

## **Amélioration génétique du cheptel apiaire en France : des concepts aux pratiques**

- ◆ **Quelques définitions**
- ◆ **État des lieux de la sélection en France**
- ◆ **Évaluer les souches par le testage sur descendance**



# Table des matières

<b>Table des matières .....</b>	<b>1</b>
<b>Quelques définitions .....</b>	<b>2</b>
<i>La sélection .....</i>	2
<i>Les plans de sélection.....</i>	3
La sélection massale.....	3
La sélection sur ascendance.....	3
La sélection sur descendance.....	3
La sélection sur les collatéraux.....	3
<i>Les voies d'améliorations génétiques .....</i>	4
Utilisation de « races pures » .....	4
Lignée synthétique .....	4
Sélection par croisement.....	4
<b>État des lieux de la sélection en France .....</b>	<b>6</b>
<i>Les voies d'amélioration génétique individuelle .....</i>	6
<i>Les voies d'amélioration génétique collectives.....</i>	6
Organisme de multiplication .....	7
Organisme de sélection.....	7
<i>L'organisation financière .....</i>	7
<i>Schéma général de la sélection en France .....</i>	8
<i>Quelles races d'abeille en France ?.....</i>	9
<i>La sélection collective en détail.....</i>	10
<i>L'évaluation des colonies et le potentiel génétique.....</i>	11
<b>Évaluer les souches par le testage sur descendance : exemple du Groupement des producteurs de gelée royale (GPGR).....</b>	<b>13</b>
Année n : Pré-testage des reines inséminées .....	13
Année n+1 : Testage des F1 en production .....	14
<i>Protocole de testage.....</i>	14
<i>Les résultats du testage en 2011 .....</i>	14
<i>Analyse du potentiel génétique des souches .....</i>	15
<i>Conclusion.....</i>	16

## Quelques définitions

L'utilisation des termes liés à la génétique et à la sélection est souvent ambiguë. Pour certains d'entre eux, différentes compréhensions peuvent exister en fonction de la filière. Par conséquent, les définitions suivantes n'ont pas vocation à faire référence mais sont celles qui traduisent les idées proposées dans ce cahier technique.

Le domaine de la génétique fait appel à des notions parfois complexes et éloignées de la réalité du terrain, ce qui rend son utilisation difficile pour les apiculteurs. À l'échelle de l'exploitation, la sélection est l'action de favoriser la reproduction des individus qui sont intéressants pour l'itinéraire de production. De cette définition découlent deux éléments importants qui sont : la caractérisation de la « bonne » colonie et la gestion de la reproduction. Pour le premier, chaque apiculteur doit définir les critères recherchés pour une colonie et les évaluer afin de comparer les reines de cheptel. Le deuxième élément implique une réflexion autour de la reproduction, soit l'élevage (ou l'achat) des reines et la gestion des mâles.



Figure 1. Ouverture de ruche d'élevage (ADAM/ J. Regnault).

## La sélection

« La sélection animale consiste à favoriser la reproduction d'animaux qui possèdent des attributs supérieurs, de façon à propager les qualités au plus grand nombre » (*Francis Minvielle, La sélection animale*). Cette définition générique reprend le grand principe d'une amélioration génétique. Dans les faits, différentes formes et méthodes existent.

La sélection par le renouvellement ou « sélection par le bas » est une des méthodes les plus simples et les plus efficaces pour améliorer le potentiel génétique d'un cheptel. Elle consiste à ajouter au principe de renouvellement d'une population basé sur l'âge de l'animal, des critères de production, de rusticité et de résistance aux maladies. Concrètement, cela revient à éliminer les animaux trop âgés ou ne répondant pas aux niveaux de critères souhaités par l'agriculteur. Par exemple, éliminer les individus dont le niveau de production est insuffisant et les remplacer par des individus jeunes dont la production est supérieure à la moyenne de l'exploitation. Ce travail permet une amélioration du potentiel de production de l'exploitation. Outre l'intérêt à l'échelle de l'exploitation, ce principe est fondamental dans la compréhension des mécanismes et des avantages d'une organisation plus importante de la sélection. L'application de cette méthode nécessite que l'agriculteur définisse les critères qui l'intéressent et cela lui permet de mieux appréhender le principe de testage à l'échelle d'un groupe.

Cette méthode s'oppose à la sélection basée sur le choix des meilleurs individus de la population et l'élimination des autres. Cette approche permet un progrès beaucoup plus rapide mais est difficilement compatible avec un itinéraire de production puisqu'elle nécessite un renouvellement de l'ordre de 95 %.

## Les plans de sélection

L'utilisation de l'expression « schéma de sélection » est sujette à discussion. Dans les filières animales, ce terme désigne à la fois, la méthode de sélection (sélection massale...) et les acteurs. Afin d'éviter toute confusion, dans ce cahier technique, la méthode de sélection sera appelée « plan de sélection » et les acteurs et leurs relations seront désignés sous le terme d'organisation de sélection (OS).

Il existe différents plans de sélection. Quelle que soit la filière concernée, les principes sont les mêmes. Les définitions suivantes sont tirées de « l'amélioration génétique des animaux », Verrier *et al.* 2009.

### La sélection massale

Elle est appelée également « sélection individuelle » car elle se base sur l'évaluation des performances d'un individu au sein d'une population. Ce plan est le plus simple à mettre en place et il est bien souvent le moins coûteux car il repose sur une évaluation du candidat à la sélection. Cette méthode permet une forte pression de sélection (nombre de reproducteurs sélectionnés par rapport au nombre de candidats) avec une précision qui peut être élevée, celle-ci étant égale à la racine carré de l'héritabilité. L'inconvénient majeur est qu'il est parfois impossible d'appliquer cette méthode lorsque les critères de sélection ne s'expriment pas chez l'individu évalué (exemple de la production de lait chez les mâles).

### La sélection sur ascendance

Le choix se fait en fonction des performances des parents et peut donc se faire de façon précoce, ce qui constitue un avantage important. Le principal inconvénient est la faible précision de cette évaluation par rapport à une évaluation directe. Cette méthode est rarement appliquée seule du fait de sa faible précision, mais permet bien souvent un premier tri sur les candidats à la sélection.

## La sélection sur descendance

Cette méthode consiste à évaluer le potentiel génétique d'un reproducteur grâce aux performances des descendants. Elle permet d'obtenir un maximum de précision et est applicable pour tous les caractères. En revanche, cette évaluation demande la production de la génération n+1 et sa mise en production, ce qui entraîne un allongement de la durée de testage. Par conséquent, bien souvent la sélection sur descendance est couplée avec une autre méthode de tri plus précoce comme la sélection massale ou la sélection sur ascendance.

### La sélection sur les collatéraux

Elle consiste en une sélection des reproducteurs à partir de la moyenne de performances des frères et sœurs (demi-frères et demi-sœurs). La précision de cette méthode est souvent faible et soumise à des discussions en cas d'environnement commun. Cependant, elle présente l'avantage d'évaluer des critères comme la qualité de viande par exemple, qui nécessite l'abattage de l'animal pour l'évaluation. Par conséquent, la connaissance des collatéraux permet de connaître le niveau de performance de la famille sans abattre l'animal sélectionné. Elle est également utilisée dans des populations avec un grand nombre de collatéraux dans un environnement contrôlé (volaille).

Ces différentes méthodes ne sont que rarement utilisées seules, elles présentent une complémentarité importante.

## Les voies d'améliorations génétiques

### Utilisation de « races pures »

La sélection en « race pure » est utilisée principalement chez les espèces possédant un temps de génération long comme chez les bovins. En effet, la méthode de croisement de trois voies, par exemple, demanderait trois générations pour obtenir un animal de production, soit six à sept ans de travail. Cette méthode ne permet pas de bénéficier de l'effet d'hétérosis<sup>1</sup> apporté par un croisement et répond à un choix entre un progrès génétique important et un temps d'attente avant utilisation très long.

### Lignée synthétique

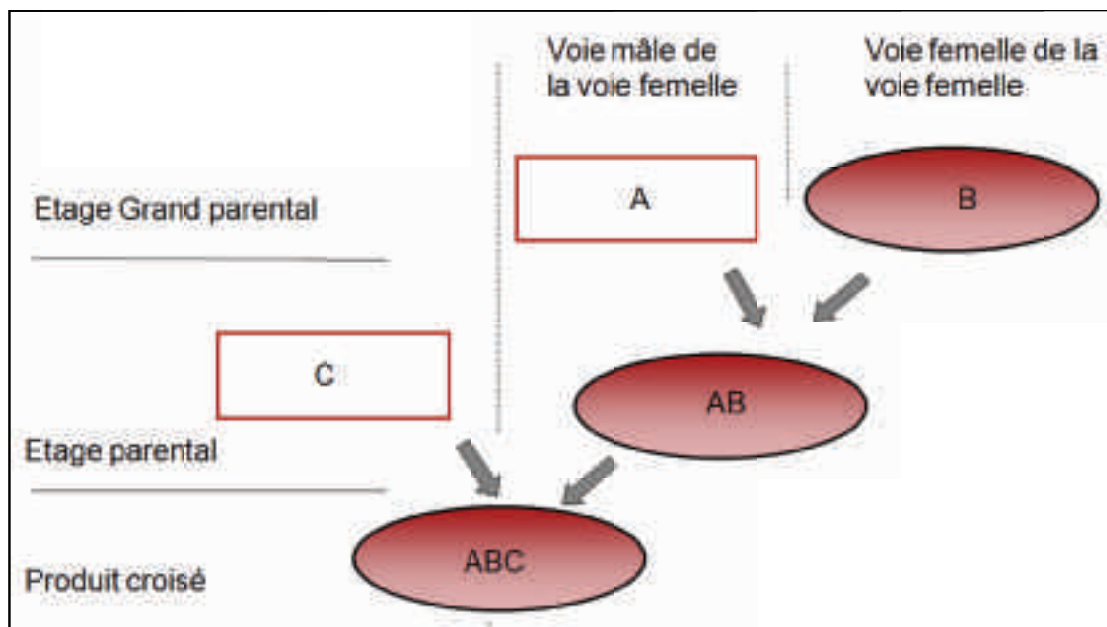
Une lignée synthétique est une population issue de croisements qui est stabilisée et conduite comme une race pure. L'objectif d'une lignée synthétique est de réaliser un

brassage de gènes afin d'augmenter la variabilité des gènes. Par exemple, une lignée synthétique peut être constituée de 75 % de race A et 25 % de race B. Pour cela, il faut réaliser un premier croisement AB qui donne un descendant F1 à 50 % A et 50 % B puis croiser ce F1 avec du 100 % A, qui donne des individus à 75 % A et 25 % B. Ces reproducteurs sont ensuite croisés entre eux.

À l'instar d'une gestion de race pure, génération après génération, le pool de gènes se stabilise. Cette méthode est notamment utilisée chez le porc. C'est également la méthode qui a été utilisée pour obtenir la lignée Buckfast (lignée créée par le Frère Adam).

### Sélection par croisement

Le croisement entre races prend différentes formes suivant l'objectif visé. Dans un objectif de progrès génétique, les croisements deux, trois ou quatre voies sont employés. Le principe est de sélectionner des populations en



<sup>1</sup> L'effet d'hétérosis se traduit par la supériorité pour de nombreux caractères de l'individu croisé (vigueur, productivité, résistance aux maladies, etc.) sur la moyenne des deux parents ou sur le meilleur des deux parents.

racés purs (ou lignées synthétiques), qui sont sur le schéma ci-dessous, les populations A, B et C. Dans la majorité des cas, les critères de sélection diffèrent d'une population à l'autre.

En sélection porcine, les lignées femelles sont sélectionnées principalement sur les qualités maternelles, tout en conservant une pression sur les critères de croissance alors que les lignées mâles sont sélectionnées sur les performances de croissance et de qualité de la carcasse. C'est ce qu'on appelle une « sélection divergente ». Le croisement entre ces lignées sélectionnées permet de réunir les différentes caractéristiques dans les F1 en bénéficiant en plus de l'effet d'hétérosis.

Concrètement, en élevage porcin, les lignées A et B sont des populations en sélection qui par croisement donnent les cochettes terminales, c'est-à-dire les futures truies en élevage de production. Les élevages de multiplication se chargent de réaliser ce croisement, ils reçoivent des truies de race B par exemple et les inséminent avec des mâles A. Le croisement ABC représente le porc charcutier qui est obtenu dans les élevages de production par insémination des truies AB avec des mâles C.

En élevage de poules, les animaux ABC sont les poules en production, les croisements permettant de les obtenir sont réalisés par les multiplicateurs.

L'avantage de cette méthode est qu'elle combine la sélection de lignées purs avec l'effet d'hétérosis apporté à chaque croisement. De plus, grâce à ce modèle il est possible de sélectionner des critères qui sont incompatibles dans deux ou trois races purs et de les combiner dans le produit final.

## État des lieux de la sélection en France

L'amélioration de la génétique du cheptel apiaire en France semble se mettre en place depuis quelques années, notamment par une organisation régionale. Afin d'accompagner la filière, l'ITSAP-Institut de l'abeille se devait de connaître et de comprendre les projets de sélection en France. La démarche choisie a été de rencontrer dans toutes les régions les acteurs de la sélection via les partenaires du réseau.

Sur l'année 2011, douze groupes ayant une action d'amélioration génétique engagée ou en projet ont été rencontrés lors de réunions, d'entretiens avec les responsables ou techniciens et par des visites sur le terrain.

En France, un apiculteur dispose de différentes voies pour améliorer son cheptel. Il est possible de les séparer en deux groupes selon que le producteur travaille seul ou en groupe.



Figure 3. Carte des régions françaises auditées ou contactées durant l'étude (en vert les régions ayant un projet sélection, en gris les régions contactées où aucun projet de sélection n'a été identifié).

## Les voies d'amélioration génétique individuelle

Un grand nombre d'exploitations apicoles n'a pas souhaité externaliser le travail de sélection, contrairement à la filière volaille de chair. Il existe donc des apiculteurs qui assurent le progrès génétique de leur cheptel par eux-mêmes. Ce travail d'amélioration s'appuie sur le renouvellement du cheptel avec une volonté de remplacer les reines de réformes par des reproductrices au potentiel génétique supérieur. C'est le principe de la sélection par le renouvellement (cf. définitions). Les apiculteurs définissent leurs propres besoins pour leur exploitation en fonction de leur environnement et de leur pratique. En fonction de ces besoins, ils assurent l'approvisionnement en reines de renouvellement par l'achat ou par l'auto-renouvellement ou les deux.

Cette approche bien qu'individuelle est aussi la base des organisations collectives car la mise en commun des objectifs et des moyens pour les atteindre nécessite que chaque membre du groupe ait lui-même défini ses besoins propres.

## Les voies d'amélioration génétique collectives

Ayant pris conscience de la nécessité de mutualiser les efforts et les moyens, des groupes d'apiculteurs se sont constitués dans la perspective d'améliorer collectivement leur cheptel. L'organisation collective de la sélection s'appuie sur une mise en commun des objectifs et des méthodes nécessaires pour les atteindre. Deux types d'organisations se distinguent, basés sur l'intégration ou non d'un cheptel en sélection, que nous appellerons respectivement « organisation de sélection » et « multiplication ».

Quelle que soit l'organisation choisie, les groupes s'appuient sur l'évaluation des reines dans les conditions de production.

La plupart des groupes de sélection ou de multiplication pour la production de miel sont gérés au niveau régional. L'organisation régionale de la sélection résulte de la spécificité des agro-écosystèmes et de la structuration du développement de la filière qui se fait par des associations de développement de l'apiculture (ou autre structure locale comme les GIE<sup>2</sup>, les CETA<sup>3</sup>...), qui sont régionales, à l'exception du GPGR, le Groupement des producteurs de gelée royale, qui est nationale.

### **Organisme de multiplication**

Les apiculteurs se regroupent et achètent des souches dites « sélectionnées ». Leur potentiel est évalué à travers leurs reines filles chez des apiculteurs du groupe selon des critères communs. Cette organisation s'appuie ou non sur les compétences d'un technicien. Ce modèle d'organisation est également appelé « offre génétique » dans la filière.

L'objectif recherché est la mise en commun de l'évaluation de souches destinées à fournir le renouvellement du cheptel des apiculteurs du groupe, autrement dit, la mise en commun du principe d'amélioration génétique par le renouvellement. Par conséquent, cette méthode doit être présente individuellement au sein du groupe. Cette organisation peut être une première étape de la création d'un cheptel en sélection. En effet, certains groupes souhaitant avoir un cheptel en sélection s'appuient sur l'achat de souches pendant quelques années afin d'avoir du matériel génétique de qualité pour constituer le cheptel de départ.

### **Organisme de sélection**

Les apiculteurs se regroupent afin de mettre en commun la méthode et le cheptel. L'organisation est semblable à l'organisme de multiplication à la différence que les souches sont produites et gérées par le groupe et non

pas achetées. C'est la mise en commun du principe d'auto-renouvellement. Dans les faits, les cheptels en sélection sont rarement fermés et des souches achetées peuvent être intégrées à la population sélectionnée.

## **L'organisation financière**

L'aspect financier pour les organismes de sélection et de multiplication est un point important dans la réussite des projets. Bien souvent, l'investissement financier des apiculteurs est faible par rapport aux besoins. Les moyens à la disposition des groupes proviennent majoritairement de subventions publiques. L'autofinancement apparaît comme la préoccupation majeure des groupes ayant un technicien. Par conséquent, les stations de sélection ou de multiplication commercialisent du cheptel dans le but d'augmenter leur autonomie financière.

Dans ce contexte, deux groupes de sélection prévoient d'être ou sont déjà en situation d'autofinancement complet du travail de sélection. Pour cela, ils valorisent les reproducteurs issus de leurs travaux en fonction du coût de la sélection et du bénéfice que l'apiculteur peut en attendre par rapport aux reines non sélectionnées. Le progrès génétique a une valeur appelée « valeur génétique » qui peut se traduire par une redevance génétique. Cette valeur est différente du coût de production et traduit le surcoût de travail induit par la sélection. En sélection porcine par exemple, un géniteur coûte à l'achat l'équivalent du coût de production, plus la valeur génétique. La prise en compte de cette valeur génétique traduit également le bénéfice apporté par la sélection.

---

<sup>2</sup> Groupement d'intérêt économique.

<sup>3</sup> Centre d'études techniques apicoles.



## Schéma général de la sélection en France

À partir de ces observations, il est possible de schématiser les différentes voies d'amélioration génétique disponible pour les apiculteurs.

Il n'existe pas une unique façon d'améliorer son cheptel, la grande variabilité qui existe dans la filière permet à chacun de choisir l'approche la plus adaptée à sa manière de travailler et à ses objectifs.

Le schéma ci-dessous reprend les différentes voies d'amélioration génétique qui existent en France, présentées selon les fonctions qu'occupent les apiculteurs de manière individuelle ou collective.

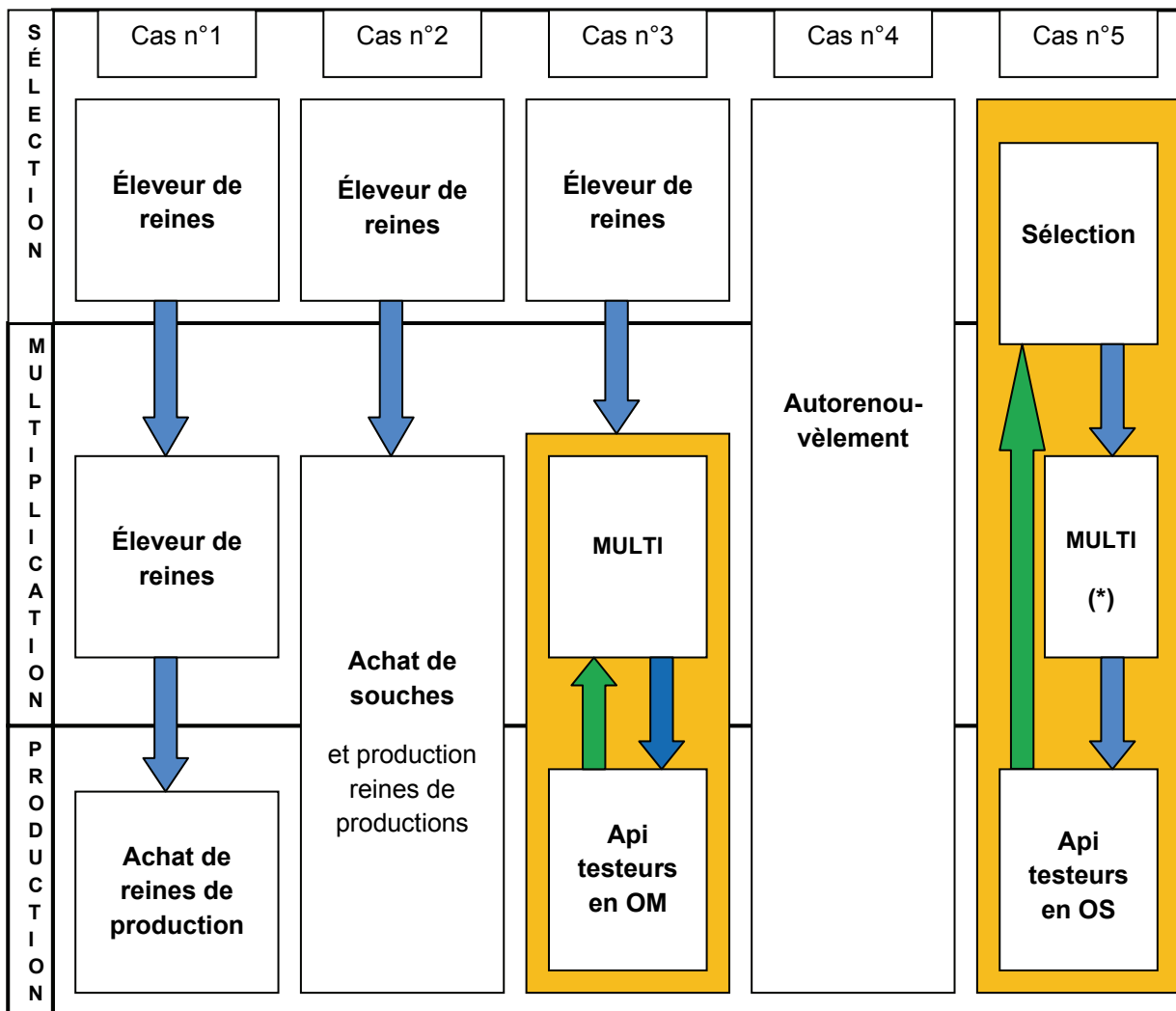


 Schéma collectif

(\*) Étape non systématique

 Transmission d'information et/ou de cheptel

 Fourniture en cheptel

Figure 4. Les différentes voies d'amélioration génétique en France (Multi = multiplication ; api testeur = apiculteur testeur, OM = organisation de multiplication et OS= organisation de sélection)

Les modèles correspondent, de gauche à droite, à un apiculteur réalisant :

- cas n° 1 : uniquement de la production ;
- cas n° 2 : la production et l'élevage de reines pour son exploitation à partir de souches achetées ;
- cas n° 3 : la production et le testage de reines dans une organisation de multiplication (OM) ;
- cas n° 4 : la production, l'élevage de reines pour son exploitation à partir de souches choisies dans son cheptel ;
- cas n° 5 : la production et le testage de reines dans une organisation de sélection (OS).

Une organisation de sélection (cas n° 5) ne signifie pas que le travail de sélection est délégué systématiquement au niveau du collectif, bien que ce soit le cas le plus fréquent. Un groupe assure aujourd'hui une sélection sur les deux voies (femelle et mâle) et à l'instar de l'organisation en bovin lait, les apiculteurs réalisent la sélection en voie femelle sur leur exploitation (sélection des reines) et assurent la sélection voie mâle par le groupe (production de ruche à mâles à partir de reines sélectionnées par le groupe).

En pratique, ces organigrammes ne sont pas figés : par exemple, les OS peuvent être, par leur activité de commercialisation de génétique, les sélectionneurs indépendants d'une organisation de type 1 ou 2. Il est également possible dans les cas n° 1 et n° 5 de n'avoir qu'un intervenant qui réalise à la fois la sélection et la multiplication ou dans le cas n° 5 que les apiculteurs-testeurs multiplient les souches eux-mêmes.

Une amélioration du potentiel génétique du cheptel passe, quelle que soit la situation, par l'implication de l'apiculteur. Dans les cas individuels (cas n° 1, n° 2 et n° 4), l'apiculteur décide seul de son cheptel et influence le travail de sélection par ses choix en fournisseurs. Dans les cas collectifs, les apiculteurs testent et valident le potentiel des souches en multiplication ou en sélection. Ils sont donc déterminants dans les choix de

génétique et par conséquent dans l'amélioration globale du potentiel génétique.

Le travail à l'échelle de l'exploitation de production est important. Dans la gestion du cheptel apicole, la question du renouvellement se pose. Par conséquent, la « sélection par le bas » basée sur le renouvellement est le premier poste de progrès génétique. Le choix de baser les plans de sélection sur le testage sur descendance, accroît l'importance de l'implication de l'apiculteur dans l'évaluation de son cheptel. L'enregistrement des performances est une condition *sine qua non* de la réussite de ce modèle de sélection.

## Quelles races d'abeille en France ?

De très nombreuses races d'abeilles cohabitent en France. Une partie des apiculteurs rencontrés souhaitent garder cette diversité alors que d'autres craignent que la variété raciale ne nuise à l'abeille locale (*Apis mellifera mellifera*).

Il existe peu de groupes travaillant sur une race pure car il est difficile de les maintenir, du fait des fécondations naturelles. Les groupes de multiplication utilisent différentes races ou différentes lignées d'origines plus ou moins connues. Le mode de fonctionnement (achat de souches aux sélectionneurs) permet une variabilité dans les origines proposées aux apiculteurs. Les groupes de sélection travaillent avec des reines ayant des origines différentes au démarrage de la sélection et qui, par fermeture du cheptel, se mélangent. Par conséquent, au bout de quelques années, les races en sélection sont assimilables à une lignée synthétique. Un seul groupe fonctionne avec deux populations d'origines différentes (deux races) et applique ensuite un schéma de croisement. Dans certains projets de sélection, il existe une demande en sélection sur l'abeille noire ou abeille « locale » (nuance incluant le brassage génétique, conséquence de l'import de races étrangères).

Le choix de la race en sélection pose de nombreuses questions et est sujet à débat.

Les caractéristiques de reproduction de l'abeille entraînent une difficulté à garantir la pureté raciale d'une reine. La variété raciale présente sur le territoire national est, d'un point de vue génétique, un atout majeur. En effet, la variabilité génomique et phénotypique apportée par les différentes races permet à terme d'obtenir des populations ayant les caractéristiques souhaitées (à l'instar des lignées Frère Adam).

La fécondation naturelle est un frein au travail de sélection puisque la transmission par la voie mâle n'est pas connue. Cependant, il existe des outils permettant de maîtriser ce point, notamment l'insémination instrumentale ou les ruchers de fécondation. Les connaissances techniques autour de ces outils existent mais demandent à être mieux éprouvées sur le terrain afin de rendre leur utilisation plus facile et moins coûteuse.

Le risque de « contamination » de la race locale (par l'abeille noire, par exemple) est effectivement accru avec l'import de race étrangère. La préservation de populations en race pure semble nécessaire, pour l'abeille noire comme pour les autres races.

Dans le débat autour de l'import de races étrangères, la question du risque sanitaire est omniprésente. Dans cet article, nous nous positionnons en faveur de l'hétérogénéité de race sur le territoire français. Cependant, cette conclusion ne peut être valable que dans le cas d'un contrôle sanitaire strict sur le matériel génétique importé.



*Figure 5. Cadre de plan de sélection avec marquage de la reine (ADAPIC/ D. Ronceray).*

## La sélection collective en détail

Les groupes de sélection ainsi que les sélectionneurs indépendants ont adopté pour des méthodes de génétiques quantitatives. Cette approche est la plus adaptée du fait du coût élevé de la sélection assistée par marqueur. De plus, la génétique moléculaire nécessite dans tous les cas la mise en relation entre le phénotype et l'expression génique. Des travaux de recherche tentent de mettre en évidence des marqueurs génomiques traduisant l'expression de caractères dépendant de un ou peu de gènes. Dans l'hypothèse où ces projets aboutissent, les découvertes de marqueurs ne viendront que compléter une sélection génétique quantitative.

La majorité des plans de sélection est basée sur une sélection massale avec testage sur descendance. Certains travaillent à partir de la généalogie. Quelles que soient les méthodes choisies initialement, la réalité du terrain impose des modifications significatives (mortalité des souches, échecs de fécondation et d'insémination). Il est important de noter qu'aujourd'hui, aucun groupe n'est en capacité de présenter, de façon chiffrée, le progrès génétique réalisé.

Les plans de sélection adoptés par les groupes ont tous un potentiel de progrès intéressant et ne reprennent que partiellement ceux proposés par les généticiens de l'abeille. La première raison semble être la difficulté d'appropriation de ces méthodes par les praticiens. La particularité de l'accouplement chez l'abeille complique la mise en place d'un plan de sélection rigoureux. En effet, il est important de maîtriser les fécondations pour connaître avec précision l'apport de la voie mâle. L'insémination est un outil central pour cela. Beaucoup d'organisations l'utilisent mais la maîtrise de la méthode n'est pas suffisante et les échecs pèsent lourdement sur l'application des plans de sélection. Il apparaît donc que la variable de décision qui s'impose sur le terrain ne dépend pas de la validité scientifique ni de la pression de sélection mais du poids des aléas techniques. La gestion technique des cheptels en sélection est indiscutablement le point clef de la mise en

place du plan de sélection. Cette gestion technique repose sur les connaissances liées à l'élevage, la durée de vie des souches et des méthodes comme l'insémination artificielle.

L'utilisation du croisement comme méthode d'amélioration génétique est une approche très intéressante pour l'abeille. En effet, comme rappelé précédemment, le temps de génération court et le nombre de reproducteurs à chaque génération doit permettre une utilisation des croisements comme dans la filière porcine. C'est notamment la méthode utilisée par le Frère Adam pour créer la Buckfast. Cependant la difficulté de conserver des noyaux en race pure a poussé l'utilisation des lignées du Frère Adam en tant que lignées synthétiques (cf. définition) plutôt qu'en tant que produit terminal.

En conclusion, les caractéristiques biologiques de l'abeille (temps de génération très court, homozygotie des mâles...) laissent envisager des plans de sélection très poussés permettant une amélioration génétique rapide. Malgré ces avantages, la reproduction de l'abeille n'est pas simple à maîtriser et le progrès génétique souhaité est freiné par les contraintes techniques.

## L'évaluation des colonies et le potentiel génétique

Toutes les organisations mises en place (sélection et multiplication) se basent sur un réseau de testage, l'objectif étant de mettre en commun la méthodologie d'évaluation afin de connaître le plus précisément possible le potentiel des souches en sélection. Dans la pratique, le testage se base sur une grille d'évaluation qui est très proche d'un groupe d'apiculteurs à l'autre. La production est le principal objectif. En effet, lorsque les groupes sont interrogés sur leurs priorités, vient en premier la production (miel, gelée royale, pollen) puis sont citées la résistance aux maladies, la douceur, la tendance à l'essaimage, la qualité du couvain, l'autonomie alimentaire et enfin la « tenue de cadre ». La résistance ou la tolérance à *Varroa* est également citée. Ce dernier critère est une préoccupation majeure des organisations mais

sa méthode d'évaluation est encore sujette à discussion.

Les réseaux de testage collectant des données sont rares. Seul un groupe a obtenu suffisamment de données pour valider le potentiel des reines sélectionnées. Aujourd'hui, seule l'embauche d'un technicien s'occupant de ce travail de collecte permet d'obtenir des données.

L'analyse d'un groupe dont le réseau de testage fonctionne suffisamment pour comparer les souches, montre que les adhérents ont :

- un travail de sélection à l'échelle de l'exploitation qui fonctionne en routine ;
- un itinéraire technique comparable.

De cette expérience réussie, nous pouvons déduire que le fonctionnement des groupes d'apiculteurs serait amélioré par la formation à l'échelle de l'exploitation. Cette conclusion est confirmée par le témoignage des techniciens qui travaillent à la mise en place d'un réseau de testage depuis plusieurs années. En effet, ils considèrent que, par ce travail en commun, le niveau technique des apiculteurs et son homogénéité ont autant évolué que le potentiel génétique des souches.

Les expériences de terrain montrent que la collecte des données est simplifiée par l'intervention d'un technicien. Ce constat est en adéquation avec ce que nous pouvons observer dans les autres filières où il ne semble pas exister de notation à l'échelle de l'exploitation réalisée uniquement par l'agriculteur.

Le lien technicien/apiculteur que crée le technicien lors d'une visite permet à l'apiculteur de s'approprier le travail de sélection à la dimension de son cheptel. Cela permet de positionner chaque poste dans l'organigramme de la sélection. La venue d'un technicien sur l'exploitation traduit également la segmentation des tâches au sein d'une activité de sélection. Cette interprétation est confirmée par les observations faites lors de la

description de l'organigramme des groupes sélection.

Les critères de notation tels qu'ils sont utilisés aujourd'hui peuvent être nettement améliorés. Cependant, dans un premier temps, l'existence même de données est plus importante que la précision de celles-ci. En effet, une fois que la prise de données en routine est établie sur une exploitation, l'augmentation du niveau de précision est faisable. Historiquement, la sélection en production laitière s'est faite sur la comparaison entre les vaches qui remplissaient le pot et celles qui ne le remplissaient pas, avant d'atteindre un niveau de précision allant jusqu'à la composition en oméga 3 du lait.

Le travail d'amélioration génétique en groupe est aussi dépendant de la survie des souches. Le temps de génération court et le nombre de descendants est un atout pour la sélection de l'abeille. Cependant, l'absence d'itinéraire technique standard et l'impact environnemental impliquent un testage en conditions de production, or la durée de testage est régulièrement supérieure à la durée de vie des souches. Ce constat montre encore une fois le besoin de solutions techniques pour la gestion des souches.



Figure 6. Barrette de cellules royales (ANERCEA/ T. Fedon).

## Perspectives

L'état des lieux de la filière montre une grande variabilité dans les voies d'amélioration génétique comme dans les races d'abeilles utilisées. Cette hétérogénéité est un atout mais demande une approche méthodologique rigoureuse.

Dans les travaux initiés par des groupes, il existe des résultats très positifs. Tous les maillons nécessaires à l'amélioration génétique du cheptel apiaire français existent, mais ils ne sont pas maîtrisés par tous. Les rôles de coordinateur et de relais de l'information que joue l'ITSAP-Institut de l'abeille doivent permettre de faire progresser les expériences locales.

La réussite de l'amélioration génétique passera également par :

- la prise en compte de la sélection à l'échelle de l'exploitation par les apiculteurs ;
- l'amélioration de la gestion technique du cheptel en sélection ;
- une meilleure prise en compte de l'investissement nécessaire à un travail de sélection.

En France, différents acteurs travaillent à améliorer le niveau génétique du cheptel apiaire. Avec un appui méthodologique et technique, des progrès génétiques peuvent être envisagés. Le premier maillon reste la sélection à l'échelle de l'exploitation. Ce concept qui peut paraître complexe est applicable par tous selon les besoins. De la même façon que pour les groupes de sélection, un accompagnement des apiculteurs, par la formation notamment, doit permettre aux exploitations françaises de progresser.

L'appui technique et scientifique que peut apporter l'ITSAP-Institut de l'abeille représente également un levier de progrès intéressant, en témoigne l'exemple ci-après de collaboration entre un groupe sélection et l'Institut.

## Évaluer les souches par le testage sur descendance : exemple du Groupement des producteurs de gelée royale (GPGR)

La sélection consiste à favoriser la reproduction d'animaux qui possèdent des attributs supérieurs (Francis Minvielle, 1998, *La sélection animale*). Cette définition nécessite l'évaluation des animaux afin de déterminer les plus intéressants pour la production. La valeur de production P d'une colonie est égale à la valeur génotypique G plus l'effet de l'environnement E, E étant à la fois l'environnement du rucher et les pratiques apicoles. La grande variabilité existant au niveau de l'environnement comme au niveau des pratiques ne permet pas de comparer les niveaux génétiques d'une colonie à l'autre au-delà du rucher.

La mise en place d'un travail collectif a pour objectif de produire des reines ayant un niveau génétique quelles que soient les conditions de mise en production. Par conséquent, afin d'estimer au mieux le potentiel des souches en sélection, il est nécessaire d'évaluer les colonies dans tous les milieux et avec toutes les pratiques, c'est l'objectif d'un réseau de testage. Le réseau de testage consiste donc à évaluer la descendance d'une souche intéressante dans un grand nombre d'environnements par des apiculteurs ayant des pratiques différentes.



Figure 7. Introduction d'une reine dans une ruche (ITSAP-Institut de l'abeille/ F. Allier).

## L'organisation du GPGR

Le GPGR a mis en place une organisation de sélection basée sur la présélection de souches d'intérêt, puis une sélection par le testage sur descendance. La sélection de souches bonnes productrices de gelée royale se déroule sur deux ans. Ce fonctionnement vient d'être validé par le GPGR, suite à un essai de pré-testage/testage dans la même année qui n'a pas donné des résultats convaincants, notamment en raison de manques de flexibilité en termes de calendrier.

Tout le plan de sélection est basé sur le travail d'apiculteurs producteurs de gelée royale. Deux groupes se distinguent, les sélectionneurs et les testeurs. Le groupe des sélectionneurs gère les souches, les inséminations et le pré-testage. Les reines souches ou potentiellement souches sont réparties dans cinq exploitations, appelées « mini pôles génétiques », et ne sont utilisées en production que durant le pré-testage. Le groupe des testeurs est composé d'une vingtaine d'adhérents du GPGR, répartis sur toute la France. Ils s'engagent à réaliser l'évaluation des « filles » envoyées par le groupe sélection, durant quatre levées. La multiplication des souches pour le testage ou pour la diffusion est assurée par des apiculteurs éleveurs sous forme de prestation de service. Ils assurent donc le rôle de multiplicateur.

### Année n : Pré-testage des reines inséminées

Cette étape consiste à mettre en production des reines inséminées potentiellement intéressantes pour la production de gelée royale. Le pré-testage se fait sur le même protocole que le testage. À l'issue de cette première évaluation, les reines les moins intéressantes pour la production de gelée royale ou pour les autres critères (comportement, sanitaire...) sont éliminées. Les reines présentant de bons résultats sont confiées aux multiplicateurs afin de produire des « filles », fécondées naturellement, qui sont expédiées chez les apiculteurs testeurs. Ces reines, que l'on appellera les F1 pour la

suite du document, sont introduites par les testeurs et préparées pour une mise en production en année n+1.

## Année n+1 : Testage des F1 en production

Les testeurs mettent en production les F1 dès le début de la saison et selon le protocole de testage prévu. Une fois l'évaluation terminée, les apiculteurs envoient les données de production afin qu'elles soient analysées. À partir de cette analyse, les meilleures souches sont choisies et une série d'inséminations est mise en place. L'année suivante, les individus inséminés seront mis en pré-testage afin d'alimenter le plan de sélection.

## Protocole de testage

Le protocole de testage a pour but d'uniformiser la notation des colonies en testage afin de pouvoir évaluer et comparer le potentiel génétique des souches en sélection.

Le GPGR a fait le choix d'évaluer la production sur quatre levées successives, la variable de production étant le poids par levée et par ruche. Afin de connaître le niveau moyen des reines en production chez les testeurs, la production moyenne du rucher est demandée. Le GPGR a choisi également d'évaluer les colonies sur : la qualité du couvain, la douceur, l'autonomie alimentaire, la qualité sanitaire, la tendance à essaimer et le comportement. Ces différents paramètres sont évalués sur une échelle de 1 à 5, 1 étant le moins bon et 5 le meilleur niveau du critère. L'accent n'est donc pas mis uniquement sur la production de gelée royale.

## Les résultats du testage en 2011

En 2010, le GPGR a envoyé des reines (F1), filles d'inséminées pré-testées, aux apiculteurs testeurs. Au mois de mai 2011, les F1 ont été mises en production et les apiculteurs ont transmis ces données aux groupes sélection. À partir de ces données, un travail d'analyse a été mis en place. Les résultats suivants sont le

fruit de ce travail de collecte et d'analyse réalisé par le GPGR et l'ITSAP-Institut de l'abeille.

Souche	Nombre de testeurs	Nombre de filles	Nombre de levées
A	9	40	146
B	1	2	5
C	4	11	51
D	2	9	34
E	5	25	86
F	3	6	26
G	3	3	11
H	6	25	136
I	3	19	77
J	2	5	24
K	2	2	11
<b>Total général</b>		<b>147</b>	<b>607</b>

Tableau 1. Résultats de la campagne de testage 2011 (en jaune, les souches dont le nombre de données est insuffisant pour valider le potentiel génétique).

En 2011, 11 souches ont été testées au travers de 147 filles chez 18 testeurs. Le tableau n°1 présente les résultats des données de testage collectées. Avec 607 levées enregistrées pour 156 filles, cela correspond en moyenne à 3,9 levées par reine pour un objectif initial de 4 levées par F1, soit un bon résultat. En moyenne, il a été mis en testage huit filles par souche, ce qui est faible pour un testage efficace. De plus comme le montrent les colonnes 2 et 3, il existe une grande disparité dans la répartition du nombre de fille par souche et du nombre de testeur par souche. Cette variabilité vient de l'absence de plan de testage préétabli.

Arbitrairement, les données des souches testées avec moins de dix filles et/ou chez moins de deux testeurs, ont été considérées comme insuffisamment fiables. En effet, comme rappelé en introduction, le testage sur descendance doit permettre de valider le potentiel des souches quelles que soient les pratiques et l'environnement. Avec un nombre

de données trop faible, le risque d'erreur est trop important. Par conséquent les souches B, D, F, G, J et K ne peuvent être prises en compte en fonction de leur niveau de production sans prendre un risque élevé dans l'interprétation des résultats.

Le principe du réseau de testage est de mettre en condition de production les filles d'une souche apparemment intéressante. Comme le montre le tableau n°1, les souches n'ont pas été testées chez les 18 testeurs. Cependant, si la souche A et la souche B ont été testées chez le testeur 1 et si la souche B et la souche C ont été testées chez le testeur 2, par le modèle d'analyse de données, il est possible de comparer les souches A et C alors qu'aucune exploitation n'a accueilli ces deux souches en même temps. Le principe d'un plan de testage est de distribuer les « filles » de souches, selon les possibilités du terrain (nombre de testeurs, nombre de filles par testeurs, nombre de filles par souches...) afin que toutes les comparaisons soient possibles. Le tableau n°2 présente un exemple de plan de testage avec quatre souches (a, b, c, d) et huit testeurs.

	a	b	c	d
1	10	10		
2	10	10		
3		10	10	
4		10	10	
5			10	10
6			10	10
7	10			10
8	10			10

Tableau 2. Exemple de plan de testage avec quatre souches (a, b, c, d) et huit testeurs.

## Analyse du potentiel génétique des souches

Le testage des « filles » en production permet d'obtenir pour chaque souche :

- le nombre de « filles » ;
- le poids en grammes de chaque levée.
- La note d'évaluation pour les six critères.

Afin de connaître le potentiel de production des souches, une analyse de variance est réalisée. Son principe est de définir les variables qui influent sur le niveau de production. L'analyse est réalisée avec le logiciel SAS. Le modèle retenu est le suivant :

$$\text{Production} = \text{effet testeur} + \text{effet souche}$$

La production est le nombre de grammes de gelée par levée. L'effet testeur regroupe les pratiques apicoles, l'environnement du rucher ainsi que l'effet des « pères » puisque les testeurs ont reçu des reines vierges. L'effet souche est la part de la production liée à la « mère », autrement dit le potentiel génétique de la reine.

À partir de ces résultats, il a été mis en place un modèle permettant d'obtenir la moyenne corrigée, quel que soit le testeur, ce qui revient à connaître son potentiel génétique. Concrètement, une souche qui a une moyenne de 30g par levée sur le terrain, qui a été testée chez trois apiculteurs-testeurs présentant des environnements peu propices, verra sa moyenne corrigée rehaussée. À l'inverse, si elle a été mise en testage dans de meilleurs environnements, sa moyenne sera abaissée. Enfin, plus il y aura de « filles » testées dans différents environnements, plus la moyenne observée pendant le testage sera proche de la moyenne corrigée et inversement. C'est pourquoi, une souche testée chez un seul testeur avec trois « filles » en testage ne présentera pas de résultats suffisamment fiables pour être exploités.

Le tableau n°3 présente le résultat du testage pour la production. L'index réel est le niveau de production moyen des souches, calculé à partir des résultats moyens des « filles » en testage. L'index corrigé est le potentiel estimé par le modèle. Les données exprimées sont indexées sur 100, 100 correspondant à la moyenne de production de l'ensemble des ruchers des apiculteurs testeurs. Par conséquent, une valeur d'index de 110 correspond à une souche produisant 10 % de plus que la moyenne de ses contemporaines.



Souche	Nombre testeurs	Nombre de filles	Nombre de levées	Index réel	Index corrigé	Classement
<b>B</b>	1	2	5	114	142	1
H	6	25	136	105	112	2
<b>J</b>	2	5	24	107	110	3
C	4	11	51	112	107	4
I	3	19	77	105	101	5
<b>F</b>	3	6	26	115	94	6
E	5	25	86	63	85	7
<b>D</b>	2	9	34	94	83	8
A	9	40	146	82	80	9
<b>K</b>	2	2	11	79	75	10
<b>G</b>	3	3	11	75	65	11

Tableau 3. Index des souches basé sur le niveau moyen de production réel ou corrigé par le modèle (100 étant la moyenne de production des exploitations des testeurs durant le mois de mai 2011).

L'analyse des données permet d'obtenir l'index du niveau de production des souches, quel que soit l'environnement dans lequel elles seront mises en production. Par exemple, la souche H présente une moyenne de production réelle 5 % plus élevée que la moyenne des contemporaines alors que sa moyenne corrigée est 12 % au-dessus. Cela signifie que la souche H a été testée par l'intermédiaire de ses « filles » dans des environnements peu propices. À l'inverse, la souche C voit son niveau de production corrigé abaissé par rapport au niveau réel, signifiant qu'elle a été testée dans les environnements plus favorables. Dans les faits, chaque apiculteur achetant des souches H peut attendre une augmentation de 12 % par rapport à sa moyenne de production.

Cependant, il ne faut pas tenir compte uniquement de la moyenne mais également de l'écart -type. L'écart-type varie de plus ou moins 5 % à plus ou moins 17 %. Ce résultat relativise grandement le potentiel de la génétique testée. Cependant, le travail de sélection ne fait que débiter : le pool de gènes n'étant pas fixé, à chaque génération, une grande variabilité existe. Cette variabilité va peu à peu diminuer grâce au travail de sélection.

La dernière colonne indique le classement des souches suivant leur niveau de production. Les souches H, C et I sont celles retenues en

sélection (les souches en jaunes ne possèdent pas suffisamment de données pour que l'index soit fiable). En effet, outre le niveau de production supérieur aux autres, ces trois souches présentent des notes moyennes satisfaisantes sur les autres critères.

## Conclusion

Le plan de sélection mis en place par le GPGR, basé sur un pré-testage suivi d'un testage sur descendance, présente des résultats très encourageants. En effet, les apiculteurs testeurs ont rempli leur rôle en collectant les données de testage. Cette base de données suffisamment grande a permis de faire ressortir le potentiel génétique des souches. La génétique en sélection n'est pas encore à la hauteur des attentes, bien que le GPGR possède aujourd'hui des reines dont le potentiel est connu, ce qui permet d'envisager de grandes perspectives dans les progrès génétiques à venir. Le travail de sélection basé sur le testage sur descendance et sur l'utilisation de l'insémination devra permettre d'améliorer le potentiel génétique des souches. Maintenant que le réseau de testage est opérationnel, le groupe doit améliorer la notation par une plus grande précision dans l'évaluation et par l'intégration de nouveaux critères.