



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

Spécialité : Production et nutrition animale

**L'effet de variation de nombre des larves greffées et la
méthode de double greffage sur le poids des reines à
l'émergence**

Présenté par : HANED Mohamed

TAHMI Chahrazed

Mme. OUAKLI. K

MCA

USDB

Présidente de jury

Mr. BERKANI. M.L

Professeur

ENSA El-Harrach

Promoteur

Mme. BOUBEKEUR.

SMCB

USDB

Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2019/2020

REMERCIEMENTS

Au nom d'ALLAH, le Clément et le Miséricordieux.

Nous ne pouvons achever ce travail sans exprimer nos vifs remerciements à :

*Monsieur **BERKANI M. L.** professeur et chef du laboratoire d'apiculture (Ecole Nationale Supérieure Agronomique -Alger), qui nous a fait l'honneur d'accepter de nous encadrer, de nous corriger et de nous apporter une aide précieuse au cours de l'élaboration de ce travail. Pour toute sa gentillesse et sa disponibilité. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance.*

*Madame **OUAKLI K.**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.*

*Madame **BOUBEKEUR S.**, qui a accepté de participer à notre jury et d'examiner ce modeste travail.*

Toute personne qui a contribué de près ou de loin à la contribution de ce travail.



DEDICACE

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce présent travail à :

Mes chers parents qui m'ont beaucoup encouragé et aidé pendant tout mon cursus universitaire.

Mon épouse pour sa patience son aide et son soutien moral

Mes chers enfants : Oussama et Houssem

Mes frères et sœurs

Mon binôme Chahra et sa famille

Mes amis et mes collègues

MOHAMED





DEDICACE

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce présent travail à :

Mes chers parents ; aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils cessent de me combler, qu'ALLAH leur procure bonne santé et longue vie.

Ma chère sœurs Fouzia et son époux

Mes frères Fatah, Redha et Fouad et leurs femmes

Mes oncles : Toufik, Rachid et Omar

Mes adorables neveux et nièces.

Mon binôme Mohamed qui m'a beaucoup aidé et supporté

Mes amies et mes collègues

CHAHRAZED



RESUME

Ce travail bibliographique a pour but de déterminer les facteurs qui influencent le poids de la reine à l'émergence et plus particulièrement la méthode du double greffage ainsi que le nombre des larves greffées. Pour cela plusieurs documents ont été consultés afin d'enrichir ce travail.

Nous avons consacré d'abord une partie de ce présent document sur la biologie de la reine, la reproduction et le rôle de la reine dans la colonie, par la suite nous avons abordé les facteurs qui affectent la qualité des reines lors de leur élevage : en commençant par les conditions et les méthodes d'élevage et de greffage. Sans oublier le rôle que joue l'alimentation et la nutrition, au cours des différents stades du développement de larves en reines matures, dans leur qualité.

Et comme tout cela s'inscrit dans l'amélioration et le développement des potentialités et de la productivité de la reine, nous avons consacré un chapitre sur la sélection et l'amélioration génétique.

À la fin, nous avons pu conclure que le poids des reines à l'émergence n'est pas affecté par la variation du nombre de larves greffées, et que les recherches sur l'effet de la méthode de double greffage sur le poids des reines à la naissance sont contradictoires, quelques auteurs confirment que cette méthode a un effet sur le poids tandis que d'autres disent le contraire.

Mots clé : élevage de reine, double greffage, larves greffées, poids des reines à l'émergence.

ABSTRACT

The purpose of this bibliographical work is to determine the factors that influence the weight of the queen at emergence and more particularly the method of double grafting as well as the number of grafted larvae. For this, several documents have been consulted in order to enrich this work.

We first devoted a part of this paper to the biology of the queen, reproduction and the role of the queen in the colony, then we discussed the factors that affect the quality of queens during their breeding: starting with breeding and grafting conditions and methods. Not to mention the role that plays in feeding and nutrition, during the different stages of mature larvae and queens, in their quality.

All this, is part of the enhancement and development of the queen's potential and productivity, we have devoted a chapter on breeding and genetic improvement.

In the end, we were able to conclude that the weight of the emergence queens is not affected by the variation in the number of grafted larvae, and that research on the effect of the double grafting method on the weight of the birth queens is contradictory, some authors confirm that this method has an effect on weight while others say the opposite.

Keywords: queen rearing, double grafting, grafted larvae, queen weight at emergence.

المخلص

الغرض من هذا العمل النظري هو تحديد العوامل التي تؤثر على وزن الملكة عند الولادة ، وخاصة طريقة التطعيم المزدوج ، وكذلك عدد اليرقات المطعمة .ولهذا، تم تصفح و الاطلاع على العديد من المراجع لإثراء هذا العمل. لقد كرسنا في البداية جزءاً من هذا البحث لكل ما يتعلق ببيولوجيا الملكة، تكاثرها ، ودورها في الخلية، ثم ناقشنا العوامل التي تؤثر على جودة الملكات أثناء تربيتها ابتداء من شروط وطرق تربية الملكات والتطعيم .ناهيك عن الدور الذي تلعبه التغذية، خلال مختلف مراحل تطورها من يرقات إلى ملكات ناضجة.

وبما أن كل هذا يشكل جزءاً من تنمية قدرات الملكة وإنتاجيتها، فقد كرسنا فصلاً عن الانتخاب والتحسين الوراثي. وفي النهاية، تمكننا من استنتاج أن وزن الملكات الناشئة لا يتأثر بالاختلاف في عدد اليرقات المطعمة، والواقع أن هذا البحث في تأثير طريقة التطعيم المضاعف و عدد اليرقات المطعمة على وزن الملكات عند الولادة متناقض، حيث يؤكد بعض الباحثين أن هذه الطريقة تؤثر على الوزن في حين يقول آخرون العكس.

الكلمات المفتاحية: تربية الملكات ، التطعيم المزدوجة ، عدد اليرقات المطعمة، وزن الملكة عند الولادة.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	02
CHAPITRE 1: Biologie et alimentation de la reine.....	04
CHAPITRE 2: Elevage de reine.....	16
CHAPITRE 3: Sélection, amélioration et poids des reines.....	34
CONCLUSION	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	

Liste des Tableaux

Tableau1 :	Rapports de corrélations entre divers caractères de qualité des reines d'abeilles et d'autres facteurs les affectant.....	37
Tableau 2 :	Valeurs moyennes avec leurs écarts-types respectifs pour le poids de reine à l'émergence de différentes lignées génétiques et le poids l'émergence selon la méthode de greffage.....	43

Liste des figures

Figure 1 :	Reine entourée par des ouvriers.....	04
Figure2 :	Différents castes d'une colonie d'abeilles.....	05
Figure 3 :	Cycle de développement de la reine.....	05
Figure4 :	Appareil reproducteur de la reine.....	08
Figure 5 :	L'accouplement de la reine.....	09
Figure 6 :	La contribution de régime alimentaire sur la différenciation phénotypique des abeilles en reines et ouvrières.....	11
Figure 7 :	L'alimentation royale et les abeilles productrices de gelée royale.....	12
Figure 8 :	Reine entourée pas sa cour.....	13
Figure 9 :	Les ingrédients de l'alimentation des colonies élèveuses et les signes de forte stimulation (photos originales).....	14
Figure10 :	Changement de la reine par les abeilles.....	17
Figure11 :	Cellules royales naturelles.....	18
Figure12 :	Images illustrent la méthode Miller.....	18
Figure13 :	Equipement d'élevage des reines.....	19
Figure14 :	Images représentent le picking chinois et le picking métallique.....	20
Figure15 :	Différents types de cagette à reine et un protecteur de cellule royale.....	21
Figure16 :	Une grille à reine et un support de cadre de greffage.....	21
Figure17 :	La loupe frontale et la loupe lumineuse.....	22
Figure18 :	Images d'un starter orphelin et l'acceptation des cellules royales après 24h.....	23
Figure19 :	Finisseur vertical.....	24
Figure20 :	Finisseurs Horizontaux doubles et simples.....	24
Figure21 :	Naissance des reines vierges dans la couveuse artificielle.....	25
Figure22 :	Opérations de transfert des larves.....	26
Figure23 :	Introduction des cellules royales.....	28
Figure24 :	Introduction des reines.....	29
Figure25 :	Le marquage des reines.....	29
Figure26 :	Le clippage des reines.....	30
Figure27 :	Schéma récapitulatif de la procédure de l'élevage artificiel de reines.....	31

Liste d'abréviation

C° : degré Celsius.

CR : cellule royale.

h : heure.

J : jour.

mm : millimètre.

mg : milligramme.

Cm³ : centimètre cube.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'élevage des reines représente une des plus importantes activités dans la conduite moderne et rationnelle de l'apiculture. Cela est dû au rôle que la reine joue sur le développement de la colonie d'abeilles.

Les premières recherches effectuées sur le comportement de la reine ont montré que celle-ci peut être considérée comme " un robot ", une " machine à pondre ". Pour les apiculteurs, les éleveurs et les généticiens, la reine est la pierre angulaire, de toute activité apicole rentable (Mouatadid, 1980).

La qualité des reines et leur durée de vie sont deux des paramètres mis en avant par les enquêtes dans les causes des pertes du cheptel qui ont été observées par les apiculteurs depuis plusieurs années. Le meilleur indicateur pour une reine demeure la performance globale de la colonie : survie, sanitaire, production, comportement (douceur, tenue au cadre, essaimage). Mais l'obtention de telles informations s'avèrent coûteuses et plus particulièrement en temps de travail. Cela nécessite un suivi précis de l'environnement pour séparer, sur les performances observées, l'influence de la reine et l'influence du milieu au sens large (pratiques apicoles, ressources mellifères, météo...).

L'obtention de l'information exhaustive sur la qualité d'une reine est donc forcément très tardive. Les connaissances sur les indicateurs permettant d'estimer la qualité des reines sont très partielles et souvent anciennes. De nombreuses publications mettent en avant des critères morphologiques de la reine comme le nombre d'ovarioles ou le remplissage de la spermathèque comme indicateurs potentiels de qualité d'une reine. Cependant, ceux-ci sont destructifs car ils nécessitent une dissection et donc un sacrifice de la reine. (Basso et col., 2020).

Le poids corporel de la reine apparaît aussi régulièrement comme un indicateur potentiel de la productivité de la colonie. On pense que le diamètre et le volume de la spermathèque d'une reine sont positivement corrélés à son poids corporel à l'émergence ; par conséquent, une reine plus grande devrait avoir une plus grande capacité à stocker le sperme (Kahya et col., 2008 ; De Souza et col., 2013 ; Basso et col., 2020).

La question qui se pose est comme suit : s'il est possible de produire des reines performantes. Le poids à l'émergence de ces reines est considéré-t-il comme un indicateur précoce et durable non affecté par d'autres facteurs ?

L'objectif de cette étude à présenter, c'est qu'il ne s'agit pas de parler d'une méthode d'élevage royal, mais de déterminer les indicateurs influençant la qualité de la reine tels que son poids à l'émergence et les facteurs ayant aussi un effet sur ce même poids comme : l'âge des larves greffées et le nombre des larves greffées sur le poids des reines à la naissance.

CHAPITRE 1
BIOLOGIE ET ALIMENTATION
DE LA REINE

1.1. Biologie de la reine

1.1.1. Généralités

Les abeilles vivent en colonie et sont très organisées. C'est une véritable entreprise qui est centrée autour de la reine dont le rôle principal est de pondre.

La reine est entourée par des ouvrières qui lui prodiguent les soins nécessaires, en la nourrissant avec une nourriture riche lui permettant d'assurer ses rôles principaux. Son premier rôle de pondeuse est indispensable à la survie de la colonie. A l'intérieur de son abdomen se trouvent deux ovaires de taille importante ainsi qu'une spermathèque ou réserve de spermatozoïdes faisant de la reine une puissante « machine à pondre ». Son deuxième rôle, permet la cohésion de la colonie par le biais des phéromones régulant la physiologie et le comportement des ouvrières (Winston et Punnett, 1982).



Figure 1 : Reine entourée par des ouvriers (www.futura-sciences.com)

1.1.2. Morphologie

D'après Wendling (2012), le corps de la reine, comme celui de l'ouvrière ou du mâle, est constitué de 3 parties : la tête, le thorax et l'abdomen ; mais son aspect pisiforme est différent de celui des 2 autres castes. En effet, la longueur du corps est de 20 à 25 mm contre 17 à 20 mm pour l'ouvrière, et le poids du corps est de 178 à 298 mg contre 70 à 170 mg pour l'ouvrière.



Figure 2 : Les différents castes d'une colonie d'abeilles(www.pinterest.fr)

1.1.3. Cycle de développement de la reine

L'abeille possède un développement Holométabole, c'est-à-dire une métamorphose complète, passant les stades d'œufs, de larve, de nymphe et finalement d'adulte (Prost, 1979) (Figure 3).

La durée du cycle de la reine est de 16 jours, elle est la plus courte par rapport à celle de l'ouvrière 21 jours, et du faux bourdon 24 jours

D'après Nekomouche (1992), les abeilles élèvent leurs reines selon trois pulsions naturelles : L'essaimage, l'orphelinage et le renouvellement ou le remplacement, sans essaimage, d'une reine âgée par sa fille aussi appelé supersédure.

Dans l'élevage spontané, les alvéoles royales ont pour base un bloc de cire, elles sont édifiées soit pour la supersédure, soit pour l'essaimage.

Dans l'élevage provoqué, lorsque la reine a disparu accidentellement, les cellules construites sont appelées cellules de sauvetage.

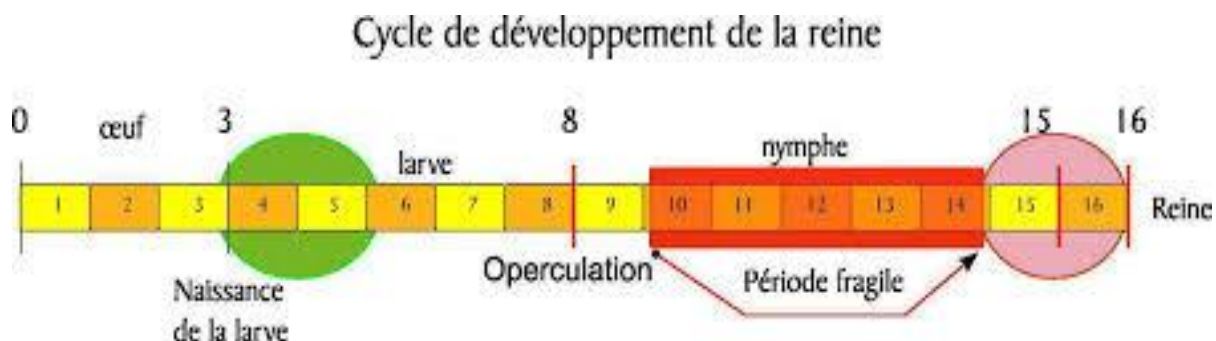


Figure 3 : Cycle de développement de la reine (www.Freppi.ovh)

1.1.4. Les activités de la reine

La reine joue deux rôles principaux dans la société des abeilles. Elle est la seule femelle fertile capable de donner des œufs fécondés. En plus de la ponte, elle sécrète une substance royale appelée la phéromone.

- **La ponte** : La reine dépose dans les cellules jusqu'à 3.000 œufs par jour en saison active ; cette activité de ponte dure plusieurs années, elle peut être interrompue par le froid, la sécheresse, la disette ou le manque de place, (Prost, 1979). Les œufs, les larves et les lymphes occupent au milieu de la ruche un espace sensiblement sphérique qui est le nid à couvain, entouré de pollen et de miel.
- **Sécrétion de la substance royale** : Les phéromones sont sécrétées par les glandes mandibulaires de la reine vers l'extérieur. Ces phéromones se répandent sur tout le corps et sont retenues par la cuticule cireuse. Elles sont odorantes et leur but est de modifier le comportement des individus de la même espèce qui les perçoivent (Prost, 1979). Cette phéromone n'est sécrétée en quantité suffisante que bien après la fécondation vers le 6eme ou 7eme jour de ponte. Les phéromones sont transmises à tous les membres d'une même colonie par trophallaxie, c'est à dire par échange de nourriture.

La substance royale est d'abord un message social indiquant aux ouvrières que la reine remplit toujours ses fonctions. Elle agit comme une hormone en bloquant l'ovogenèse des ouvrières (développement ovarien).

Cependant, Claeen (1981), affirme qu'en plus de la ponte et la sécrétion de la gelée royale, la reine exerce des effets directs et indirects sur la récolte du pollen.

Effet direct : Sa seule présence semble inciter les abeilles à récolter une certaine quantité de pollen.

Effet indirect : La ponte de la reine produit du couvain, ce qui constitue le stimulus principal du comportement de récolte de pollen.

1.1.5. Le rôle de la reine dans la colonie

Il est important de souligner que la valeur de la colonie est fortement liée à celle de la reine, d'où l'importance de choisir une reine de bonne qualité à la tête d'une population. La valeur de la reine dépend des caractères qu'elle transmettra à sa descendance et qui sont inscrits dans ses gènes. Mais elle dépend également de sa vigueur, de sa fécondité liée non seulement à son hérédité, mais aux conditions dans lesquelles elle a été élevée (Louveaux, 1985).

CHAPITRE 1 : BIOLOGIE ET ALIMENTAION DE LA REINE

D'après Borcescu (1981) et Prost (1977), la reine est différente des autres habitants de la ruche par :

- Son aspect vermiforme.
- La longueur de son corps qui varie de 20 à 25 mm.
- Son poids variant de 150 à 280 mg.
- Sa durée de vie de 4 à 5 ans, mais elle n'est prolifique que dans les deux premières années.

La reine intervient également d'une façon plus directe pour assurer son unicité et sa souveraineté dans la colonie. C'est ainsi que la première reine formée détruit celles qui ne sont pas encore écloses. Si deux reines apparaissent simultanément, leur rencontre donnera lieu à un duel à l'issue duquel il n'y aura qu'une seule survivante (Prost, 1977).

La reine joue aussi un rôle important de par la sécrétion d'une phéromone. La présence de cette dernière permet :

- D'attirer les ouvrières et de maintenir l'effet de groupe dans la colonie (cohésion de tous les membres de la population).
- De bloquer le développement ovarien des ouvrières et la construction de cellules royales, empêchant la naissance de nouvelles reines.

La reine passe la plupart de son temps à pondre, elle ne butine pas et ne construit pas d'alvéoles, elle est alimentée et soignée par des ouvrières qui constituent sa suite.

1.1.6. Age de la reine

Par rapport à une reine fécondée, une reine vierge est plus vive, son abdomen est plus fin et plus court (Prost, 1979).

Selon Caillas (1974), la recherche d'une reine vierge est plus longue et plus délicate du fait de sa petite taille. Une jeune reine présente un thorax couvert de poils, des ailes intactes et un couvain compact.

Une vieille reine se reconnaît à son corps épilé, à ses ailes frangées et à son couvain irrégulier (Caillas, 1974). On n'est certain de l'âge de la reine qu'on la marquant (Prost, 1979). D'autre part, sans voir la reine, les praticiens apprécient sa vigueur par la régularité du couvain. De grandes plaques ou de belles couronnes de couvain operculé sont l'œuvre d'une reine jeune et de valeur. Par contre, des vides dans les rayons à couvain, ainsi que des larves de tous âges parmi les nymphes signalent des reines vieilles et défectueuses.

1.1.7. Anatomie de l'appareil reproducteur

Les organes reproducteurs de la reine sont logés dans l'abdomen. On distingue :

- Les ovaires qui occupent la plus grande partie de l'abdomen. Chaque ovaire est une glande en forme de poire de 7 à 8 mm de longueur dont l'extrémité la plus étroite est enroulée en spirale. Chaque ovaire comprend : 160 à 180 ovarioles contenant des œufs de différents états de développement (Louveaux, 1985).
- L'oviducte médian est un organe où s'accumulent les spermatozoïdes avant d'être emmagasinés dans le spermathèque.
- Latéralement au vagin, il y a un petit sac, le spermathèque ou réceptacle séminal, qui reçoit la semence du mâle et la conserve pendant des années avec propriété fécondante, Elle communique avec le vagin par un canal court. Sur le trajet du canal de la spermathèque, se trouve un petit organe, la valvule musculaire, qui commande l'admission des spermatozoïdes vers la chambre vaginale au moment du passage des œufs devant être fécondés. La bursacopulatrix ou vestibule vaginal et l'orifice vaginal se trouvent dans la chambre de l'aiguillon.

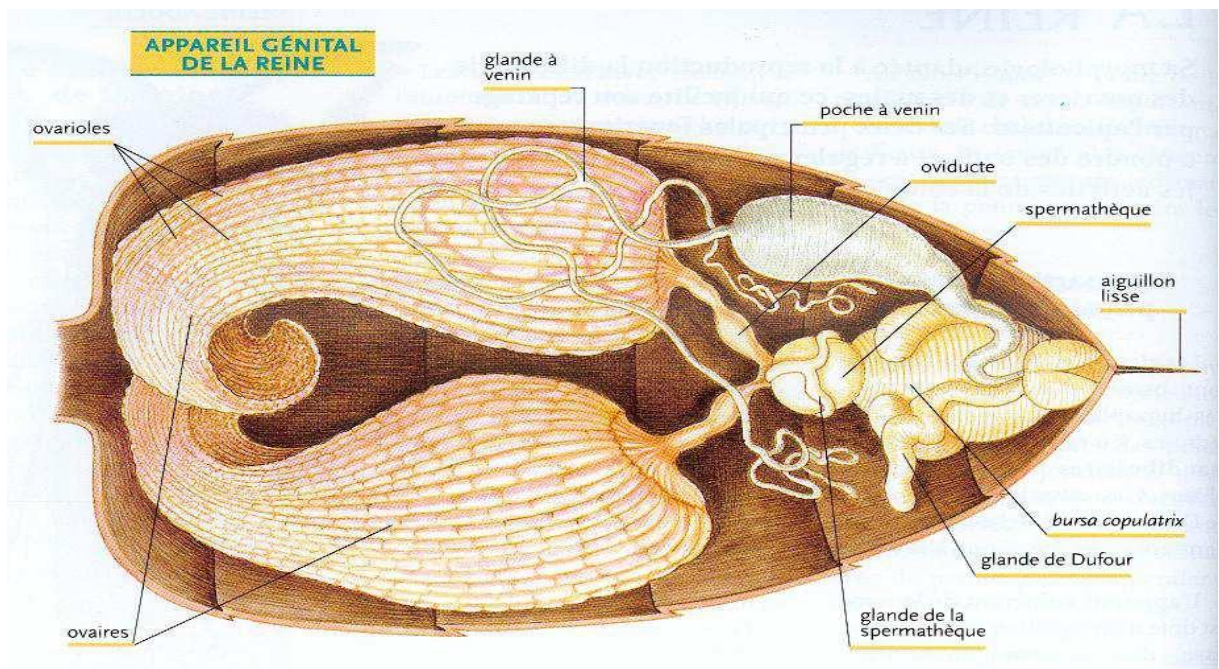


Figure 4 : Appareil reproducteur de la reine (www.docplayer.fr)

1.1.8. La reproduction et la ponte de la reine

1.1.8.1. Le vol nuptial

Il se fait par temps chaud (au moins de 20 C°) et calme et une luminosité intense, en général entre 10 et 17 h (Prost, 1977).

1.1.8.2. L'accouplement

D'après Prost (1979), l'accouplement s'effectue en plein vol, à une hauteur de 6 à 20 mètres, les mâles sont attirés par l'odeur spécifique de la reine, la phéromone. Après l'éjaculation, le mâle ne survit pas longtemps à la perte de ses organes génitaux. Un nouvel accouplement peut intervenir dans les minutes qui suivent. Il faut au moins 8 à 10 mâles pour féconder convenablement une reine.



Figure 5 :L'accouplement de la reine ([www. planete.gaia.free.fr](http://www.planete.gaia.free.fr))

1.1.8.3. La ponte :

D'après Prost (1977) la reine, seule femelle complète de la colonie. Elle commence la ponte de 2 à 5 jours après l'accouplement, est capable de pondre deux catégories d'œufs :

- ✓ Œufs fécondés donnant naissance à des ouvrières ou éventuellement à des reines selon la qualité et la quantité de nourriture reçue par la larve.
- ✓ Œufs non fécondés (reproduction par parthénogénétique) donnant naissance à des mâles aussi appelés faux-bourçons.

Au printemps, en période d'élevage intensif, une reine très féconde peut pondre jusqu'à 3.000 œufs (parfois plus) par période de 24 heures. Pour atteindre ces performances (son propre poids), la reine est abondamment nourrie à la gelée royale et se trouve à la tête d'une colonie populeuse.

Elle parcourt les rayons de la ruche en scrutant les alvéoles de ses antennes et reconnaît dans l'obscurité et grâce à leur odeur spécifique, les cellules vides et propres préparées par les ouvrières nettoyeuses. Elle dépose un œuf dans chacune des cellules et distingue le diamètre des alvéoles dans lesquels introduit son abdomen.

Lorsque le diamètre des alvéoles excède la dimension habituelle des cellules d'ouvrières, la reine ne reçoit pas de stimulus particuliers et pond un œuf qui ne sera pas fécondé par la libération de spermatozoïdes.

La ponte est influencée par la saison, la fécondité, l'âge de la reine, le manque de nourriture, et le manque d'espace.

1.2. Alimentation de la reine

1.2.1. Généralités

L'élevage des reines a commencé lorsque le couvain était congestionné et que le nectar et le pollen étaient abondants, obtenus. Le mois de mars était le mois maximum pour la production de reines (Ismail, 2001).

Les colonies nourries étaient actives en construisant plus d'amorces royales que de colonies non nourries et en construisant plus de cellules royales en mars (El-waseef, 2002).

De plus, Shoreit et col., (2002) ont constaté que le total maximal de cellules royales a été trouvé pendant la période de février à avril ou pendant la période d'essaimage.

La nourriture des larves est à l'origine de la différenciation entre reine et ouvrières au stade post-embryonnaire. Les larves reçoivent toutes de la gelée royale au début du développement larvaire. Cependant, à partir du troisième jour, certaines larves sont nourries exclusivement à la gelée royale et donneront des reines. Les larves nourries avec un mélange de gelée royale et de pain d'abeilles deviendront quant à elles des ouvrières (Lyko et col., 2010).

D'après Zhu et col.,(2017), le pain d'abeille est un aliment composé de pollen et de nectar fermentés et qui sert à nourrir les futures ouvrières à partir du troisième jour du stade larvaire et qui peut induire chez ces dernières un changement d'expression de gènes et une variation importante du phénotype.

La gelée royale est la substance la plus élaborée de la ruche. Elle est donnée pour l'alimentation des larves pendant les trois premiers jours, puis uniquement aux futures reines, sa composition comprend deux tiers d'eau, des glucides et protides à hauteur de 14 % chacun, des lipides, des vitamines et divers éléments (oligoéléments, substances antimicrobiennes et antibiotiques, ...).

Cette alimentation particulière permet la croissance extrêmement rapide des larves (poids initial multiplié par 1800 en cinq jours). La production de gelée royale pour le commerce est une technique très complexe, basée sur l'élevage de reines. (Bruneau, 2004).

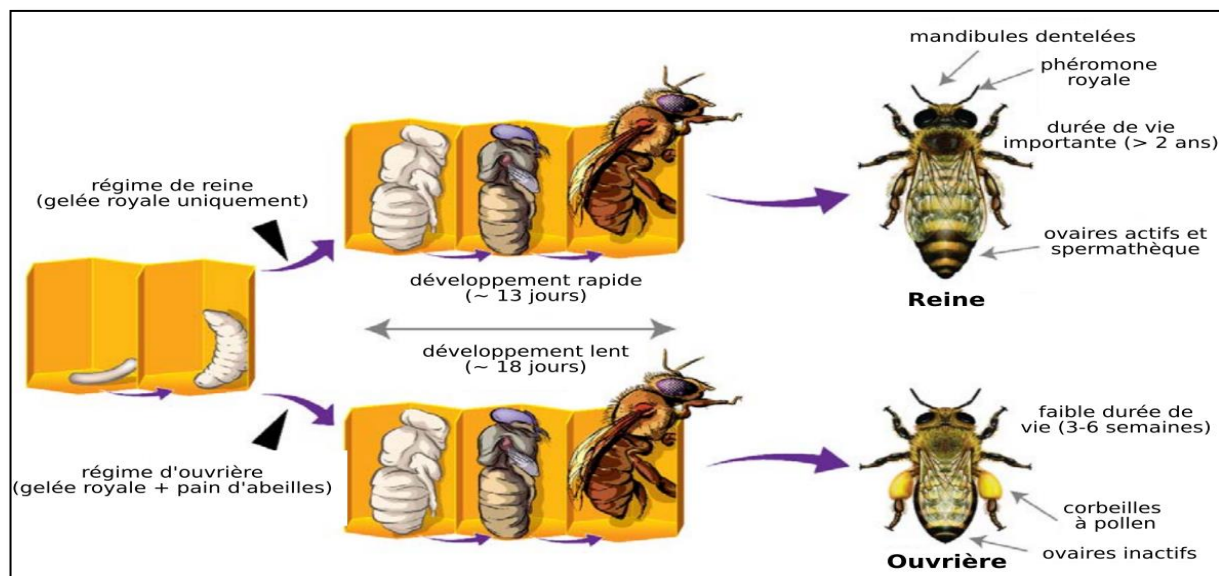


Figure 6: La contribution de régime alimentaire sur la différenciation phénotypique des abeilles en reines et ouvrières ([www. Planet-vie.Ens.fr](http://www.Planet-vie.Ens.fr))

1.2.2. L'alimentation et la nutrition de la reine pendant les différents stades de développement

Le stade de l'œuf est de 3 jours pour toutes les castes. Une larve éclot au bout de 3 jours et est nourrie par les abeilles nourricières. C'est la quantité et la composition de l'alimentation larvaire qui déterminera si une femelle deviendra une ouvrière ou une reine (Page et Peng 2001 ; Laidlaw, 2008).

En effet, pour les 3 premiers jours du développement larvaire, les larves issues d'œufs fécondés ont le potentiel de se développer autant en abeille ouvrière qu'en reine (Evans et Wheelers, 2000 ; Winston, 2008).

Les abeilles nourricières sont chargées d'alimenter les larves en développement avec un mélange de sécrétions de leurs glandes mandibulaires et hyopharyngiennes et de pollen (Winston, 1987).

La larve royale consomme de grandes quantités de gelée royale pendant environ 4 à 6 jours en lui permettant d'atteindre un poids variant entre 178 et 292 mg à l'âge adulte le stade de pré nymphe à l'émergence est réalisé en 9,5 jours sans nourriture (Winston, 1993).



Figure 7 : L'alimentation royale et les abeilles productrices de gelée royale
(www.creativecommons.org)

1.2.3. La différence entre la gelée royale et la gelée des larves d'ouvrières

Kuwbara (1947), a constaté que les larves d'ouvrières de 1 à 3 jours sont nourries dans une colonie normale, trois fois par heure. Lorsque la reine vient d'être enlevée, toutes les larves jeunes sont alors nourries dix fois par heure. Mais après 48 heures, la cadence décroît graduellement chez les larves d'ouvrières, alors qu'elle augmente encore pour les larves de reines pour atteindre son maximum au moment de la 3ème mue (jusqu'à 25 fois par heure).

D'après Chauvin(1962), les nymphes de reine reçoivent en réalité deux espèces de gelée royale, l'une claire et l'autre crémeuse ; ce sont des nourrices plutôt jeunes (3 à 18 jours) qui distribuent la seconde. Celles de 13 à 23 jours distribuent la première. C'est la gelée crémeuse qui prédomine dans le régime des larves royales jusqu'au troisième jour. Elle viendrait des glandes mandibulaires et ne contient pas de sucre ; la sécrétion claire est produite par un mélange des sécrétions des glandes pharyngiennes et des régurgitations du miel du jabot ; elle contient donc des sucres.

Selon Lercker (1984), les lipides des deux gélées sont constitués principalement d'acides libres, dont la composition relative quantitative et qualitative durant les trois premiers jours est la même dans ses grandes lignes, tout en ayant des totaux différents. Une variabilité élevée de la teneur en lipides des deux types de nourrissements a été enregistrée durant les premiers jours de vie des larves. Les quatrième et cinquième jours de vie, les larves d'ouvrières reçoivent un

nourrissement différent, en ce qui concerne tant la teneur en lipides que la composition des acides, particulièrement pauvre en acides hydroxyliques.

Kamakura (2011), a identifié une protéine de la gelée royale, la royal actine, qui induit le développement ovarien et la croissance corporelle et diminue le temps de développement des reines, cette alimentation particulière influence la détermination de la caste de la femelle via le système endocrinien, plus particulièrement l'hormone juvénile connue pour sa régulation du développement chez les insectes (Nijhout, 2003). Attention deux références dans un seule paragraphe choisir une seule

1.2.4. L'alimentation des reines en pontes

En période de ponte, la reine est entourée de 10 à 12 ouvrières qui la nourrissent en moyenne 4 à 8 fois par heure, la touchent avec leurs antennes et la lèchent. (Allen, 1955)

Chaque nourrissage dure en moyenne 47 secondes. Les ouvrières de « cour » évacuent aussi les excréments de la reine, ainsi que les œufs qu'elle peut perdre. Elles lèchent souvent la reine lorsque cette dernière est au repos, rarement lorsqu'elle se déplace ou pond (Allen, 1957).

Ce léchage a pour effet de propager les phéromones dans toute la colonie et d'indiquer la présence de la reine.



Figure 8 : Reine entourée pas sa cour (www.passion-apiculture.over-blog.com)

1.2.5. L'alimentation des colonies éleveuses au moment de l'élevage

D'après Chapleau et col. (2005), l'alimentation des colonies doit être continue à partir de quelques jours avant le début de l'élevage et jusqu' à sa fin. En l'absence de miellée, un sirop clair stimule plus qu'un sirop concentré et provoque moins de congestion dans les cadres.

Un pot muni d'un couvercle perforé placé à l'envers au-dessus de la colonie éleveuse constitue le meilleur nourrisseur car il est en contact direct avec la grappe d'abeilles et qu'il a un débit constant et contrôlé. Il doit aussi vérifier la présence de ressources protéinées et en cas de ressources insuffisantes, nourrir au pollen ou avec des succédanés de pollen (ITSAP, 2018).

Le nectar est une source de glucides, tandis que le pollen fournit aux abeilles les protéines, les lipides, les vitamines et les minéraux nécessaires à l'élevage des larves (Manning, 2001).

Quand la stimulation est trop forte, les abeilles ont tendance à construire des rayons à même le cadre d'élevage. Les cellules royales peuvent y être soudées. Elles doivent être dégagées avec précaution (Chapleau et col., 2005).



Figure 9 : Les ingrédients de l'alimentation des colonies éleveuses et les signes de forte stimulation (photos originales).

CHAPITRE 2

ELEVAGE DE REINE

2.1. L'historique de l'élevage des reines

Le premier élevage de reine a été pratiqué dans la Grèce antique, où les apiculteurs mettaient des peignes avec de jeunes larves dans des colonies sans reine afin pour élever les cellules royales d'urgence. Cependant, à cette époque, très peu connu sur la biologie des colonies d'abeilles. En 1565 Jacob Nickel a été le premier en Europe à décrire comment les abeilles peuvent élever des reines, des œufs des ouvrières ou des très jeunes larves (Ralph et col., 2013).

Aux Etats Unis, en 1861, Alley, Carey et Pratt, ont commencé à produire des reines pour la commercialisation. Ces premiers producteurs ont utilisé des bandes étroites de peigne contenant les œufs et les larves qu'ils ont fixés aux barres supérieures des rayons partiels placées dans des essaims sans reine, les abeilles ont construit des cellules de reine qui pourraient être distribué individuellement aux colonies sans reine pour l'accouplement (Ralph et col., 2013).

Le développement des techniques d'élevage des reines modernes a commencé en 19^{ème} siècle. Doolittle (1889), aux États-Unis a développé un système complet pour l'élevage des abeilles qui sert de base de la production actuelle. Essentiellement, il a utilisé des tasses de cire dans lesquelles il a transféré des larves d'abeilles ouvrières pour commencer la production de reine. Sa méthode d'élevage de la reine dans les colonies royales avec l'ancienne reine isolée par une reine excluant est toujours appliquée (Doolittle, 1915).

2.2. Principes de base de l'élevage des reines

Une colonie d'abeilles peut produire naturellement une nouvelle reine tant que des œufs fécondés sont présents. Les apiculteurs ont développé des techniques pour élever un grand nombre de reines pour but réduire l'essaimage naturel, augmenter la production de couvain et de miel, créer de nouvelles colonies (l'essaimage artificiel) et améliorer certaines caractéristiques génétiques (Laidlaw et Page, 1997; Ruttner, 1983).

Le principe de l'élevage artificiel des reines est de prendre une jeune larve (12-24 heures) d'une cellule ouvrière et placez-la («greffe») dans une cupule suspendu verticalement dans une ruche. La larve est nourrie d'une gelée royale (spéciale alimentation) par les abeilles nourricières. Après 10-11 jours, les cellules royales, qui sont prêtes à émerger, peuvent être transférés dans des ruches ou des nuclei sans reine (Woodward, 2007). Le succès et la qualité de la reine dépend de colonies éleveuses fortes, bien nourries et en bonne santé et sur un équipement approprié (Ralph et col., 2013).

2.3. Les différents modes d'élevage

On peut distinguer deux modes d'élevage

2.3.1.Élevage naturel des reines

2.3.1.1. Essaimage naturel

L'élevage de nouvelles reines par les ouvrières donne naissance, ordinairement cinq à six jours après la sortie de l'essaim primaire, à d'autres reines, une, deux, Trois, quatre et jusqu'à trente et plus chez certaines races. La première née quitte la ruche avec une seconde fraction de la population pour former l'essaim secondaire, la seconde pour former l'essaim tertiaire, etc. Ces essaims ont donc tous au moins une reine vierge (Philippe, 2007).

2.3.1.2. Elevage par supersédure

Le renouvellement spontané des reines apporte des déboires à l'apiculteur. En effet, quand les abeilles constatent la déficience de leur mère, l'organisme de celle-ci est déjà sénile et n'engendre plus des œufs de choix. Il en résulte fréquemment une descendance médiocre incapable, bien que jeune, d'assurer un rythme de ponte satisfaisant pour l'épanouissement d'une colonie. Il ne faut pas attendre ce stade. Il convient d'agir par artifice (division de la colonie avec une partition munie d'une grille à reine) en donnant aux abeilles «l'impression» d'un vieillissement prématuré de leur reine (Mohammed, 2010).



Figure 10 : Changement de la reine par les abeilles (www.apistory.fr)

2.3.2. Élevage naturel contrôlé

2.3.2.1. L'élevage par l'orphelinage d'une colonie élite

Il consiste à laisser faire un maximum de travail par les abeilles, Choisir « la meilleure ruche », l'orpheliner et la nourrir (stimulation), 10 ou 11 jours plus tard on récolte (avec précaution) les cellules de reines (en laissant 1 ou 2 pour le remépage de la colonie), Les cellules seront élevées à partir de larves de différents âges (Ballis, 2014). (Figure 7)



Figure 11 : Cellules royales naturelles (www.encyclopedieuniverselle.fr).

2.3.2.2. Méthode MILLER

Garnir un cadre de cire gaufrée découpée en triangles, l'introduire au centre du couvain de la ruche sélectionnée, la reine va pondre dans les nouvelles cellules fraîchement bâties. Retirer au bout de 2 ou 3 jours, quand il est garnit d'œufs, Le placer dans une ruche élèveuse (orpheline) 9 à 10 jours après, on dispose de nombreuses cellules royales prêtes à naître, Récolter délicatement ces cellules et les introduire, protégées, dans vos colonies en attente d'une reine (Alexis, 2014).



Figure 12 : Images illustrent la méthode Miller (www.asapistra.fr).

2.3.3. Elevage artificiel de reines

En se basant sur le transfert de larves d'une colonie vers une autre colonie (greffage) qui sera dédiée à l'élevage des reines nécessite l'utilisation de starters et de finisseurs, d'un inséminateur artificiel, de nucléis pour la fécondation et des incubateurs de cellules (comme en aviculture) .C'est la méthode artificielle la plus utilisée par les apiculteurs professionnels. De plus, elle permet de produire une grande quantité de reines à partir d'une seule colonie et avec une seule éleveuse (ITSAP, 2018).

2.3.3.1. Le matériel de base

La plupart des méthodes d'élevage de reine utilisent un équipement apicole standard mais utiliser aussi un équipement spécialisé au cours du processus (Ralph et col 2013).

2.3.3.1.1. Cupules, barrette, cadre d'élevage

Les cupules royales artificielles peuvent être produites à partir de cire d'abeille comme décrit par Ruttner (1983) ou Laidlaw (1979) ou en plastique peuvent être achetées auprès de fournisseurs, les cupules devraient mesurer 8 à 9 mm de diamètre au bord.

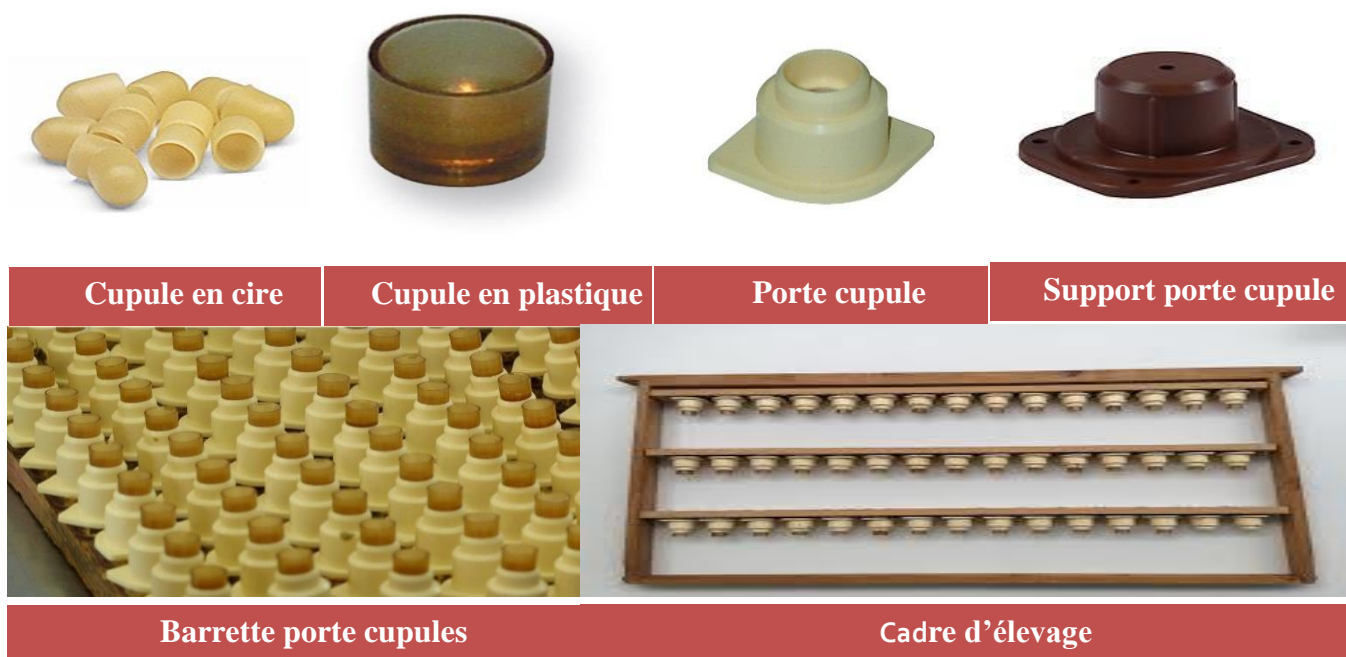


Figure 13 : Equipement d'élevage des reines (www.apiculture.ner)

2.3.3.1.2. Outils de greffage

D'après Buchler R., et col (2013) Il existe deux types de picking ;

1. Le picking «chinois» peu couteux outil qui ressemble à un stylo à bille. il se compose d'un ressort piston en bambou chargé qui glisse le long d'une mince langue de plastique souple.
2. Le picking suisse métallique



Figure 14 : Images représentent le picking chinois et le picking métallique
(Alexis, 2014)

2.3.3.1.3. Protecteur de cellule royale, cagette à reine

1. La cagette à reine permet de protéger les cellules royales d'abeilles avant l'éclosion. Possibilité de mettre du miel dans le couvercle inférieur afin que la reine puisse se nourrir (Buchler R., et col 2013).
2. Cagette de transport et d'introduction permet de transporter une reine et ses abeilles accompagnatrices en toute sécurité. Un compartiment à candi fournit la nourriture nécessaire (Buchler R., et col 2013)..
3. Le protecteur permet, à partir d'une cellule royale sur cupule, de changer la reine d'une colonie sans détruire la vieille (Buchler R., et col 2013)..



Figure 15 : Différents types de cagette à reine et un protecteur de cellule royale
(www.Dancingbeeequipement.com)

2.3.3.1.4. Grille à reine et support de cadre de greffage :

Le support de cadre orientable pour cadre donneur des larves apporte un confort optimal pour le greffage qui demande une grande concentration et des gestes précis. La grille à reine permet d'optimiser la qualité de votre miel, et d'empêcher la reine de pondre dans la hausse et de la confiner dans le corps. (Buchler R., et col 2013)



Figure 16 : Une grille à reine et un support de cadre de greffage
(www.Thomas-apiculture.com)

2.3.3.1.5. La loupe frontale, la loupe lumineuse

La loupe frontale et la loupe lumineuse nous permet de prélever les larves avec une grande précision (Buchler R., et col. 2013).



Figure 17 : La loupe frontale et la loupe lumineuse (www.amazon.fr)

2.3.3.2. Les colonies éleveuses

On spécialise généralement les colonies éleveuses en starters et finisseurs. Ces deux types de colonies s'utilisent en conjonction les unes avec les autres. Les starters sont sans reine tandis que les finisseurs ont une reine en ponte. La formule du starter utilisé en conjonction avec des finisseurs donne les rendements les meilleurs et les plus prévisibles (Chapleau, 2005).

2.3.3.2.1. Le "*starter*"

On appelle starter (du verbe anglais *to start*: démarrer) une colonie d'abeilles, sans aucune reine, pouvant recouvrir, au moins, trois cadres contenant du miel, du pollen et de couvain fermé sans absolument aucun couvain ouvert (ni larves, ni œufs). Le succès du "*starter*" réside dans ces conditions impérieuses (Daniel, 2002).

Les starters sont utilisés pour démarrer un très grand nombre de larves royales et pour les nourrir efficacement pendant les premières 24 heures à 36 heures.



Figure 18 : Images d'un starter orphelin et l'acceptation des cellules royales après 24h (www.lesruchersdargonne.com)

2.3.3.2.2. Les finisseurs

Sont des colonies qui prennent en charge les cellules royales à la sortie des starters. Ce sont le plus souvent des colonies avec reines et couvain, elles ne peuvent nourrir efficacement que des lots restreints de cellules mais par contre, elles peuvent être utilisées de façon continue (Chapleau, 2005).

D'après Daniel (2002) on peut reconnaître deux grands types de "finisseurs" : Les "finisseurs" horizontaux simples ou doubles et les "finisseurs" verticaux. Pour les deux types, les principes d'organisation suivants sont les mêmes.

- Un compartiment improprement dit "orphelin", où la reine n'a pas accès, reçoit le cadre d'élevage.
- Un ou deux compartiments où est installée une forte colonie avec une reine en ponte.
- Les deux types de compartiment sont séparés par une partition munie d'une grille à reine permettant le passage des abeilles mais pas de la reine.



Figure 19 : Finisseur vertical
(www.apiculture.net)



Figure 20 : Finisseurs horizontaux doubles et simples (www.apiculture.net)

Après le transvasement du "starter" dans la partie orpheline du "finisseur",

On laisse ainsi se poursuivre l'élevage jusqu'au jour précédent la sortie des reines c'est à dire le jour **J+10** si une reine naissait dans le "finisseur" elle détruirait rapidement toutes les autres cellules royales (Daniel ,2002).

2.3.3.2.3. La couveuse artificielle

C'est une armoire thermostatée servant à l'incubation des cellules royales dans le but de libérer les finisseurs, dès l'operculation, les cellules royales peuvent terminer leur cycle de développement dans une couveuse (5ème au 11ème jour suivant le greffage)(ITSAP, 2018).

Les reines naissent au 16ème jour à partir de la ponte. Pour les cellules royales :

- La température doit y être constante : 34 °C

CHAPITRE 2 : ELEVAGE DE REINE

- L'humidité doit être de 75 %.

Pour les reines vierges :

- La température doit y être constante : 27 °C
- L'humidité doit être de 75 %.

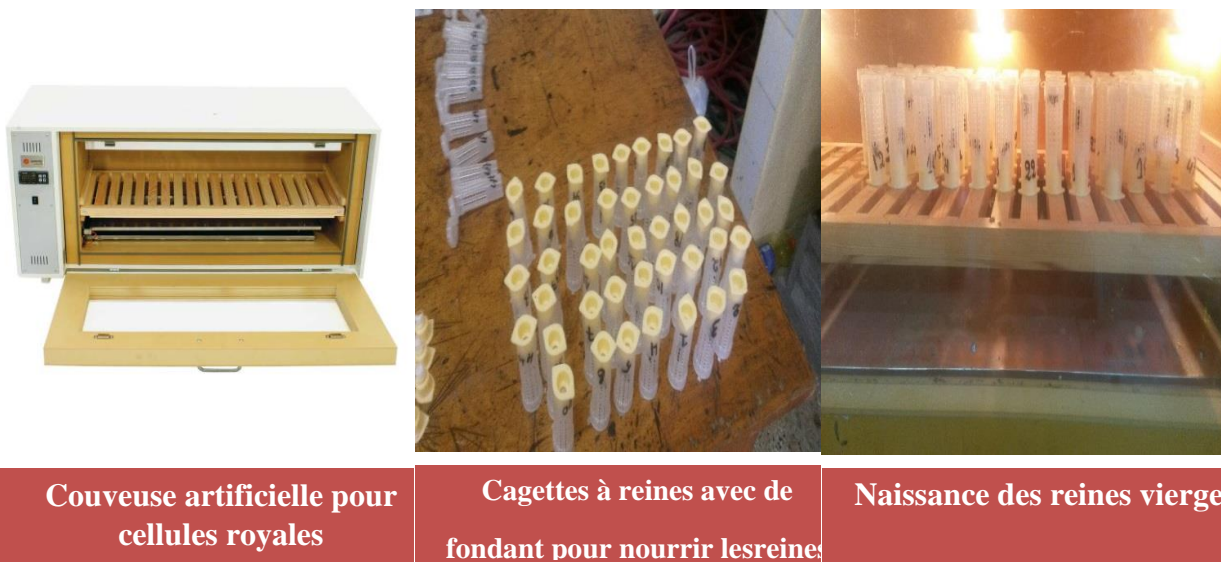


Figure 21 : Naissance des reines vierges dans la couveuse artificielle (www.thomas-apiculture.com)

2.3.3.2.4. La colonie donneuse de larves (sélectionnée)

Selon Phillippe (2007), elle doit être sélectionnée pour les hautes qualités de sa reine et ses hauts rendements. Afin de s'assurer de l'âge exact des larves, on peut placer 4 à 5 jours avant de les prélever, un cadre bâti vide, ce cadre doit porter des alvéoles bien régulières et sa cire doit être foncée, permettant la bonne visibilité des œufs et larves, au centre du nid à couvain de la colonie donneuse de larves. Les œufs sont à sec au fond des alvéoles. Le troisième jour, les œufs éclosent baignent dans une gelée blanchâtre, brillante et lorsqu'elles ont douze heures, on procède à leur transfert (greffage).

2.3.3.3. Le greffage (transfert de larves)

2.3.3.3.1. La familiarisation

Consiste à placer les cadres porte-cupules, munis des cupules vides, pendant quelques heures, dans une ruche quelconque, afin, pense-t-on, de faire perdre les mauvaises odeurs dues à la cire d'origine ou au mode de fabrication des cupules. L'acceptation des cupules en cire s'en trouve améliorée (Daniel, 2002).

2.3.3.3.2. Le greffage simple (picking)

On entend par "picking" (du verbe anglais *to pick*: extraire) le transfert des jeunes larves d'ouvrières d'une ruche sélectionnée pour ses qualités (ruche souche) dans des cellules artificielles appelées "cupules", à l'aide d'un outil appelé "*picking*". On parle également, mais de manière impropre, de "greffage" (Daniel, 2002).

Le greffage se fait dans un endroit tempéré (environ 20 °C : il faut éviter aux larves un refroidissement excessif. L'atmosphère doit également être très humide pour empêcher le dessèchement. On peut répandre de l'eau sur le plancher ou encore faire fonctionner une bouilloire dans la pièce un peu avant le greffage. Les baguettes de cupules contenant des larves greffées peuvent être enveloppées dans un linge humide en attendant de les placer dans le starter (Chapleau, 2005).

Un bon éclairage est nécessaire pour faire la greffe. L'idéal est un fluorescent blanc non chauffant installé dans une lampe mobile. La lampe est placée de façon (Chapleau, 2005).

➤ Le greffage à sec ou sur gelée royale

- Par la méthode du greffage à sec, les larves sont déposées directement sur le fond de la cellule artificielle. (Daniel, 2002).
- Par la méthode du greffage sur gelée royale, les larves sont déposées sur une goutte de gelée royale préalablement placée au fond de la cupule pour améliorer le pourcentage d'acceptation par les abeilles du starter (Daniel, 2002).



Figure 22 : Opérations de transfert de larves (www.aubonmiel.com)

2.3.3.3.3. Le double greffage

Consiste à réaliser un premier greffage simple avec des larves d'une ruche banale mais de moins de 24 h. Le cadre d'élevage est placé dans le "starter "jusqu'au lendemain. Après 24h on récupère le cadre d'élevage et on retire toutes les larves transférées la veille. On réalise un nouveau greffage simple, cette fois avec les larves d'une ruche sélectionnée qui sont posées sur la gelée royale des larves précédentes. A la suite de ce double greffage, il n'est pas nécessaire de replacer le cadre d'élevage dans le starter, il peut être introduit directement dans le "finisseur" (Daniel, 2002).

Alber (1965) et Vuillaume (1957, 1958, 1959) ont observés que les larves à double greffage recevaient plus d'attention de la part des nourrices et que cette différence était plus grandes au fil du temps et que certaines larves à greffage simple étaient même négligées par les nourrices.

D'après Pedro et col., (2019), la méthode de double greffage a augmenté la main-d'œuvre et les couts de production, car le greffage des larves soit effectué deux fois, et non pas une seule, comme dans le cas d'un greffage simple.

2.3.3.4. L'utilisation des produits de l'élevage

2.3.3.4.1. L'utilisation des cellules royales à la sortie du "finisseur" (J+10)

Beaucoup d'éleveurs laissent naître les cellules royales dans une ruchette de fécondation ou dans des nuclei de fécondation. Ils y introduisent, alors, directement la cellule royale. Les cellules royales doivent être utilisées 24 heures à 36 heures avant la date prévue pour leur éclosion. Si par hasard une reine naît un peu plus tôt que prévu, son premier souci sera de tuer les autres futures reines dans leurs cellules. Pour éviter que les abeilles ne détruisent les cellules royales, une sage précaution est de les protéger en les entourant par un petit ruban de feuille d'aluminium ménager. Il faut prendre soin de laisser libre la pointe de la cellule. Les ouvrières n'attaquent jamais une cellule royale par sa pointe (Daniel, 2002).

Deux à trois jour après l'introduction des cellules royales dans les ruchettes de fécondation les jeunes reines naissent. Une visite de contrôle rapide des naissances est possible à **J+13** ou **J+14**. Elle permettra de remplacer les cellules non nées (cellules non ouvertes) ou non acceptées. Pendant la semaine suivant de la sortie des cellules royales, les reines vont effectuer leur vol d'accouplement (on dit aussi improprement vol de fécondation). Quelques jours après, elles commenceront leurs premières pontes (Chapleau, 2005).

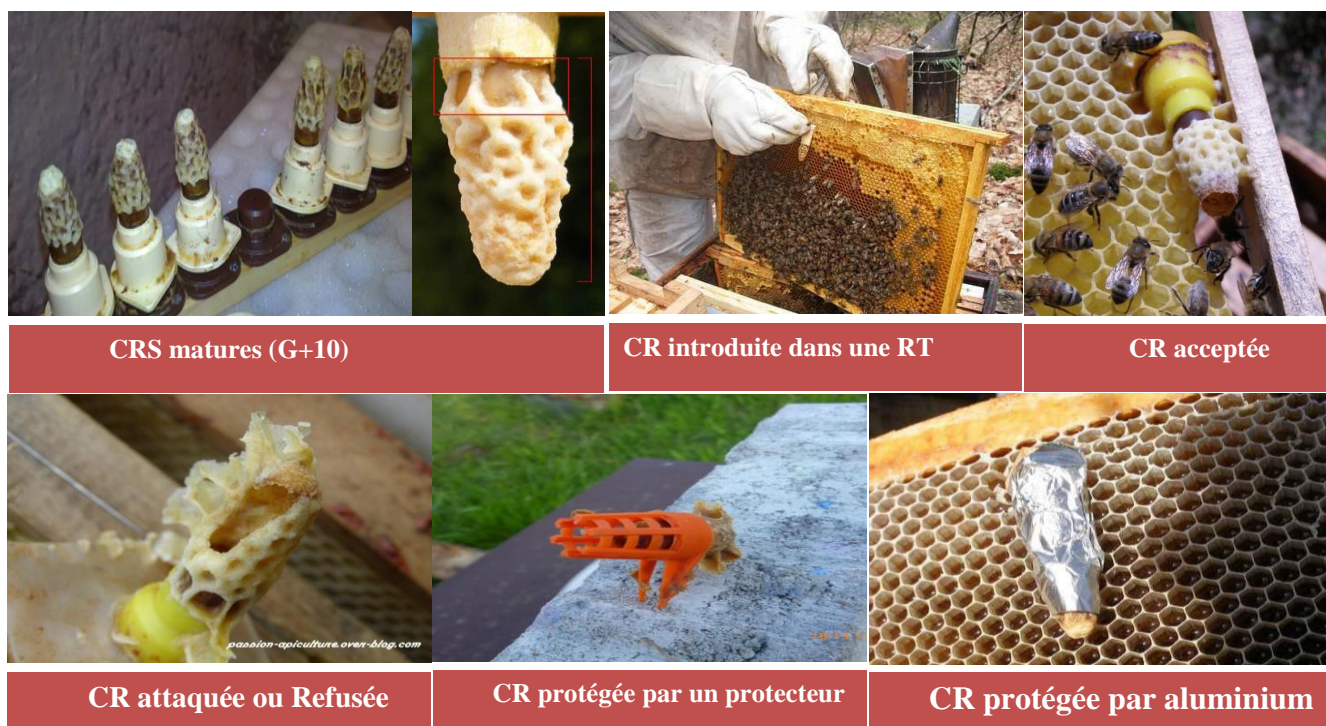


Figure 23 : Introduction des cellules royales (www.apistory.fr)

2.3.3.4.2. L'utilisation des reines vierges ou des reines fécondées

D'après Daniel (2002), pour l'introduction des reines vierges on utilise les mêmes techniques que pour l'introduction des reines fécondées.

- La reine est placée seule dans une cagette d'introduction (ou dans une cagette d'expédition) munie de son candi obstruant la sortie de la cagette.
- Le bouchon de protection extérieur du candi est ôté et on perce un petit trou d'environ 1 mm de diamètre à travers le candi.
- La cagette est fixée entre deux cadres au milieu de la grappe d'abeilles.
- Les abeilles libèreront la reine en léchant le candi.
- Opérer le soir du dépôt des ruchettes au rucher de fécondation, après leur ouverture.



Figure 24 : Introduction des reines (www.apiservices.biz)

2.3.3.4.3. Le marquage

Si la jeune reine donne satisfaction en produisant une ponte régulière, il est possible de la marquer. Les utilisateurs de couveuse ont souvent tendance à marquer leurs reines vierges dès l'éclosion. Ceci n'est pas souhaitable. En effet, les jeunes reines perdent pendant les accouplements un grand nombre des poils du thorax sur lesquels justement le marquage était fixé : ce marquage a souvent disparu lors du retour du vol de fécondation. De plus, le risque de rejet à l'introduction serait plus important pour les reines vierges marquées. Il est souhaitable de faire les marquages de reines en respectant le code international (Gilles, 2014).



Figure 25 : Le marquage des reines (www.apiservices.biz)

2.3.3.4.4. Le clippage

D'après Gilles (2014), le clippage est une technique ancienne encore pratiquée aujourd'hui par de nombreux apiculteurs consiste à couper une aile de la reine, permet d'éviter que l'essaim ne parte trop loin.

Le clippage évite la « contamination génétique » en ne risquant pas de disperser dans la nature des essaims qui fourniront par la suite des mâles indésirables, Certaines observations font état de renouvellements de reines par supersédure plus fréquents dans le cas de reines clippées, mais ce sont généralement des colonies au comportement agressif ou des races particulièrement agressives.



Figure 26 : Le clippage des reines (www.apiservices.biz)

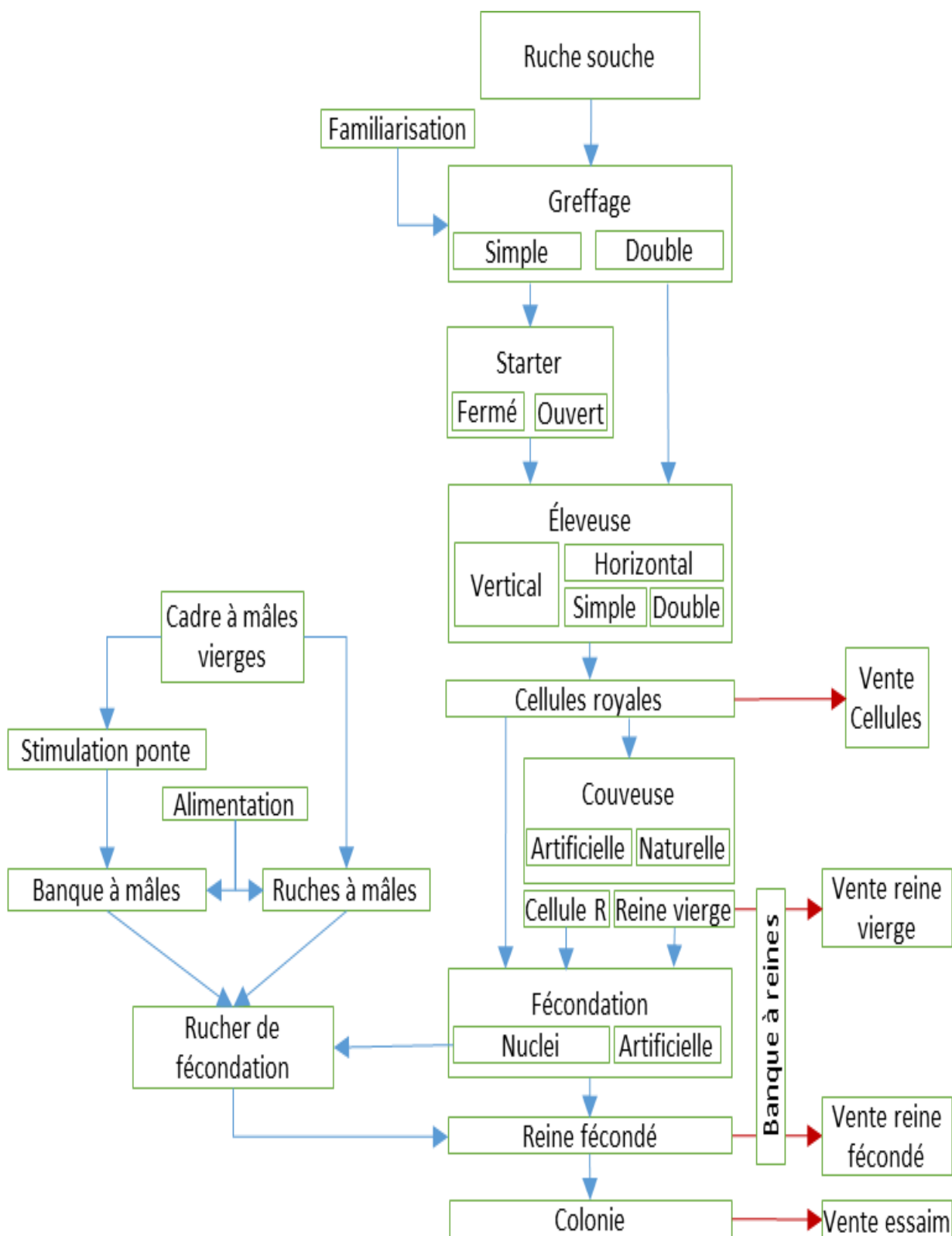


Figure 27 : Schéma récapitulatif de la procédure de l'élevage artificiel de reines (www.ITSAP.fr)

2.3.3.5. Les facteurs influençant la réussite de l'élevage de reines

Deux facteurs influencent la réussite de l'élevage de la reine : le premier facteur est l'âge de la larve au moment de l'amorce du processus de différenciation, les reines élevées à partir de larves plus jeunes ont tendance à pondre davantage, le deuxième facteur déterminant est la quantité de nourriture absorbée par la larve royale. Les larves nourries au maximum deviennent des reines de poids élevé dont les ovaires contiennent un grand nombre d'ovarioles, la quantité de la nourriture dépend principalement du nombre d'abeilles nourrices en rapport avec la quantité de couvain à nourrir, de l'état des provisions de la colonie, de la présence ou non de stimulation extérieure ainsi que de facteurs saisonniers et climatologiques (Chapleau, 2005).

CHAPITRE 3

SELECTION, AMELIORATION ET

POIDS DES REINES

3.1. Généralités

Le but de l'apiculture est de produire de nombreux produits de qualité et des services de pollinisation avec une efficacité maximale. Un facteur important pour atteindre cet objectif est l'amélioration génétique en termes d'économie, de comportement et les critères adaptatifs des abeilles mellifères (Ralph et col., 2013).

L'évaluation génétique vise à attribuer une valeur génétique à chaque animal dans le but de classer les animaux et de sélectionner les animaux avec les meilleures valeurs génétiques. Par rapport à d'autres animaux d'élevage soumis à des améliorations, les abeilles ont des caractéristiques génétiques et reproductives particulières (Fu-hua et Sandy, 2000).

L'amélioration génétique en apiculture est obtenue par l'utilisation de la sélection. Le taux d'amélioration est directement lié à la précision d'enregistrement des données, avec laquelle les reines sont classées en fonction de leur valeur d'élevage, la quantité de variation génétique disponible dans les caractères des générations et les conditions environnementales dans lesquelles les colonies vivent malheureusement masquent ou influencent leurs propriétés héréditaires. Tous ces problèmes font partie d'un programme de sélection (Falconer et Mackay, 1996).

3.2. Les différentes modalités de sélection

3.2.1. La sélection naturelle

D'après Regard (1987), la sélection naturelle est celle qui se joue « naturellement » lorsqu'une espèce donnée d'individus est livrée à elle-même dans son milieu d'origine. C'est le cas de toute la faune et flore non contrôlées par l'homme (elle est indépendante de l'homme).

La sélection est tout ce qui subsiste du monde vivant à l'état sauvage est le résultat de la sélection naturelle, elle ne dépend que de la nature. La sélection naturelle a pour résultats :

- L'élimination des faibles, des maladies, des inadaptés
- Le développement et la prolifération des plus forts des mieux adaptés.

3.2.2. Sélection artificielle

3.2.2.1. La sélection massale ou individuelle

C'est la forme la plus simple de sélection. Elle est fondée sur les caractères phénotypiques des reproducteurs (Fert, 1996). Elle est consistée à reproduire entre eux les meilleurs éléments et à supprimer systématiquement les éléments déficients (Regard, 1987).

Elle est efficace pour les caractères fortement héritable (couleur, index cubital, nombres des crochets allaires) mais les résultats sont moins spectaculaires pour le caractère production de miel (Cornuet, 1978).

3.2.2.2. La sélection fondée sur la valeur de la descendance

Les parents sont jugés sur la valeur phénotypique de leurs enfants. Elle est adoptée pour les caractères de rendement. Toutefois, à cause de problème de consanguinité, elle nécessite un effectif très important (Regard, 1987).

4.2.2.3. La sélection généalogique

Cette sélection consiste à accoupler les géniteurs d'élites, à créer, après chaque union, autant des lignées qu'il y a de descendants et à poursuivre la multiplication entre eux des individus d'une même lignée (Prost, 1987).

Le problème est identique à celui de la précédente sélection.

3.2.2.4. La sélection combinée

Elle consiste à estimer la valeur génétique d'un individu à partir de son propre phénotype et de celui de ces apparentés.

Il ne faut, cependant, pas oublier que toute sélection conduit à un appauvrissement en gènes, qui comporte en lui-même le danger d'affaiblissement par consanguinité (Chauvin, 1968).

La consanguinité est l'union d'individus proches parents. Elle aboutit, après quelques générations, à l'apparition de tares (colonies plus faibles dépourvus de males, larves fragiles, dissymétrie des ailes....) (Prost, 1987).

3.3. Les qualités et les caractères de sélection de la colonie d'abeilles

Compte tenu de la spécificité des différents objectifs du programme de sélection (traits économiques, comportementaux et raciaux) et des nouveaux défis concernant l'adaptabilité aux maladies et aux conditions naturelles, différents caractères peuvent être inclus dans un protocole d'évaluation et de sélection (Falconer et Mackay, 1996) :

1. **Critères morphologiques spécifiques à la race** : couleur, longueur de l'abdomen, largeur de thorax, l'indice cubital, décalage discoïdal ;
2. **Comportement général** : organisation du nid, douceur, calme sur les rayons, tendance à l'essaimage, etc. ;

3. **Développement des colonies** : la viabilité du couvain, la capacité d'hivernage, l'accumulation printanière, la force de la colonie en termes de quantité d'abeilles mellifères et de surface du couvain, la longévité des abeilles mellifères ;
4. **Productivité** : production de miel et de pollen comme principaux caractères productifs, activité de pollinisation ;
5. **Résistance aux maladies** : comportement hygiénique pour le couvain malade, suppression de la reproduction des acariens, comportement de d'épouillage, degrés d'infestation par les acariens (la varoosé).

3.4. Les qualités et les caractères de sélection des reines

3.4.1. La qualité reproductrice des reines

La commercialisation de l'élevage de reines nécessite la production d'un grand nombre de reines de haute qualité. Une partie de la qualité est liée uniquement à la reine, comme son physique et caractères physiologiques, tandis que d'autres sont également liés à la qualité de l'accouplement et finalement à la performance de ces colonies (Büchler et col., 2013).

Généralement une reine de haute qualité devrait avoir les caractères mesurables suivants: poids vif lourd; poids élevé des ovaires; nombre élevé d'ovarioles; grande taille de spermathèque; haut nombre de spermatozoïdes dans la spermathèque; début précoce de la ponte; haut nombre d'œufs pondus par jour (fécondité); qualité du couvain; et être exempt de maladies et de ravageurs (Fani et col., 2014).

Tous ces caractères sont affectés par des facteurs externes, notamment l'âge de la reine et le succès de l'accouplement par exemple, l'un des caractères les plus évidents de haute qualité reine est sa fécondité, qui est plus élevée chez les reines plus jeunes (Winston, 1980, 1987).

Une reine avec une fécondité élevée permet à une colonie d'avoir une grande population active qui sera par conséquent hautement productive.

3.4.2. La qualité physique : poids des reines

Le poids de la reine est une caractéristique physique essentielle pour évaluer la qualité des reines d'abeilles (Tarpy et col., 2012).

Le poids de la reine à l'émergence est utilisé comme indicateur de la qualité de la reine, une mesure qui varie considérablement. Cette variation est influencée par divers facteurs, notamment le patrimoine génétique, l'âge auquel la larve est initialement élevée en tant que reine, la période de l'année, et les conditions d'élevage de la colonie (Skowronek et col., 2004).

CHAPITRE 3: SELECTION, AMELIORATION ET POIDS DES REINES

Le poids d'une reine varie à différentes périodes de sa vie adulte, dans les reines vierges, il diminue progressivement de l'émergence jusqu'à l'accouplement, avec la perte la plus rapide au cours des 36 premières heures. (Kahy et col., 2008).

Les reines lourdes diminuent plus leur poids que les reines modérées et plus légères. Après l'accouplement, les reines commencent à récupérer leur poids au niveau de post-émergence (Harano et col., 2007).

Cela semble raisonnable car le ou les vols d'accouplement nécessitent un corps plus léger pour une portance et une durée de vol adéquate, sinon cela peut diminuer son succès d'accouplement (Hayworth et col., 2009).

Le poids de la reine a également corrélé avec le poids des ovaires, la taille et le nombre d'ovarioles, le diamètre de la spermathèque, et le nombre de spermatozoïdes stockés (Tapy et col., 2011).

Tableau 01 : Rapports de corrélations entre divers caractères de qualité des reines d'abeilles et d'autres facteurs les affectant

Relation entre les caractères de qualité	Corrélation positive	Aucune corrélation
Poids de la reine - nombre d'ovarioles	Weaver, 1957; Avetisyan, 1961; Woyke, 1971; Szabo, 1973; Wen-Cheng and Chong-Yuan, 1985; Gilley et al., 2003	Corbella and Concalves (1982); Hatch et al., 1999; Jackson et al., 2011
Poids de la reine - diamètre de la spermathèque	Akyol et al., 2008; Kahya et al., 2008; Bieńkowska et al., 2009	
Poids des larves greffées - nombre d'ovarioles royales	Hoopingarner and Farrar, 1959; Woyke, 1971	
Nombre d'ovarioles - diamètre spermathèque	Weaver, 1957; Woyke, 1971	Jackson et al., 2011
Nombre d'ovarioles - production de couvain	Avetisyan, 1961	
Poids de la reine - production de couvain	Makarov, 1969; Akyol et al., 2008	
Poids de la reine - début précoce de la ponte	Taranov, 1974; Siuda & Wilde, 2006	Skowronek et al., 2002

CHAPITRE 3: SELECTION, AMELIORATION ET POIDS DES REINES

Âge des larves greffées - nombre d'ovarioles	Jordan, 1960; Woyke, 1960, 1964, 1971; Szabo and Townseed, 1974	
Âge des larves greffées - taille de la spermathèque	Jordan, 1960; Woyke, 1960, 1964, 1971; Szabo and Townseed, 1974; Gilley et al., 2003; Tarpay et al., 2000	
Âge des larves greffées - poids de la reine	Tarpay et al., 2000	
Taille de la spermathèque - nombre de spermatozoïdes	Woyke, 1966 ;Bieńkowska et al., 2008	

Source : (Fani et col., 2014)

3.5. Les conséquences d'une reine de haute qualité sur les qualités de sa population d'abeille

D'après Oldroyd et col. (1990), la croissance, la productivité et la survie d'une colonie, avec des dizaines de milliers d'abeilles ouvrières, dépend en grande partie de la santé, la capacité de reproduction de sa reine et le nombre des mâles avec lesquels elle a accouplée).

Le potentiel reproducteur quantitatif et qualitatif d'une reine représente sa «qualité», il dépend de son génome, de ses conditions de développement, de la réussite de son accouplement succès et de son environnement (Rangel et col., 2013).

Les reines jeunes de bonne qualité et en bonne santé produisent un couvain compact, facilitant les soins du couvain qui peuvent prévenir les maladies, et une plus grande proportion de ce couvain devenir des ouvrières en bonne santé pour reconstituer les ouvrières mourantes. Ces colonies sont capables de stocker plus de miel et de pollen tout au long de l'année par rapport aux colonies dirigées par une qualité médiocre de reines, ce qui se traduit par une meilleure survie hivernale (Rangel et col., 2013).

De plus, la qualité de la reproduction influence le profil de phéromone de la glande mandibulaire de la reine et influence la cohésion de la colonie (Rangel et col., 2016).

En conséquence, les colonies dirigées par une reine de qualité doivent afficher les caractères de performance suivants : faible tendance à l'essaimage ; comportement hygiénique élevé ; production élevée de couvain ; production démographique

élevée ; production élevée de miel et de pollen ; faible agressivité ; et la résistance aux maladies (Fani et col., 2014).

3.6. Le poids des reines à l'émergence

Le poids corporel de la reine est indicatif de sa robustesse et l'élément principal à prendre en compte dans son évaluation. Le poids des reines peut avoir une grande variabilité classée en trois groupes différents : lourds, moyens et légers. Les reines lourdes ont des ovaires avec de nombreux ovarioles, la spermathèque d'un plus grand volume et elles pondent également plus d'œufs (Eid et col., 1980).

Le poids des reines à l'émergence présente une large variation à cause de plusieurs facteurs tels que l'âge des larves, la saison, l'état d'élevage de colonies et les différences raciales (Karacaoglu, 2004).

Le poids corporel des reines vierges diminue progressivement après l'émergence. Le poids vif d'une reine varie à différentes périodes de sa vie. Dans la période allant de l'émergence à l'accouplement, il y avait une baisse substantielle du poids corporel de la reine, la plus rapide au cours des 36 premières heures de vie. Pendant cette période, les reines ont perdu environ 40 mg de leur poids corporel (Harano et col., 2007).

Le poids de la reine à l'émergence est une caractéristique importante car les reines avec des ovaires non développés ont un volume abdominal plus petit et sont plus légères, donc elles sont plus faciles à voler (Harano et Sasaki, 2007),

Ce qui facilite l'accouplement et la fécondation (Berger et col., 2016).

3.7. Le poids des reines aux périodes pré et post-accouplement

L'intervalle de temps entre l'émergence et l'accouplement et le début de la ponte est une période critique pour les reines des abeilles. La saison et les conditions climatiques sont considérées comme affectant l'accouplement et l'apparition de la ponte (Patricio et Cruz-Landim, 2003).

Après le début de la ponte, le poids des reines revient au même poids initial de post-émergence. L'accouplement provoque des changements remarquables pour la reine (physiologie et comportement). Il stimule la vitellogenèse, la maturation de l'œuf, le développement ovarien et le début de la ponte. Dans chacune des séries d'élevage, les reines légères ont été les premières à émerger, suivies par des reines plus lourdes. (Patricio et Cruz-Landim, 2003).

3.8. Le poids des reines pondeuses

Selon Skrobal (1958), le poids des reines fécondées dépasse 31% à 70% celui des non fécondés.

Il augmente durant le printemps et l'été, puis décroît. Cette augmentation est due au grand développement des ovaires après fécondation, les ovaires des reines pondeuses sont environ huit fois plus grands que ceux des vierges (Romarov et Alpatov, 1934).

Le poids variant de 150 à 280 mg, avant le début de la ponte le poids corporel des reines a augmenté pour atteindre le niveau approximatif que celui les reines de plusieurs heures. Lorsqu'une reine fécondée est conservée dans une cagette pendant 17 à 45 jours avec 10 abeilles seulement, son poids diminue de 230 à 158 mg. L'introduction d'abeilles supplémentaires dans la cagette permet l'augmentation du poids de la reine (Karoieva, 1957).

3.9. Les facteurs internes et externes à la colonie qui influencent le poids des reines

Le poids des reines peut être affecté par les facteurs génétiques, l'alimentation complémentaire des ruches de démarrage, l'âge des larves greffées, la saison et la densité des abeilles dans les ruches de démarrage (Emsen, 2004).

3.9.1. La température

Il n'y a aucune corrélation significative entre le poids des reines à l'émergence et l'un des facteurs suivants ; température moyenne maximale ou minimale. Cependant il existe une très forte corrélation négative entre le poids des reines à l'émergence et la variation de la température allant, de 10 jours avant le greffage à 11 jours après, les écarts de température importants contraignent la colonie à dépenser plus d'énergie pour la thermorégulation du couvain aux dépens de son effort de reproduction. Une colonie est plus sensible aux variations quotidiennes de températures qu'aux variations d'une période à l'autre. Par ailleurs une chute de température du nid de couvain de 30°C à 25°C allonge la durée d'incubation des œufs (Mouatadid, 1980).

3.9.2. Les précipitations

Il existe une corrélation négativement significative entre la durée des précipitations et le poids des reines à l'émergence. Tous ces facteurs, interviennent cependant dans les rythmes d'activité de la colonie, essentiellement dans ceux de la récolte au pollen et du nectar (Mouatadid, 1980).

3.9.3. Variations saisonnières de la taille des ouvrières

Le maximum du poids des ouvrières coïncide avec le pic de la rentrée du pollen. Or, plus la taille des ouvrières est grande, plus le volume des cellules royales qu'elles construisent, ou le poids des reines qu'elles élèvent, augmente (Mouatadid, 1980).

3.9.4. Volume et longueur des cellules royales

Le poids des reines à l'émergence et le volume des cellules royales sont liées par une équation de régression de type curviligne, le volume optimum est $1,136 \text{ cm}^3$. Une haute corrélation positive ($r = 0,828$) a été trouvée entre la longueur de la cellule reine scellée et le poids à l'émergence. Cela signifie des cellules des reines plus longues doivent être utilisées pour produire des reines avec un poids élevé à l'émergence (Hatch et col., 1999).

3.9.5. Compétition entre larves de reines

D'après Mouatadid (1980), les reines à volume égal, les larves de même reine, même âge, et élevées par la même colonie, donnent naissance à des reines de poids à l'émergence ayant une variation moyenne pouvant atteindre 18,42%. Cette variation est d'autant plus forte que l'élevage est effectué au moment où il y a chevauchement entre :

a - abeilles d'hiver, abeilles d'été.

b - abeilles d'été, abeilles d'hiver.

3.9.6. La Force de la colonie éleveuse

Plus la population d'une colonie éleveuse est forte plus le poids des reines qu'elle produit est élevé. Il n'y a pas cependant, de relation proportionnelle entre les deux variables. Il existe un seuil en deçà duquel le poids des reines diminue significativement (36.000 abeilles) (Mouatadid, 1980).

3.9.7. Présence du couvain

Selon Mouatadid (1980), aucun essai d'élevage en l'absence du couvain n'a été réussi. Les reines élevées en présence du couvain ouvert (œufs stades larvaires) ont un poids à l'émergence significativement plus fort que celui des reines élevées en présence du couvain operculé (stades : prénymphe et nymphe).

3.9.8. La méthode d'élevage

D'après Hatch et col. (1999), le poids moyen à l'émergence des reines observé dans la méthode Doolittle (méthode artificielle) est supérieur à celui de la méthode

des cellules naturelles, en ce qui concerne la méthode du double greffage a généré des reines, en moyenne, 2,38% plus lourdes que les reines à greffage simple (Montagner, 1962).

3.9.9. Age des larves greffées

L'âge des larves greffées a significativement affecté le poids des reines, les reines élevées à partir de larves d'un jour étaient statistiquement plus lourdes que les larves de deux et trois jours, et les reines élevées à partir de larves de deux jours étaient statistiquement plus lourdes que les larves de trois jours (Morse et Hopper, 1985 ; Rawash et col. 1983 ; Kaftanoglu, 1988 ; Kaftanoglu et Kumova, 1992 ; Genc, 1996 ; Emsen et col., 2004).

La raison possible en est que les larves d'abeilles potentielles ont été fortement nourries de gelée royale par les abeilles ouvrières (Emsen, 2004).

3.9.10. Le nombre des cellules greffées

Selon Korkmaz et col. (2005), Mahbobi et col. (2012) et Samet et Ethen (2018), le nombre de larves greffées n'a pas affecté statistiquement le poids corporel des reines.

Par contre Samet et Ethen (2018), ont montré que la longueur corporelle des reines est affectée par le nombre de larves greffées, les paramètres physiques les plus importants des reines sont leur poids. Bien que le nombre de larves greffées n'ait pas eu d'effet sur le poids des reines.

3.9.11. Le double greffage

Les reines à double greffage présentaient un poids plus lourd à l'émergence en raison de la plus grande quantité de nourriture disponible pour ces larves, car après la première greffe, l'ancienne larve a été retirée et une autre nouvellement éclos a été placée à la place. Dans une tasse déjà contenant une quantité importante de gelée royale, contrairement aux larves de greffe unique, qui sont placées dans des tasses contenant de la gelée royale diluée dans de l'eau (Montagner, 1962 ; Orosi, 1963 ; Pedro et col., 2019).

Par contre Delaplane et Harbo (1988), Weiss (1974) et Keith (1988), n'ont trouvé aucune différence de poids à l'émergence en comparant les méthodes de simples et double greffage, cependant, ils ont conclu que l'utilisation de gelée royale diluée dans les cupules augmentait l'acceptation des larves par rapport aux larves greffées dans des cupules sans aliments

CHAPITRE 3: SELECTION, AMELIORATION ET POIDS DES REINES

Tableau 02 : Valeurs moyennes avec leurs écarts-types respectifs pour le poids de la reine à l'émergence de différentes lignées génétiques et le poids à l'émergence selon la méthode de greffage.

Génétique	Méthode de greffage	Génétique X Méthode de greffage
Poids à l'émergence (mg)		
Lignée sélectionnée pour la production de miel (n = 152)	(185.30 ± 17.43)	
Lignée sélectionnée pour la production de gelée royale (n = 221)	(178.01 ± 20.82)	
Lignée non sélectionnée (n = 172)	(173.79 ± 21.11)	
Double greffage (n = 147)	(181.80 ± 19.49)	
Simple greffage (n = 398)	(177.57 ± 20.72)	

Source : Pedro et col., 2019

D'après Pedro et col.,(2019), les reines sélectionnées avaient un poids plus lourd à l'émergence que les reines non sélectionnées, et celles sélectionnées pour le miel et la gelée royale étaient respectivement 6,62 et 2,47% plus lourdes. Probablement, les reines avec sélection génétique étaient plus lourdes que celles non sélectionnées car elles faisaient partie d'un programme d'élevage considérant le poids à l'émergence comme critère de sélection, ce qui tend à augmenter la valeur de ce paramètre pour les individus. Les colonies sélectionnées pour la gelée royale sont sélectionnées depuis 2003, tandis que les colonies productrices de miel depuis 2011.

Les reines sans sélection génétique ont montré une très grande variation de poids au sein d'un même groupe, par conséquent la génération F1 de ce groupe présentait des caractéristiques similaires à celles de la mère colonies, ce qui réduit le poids moyen à l'émergence. Cependant, il n'y avait aucune différence ($p < 0,05$) pour l'interaction du groupe génétique et la méthode de production de la reine (Pedro et col., 2019).

En ce qui concerne la méthode de production, la méthode de double greffe a généré des reines, en moyenne, 2,38% plus lourdes par rapport aux reines à greffe simple. Dans la présente étude, les reines greffées doubles présentaient un poids plus lourd à

CHAPITRE 3: SELECTION, AMELIORATION ET POIDS DES REINES

l'émergence en raison de la plus grande quantité de nourriture disponible pour ces larves, car après le premier greffage, l'ancienne larve a été enlevée et une autre nouvellement éclos a été placée à l'endroit, dans une cupule déjà contenant une quantité importante de gelée royale, contrairement aux larves de greffage simples, qui sont placées dans des coupelles contenant de la gelée royale diluée dans l'eau 50/50 (Pedro et col, 2019).

CONCLUSION

CONCLUSION

Conclusion

Le poids de la reine peut être utilisé comme indicateur de qualité précoce permettant de juger la productivité et la reproductivité des reines juste après la naissance.

Les reines obtenues par double greffage ou hyper-reines sont élevées dans des cellules nettement plus grandes et beaucoup mieux acceptées par les abeilles que les reines obtenues par le simple greffage. En outre, les hyper-reines sont plus lourdes et avaient plus d'ovarioles que celles issues du greffage simple et ont reçu un «meilleur traitement» par les abeilles nourricières..

Le nombre de larves greffées n'affecte pas le poids de la reine et n'est pas vraiment important pour la qualité des reines élevées. Le nombre des larves greffées optimal est entre 30 et 60 larves mais il est recommandé d'utiliser des colonies éleveuses fortes et bien nourries.

Le facteur qui a significativement affecté le poids des reines c'est bien l'âge des larves greffées. La plupart des chercheurs ont suggéré que les larves âgées de 0 à 24 h sont les meilleures pour le greffage et pour la qualité des reines telles que le poids de la reine à l'émergence.

REFERNCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **AKYOL E., YENINAR H., KAFTANOGLU O., 2008.** Live weight of queen honey bees (*apis mellifera l.*) predict reproductive characteristics. Journal of the Kansas Entomological Society, 81(2), 92-100.
- **ALBER M. A., 1965.** A study of queen-rearing methods. BeeWorld, 46, (1), 25-31.
- **ALEXIS B., 2014.** Apiculture multiplication des colonies. Service élevage - Chambre d'Agriculture de Région Alsace.ADA Grand-Est.
- **ALLEN M. D., 1955.** Observations on honeybees examining and licking their queen. Brit. Jl. Animal Behavior, 3 (2), 66-69.
- **ALLEN M. D., 1957.** Observations on honeybees examining and licking their queen. Brit. Jl. Animal Behavior, 5, (3), 81-84.
- **BASSO B., AUPLINEL P., BEGUIN M., BOMPA J.F., DECOOURTYE A., GRATEAU S., VIGNAL A., NOZET G., RUGER C., RICARD E., 2020.** Conception d'indicateurs de qualité des reines d'abeilles. Innovations Agronomiques, (79), pp. 31-48.
- **BERGER B., POIANI S. B., CRUZ-LANDIM, C., 2016.** Beekeeping practice: effects of *Apis mellifera* virgin queen management on ovary development. Apidologie, 47(4), 589-595.
- **BILASH G. 1963.** Procédés d'élevage des reines et leur qualité (en russe). Ptchelovodstvo, (6), pp. 8-12.
- **BILASH G., 1962.** Conditions d'élevage des reines et hérédité des caractères chez les Abeilles (en russe). Ptchelovodstvo, (4), pp. 9-11.
- **BRUNEAU E., 2004.** Les produits de la ruche. Ed. RUSTICA.
- **BÜCHLER R., SRETEN A., KASPAR B., CECILIA C., FANI H., NICOLA K., PER K., MARLA S., ALEKSANDAR U., JERZY W., 2013.** Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens.In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for Apis mellifera research. Journal of Apicultural Research, 52(1):35-64
- **CAILLAS A. ,1974.** Le rucher de rapport. 9^{ème} Ed. Paris : Syndicat national.
- **CHAPLEAU J.P., 2005.** Production commerciale de reines abeilles Jean-Pierre Chapleau.Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.
- **CHAUVIN R., 1962.** Annales de la nutrition et de l'alimentation, 16, pp. 41-60.
- **CHAUVIN R., 1968.** Traité de biologie de l'abeille. Tome 1. Paris: Masson. 56p.
- **CHENG H.W., YUAN Z.C., 1985.** The relationship between the weight of the queen honeybee at various stages and the number of ovarioles egg laid and sealed brood produced. Apic. Apis., pp.1161-1186.
- **CORNEUT, 1978.** Orientation actuelle des recherches sur la sélection de l'abeille à l'I.N.R.A. Revue française d'apiculture, (363), pp. 193-195.
- **DANIEL P., 2002.** Principes et méthodes d'élevage de Reines d'abeilles. Disponible sur : <http://daniel.petit.chez-alice.fr/index.htm> (consulté le 07/07/2020).

- **DE SOUZA D.A., BEZZERA-LAURE M.AF., FRANCOY T.M., GONÇALVES L.S., 2013.** Experimental evaluation of the reproductive quality of Africanized queen bees (*Apis mellifera*) on the basis of body weight at emergence. *Genetics and Molecular Research*, (12), pp.5382-5391.
- **DELANEY D.A., KELLER J.J., CAREN J.R., TARPY D.R., 2011.** The physical, insemination, and reproductive quality of honeybee queens (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 42 (1), 1-13.
- **DELAPLANE K. S., HARBO J. R., 1988.** A re-examination of double grafting. *American Bee Journal*, 128 (6), 439-440.
- **DELAPLANE K. S., Harbo J.R., 1988.** A re-examination of double grafting. *American Bee Journal*, 128(6), 439-440.
- **DODOLOGLU A., EMSEN B., GENE F., 2004.** Comparison of some characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) reared by using Doolittle method and natural queen cells. *Journal of Applied Animal Research*, 26 (2), 113-115.
- **DOOLITTLE G. M., 1889.** Scientific queen rearing. Chicago, USA: Thomas G Newman & Son, 169 p.
- **DOOLITTLE G. M., 1915.** Scientific queen rearing as practically applied; being a method by which the best of queen-bees are reared in perfect accord with nature's ways. *American Bee Journal*, Hamilton, USA, 126 pp.
- **EL-WASEEF R. A., 2002.** Ecological and physiological studies on honeybee colonies under different environmental conditions. M.Sc. Thesis. Cairo: Fac. of Agric., Cairo Univ.
- **EMSEN B., DODOLOGLU A., GENE F., 2003.** Effect of Larvae Age and Grafting Method on the Larvae accepted rate and height of sealed queen cell (*Apis mellifera* L.). *Journal of Applied Animal Research*, (24): 201-206.
- **EMSEN B., 2004.** Relationship between larval age and characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) after single and double grafting. In *Proceeding of the 1st European Conference of Apidologie*, p.66.
- **EVANS J. D., WHEELER E., 2000.** Expression profiles during honeybee caste determination. *Genome Biology*, 2 (1), 1-6.
- **FALCONER D. S., MACKAY T. F. C., 1996.** Introduction to quantitative genetics. 4th Ed. Longman: New York, USA.
- **Fani H., et al., 2014.** A review of methods used in some European countries for assessing the quality of honeybee queens through their physical characters and the performance of their colonies. *Journal of Apicultural Research IBRA*, 53 (3), 337-363.
- **FIRATLI C., 1982.** Ana arıyetisi, tirmemethodları uzerine bir çalisma. Ph.D. Thesis. Ankara : Ankara Universitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Turkey.
- **FU-HUA L., SANDY M. S., 2000.** Estimating quantitative genetic parameters in haplodiploid organisms. *Heredity*, (85), pp.373-382.
- **GENC, F., 1996.** The effects of raising months and grafting methods on the characteristics of queen bees (*Apis mellifera* L.) raised in Erzurum conditions. *Veterinary Medicine and Animal Husbandry Research Grant Committee*, Turkey.
- **GILLES F., 2014.** L'élevage des reines. Paris : Editions Rustica, N° d'éditeur : 49856.

- **HARANO K.-I., SASAKI M., SASAKI K., 2007.** Effects of reproductive state on rhythmicity, locomotor activity and body weight in the European honeybee, *Apis mellifera* queens (*Hymenoptera, Apini*). *Sociobiology*, 50 (1), 189-200.
- **HARRY H., LAIDLAW, J.R., 1981.** Contemporary queen rearing. Library of congress catalog card number 97-50568, 54p. ISBN number 0-915698.06-4.
- **Hatch S., Tarpy D.R., Fletcher D.J.C., 1999.** Worker regulation emergency queen rearing in honeybee colonies and the resultant variation in queen quality. *Insects Soc.*, (46), 372-377
- **HAYWORTH M.K., JOHNSON N.G., WILHELM M.E., GOVE R.P., et al., 2009.** Weights lead to reduced flight behavior and mating success in polyandrous honey bee queens (*Apis mellifera*). *Ethology*, (115), 698–706.
- **Ismail A. A., 2001.** Effect of some natural substances on the activity and some products of honeybee. M.Sc. Thesis. Mansoura : Fac. Agric., Mansoura Univ. Egypt.
- **ITSAP., 2018.** Guide des bonnes pratiques apicoles.
- **ITSAP., 2018.** L'expertise technique et scientifique au service de l'apiculture.
- **KAFTANOĞLU, O., AKYOL E., YENINAR H., 2000.** The effects of juvenile hormone analog on the development time and the quality of queen honeybees (*Apis mellifera* L.). The A.I. Root Co., Medina: Erickson, 2000, pp. 351–357.
- **KAFTANOĞLU O., 1987.** Queen rearing Training course on apiculture at the development foundation of Turkey, June 8-July 19, 1987, Kazan-Ankara, pp54-57.
- **KAFTANOĞLU O., KUMOVA U., YENINAR H., 1992.** Ana Arı Yetiştiriciliğinin Önemive Ana Arı Kalitesini Etkileyen Faktörler. Dogu Anadolu Bölgesi 1. Hayvancılık Semineri. Atatürk Univ., Erzurum. pp. 48–60.
- **KAFTANOĞLU O., 1988.** Instrumental insemination in beekeeping and application in practice. 1st Apicultural Seminar of Marmara Region in Bursa, (10-11 February 1988), Uludag University, Department of Animal Science, College of Agriculture, pp. 76-78.
- **KAHYA Y., GENÇER H.V., WOYKE J., 2008.** Weight at emergence of honeybee (*Apis mellifera caucasica*) queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. *Journal of Apicultural Research*. 47 (2), 118-125.
- **KAHYA Y., GENÇER H.V., WOYKE J., 2008.** Weight at emergence of honey bee (*Apis mellifera caucasica*) queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. *J. Apic. Res.*, (47), pp.118–125.
- **KAMAKURA M., 2011.** Royalactin induces queen differentiation in honeybees. *Genes and Genetic Systems*, 86 (6), pp. 384.
- **KARACA OĞLU M. 2004.** Effects of rearing season on the quality of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) raised under the conditions of Aegean region. *Mellifera* ,4 (7), 34–37.
- **KEITH S., 1988.** A re-examination of double grafting. *American Bee Journal* 128 (6), 439 – 440
- **KORKMAZ A. 2005.** Ana Arı Yetiştiriciliği. Samsun: Turkish Ministry of Agriculture.
- **KUWBARA, 1947 :** L'importance de la reine dans la colonie, Thèse de Latrech H, 2016.
- **LAIDLAW H. H., 1979.** Contemporary queen rearing. Hamilton, USA : Dadant & Sons, 199 p.

- **LIDLAW H.H., 1985.** Contemporary Queen Rearing. Hamilton Illinois : Dadant and Sons, p199.
- **LIDLAW H.H., 1997.** Queen rearing and bee breeding. New York, USA: Wicwas Press, 224p.
- **LIDLAW Jr. H.H., 2008.** Production of queens and package bees. In: the hive and the honey bee. Hamilton, Illinois, USA: Dadant and Sons.
- **LAUVEAUX J., 1985.** Les abeilles et leur élevage. 2^{ème} édition. France : OPIDA.
- **LERCKER G. et al., 1984.** composition de la fraction lipidique de la gelée de larves d'abeilles reines et ouvrières (*apismellifera ligustica spinola*) en fonction de l'âge des larves. *Apidologie*,15 (3), 303-314.
- **LEVICHEVA I.A.1961.** Characteristics of queens reared artificially and under the swarming and emergency impulses (en russe). Dokl. Tskha, (62), 547-552.
- **LYKO F., FORET S., KUCHARSKI R., WOLF S., FALCKENHAYN C., MALESZKA R., 2010.** The honey bee epigenomes: differential methylation of brain dna in queens and workers,. *Plos Biol.*, (8), pp. 11.
- **MAHBOBI A., FARSHINEH-ADL M., WOYKE J., ABBASI S., 2012.** Effects of the age of grafted larvae and the effects of supplemental feeding on some morphological characteristics of iranian queen honey bees (*Apis mellifera meda Skorikov, 1929*). Journal of Apicultural Science, 56 (1).
- **MANNING R., 2001.** Fatty acids in pollen: a review of their importance to honeybees. Bee World, (82), 60-75.
- **MOHAMMED S., 2010.** Méthodes de multiplications des abeilles et amélioration du cheptel apicole. Bulletin réalisé à l'institut agronomique et vétérinaire, Hassan II, Rabat n° 184.
- **MONTAGNER H., 1962.** Influence de la technique du double greffage sur le développement des reines d'*Apis mellifera*. Insectes Sociaux, (9) pp. 91–99.
- **MORSE R.A., HOOPER, T., 1985.** The Illustrated Encyclopaedia of Beekeeping. (Firsted) Printed and bound by Buttler and Tanner Ltd., Frome, Somerset,U.K., p425.
- **MOUATADID S.M., 1980** .Influence de certains facteurs sur le poids des reines à l'émergence. Thèse présentée pour obtenir le Titre de Docteur 3. Pp56-64.
- **NEKMOUCHE O., 1992.** Sélection massale et élevage de reines en vue d'intensification la production de miel et d'essaim.
- **NIJHOUT H. F., 2003.**The control of body size in insects. Developmental Biology, 261(1), 1-9.
- **OLDROYD B.P., GOODMAN R.D., ALLAWAY M.A.1990.** On the relative importance of queens and workers to honey Production. *Apidologie*, (21), pp.153–159.
- **OROSI P.1963.** Kiserletek ismetelt alcazassal. Meheszet, Budapest, (11), pp. 83-85.
- **PATRÍCIO K. CRUZ-LANDIM, C., 2003.***Apis mellifera* (Hymenoptera, Apini) ovary development in queens and in workers from queen right and queen less colonies. *Sociobiology*, 42 (3), 771–780.
- **PEDRO D., TUAN H. S., DIOGO F., VAGNER A., 2019.** Royal jelly production with queens produced by single and double grafting in Africanized honeybee colonies. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, (41), pp. 3-7

- **PHILIPPE J.M., 2007.** Le guide de l'apiculteur. ÉDISUD. La Calade, 13090 Aix-en-Provence.
- **PROST J.P., 1977.** L'apiculture, connaître l'abeille, conduire les ruchers 4^{ème} édition.
- **PROST J.P., 1979.** L'apiculture, connaître l'abeille, conduire les ruchers. 5^{ème} édition.
- **RANGEL J., BÖRÖCZKY, K., SCHAL C., TARPY D.R., 2016.** Honey bee (*Apis mellifera*) queen reproductive potential affects queen mandibular gland pheromone composition and worker retinue response. Plos one, p.11.
- **RANGEL J., KELLER J.J., TARPY D.R., 2013,** The effects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen reproductive potential on colony growth. Insect Soc. (60),pp. 65–73.
- **RAWASH I.A., EL-GAYAR F.H., EL-HELALY M.S., IBRAHIM S.M.A., 1983.** Effect of larval age and number of cell cups on the quality of Cario- Egyptian F1 hybrid of honeybee queens. Apic. Abst., 36(3), 925185.
- **REGARD A., 1987.** Sélection et élevage de reines, essaimage artificiel, pp. 11-150.
- **RUTTNER F., 1983.** Queen rearing: biological basis and technical instruction. Bucharest, Romania: Apimondia Publishing House, 358 p.
- **SAMET O., ETHEM A., 2018 .**The effects of age and number of grafted larvae on some physical characteristics of queen bees and acceptance rate of queen bee cell. Turkish journal of agriculture - food science and technology, 6 (11), 1556-1561.
- **SHEHATA S. M., TOWNSEND G. F., SHUCLE R. W., 1981.** Seasonal physiological changes in queen and worker honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 20 (2), 69–78.
- **SHINIAEVA V. A., 1953.** Nouvelles données sur l'élevage des reines (en russe). Ptchelovodsivo, (5), pp.22-28.
- **SHOREIT M. N., HUSSEN M. H., OMAR M. O. M. et ABDEL-RAHMAN M. F., 2002.**Brood rearing of the honeybee colony individuals and their activities in Assiut region. Egypt J. Agric. Res., 80 (1), 83-103.
- **SKOWRONEK W.; BIEŃKOWSKA M.G.; KRUK C., 2004.** Changes in body weight of honey bee queens during their maturation. J. Apic. Res., (48), pp. 61–68.
- **TARPY D.R., KELLER J.J., CAREN J.R., DELANEY D.A., 2012.** Assessing the mating 'health'of commercial honey bee queens. J. Econ. Entomol., (105), pp. 20–25.
- **TARPY D.R., KELLER J.J., CAREN J.R., DELANEY, D.A., 2011.** Experimentally induced variation in the physical reproductive potential and mating success in honey bee queens. Insect Soc., (58), pp. 569–574.
- **VUILLAUME M., 1957.** Contribution à la psychophysiologie de l'élevage des reines chez les Abeilles. Ann. Abeille, pp. 113-156.
- **VUILLAUME M., 1959.** Nouvelles données sur la psychophysiologie de l'élevage des reines chez *Apis mellifera*. Ann. Abeille, (2), 113-138.
- **VUILLAUME M., 1958.** Les substances inhibitrices de la construction des cellules royales chez les abeilles. C. R. Acad. Sc., (248), pp. 1298-1299.

- **VUILLAUME M., 1958.** Technique d'élevage des reines. Ann. Abeille, (1), pp. 189-196.
- **WEISS K., 1974.** Neue Untersuchungen sum "doppeltenUmlarven. Apidologie, (5), pp.225-246.
- **WENDLING S., 2012.**Varroa destructor.
- **WINSTON M. L., 1987.** The biology of the honeybee. Harvard University Press, pp. 281.
- **WINSTON M. L., 2008.**The honey bee colony: life history. In: The hive and the honey bee.Hamilton, Illinois: Dadant and Sons.
- **WINSTON M. L., PUNNETT E. N., 1982.** Factors determining temporal division of Labor in honeybees. Canadian Journal of Zoology, (60), 2947-2952
- **WINSTON M.L., 1993.** La biologie de l'abeille. Traduit de l'anglais par G. Lambermont. Paris : Edition Frison Roche.
- **WOODWARD D., 2007.** Queen bee: biology, reading and breeding. Balclutha, New Zealand. 137 pp.
- **WOYKE J., 1971.** Correlations between the ages at which honeybee brood was grafted, characteristics on the resultant queens and result of insemination. Journal of Apicultural Research, 10 (1), 45–55.
- **ZHADANOVA T.S.,1967.** Influence de la température du nid sur la qualité des reines produites artificiellement. XXI. Int. Apim. Cong. Maison d'édition Apimondia, pp. 245-249.
- **ZHU K., LIU M., FU Z., ZHOU Z., LIANG H., LIN Z., LUO J., ZHENG H., ZHANG J., CHEN J., HU F., ZHANG C., 2017.** Plant microRNAs in larval food regulate honeybee caste development, *PLoS Genet.*, 13 (8).

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
INTRODUCTION.....	02
CHAPITRE 1 : BIOLOGIE DE LA REINE.....	04
1.1. Biologie de la reine.....	04
1.1.1. Généralités.....	04
1.1.2. Morphologie.....	04
1.1.3. Cycle de développement de la reine.....	05
1.1.4. Les activités de la reine.....	06
1.1.5. Le rôle de la reine dans la colonie.....	06
1.1.6. Age de la reine.....	07
1.1.7. Anatomie de l'appareil reproducteur.....	08
1.1.8. La reproduction et la ponte de la reine.....	08
1.1.8.1. Le vol nuptial.....	08
1.1.8.2. L'accouplement.....	09
1.1.8.3. La ponte.....	09
1.2. Alimentation de la reine.....	10
1.2.1. Généralité.....	10
1.2.2. L'alimentation et la nutrition de la reine pendant les différents stades de développement.....	11
1.2.3. La différence entre la gelée royale et la gelée des larves d'ouvrières.....	12
1.2.4. L'alimentation des reines en pontes.....	13
1.2.5. L'alimentation des colonies élèveuses au moment de l'élevage.....	14

CHAPITRE 2 : ELEVAGE DE REINE.....	16
2.1. L'historique de l'élevage de reines.....	16
2.2. Principe de base de l'élevage de reines.....	16
2.3. Les différents modes d'élevage.....	17
2.3.1. Elevage naturel des reines.....	17
2.3.1.1. Essaimage naturel.....	17
2.3.1.2. Elevage par supersédure.....	17
2.3.2. Élevage naturel contrôlé.....	18
2.3.2.1. L'élevage par l'orphelinage d'une colonie élite.....	18
2.3.2.2. Méthode MILLER	18
2.3.3. Elevage artificiel de reines.....	19
2.3.3.1. Le matériel de base.....	19
2.3.3.1.1. Cupules, barrette, cadre d'élevage.....	19
2.3.3.1.2. Outils de greffage.....	20
2.3.3.1.3. Protecteur de cellule royale, cagette à reine.....	20
2.3.3.1.4. Grille à reine et support de cadre de greffage.....	21
2.3.3.1.5. La loupe frontale, la loupe lumineuse.....	22
2.3.3.2. Les colonies éleveuses.....	22
2.3.3.2.1. Le "starter".....	22
2.3.3.2.2. Les finisseurs.....	23
2.3.3.2.3. La couveuse artificielle.....	24
2.3.3.2.4. La colonie donneuse de larves (Selectionnée).....	25
2.3.3.3. Le greffage (transfert de larves).....	25
2.3.3.3.1. La familiarisation.....	25
2.3.3.3.2. Le greffage simple (picking).....	26
2.3.3.3.3. Le double greffage.....	27
2.3.3.4. L'utilisation des produits de l'élevage.....	27
2.3.3.4.1. L'utilisation des cellules royales à la sortie du "finisseur" (J+10)	27
2.3.3.4.2. L'utilisation des reines vierges ou des reines fécondées.....	28
2.3.3.4.3. Le marquage.....	29
2.3.3.4.4. Le clippage.....	30
2.3.3.5. Les facteurs influençant la réussite de l'élevage de reines.....	32

CHAPITRE 3 : SELECTION ET AMELIORATION ET LE POIDS DES REINES.....	34
3.1. Généralité.....	34
3.2. Les différentes Modalités de sélection.....	34
3.2.1. La sélection naturelle.....	34
3.2.2. Sélection artificielle.....	34
3.2.2.1. La sélection massale ou individuelle.....	34
3.2.2.2. La sélection fondée sur la valeur de la descendance.....	35
3.2.2.3. La sélection généalogique.....	35
3.2.2.4. La sélection combinée.....	35
3.3. Les qualités et les caractères de sélection de la colonie d'abeilles.....	35
3.4. Les qualités et les caractères de sélection des reines.....	36
3.4.1. La qualité reproductrice des reines.....	36
3.4.2. La qualité physique : poids des reines.....	36
3.5. Les conséquences d'une reine de haute qualité sur les qualités de sa population d'abeille.....	38
3.6. Le poids des reines à l'émergence.....	39
3.7. Le poids des reines aux périodes pré et post-accouplement.....	39
3.8. Le poids des reines pondeuses.....	40
3.9. Les facteurs internes et externes à la colonie qui influencent le poids des reines.....	40
3.9.1. La température.....	40
3.9.2. Les précipitations.....	40
3.9.3. Variations saisonnières de la taille des ouvrières.....	41
3.9.4. Volume et longueur des cellules royales.....	41
3.9.5. Compétition entre larves de reines.....	41
3.9.6. La Force de la colonie éleveuse.....	41
3.9.7. Présence du couvain.....	41
3.9.8. La méthode d'élevage.....	41
3.9.9. Age des larves greffées.....	42
3.9.10. Le nombre des cellules greffées.....	42
3.9.11. Le double greffage.....	42

CONCLUSION..... 46

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES