déroule en deux étapes. Dans un premier temps, les femelles sont indexées sur le poids de leur portée au sevrage. Seules les lapines indexées dans les 20 pour cent supérieurs peuvent laisser des mâles pour la reproduction. Celles qui sont indexées dans les 50 pour cent supérieurs peuvent laisser des femelles. Les lapines en première et en deuxième mise bas et les lapines dans les 20 pour cent inférieurs ne laissent pas de descendance. Les lapines

TABLEAU 46
Constitution des groupes de reproduction à partir des origines familiales

	♂ 1,1	♂ 2,1	♂ 3,1	♂ 14,1			
Famille 1	♀ 1,1	♀ 1,2	♀ 1,3	♀ 1,14	♂ 1,1	♂ 1,2	♂ 1,3
Famille 2	♀ 2,1	♀ 2,2	♀ 2,3	♀ 2,14	♀ 2,1	♂ 2,2	♂ 2,3
Famille 3	♀ 3,1	♀ 3,2	♀ 3,3	♀ 3,14	♂ 3,1	♂ 3,2	♂ 3,3
Famille 14	♀ 14,1	♀ 14,2	♀ 14,3	♀ 14,14	♂ 14,1	♂ 14,2	♂ 14,3
	G1	G2	G3	G14	Mâles utilisés	Mâles de remplacement	

Source: D'après Matheron et Rouvier, 1977.

ayant un index négatif sont éliminées dès qu'une femelle de renouvellement est disponible. En outre, toutes les femelles sont réformées après leur 5^e mise bas. Il en va de même pour les mâles qui dépassent l'âge de 13 mois.

La seconde étape de la sélection consiste à choisir les futurs reproducteurs, qui doivent d'abord être issus des lapines sélectionnées précédemment. Les animaux finalement retenus sont ceux qui ont le meilleur gain de poids quotidien entre le sevrage et la vente. Vingt-cinq pour cent des femelles et 15 pour cent des mâles de la population sevrée de chaque lot doivent être gardés afin de satisfaire les besoins en animaux de renouvellement.

Cet ensemble de règles définissant la sélection puis l'élimination des reproducteurs maintient la population en équilibre démographique, ce qui accroît l'efficacité de la sélection.

3^e cas: Conservation d'une souche d'effectif limité. Il est parfois utile de conserver des souches ou des populations d'effectif plus limité. Matheron et Chevalet (1977) ont proposé une méthode de gestion adaptée à ce cas; c'est la méthode utilisée pour gérer la souche témoin 9077 de l'INRA.

La souche se compose de 11 groupes de reproduction comprenant un mâle et quatre femelles. Lors du passage d'une génération à la suivante, chaque mâle laisse un seul fils et chaque femelle laisse une seule fille.

Le mâle du groupe i est un fils du mâle du

groupe i de la génération précédente. Sa mère est tirée au hasard parmi les femelles du groupe de reproduction. Les quatre femelles qui constituent le groupe i à la génération $n + 1$ sont des filles de quatre femelles qui étaient respectivement dans les groupes $i - 1$, $i - 2$, $i - 3$ et $i - 4$ à la génération n . Cette méthode est illustrée à la figure 19.

En conclusion, une fois que les reproducteurs destinés au renouvellement du troupeau de sélection sont choisis, il faut définir leur plan d'accouplement. Celui-ci pourrait se faire au hasard, en évitant les accouplements entre animaux apparentés, tels que pleins frères-sœurs, demi-frères-demi-sœurs, fils-mère, père-fille. Il est pratique, au point de vue de l'organisation des accouplements dans l'élevage, de répartir les reproducteurs dans les cages suivant des groupes de reproduction et de tenir compte de l'origine familiale dans cette répartition. Cette famille est le groupe de reproduction d'origine. Un groupe de reproduction est constitué de 2 à 3 cages de mâles et de 10 à 14 cages pour les femelles (ou moins si le troupeau est de faible effectif) qui leur sont affectées.

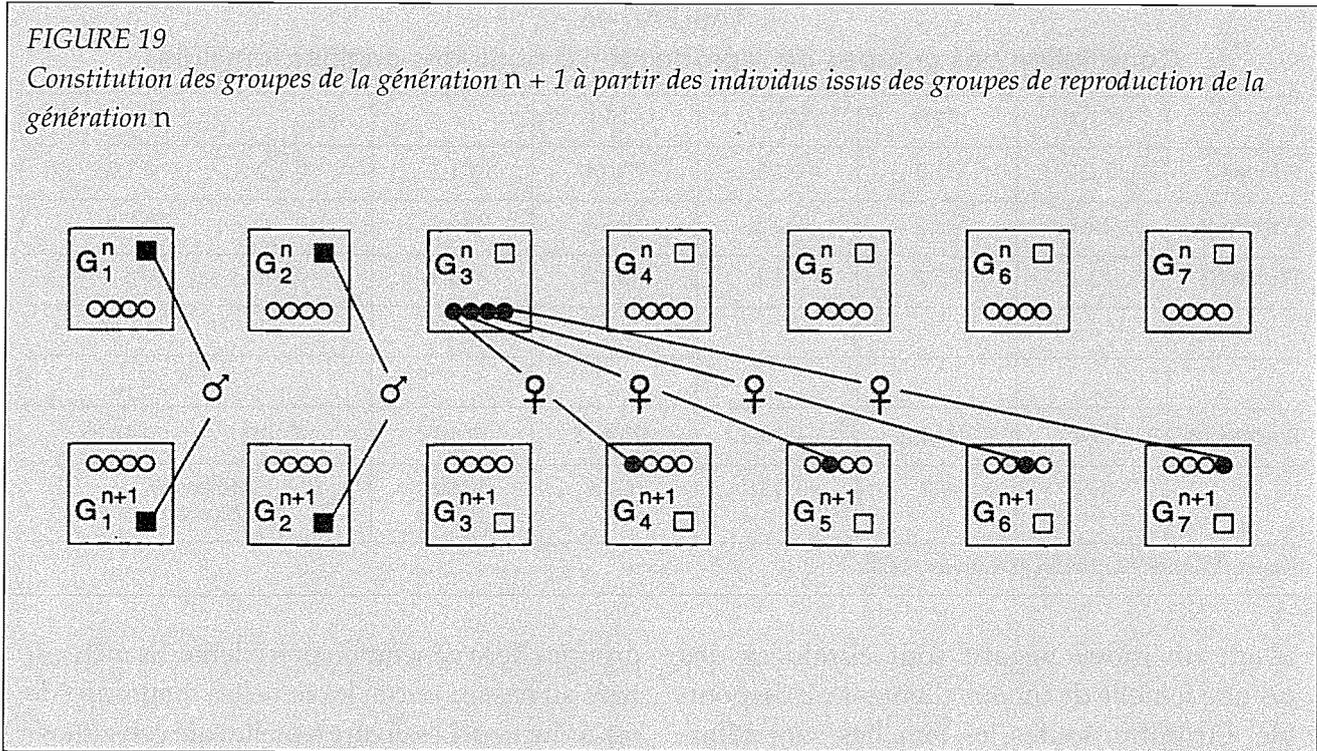
Les stratégies de croisements

Trois différents systèmes de croisements sont examinés ci-après.

Croisement simple ou croisement deux races. Les femelles d'une population locale ou d'une race A seront croisées avec des mâles

FIGURE 19

Constitution des groupes de la génération $n + 1$ à partir des individus issus des groupes de reproduction de la génération n



d'une race C pour améliorer la croissance et le développement musculaire des lapereaux de boucherie et donner un effet d'hétérosis sur la productivité numérique des lapines. Dans ce système, l'éleveur pourra effectuer des accouplements en race pure A sur une fraction de son cheptel (20 pour cent) pour autorenouveler son cheptel femelle, et utilisera ses autres femelles en croisement terminal avec les mâles C qu'il pourra se procurer auprès d'un sélectionneur. Tous les produits de ce croisement sont destinés à la boucherie.

Croisement à double étage ou croisement trois races. Les reproducteurs de deux populations A et B seront croisés pour obtenir une femelle croisée AB utilisée en croisement terminal avec des mâles d'une race C. Le premier croisement pourra se faire entre les mâles B d'une race amélioratrice pour le format, la prolificité et les aptitudes maternelles, et des femelles d'une population locale A. Ce système nécessite que l'éleveur s'approvisionne entièrement en reproducteurs femelles AB et mâles C auprès de sélectionneurs ou multiplicateurs, ce qui demande une organisation très structurée. Ce système peut être compliqué par l'utilisation de mâles C, eux-mêmes croisés selon une méthode couramment utilisée en aviculture.

Le tableau 47 présente les résultats d'une

comparaison de trois souches pures, A, B et C, des croisements simples AB, BC et AC, et des croisements doubles $D \times AB$, $D \times BC$ et $D \times AC$. Il montre d'abord qu'il existe des différences notables de production entre les souches pures. Ensuite, le croisement simple améliore globalement les résultats. Cependant, la meilleure des souches pures reste compétitive. Enfin, le croisement entre un mâle d'une 4^e souche, la souche D, et des femelles métisses AB, BC ou AC accroît encore la productivité. C'est le système le plus productif, mais c'est aussi le plus complexe à mettre en place.

Croisements rotatifs et alternatifs. Partant de plusieurs populations locales et de races destinées à les améliorer, par exemple A,B,C, l'éleveur peut pratiquer le système suivant:

mâle B	x	femelle A
	↓	
mâle C	x	femelle BA
	↓	
mâle A	x	femelle CBA
	↓	
mâle B	x	femelle ACBA
	↓	
		etc.

TABLEAU 47
 Résultats d'une expérience de croisement entre quatre souches

Mâle père de la portée	Femelle mère de la portée	Taille de portée au sevrage	Taux de gestation (%)	Nombre annuel de portées par femelle	Nombre de sevrés par femelle et par an	Poids individuel au sevrage (g)	Poids individuel à 77 jours (g)	Indice de fécondité	Indice de productivité numérique
PR	PR	4,9	73	7,6	38	422	1 455	110	100
CA	CA	5,6	56	6,9	38	562	2 237	110	154
NZ	NZ	5,6	63	7,3	41	609	2 348	118	174
PR	CA	6,7	56	6,9	46	567	1 956	129	159
PR	NZ	6,6	63	7,3	48	622	2 035	137	175
CA	PR	6,1	73	7,7	47	398	1 736	132	143
CA	NZ	5,7	63	7,3	42	633	2 316	121	175
NZ	PR	5,5	73	7,7	42	490	1 768	120	132
NZ	CA	6,2	56	7,9	42	584	2 269	120	171
FB	PR.CA	5,9	73	7,7	46	572	2 022	133	184
FB	PR.NZ	6,9	76	7,8	54	542	2 055	155	200
FB	CA.PR	7,2	73	7,7	55	553	1 988	157	195
FB	CA.NZ	6,8	56	6,9	47	600	2 158	135	183
FB	NZ.PR	6,7	79	8,0	54	645	2 156	153	205
FB	NZ.CA	4,9	57	7,0	34	629	2 220	100	140

Note: PR = Petit Russe; CA = Californien; NZ = Néo-Zélandais Blanc; FB = Fauve de Bourgogne.
 Source: D'après Vrillon *et al.*, 1979.

L'intérêt de ce système est que l'on peut bénéficier de l'hétérosis et de la complémentarité et que l'éleveur peut produire lui-même son cheptel femelle de renouvellement, se limitant à l'acquisition de reproducteurs mâles à l'extérieur. Lorsqu'on utilise ce système avec deux races seulement, il s'agit du croisement alternatif.

Les systèmes 1 et 3 ci-dessus, où l'éleveur doit acquérir des mâles améliorateurs mais peut sélectionner ses femelles par une sélection dans son élevage, sont bien adaptés à de petites unités de production.

Souche synthétique. Dans de nombreux pays, il existe peu ou pas de populations cunicoles locales. Lorsqu'une telle population existe, elle est souvent issue d'animaux importés d'une manière anarchique quelques dizaines d'années auparavant, puis croisés sans stratégie d'ensemble. Même si cette population a pu acquérir une certaine adaptation aux conditions locales, elle garde un potentiel génétique initial un peu limité. Pour les pays qui sont dans ce cas, la création de souches synthétiques est une alternative intéressante.

Pour créer une souche synthétique, on part par exemple d'un mâle de souche C et on l'accouple avec une femelle métisse AB. On obtient des animaux F1 que l'on croise entre eux pour fabriquer une F2, qui elle-même donnera naissance à une F3, etc. La souche synthétique bénéficie de la complémentarité entre les souches A, B et C, ainsi que de la moitié de l'hétérosis initiale. On peut constituer une souche synthétique à partir d'un nombre variable de souches ou de races: trois ici, mais aussi deux ou quatre.

Si les animaux de la génération F1 sont homogènes, de nombreuses recombinaisons génétiques apparaissent en F2, F3, etc. Ces recombinaisons dévoilent une nouvelle variabilité génétique exploitable pour la création d'une souche productive et adaptée aux conditions locales. Pour que ces recombinaisons apparaissent complètement il faut théoriquement s'abstenir de sélectionner pendant 2n générations, où n est le nombre de souches utilisées. Dans notre exemple 2n = 8. On voit donc clairement pourquoi le nombre de souches dépassera rarement 3 ou 4.

Comme souches fondatrices de ces populations synthétiques, on peut choisir des animaux

«parentaux» issus des schémas de sélection français, italiens ou espagnols. On part ainsi avec des souches qui ont un bon potentiel de productivité, puis on trie avec l'aide de la sélection naturelle les animaux les mieux adaptés aux conditions locales. Dans un pays donné, on crée deux ou trois souches synthétiques de ce type, en plus d'éventuelles souches locales existant déjà. Ensuite, on réalise une expérience de croisement pour comparer ces souches et choisir une stratégie d'exploitation en croisement.

L'organisation de l'amélioration génétique

Le but de cette partie est d'expliquer, à partir de l'étude d'un exemple, comment s'ordonnent les éléments techniques décrits depuis le début de ce chapitre pour bâtir un schéma d'amélioration génétique. En analysant le cas de la France, on fera la liste des questions qu'il faut se poser.

Le cas de la France

Quelle est la situation initiale? Il existe en France une longue tradition de production et de consommation de viande de lapin. Les éleveurs sont organisés en groupements de producteurs, eux-mêmes rassemblés au sein d'une fédération nationale, la FENALAP. Les producteurs constituent une filière avec les autres familles professionnelles, notamment les fabricants d'aliment et de matériel, les sélectionneurs, les abattoirs. Le marché est organisé avec une cotation nationale de la viande de lapin. Depuis 30 ans, l'INRA collabore avec l'Institut technique de l'aviculture et des animaux de basse-cour (ITAVI) pour accumuler des connaissances et mettre au point l'élevage rationnel du lapin. Il existe des gestions technico-économiques et des gestions techniques individuelles pour connaître les performances des élevages de production. La France possède en outre plus de 40 races pures de lapin, sélectionnées avec passion.

Quel type de cuniculture? La cuniculture française est une cuniculture rationnelle dont les éleveurs produisent de la viande pour la vendre à des abattoirs. L'élevage «modèle» possède 200 femelles ou plus, un ou plusieurs

bâtiments spécialisés avec des cages grillagées et un système d'abreuvement automatique. L'aliment granulé complet est acheté en totalité. L'éleveur achète aussi des reproducteurs améliorés et il applique un plan de prophylaxie hygiénique et sanitaire. Le rythme de reproduction est intensif, avec une saillie dans les jours qui suivent la mise bas (0 à 12) et un sevrage à quatre ou cinq semaines. Les lapins sont abattus au poids de 2,2 à 2,4 kg et vendus en majorité sous forme de carcasses entières.

Quels objectifs? Ils découlent tout naturellement de l'analyse qui vient d'être faite. On recherche des lapins adaptés à cet élevage rationnel, c'est-à-dire une femelle qui sèvre un grand nombre de lapereaux assez lourds pour atteindre rapidement le poids commercial et un mâle qui transmet à ses descendants un bon potentiel de croissance ainsi qu'une bonne qualité de carcasse. Cette présentation simplifiée se limite à l'objectif principal autour duquel il y a des objectifs secondaires pour une diversification du marché.

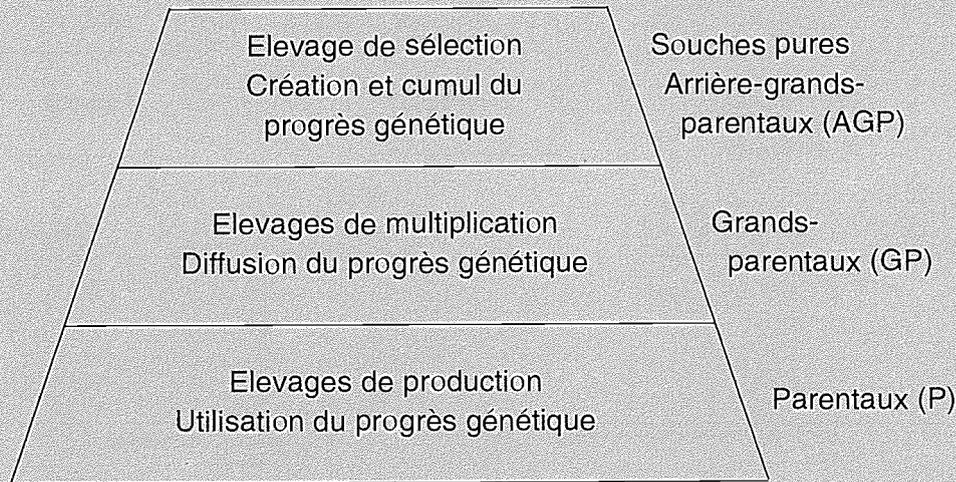
Quelle organisation? La France a choisi un schéma pyramidal (figure 20) pour créer, cumuler et diffuser le progrès génétique à l'image de ce qui existe en aviculture. Des sociétés privées sélectionnent des souches utilisées en croisement pour produire le lapereau de boucherie. Les souches «femelles» sont sélectionnées sur leur fécondité; les souches «mâles» sont sélectionnées sur leur croissance post sevrage et leur qualité de carcasse.

Ces sociétés privées contrôlent des réseaux d'élevages de multiplication qui croisent les souches pures pour produire la femelle métisse et le mâle de croisement terminal, parents du lapereau de boucherie.

Les producteurs de viande achètent ces reproducteurs améliorés. Aujourd'hui, l'étape de multiplication des souches «femelles» est souvent réalisée dans l'élevage de production. L'éleveur achète le mâle grand-parental B et la femelle grand-parentale C (figure 21). De plus en plus souvent, les reproducteurs sont achetés à l'âge de un jour, et l'éleveur les fait adopter par des femelles à bonne aptitude maternelle à

FIGURE 20

Schéma pyramidal de création et de diffusion du progrès génétique chez le lapin



leur arrivée dans l'élevage. Ces deux techniques réduisent le risque de transmettre des problèmes sanitaires.

Les principaux inconvénients de ces schémas sont le risque sanitaire et la lourdeur de leur organisation. Pour contrôler le risque, la FENALAP et les sélectionneurs adhèrent volontairement à une charte qui définit les droits et les obligations de chaque partenaire. Les principales dispositions comprennent une visite tous les deux ans des élevages de sélection et de multiplication par une commission d'experts, l'utilisation d'une gestion technico-économique par ces mêmes élevages et une instruction par la FENALAP des plaintes des éleveurs.

Le schéma pyramidal assure une création et un cumul du progrès génétique chez les sélectionneurs, une diffusion de ce même progrès et son utilisation par les producteurs. Ce schéma ne fonctionne qu'avec le contexte technique, économique et scientifique qui a été décrit.

Analyse du problème dans un pays ou une région. Notre hypothèse de départ est qu'il n'existe pas de solution transposable sans réflexion préalable. Les échecs enregistrés ces dernières an-

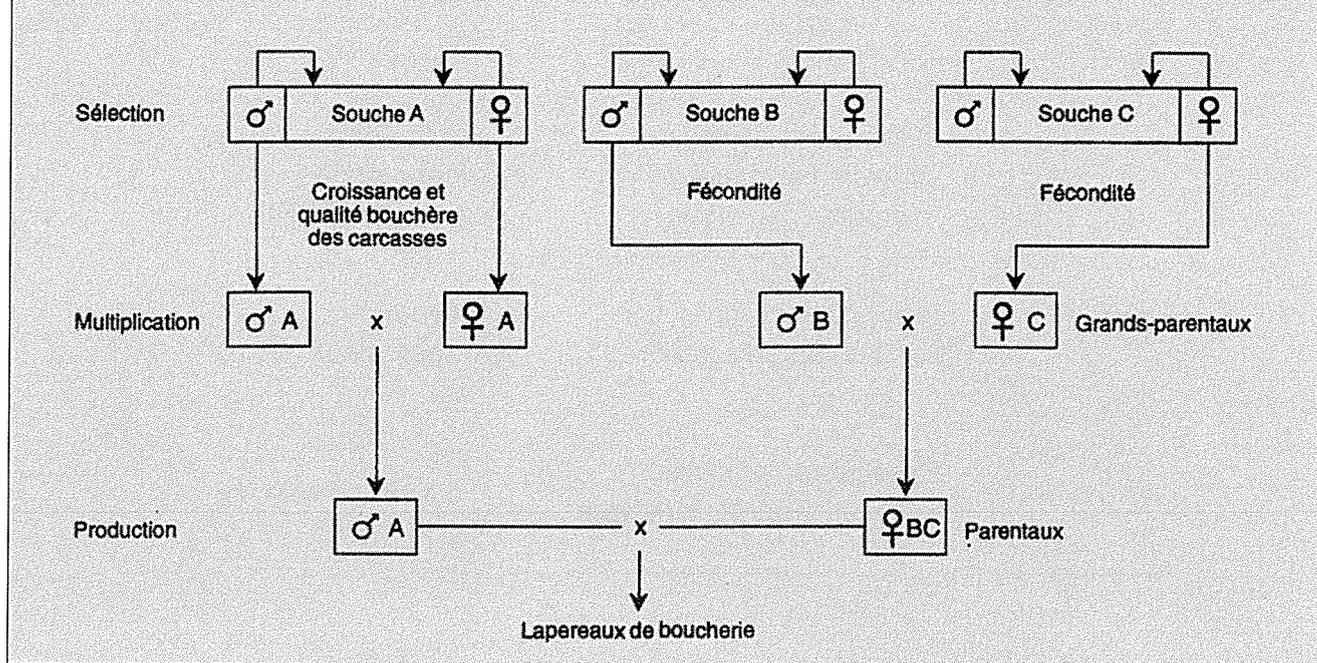
nées dans différents pays, pour le lapin mais aussi pour d'autres espèces, confortent cette hypothèse. L'analyse de la situation s'organise autour de quatre questions:

Quelle est la situation initiale? Existe-t-il une tradition d'élevage et/ou de consommation du lapin? Existe-t-il des élevages, des populations cunicoles locales, des populations importées? Quelles sont les techniques, les locaux, les matériels utilisés par les éleveurs? Quel est le potentiel des populations existantes? Comment s'organise la commercialisation? Existe-t-il des fabricants d'aliments, de bâtiments et de matériel, ainsi que des abattoirs, des sélectionneurs et des vétérinaires compétents en cuniculture? Existe-t-il des organismes de recherche, de développement et d'enseignement compétents en cuniculture? Que pensent les pouvoirs publics au sujet du lapin? Quel rôle pensent-ils lui faire jouer dans les productions animales?

Quel type de cuniculture? Quel est l'objectif des éleveurs: autoconsommer, exporter, vendre sur le marché local? Quelle taille d'élevage? Quel type de bâtiment, de matériel, d'alimentation, de reproducteurs, de prophylaxie? Quel rythme de reproduction? Quel poids et

FIGURE 21

Utilisation de différentes souches dans un schéma pyramidal



quel âge à l'abattage? Quelle organisation et quelle formation pour les éleveurs?

Quels objectifs de sélection? La réponse est simple: un lapin *adapté* aux contraintes qui viennent d'être définies.

Quelle organisation? L'organisation collective est préférable par souci d'efficacité. Le schéma pyramidal avec des sélectionneurs privés n'est qu'une solution parmi d'autres. Des élevages gérés collectivement peuvent remplacer les sélectionneurs privés. Il existe d'autres stratégies moins hiérarchiques, moins rigides et mieux adaptées aux contraintes locales.

Cette question se décompose elle-même en une liste de questions: Qui crée le progrès génétique? Y a-t-il un cumul du progrès génétique? Qui diffuse le progrès génétique? Faut-il faire du croisement? Qui finance le coût de la sélection et de la diffusion? Comment contrôler l'état sanitaire, les qualités d'adaptation et le niveau de production des animaux produits?

CONCLUSION

Le lapin domestique est moins répandu et moins utilisé à travers le monde que les autres espèces de mammifères domestiques exploitées traditionnellement pour subvenir aux besoins

de viande, lait, laine et peaux. Cependant, sa plasticité génétique est grande et il semble de ce fait pouvoir s'adapter, avec une productivité zootechnique suffisante, à une gamme très variée de milieux d'élevage.

Les recherches sur le comportement zootechnique du lapin et sur le développement de son élevage sont récentes (moins de 40 ans), bien que les recherches de génétique formelle soient plus anciennes. Sur le plan de l'élevage et de la sélection, cela peut être un avantage et un inconvénient. C'est un avantage parce qu'on sera moins tenté d'importer des recettes toutes faites sans étudier la problématique du pays, et qu'on dispose de suffisamment de variabilité génétique pour y répondre. C'est un inconvénient, bien que relatif, car il faudra établir la doctrine d'amélioration génétique adaptée aux besoins du pays. La contrainte essentielle est la dépendance vis-à-vis du milieu d'élevage, celui-ci devant être étudié et ensuite maîtrisé.

La plasticité génétique de l'espèce et la rapidité de son cycle biologique sont des atouts. Cette plasticité est fonction d'une variabilité génétique qui trouve son origine dans une domestication récente et une absence de sélection artificielle intense pour un objectif

spécialisé. Elle a permis l'obtention rapide de races très différentes pour la taille adulte et la quantité de muscles d'un animal (variation de 1 à 8 du poids adulte). La prolificité de la lapine est essentiellement à déterminisme racial. Pour des races de taille adulte comparable, la prolificité moyenne dépend peu du milieu. On pourra donc tirer parti de cette caractéristique dans l'étude de l'utilisation des populations locales.

Pour engager le développement de l'élevage du lapin, ou pour l'améliorer, on dispose de différentes races et populations. Mais un minimum de facteurs du milieu doivent au préalable être maîtrisés; pour le reste, le lapin doit s'adapter aux contraintes du milieu physique et humain.

Dans la plupart des pays en développement, il faut donc penser le développement à l'inverse du raisonnement visant à l'industrialisation par un élevage hors sol très intensif, où tous les facteurs sont maîtrisés. Cela entraîne la nécessité d'études sur le milieu d'élevage dans chaque pays (études techniques sur l'alimentation à partir des ressources locales, études génétiques, sociologiques) et d'une formation des éleveurs. Sur le plan de l'amélioration génétique, on pourra mettre l'accent tout d'abord sur l'étude du comportement zootechnique des populations locales pures et en croisement, entre elles et avec des animaux importés. Les populations locales étant en général de petite taille et de plus faible prolificité, on pourra étudier les composantes biologiques de cette prolificité ainsi que l'accroissement progressif de cette taille par des croisements appropriés, dans le but d'augmenter la productivité. Les populations locales, lorsqu'elles existent, devront toujours être conservées et sélectionnées intrapopulation pour améliorer les performances dans les milieux de production.

Les techniques traditionnelles d'élevage et de contrôle de la pathologie devront être perfectionnées progressivement. Dans un premier temps, une amélioration importante proviendra de l'élimination des erreurs d'élevage et de sélection indiquées dans cet ouvrage. L'amélioration de l'espèce pourra donc

être définie à partir d'une analyse des contraintes du milieu, des facteurs limitants locaux, de la recherche d'un optimum pour la productivité attendue dans ces conditions bien étudiées, ainsi que de la qualification professionnelle des responsables locaux qui seront les mieux à même de planifier rationnellement le développement de l'élevage. On valorisera ainsi au mieux le potentiel biologique de l'animal en fonction des conditions de milieu. Cela n'exclut pas, si on le souhaite, le développement d'un élevage intensif pour une production industrielle de viande, dont les coûts, incidences économiques et niveaux de productivité attendus peuvent être parfaitement définis.