

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني للفلاحة - الحراش الجزائر  
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie – EL HARRACH- Alger

# THESE

En vu de l'obtention du

**Diplôme de DOCTORAT**

**En: Sciences Agronomiques (Zootechnie)**

**Présentée Par : AMIMER -HACIB Hinda**

***Bioactivité de quelques huiles essentielles par  
l'évaluation de l'effet acaricide vis-à-vis de la  
varroase, et incidence sur la qualité du miel.***

M <sup>r</sup> GHEZALI D.	Maitre de conférence A.,(E.N.S.A)	Président
M <sup>me</sup> BERKANI-GHALEM Z.	Maitre de conférence A.,( E.N.S.)	Directeur de Thèse
M <sup>r</sup> BERKANI M. L.	Professeur, (E.N.S.A )	Co-directeur
M <sup>me</sup> SAKHARA-BAHA M.	Professeur, (E.N.S)	Examinatrice
M <sup>me</sup> KHALFI O.	Maitre de conférence A.,(E.N.S.A)	Examinatrice
M <sup>elle</sup> SETBEL S.	Maitre de conférence A.,( U. M .M )	Examinatrice

*Année 2017*

## **AVANT – PROPOS**

*Nous tenons en premier à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, L'amour du savoir et surtout la patience pour pouvoir produire ce modeste travail. Ensuite.....*

*Etant donné le nombre important de toutes ces aimables personnes il nous semble impossible de les citer toutes, aussi nous souhaiterions qu'ils sachent toute notre gratitude et qu'ils acceptent nos sincères remerciements. Toutefois nous nous sentons les obligés de ceux d'entre eux qui ont eu à s'impliquer de manière approfondie et directement dans la réalisation de ce modeste mémoire, c'est pour cette raison que nous considérons comme un agréable devoir de leur dire toute notre gratitude pour ce qu'ils nous ont aidé à réaliser.*

*Mes remerciements vont en premier lieu à mes deux directeurs de thèse :*

*- Mme Berkani-Ghalem. Zohra, Maitre de conférences -A- à L'Ecole Nationale Supérieure (Kouba) qui a su toujours trouver les mots pour m'amener à exprimer mon rêve, faire de la recherche et transmettre les connaissances ; elle m'a soutenue, encadrée tout au long de cette thèse, dans les bons moments, comme dans les périodes de découragement. J'ai pu apprécier ses compétences professionnelles mais aussi ses qualités humaines. Elle a toujours su être présente.*

*- Mr Berkani. Med Laid Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'Alger pour m'avoir, conseillé, et encouragé, ainsi pour sa bonne volonté, sa patience et ses précieux conseils qu'il m'a prodigué tout au long de ce travail.*

*J'aimerais exprimer mes profonds respects à Mr Djelloul. GHEZALI, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, pour sa gentillesse, compréhension, sa modestie et pour l'honneur qu'il m'accorde en acceptant de présider le jury.*

*J'exprime mes plus sincères remerciements aux membres de jury : Mme KHALFI .O (M.C.A) à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie ; Mme BAHA .M (Professeur à l'E.N.S Kouba) ; Melle SETBEL. S (M.C.A) à l'Université de Mouloud Mammeri (Tizi-Ouzou) qu'elles ont accepté la lourde tâche de lire l'intégralité de ce manuscrit et de participer au jury de ma soutenance. Aussi je leur suis reconnaissante de m'avoir accordé de leurs temps.*

*Je tiens également à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, plus particulièrement les gens de l'E.N.S Kouba : Mme KENTOUCHE. Ilhem responsable du module de génétique, Mme BENMERZOUG .Faten Chef de département de Biologie et à tous les enseignants de l'E.N.S qui, de près ou de loin*

*m'ont apportés leurs soutien, leurs conseil et leurs contribution dans la conception de ce mémoire. Salima et Houria du département de Chimie qui m'ont aidé pour la réalisation de ce travail dans la détermination de certains paramètres physico-chimiques du miel. Zineb du laboratoire du Biochimie, un grand merci.*

*A tous mes ami(e)s retrouvent mes sincères remerciements de m'avoir soutenue par leurs sympathies, Samia , Wahiba , karima sabri , karima allilat et à toute l'équipe de génétique de la faculté de médecine Château-neuf Alger, Nassima et Karima du C.F.D.A.T Hussein Dey.*

*Qu'aux techniciens supérieurs du laboratoire de chimie de l'E.N.A.P d'Oued Semar (Karim et Nabila) trouve ici toute ma reconnaissance pour le matériel qu'ils m'ont mis à ma disposition de manière spontanée et pour l'accueil qu'ils m'ont toujours réservé au laboratoire.*

*Je tiens également à remercier vivement toutes les personnes du département de Zoologie Agricole d'El Harrach et département de Zootechnie et à tous les gens et tous les enseignants de l'I.N.A qui ont prêté mains forte pour que je puisse terminer à temps, je cite Mr SOUTTOU Karim, Mr BEN ZARA, Mr SELLAM, Mr ZEKI et Mr DJAZOULI de Blida.*

*Pour conclure, je souhaite adresser mes remerciements à tout l'ensemble du personnel du laboratoire de contrôle de qualité et de conformité où les analyses physico-chimiques ont été effectuées.*

*Je ne terminerais pas cet Avant Propos sans exprimer mes sentiments les plus affectueux à l'ensemble des membres de ma famille et de ma belle famille.*

*-Je garde la place la plus chère dans mon cœur pour mes parents (que dieu ait leurs âmes) et que mes frères et sœurs ainsi qu'a leurs maris que Dieu m'a donné sur le chemin de l'aventure acceptent l'expression de mes sentiments les plus forts.*

*- A mes chère nièces et neveux.*

*-Je ne pourrais terminer sans évoquer la présence et le soutien permanent de mon mari Mustapha qui a toujours su m'encourager et me soutenir, moment ou j'en avais le plus besoin, au cours de cette phase stressante de rédaction de la thèse. Tu as eu un don pour me conseiller, aidé à clarifier mes idées embrouillées. Sans jamais oublier mes enfants, c'est grâce à vous que j'arrive à garder mon équilibre au quotidien. Vous comptez énormément pour moi.*

*Enfin, j'exprime ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidée d'un sourire, d'une critique, d'un encouragement ou d'un service.*

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1</b> : Temps de développement des trois castes d'abeilles.....	<b>11</b>
<b>Tableau 2</b> : Principaux acaricides utilisés contre la varroase .....	<b>44</b>
<b>Tableau 3</b> : Structures de quelques composés aromatiques.....	<b>58</b>
<b>Tableau 4</b> : composition de miel de nectar et miel de miellat(%).....	<b>64</b>
<b>Tableau 5</b> : Principaux composants du miel en pourcentage... ..	<b>71</b>
<b>Tableau 6</b> : Teneur du miel en minéraux.....	<b>73</b>
<b>Tableau 7</b> : les acides aminés dans le miel.....	<b>74</b>
<b>Tableau 8</b> : Températures mensuelles moyennes enregistrées à Dar El Beida en 2014.....	<b>83</b>
<b>Tableau 9</b> : Précipitations mensuelles de l'année 2014 exprimées en mm enregistrées à Dar El Beida.....	<b>84</b>
<b>Tableau 10</b> : Dimensions internes des cadres Dadant et Langstroth (mm).....	<b>96</b>
<b>Tableau 11</b> : Lots expérimentaux avec les traitements correspondants.....	<b>97</b>
<b>Tableau 12</b> : présentation des différents échantillons.....	<b>102</b>
<b>Tableau 13</b> : Tableau de conversion entre l'indice de réfraction à 20°C et l'humidité .....	<b>104</b>
<b>Tableau 14</b> : Détermination du taux d'infestation initial –diagnostic naturel-.....	<b>115</b>
<b>Tableau 15</b> : Analyse de la variance du taux d'infestation.....	<b>116</b>
<b>Tableau 16</b> : Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5% Facteur : colonie.....	<b>116</b>
<b>Tableau 17</b> : Analyse de variance de l'influence de la colonie sur l'évolution de la mortalité naturelle du varroa.....	<b>118</b>
<b>Tableau 18</b> : Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5%.....	<b>118</b>
<b>Tableau 19</b> : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.....	<b>124</b>
<b>Tableau 20</b> : Evolution de la surface du couvain (cm <sup>2</sup> ).....	<b>126</b>
<b>Tableau 21</b> : Détermination de l'efficacité de l'huile essentielle du Romarin.....	<b>127</b>
<b>Tableau 22</b> : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.....	<b>129</b>

<b>Tableau 23</b> : Evolution de la surface du couvain (cm <sup>2</sup> ).....	131
<b>Tableau 24</b> : Détermination de L'efficacité de l'huile essentielle du Laurier.....	132
<b>Tableau 25</b> : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.....	134
<b>Tableau 26</b> : Evolution de la surface du couvain (cm <sup>2</sup> ).....	136
<b>Tableau 27</b> : Détermination de l'efficacité de l'huile essentielle de Menthe.....	137
<b>Tableau 28</b> : Détermination du taux de mortalité naturelle.....	138
<b>Tableau 29</b> : Evolution de la surface du couvain (cm <sup>2</sup> ).....	139
<b>Tableau 30</b> : Analyse de variance de la variable mortalité.....	141
<b>Tableau 31</b> : Analyse de variance de la variable efficacité.....	141
<b>Tableau 32</b> : Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5%.....	141
<b>Tableau 33</b> : Détermination du degré d'infestation final.....	142
<b>Tableau 34</b> : Tableau récapitulatif des résultats.....	153
<b>Tableau 35</b> : Romarin et Apiguard.....	154
<b>Tableau 36</b> : Laurier et Apiguard.....	154
<b>Tableau 37</b> : Menthe et Apiguard.....	154
<b>Tableau 38</b> : Taux d'infestation initial et final des ruches traitées.....	157
<b>Tableau 39</b> : Taux d'infestation initial et final des ruches témoins.....	158

## Liste des Figures

<b>Figure 1</b>	: Abeilles sociales (ici <i>Apis mellifera</i> ).....	4
<b>Figure 2</b>	: Morphologie de l'abeille .....	6
<b>Figure 3</b>	: Les trois castes d' <i>Apis mellifera</i> .....	7
<b>Figure 4</b>	: Aspect des différents types d'alvéoles.....	8
<b>Figure 5</b>	: Œuf fraîchement pondu par la reine .....	12
<b>Figure 6</b>	: Larves d'abeilles baignant dans la gelée royale .....	12
<b>Figure 7</b>	: De l'œuf à l'abeille adulte .....	13
<b>Figure 8</b>	: Etapes du stade nymphal .....	14
<b>Figure 9</b>	: Abeille entièrement formée sortant de l'alvéole .....	15
<b>Figure 10</b>	: Disposition des alvéoles du couvain d'abeille dans le cadre.....	15
<b>Figure 11</b>	: La loque européenne .....	17
<b>Figure 12</b>	: Aspect typique des larves avec une tête jaunâtre .....	18
<b>Figure 13</b>	: Signes observés dans le couvain lors de la loque américaine.....	19
<b>Figure 14</b>	: <i>Acarapis woodi</i> .....	21
<b>Figure 15</b>	: Répartition des espèces du genre <i>Apis</i> (Franck et al, 2000).....	23
<b>Figure 16</b>	: Représentation des deux espèces de <i>varroa</i> .....	23
<b>Figure 17</b>	: Distribution géographique de <i>Varroa destructor</i> dans le monde en 2010 .....	25
<b>Figure 18</b>	: Œuf de <i>varroa</i> .....	26
<b>Figure 19</b>	: Les différents stades du développement de <i>V. destructor</i> .....	27
<b>Figure 20</b>	: femelle <i>Varroa</i> adulte sur le corps des abeilles .....	28
<b>Figure 21</b>	: Le mâle <i>varroa</i> adulte .....	29
<b>Figure 22</b>	: Cycle de reproduction d'une femelle adulte <i>Varroa destructor</i> composé d'une phase de phorésie suivie d'une phase de reproduction .....	30
<b>Figure 23</b>	: <i>Varroa</i> sur larve d'abeille .....	32
<b>Figure 24</b>	: <i>Varroa</i> sur puppe d'abeille.....	32
<b>Figure 25</b>	: Développement de <i>varroa destructor</i> au sein du couvain d'ouvrières.....	33
<b>Figure 26</b>	: Développement de <i>varroa destructor</i> au sein du couvain de faux-bourdons.....	34

<b>Figure 27:</b> Mâle et femelle de varroa lors de l'accouplement .....	36
<b>Figure 28:</b> <i>Varroa. destructor</i> phorétique sur une abeille adulte .....	36
<b>Figure 29:</b> Représentation des lieux préférés pour la nutrition et les mues de varroa sur nymphe d'ouvrière en vue latérale .....	37
<b>Figure 30:</b> Abeille adulte atteinte du DWV .....	40
<b>Figure 31 :</b> Méthode biologique d'estimation du taux d'infestation par <i>Varroa destructor</i> ...	42
<b>Figure 32:</b> Les monoterpènes .....	56
<b>Figure 33 :</b> Butineuse sur une fleur de lavande .....	65
<b>Figure 34 :</b> Butineuse sur une fleur d'ammandier.....	65
<b>Figure 35 :</b> Désoperculation.....	67
<b>Figure 36:</b> Centrifugation.....	68
<b>Figure 37 :</b> Filtration.....	69
<b>Figure 38 :</b> Du seau vers le maturateur.....	69
<b>Figure 39 :</b> Mise en pot.....	70
<b>Figure 40:</b> Processus de la formation de l'HMF.....	73
<b>Figure 41:</b> Diversité du miel.....	79
<b>Figure 42 :</b> Situation géographique d'El-Djemhouria.....	82
<b>Figure 43 :</b> Situation du rucher expérimental d'El-Djemhouria.....	85
<b>Figure 44 :</b> Disposition d'un lange.....	86
<b>Figure 45:</b> <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	88
<b>Figure 46 :</b> Présentation du <i>Laurus nobilis</i> .....	90
<b>Figure 47:</b> Présentation de <i>Mentha viridis</i> .....	91
<b>Figure 48:</b> Montage de l'extraction des huiles par hydrodistillation.....	93
<b>Figure 49:</b> Structure chimique du thymol .....	94
<b>Figure 50:</b> Présentation de l'Apiguard.....	94
<b>Figure 51:</b> Vue générale du rucher expérimentale.....	95
<b>Figure 52 :</b> Mode d'action de l'Apiguard.....	99
<b>Figure 53:</b> Mesure de la surface du couvain d'abeilles.....	100

<b>Figure 54:</b> Refractomètre utilise de type ATAGO NAR 3T.....	<b>103</b>
<b>Figure 55 :</b> Conductimètre utilisé de type CORNING.....	<b>105</b>
<b>Figure 56:</b> pH-mètre utilisé de type HANNA.....	<b>106</b>
<b>Figure 57 :</b> Spectrophotomètre utilisé de type CECIL.....	<b>108</b>
<b>Figure 58:</b> Comparateur visuel de lovibond.....	<b>111</b>
<b>Figure 59 :</b> Soxhlet.....	<b>112</b>
<b>Figure 60:</b> Taux d'infestation initial des ruches par le varroa durant la période d'étude.....	<b>117</b>
<b>Figure 61:</b> Taux d'infestation initial moyen du varroa par lot.....	<b>117</b>
<b>Figure 62:</b> Mortalité naturelle du varroa durant la période d'étude.....	<b>118</b>
<b>Figure 63 :</b> variabilité de mortalité de varroa dans les ruches avant les traitements.....	<b>119</b>
<b>Figure 64:</b> Relation entre le nombre du varroa morts naturellement et la population total du Varroa au cours du temps.....	<b>120</b>
<b>Figure 65:</b> Relation entre le nombre du varroa mort naturellement et la population total du Varroa dans les ruches.....	<b>121</b>
<b>Figure 66:</b> Corrélation entre la mortalité naturelle et l'évolution de la population totale du Varroa pour chaque lot.....	<b>122</b>
<b>Figure 67:</b> Evolution de la mortalité du varroa par le romarin au cours du temps....	<b>129</b>
<b>Figure 68:</b> Evolution de la mortalité au niveau des ruches après traitement du varroa par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	<b>129</b>
<b>Figure 69:</b> Taux de mortalité provoquée par l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> et de <i>l'Apiguard</i> .....	<b>129</b>
<b>Figure 70:</b> Evolution moyenne de la surface du couvain du lot1.....	<b>126</b>
<b>Figure 71:</b> Evolution de la surface du couvain du lot1.....	<b>127</b>
<b>Figure 72:</b> Evolution de la mortalité du varroa par <i>Laurus nobilis</i> au cours du temps.....	<b>130</b>
<b>Figure 73:</b> Evolution de la mortalité des ruches après traitement du varroa par <i>Laurus nobilis</i> .....	<b>130</b>
<b>Figure 74 :</b> Taux de mortalité provoquée par l'huile de <i>Laurus nobilis</i> et de <i>l'Apiguard</i> .....	<b>130</b>



<b>Figure 75:</b> Evolution de la surface moyenne du couvain du lot 2.....	<b>131</b>
<b>Figure 76 :</b> Evolution de la surface du couvain du lot 2.....	<b>132</b>
<b>Figure 77:</b> Evolution de la mortalité du varroa par <i>Mentha viridis</i> au cours du temps.....	<b>135</b>
<b>Figure 78 :</b> Evolution de la mortalité des ruches après traitement du varroa par <i>Mentha viridis</i> .....	<b>135</b>
<b>Figure 79 :</b> Taux de mortalité provoquée par l'huile de <i>Mentha viridis</i> et de l' <i>Apiguard</i> .....	<b>135</b>
<b>Figure 80:</b> Evolution moyenne de la surface du couvain du lot3.....	<b>136</b>
<b>Figure 81:</b> Evolution de la surface du couvain du lot 3.....	<b>137</b>
<b>Figure 82 :</b> Evolution des mortalités naturelles du varroa dans les ruches témoin.....	<b>138</b>
<b>Figure 83 :</b> Evolution des mortalités naturelles du varroa au cours du temps.....	<b>139</b>
<b>Figure 84 :</b> Evolution de la surface moyenne du couvain du lot non traité.....	<b>140</b>
<b>Figure 85 :</b> Evolution de la surface du couvain du lot témoin.....	<b>140</b>
<b>Figure 86 :</b> Taux d'infestation final moyen du varroa par lot.....	<b>142</b>
<b>Figure 87:</b> Taux d'infestation final des ruches par le varroa durant la période d'étude... ..	<b>143</b>
<b>Figure 88 :</b> La teneur en eau des échantillons analysés.....	<b>144</b>
<b>Figure 89:</b> Variation de la conductibilité électrique des miels analysés.....	<b>145</b>
<b>Figure 90 :</b> Valeurs de l'acidité libre.....	<b>145</b>
<b>Figure 91 :</b> Valeur du pH des miels analysés.....	<b>146</b>
<b>Figure 92:</b> HMF des échantillons analysés.....	<b>147</b>
<b>Figure 93 :</b> Densité des échantillons analysés.....	<b>147</b>
<b>Figure 94 :</b> Teneur en sucres réducteurs des échantillons analysés.....	<b>148</b>
<b>Figure 95 :</b> Teneur en saccharose des échantillons analysés.....	<b>149</b>
<b>Figure 96 :</b> La couleur des échantillons analysés.....	<b>150</b>
<b>Figure 97 :</b> Les lipides dans les échantillons analysés.....	<b>150</b>
<b>Figure 98 :</b> Comparaison de l'évolution de la surface du couvain des différents lots.....	<b>156</b>
<b>Figure 99 :</b> Comparaison entre le taux d'infestation initial et final des différents lots.....	<b>157</b>
<b>Figure 100:</b> Relation entre la teneur en eau et la densité.....	<b>163</b>

## SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....1

### Partie Bibliographique

Chapitre I : *Biologie de l'abeille, la varroase et moyens de lutte*.....4

I°/ L'ABEILLE DOMESTIQUE *APIS MELLIFERA* .....4

1. Position systématique.....5

2. Morphologie de l'abeille adulte.....5

3. Composition et structure de la colonie.....6

3.1. Les femelles.....7

3.1.1. La reine.....7

3.1.2. Les ouvrières.....8

3.2. Le mâle ou faux bourdon .....10

4. Le cycle évolutif d'*Apis mellifera*.....10

4.1. L'œuf.....11

4.2. Les premiers stades larvaires.....12

4.3. Le cinquième stade larvaire post operculation.....13

4.4. Le stade nymphal.....14

4.5. L'abeille adulte.....15

5. Les maladies et les ennemis des abeilles.....16

5.1. Les maladies du couvain.....16

5.1.1. La loque européenne.....16

5.1.2. La loque américaine.....18

5.1.3. Les mycoses.....20

5.2. Les maladies des abeilles adultes.....20

5.2.1. La nosérose.....20

5.2.2. L'acariose intrachéenne.....20

5.3. Les maladies communes du couvain et aux abeilles adultes.....22

II°/ LA VARROASE.....22

1. Répartition géographique.....	22
2. Position systématique.....	25
3. Morphologie.....	26
3.1. Les formes immatures.....	26
3.1.1. L'œuf.....	26
3.1.2. La larve.....	27
3.1.3. Protonymphe.....	27
3.1.4. Deutonymphe.....	27
3.2. L'adulte.....	28
3.2.1. Le varroa femelle.....	28
3.2.2. Le varroa mâle.....	29
4. Biologie de varroa.....	30
4.1. Le varroa dans le couvain.....	31
4.1.1. Entrée de la fondatrice .....	31
4.1.2. La ponte.....	31
4.1.3. Reproduction de la descendance.....	32
4.1.4. Accouplement de la descendance.....	35
4.2. Varroa phorétique.....	36
4.3. Nutrition.....	37
5. Etude de la maladie.....	37
5.1. Pathogénie.....	38
5.1.1. Au niveau du couvain.....	38
5.1.2. Sur l'abeille adulte.....	39
5.2. Propagation de la parasitose.....	40
5.2.1. Facteurs favorisant l'extension de la maladie à longue distance ...	40
5.2.2. Facteurs favorisant l'extension de la maladie à courte distance ...	41
5.3. Diagnostic de la varroase.....	41

5 .3.1. Méthodes biologiques.....	41
5.3.2. Diagnostic chimique.....	42
<b>III°/ MOYENS DE LUTTE CONTRE <i>VARROA DESTRUCTOR</i>.....</b>	<b>43</b>
1. La chimiothérapie.....	43
1.1. Les principaux produits chimiques.....	44
1.2. Techniques d'administration des substances chimiques.....	45
1.2.1. La fumigation.....	45
1.2.2. La pulvérisation.....	45
1.2.3. Le poudrage.....	46
1.2.4. L'évaporation- sublimation.....	46
1.2.5. L'aérosolisation- thermique .....	46
1.2.6. Voie systémique.....	46
1.3. Les inconvénients des traitements chimiques.....	47
1.3.1. Résistance de varroa.....	47
1.3.2. Problème de résidus .....	47
2. La lutte par les moyens physiques.....	48
2.1. Par électricité.....	48
2.2. La thermothérapie.....	48
3. La lutte biologique par agents vivants.....	49
3.1. Les champignons.....	49
3.2. Les bactéries .....	50
4. La lutte technique de conduite.....	50
4.1. Le blocage de la ponte .....	50
4.2. Le cadre piège ou cadre témoin.....	50
5. Thérapie par les moyens naturels.....	51
<b>IV°/ LES HUILES ESSENTIELLES.....</b>	<b>53</b>
1. Définition.....	53
2. Localisation et procédés d'extraction des huiles essentielles.....	54
3. Propriétés physico- chimiques des huiles essentielles.....	55
3.1. Propriétés physiques.....	55

3.2. Propriétés chimiques.....	56
3.2.1. Les terpénoïdes.....	56
3.2.1.1. Les monoterpènes.....	56
3.2.1.2. Les sesquiterpènes.....	58
3.2.2. Les composés aromatiques.....	58
4. Caractéristiques des huiles essentielles.....	58
4.1. Intérêt thérapeutique.....	58
4.2. Effets indésirables des huiles essentielles.....	59
<b>Chapitre II : Le miel.....</b>	<b>61</b>
<b>1. Généralités sur les miels.....</b>	<b>61</b>
1.1. Définitions.....	61
1.2. Classification des miels.....	61
1.2.1. Origine.....	61
1.2.1.1. Origine directe : Miel de nectar de fleurs.....	62
1.2.1.1.1. Composition du nectar .....	62
1.2.1.2. Origine indirecte : Miel du miellat.....	62
1.2.1.2.1. Composition de miellat.....	63
1.2.1.2.2. Plantes à la base de production de miellat.....	63
1.2.1.3. Comparaison entre miel d'origine directe et miel d'origine indirecte.....	63
1.2.2. Les types de miel.....	64
1.2.2.1. Les miels mono-floraux .....	64
1.2.2.2. Les miels multi-floraux.....	64
<b>2. Fabrication du miel.....</b>	<b>65</b>
2.1. Fabrication du miel par les abeilles.....	65
2.1.1. Collecte du nectar par l'abeille.....	65
2.1.2. Transformation du nectar en miel.....	66

2.2. Récolte et mis en pot .....	66
2.2.1. La récolte .....	66
2.2.2. La désoperculation.....	67
2.2.3. L'extraction .....	67
2.2.4. La filtration.....	68
2.2.5. La maturation et l'écumage.....	69
2.2.6. Le conditionnement .....	70
2.2.7. L'emballage, l'étiquetage et la conservation.....	70
<b>3. Composition chimique de miel.....</b>	<b>70</b>
3.1. Les éléments majeurs .....	72
3.1.1. L'eau .....	72
3.1.2. Les glucides.....	72
3.2. Les éléments mineurs .....	72
3.2.1. L'hydroxyméthylfurfural (HMF).....	72
3.2.2. Les sels minéraux et les oligoéléments.....	73
3.2.3. Les protéines.....	74
3.2.4. Les enzymes .....	75
3.2.5. Les lipides .....	75.
3.2.6. Les acides .....	75
3.2.7. Les vitamines.....	75
3.2.8. Les autres composants.....	76
<b>4. Description de principales données d'analyse .....</b>	<b>76</b>
4.1. La teneur en eau.....	76
4.2. La conductivité électrique .....	76

4.3. Le pH.....	77
4.4. L'acidité libre.....	77
4.5. L' HMF.....	77
4.6. Le poids spécifique (la densité).....	78
4.7. Le dosage des sucres.....	78
4.8. La coloration .....	78
4.9. Les lipides.....	79

### Partie expérimentale

<b>Chapitre III : Matériel et méthodes.....</b>	<b>81</b>
<b>I°/ - DIAGNOSTIC ET TRAITEMENT.....</b>	<b>82</b>
1.1. Présentation de la région d'étude.....	82
1.1.1. Lieu de déroulement des travaux .....	82
1.1.2. Conditions climatiques.....	83
1.1.2.1. La température.....	83
1.1.2.2. La pluviométrie.....	84
1.1.3. Flore mellifère .....	84
1.1.4. Présentation du rucher.....	84
1.2. Matériel .....	86
1.2.1. Matériel utilisé pour le diagnostic biologique.....	86
1.2.2. Matériel utilisé pour le traitement de la varroase .....	87
1.2.2.1. Matériel utilisé pour les traitements proprement dit.....	87
1.2.2.1.1. Matériel végétal.....	87
1.2.2.1.1.1. Présentation du romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> ...	87
1.2.2.1.1.2. Présentation du laurier noble <i>Laurus nobilis</i> .....	89
1.2.2.1.1.3. Présentation de la menthe verte <i>Mentha viridis</i> .....	91

1.2.2.1.2. Matériel utilisé pour l'extraction des huiles essentielles.....	93
1.2.2.2. Matériel utilisé pour le traitement de contrôle.....	93
1.2.2.3. Matériel utilisé pour mesurer l'évolution de la surface du couvain...	94
1.3. Méthodes.....	95
1.3.1. Constitution des lots expérimentaux.....	95
1.3.2. Calcul du taux d'infestation d'une colonie avant le traitement.....	95
1.3.2.1. Estimation de la mortalité naturelle du varroa pendant 15j(A).....	95
1.3.2.2. Estimation de la mortalité journalière du varroa (B).....	96
1.3.2.3. Estimation du nombre de varroa dans une colonie(C).....	96
1.3.2.4. Estimation du nombre d'abeille dans une colonie(P).....	96
1.3.3. Méthodes utilisés pour le traitement des colonies.....	97
1.3.3.1. Préparation des huiles essentielles et du matériel de traitement.....	97
1.3.3.1.1. Préparation des huiles essentielles.....	97
1.3.3.1.2. Préparation des inserts.....	97
1.3.3.2. Méthode d'étude de l'effet des huiles essentielles.....	97
1.3.3.2.1. Codification des lots.....	97
1.3.3.2.2. Les traitements proprement dits .....	98
1.3.3.2.3. Mode d'action du traitement de contrôle.....	99
1.3.3.2.4. Méthode de mesure l'évolution de la surface du couvain....	100
1.3.4. Le diagnostic final.....	101
<b>II° Mesure des paramètres physicochimiques du miel.....</b>	<b>101</b>
2.1. Codification des échantillons de miel .....	102
2.2. Matériel et méthodes.....	102
2.2.1. Mesure de la teneur en eau .....	102
2.2.2. Mesure de la conductibilité électrique .....	104
2.2.3. Mesure du PH .....	105
2.2.4. Mesure de l'acidité libre.....	107



2.2.5. Détermination de la teneur en HMF .....	107
2.2.6. La mesure de la densité .....	109
2.2.7. Le dosage des sucres.....	109
2.2.7.1. Les sucres réducteurs.....	109
2.2.7.2. Les sucres non réducteurs.....	110
2.2.8. La mesure de la couleur .....	110
2.2.9. La mesure de la teneur en lipides .....	112
2.3. Analyse statistique.....	114
2.3.1. Analyse de la variance.....	114
2.3.2. Le coefficient de corrélation.....	114
<b>Chapitre IV : Résultats.....</b>	<b>115</b>
<b>I°/ - DIAGNOSTIC ET TRAITEMENT.....</b>	<b>115</b>
1.1. Evaluation du taux d'infestation des colonies avant les traitements.....	115
1.2. Etude de la mortalité naturelle de la population du varroa.....	118
1.2.1. Evolution de la mortalité naturelle du varroa.....	118
1.2.2. Relation entre le nombre du varroa morts naturellement et la population total du varroa.....	120
1.3. Etude de l'efficacité des huiles par traitement.....	123
1.3.1. Lot 1 traité par l'huile essentielle du <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	123
1.3.1.1. Evolution de la mortalité du varroa .....	123
1.3.1.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 1.....	126
1.3.1.3. Efficacité de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	127
1.3.2. Lot 2 traité par l'huile essentielle du <i>Laurus nobilis</i> .....	128
1.3.2.1. Evolution de la mortalité du varroa .....	128
1.3.2.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 2.....	131
1.3.2.3. Efficacité de l'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i> .....	132
1.3.3. Lot 3 traité par l'huile essentielle du <i>Mentha viridis</i> .....	133

1.3.3.1. Evolution de la mortalité du varroa.....	133
1.3.3.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 3.....	136
1.3.3.3. Efficacité de l'huile essentielle de <i>Mentha viridis</i> .....	137
1.3.4. Lot 4 (témoin) sans traitement.....	138
1.3.4.1. Evolution de la mortalité du varroa .....	138
1.3.4.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 4.....	139
1.3.5. Analyse comparative de l'efficacité des trois huiles essentielles.....	141
1.4. Le diagnostic final.....	141
<b>II°/ LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU MIEL .....</b>	<b>143</b>
2.1. La teneur en eau .....	143
2.2. Conductibilité électrique .....	144
2.3. L'acidité libre.....	145
2.4. Le PH.....	146
2.5. L'HMF.....	146
2.6. La densité .....	147
2.7. Les sucres .....	148
2.7.1. Les sucres réducteurs.....	148
2.7.2. Le saccharose.....	148
2.8. La couleur.....	149
2.9. Les lipides contenus dans le miel. ....	150
<b>DISCUSSION GENERALE.....</b>	<b>151</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>166</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>170</b>
<b>ANNEXES</b>	





# ***Introduction Générale***

## INTRODUCTION GENERALE

L'apiculture est une activité pratiquée depuis la plus haute Antiquité et encore largement répandue dans le monde. Elle est très importante dans le domaine agricole, et en particulier dans la pollinisation croisée de nombreuses plantes cultivées et pollinisées par les abeilles.

Diverses espèces pollinisatrices dont 20,000 espèces d'abeilles dans le monde contribuent à la survie et à l'évolution de plus de 80% des espèces végétales (BRUNETON, 1993). D'autre part, le déclin des populations de pollinisateurs a un impact environnemental majeur sur la diversité de la flore entomophile naturelle, mais également sur la quantité et la qualité des productions agricoles végétales. L'abeille domestique *Apis mellifera* est d'ailleurs considérée comme le principal pollinisateur en Europe (WILLIAMS, 1994) et exploitée par l'homme depuis 7000 ans (CRANE, 1990). Son origine est aujourd'hui discutée. *Apis mellifera* pourrait avoir une origine asiatique (DIETZ, 1982; ROTHENBUHLER, 1979) ou Proche orientale (RUTNER et al, 1978), d'autres études indiqueraient une origine africaine de l'abeille *Apis mellifera* (HAN et al, 2012; WHITFIELD et al, 2006; WILSON, 1971).

Les abeilles jouent un rôle primordial dans les diverses phases de la vie de nombreuses espèces végétales et animales. Si les abeilles disparaissaient, diverses plantes ne pourraient plus se reproduire et disparaîtraient. Leur absence engendrerait la perte de nombreuses espèces animales et végétales dont l'homme se nourrit.

En effet, les abeilles, présentent de multiples intérêts dont la pollinisation de nombreux végétaux (GALLAI et al, 2009; RADER et al, 2009; MORITZ et al, 2010), ainsi que la production du miel, de la propolis, de la gelée royale, du pollen et de la cire. Ces produits de la ruche sont connus non seulement pour leur importance économique grâce à leur commercialisation mais aussi pour leurs effets bénéfiques sur la santé (BOGDANOV, 2006). Aussi, l'abeille est considérée comme le maillon fort de la vie animale sur terre. Sa disparition entraînerait sans nul doute, de sérieux problèmes à la nature.

Depuis une quinzaine d'années, les apiculteurs observent une mortalité anormale des colonies d'abeilles dans leurs ruchers (TOMA et al, 2009). D'autre part, actuellement, 20 % des ruches restent improductives chaque année, sans raison claire (FNSEA-Section apicole, 2011). Ce fléau est causé par divers facteurs tels que les prédateurs, les pathogènes, les

parasites, les résidus des pesticides, agissant seuls ou en synergie contribuent à l'affaiblissement et à la mortalité des colonies d'abeilles (VANENGELSDORP et al, 2009; VANENGELSDORP et MEIXNER, 2010).

Parmi les parasites de l'abeille, *Varroa destructor* oudemans (1904), est un acarien ectoparasite de l'abeille qui se nourrit de son hémolymphe (DAHLE, 2010; MARTIN et al, 2010, 2012; NAZZI et al, 2012). Il est originaire de l'Asie de l'Est dont l'hôte naturel est *Apis cerana*. Au milieu du 20ème siècle, il s'est étendu à tous les continents (DIETEMANN et al, 2013). Cet acarien est passé sur un nouvel hôte, l'abeille domestique *Apis mellifera*. Il s'attaque aux ouvrières et faux bourdons adultes, mais également aux larves. La femelle varroa très prolifique pond ses œufs dans les cellules de couvain, ainsi les jeunes parasitent les larves pour se développer à leurs dépens.

Suite à son extension aux abeilles du monde entier, il a été récemment identifié comme un facteur majeur qui a entraîné des pertes considérables dans les colonies (BRODSCHNEIDER et al, 2010 ; CHAUZAT et al, 2009), et peu à peu, la zone de répartition du parasite s'est étendue pour devenir mondiale. Ce parasite est ainsi arrivé en Algérie il y a 30 ans. Bien que de très nombreuses recherches aient déjà été menées depuis une cinquantaine d'années à travers le monde, ce parasite constitue toujours l'un des grands fléaux de l'apiculture. Pourtant, des moyens de lutte efficaces existent à travers l'emploi de traitements acaricides. Mais depuis quelques années, une recrudescence des phénomènes de résistances vis-à-vis de ces molécules est observée, ce qui met à mal l'utilisation de ces moyens de lutte sur le long terme. C'est dans cette optique que la recherche dans ce domaine doit se focaliser sur les moyens de lutte plus efficaces, c'est ainsi que depuis une dizaine d'années les apiculteurs ont accès à une nouvelle voie de recherche par l'application de produits d'origine naturels tels que les huiles essentielles extraites de plantes médicinales et aromatiques, qui demeurent une source inépuisable de substances biologiquement actives et possèdent des propriétés biologiques très intéressantes qui trouvent une application dans divers domaines : médecine, pharmacie, agriculture, apiculture.... BREMESS (1996) et DEFAVAUX (1981). Ces traitements «biologiques» se sont avérés très efficaces, et leurs résidus présentent moins de nocivité pour la santé et permettent d'élargir la palette des traitements et réduire l'apparition de résistance du varroa. En Algérie, toutes les tentatives de traitements chimiques et naturels ont été utilisées depuis son apparition (BERKANI et GHALEM- BERKANI, 2009).

L'apiculture n'est pas importante uniquement pour la pollinisation des plantes sauvages et des plantes cultivées, mais aussi pour la production de produits apicoles tels que le miel, le pollen, la cire et la propolis.

Plusieurs travaux ont porté sur l'impact des acaricides chimiques sur les colonies d'abeilles, sur la composition physico-chimique du miel et de la propolis ainsi que sur les propriétés biologiques des produits de la ruche particulièrement sur les propriétés antibactériennes du miel et de la propolis.

Aussi, de nombreux travaux ont porté sur les propriétés antibactériennes du miel et de la propolis (YAO *et al*, 2003; UTHURRY *et al*, 2011 ; PEPELJNJAK *et al*, 1985; WALKER *et CRANE*, 1987). En plus, une récente étude de POPOVA *et al*, (2014) dans laquelle la composition chimique de la propolis a été prise comme critère pour comparer les colonies d'abeilles tolérantes et non tolérantes à l'acarien *Varroa destructor*.

De ce fait, notre travail a été entrepris sur les abeilles domestiques locales, *Apis mellifera intermissa* ; nous nous sommes d'abord intéressées à déterminer le taux d'infestation dans toutes les colonies d'une part, et de mettre en évidence l'activité acaricide des huiles essentielles du romarin, du laurier noble et de menthe afin de mettre au point une lutte contre le varroa d'autre part. Une analyse physicochimique des miels a été initiée pour déterminer la présence des huiles utilisées.

La réalisation de ce travail s'appuie sur deux parties à développer :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur la biologie de l'abeille domestique *Apis mellifera* Linnaeus et du parasite *Varroa destructor* ; ainsi que sur les moyens de lutte contre cet ectoparasite. Aussi nous nous sommes penchés sur le volet miel et ses caractéristiques.
- La seconde partie, expérimentale, repose sur le diagnostic de la parasitose au niveau des colonies ainsi que sur les différents traitements appliqués. Enfin une analyse physico chimique des échantillons de miel fut réalisée afin de confirmer ou d'infirmer la présence ou non des huiles essentielles ?



***Partie Bibliographique***





# ***CHAPITRE I***

***Biologie de l'abeille,  
la varroase et moyens de lutte***

## I°/ L'ABEILLE DOMESTIQUE *APIS MELLIFERA*

La varroase également appelée varroose ou varroatose est une maladie parasitaire de l'abeille domestique *Apis mellifera*. Elle est due à la prolifération de l'acarien « *Varroa destructor* ». Une étroite relation existe entre leurs cycles de développement respectifs.

Pour étudier les conséquences de la varroase, il convient dans un premier temps d'apporter quelques éléments de biologie de l'hôte à savoir l'abeille.

Présente sur terre depuis environ 60 millions d'années (SCHAKER, 2008). L'abeille *Apis mellifera* a évolué pour devenir un des pollinisateurs les plus efficaces. C'est une espèce sociale et cela repose sur la division du travail entre adultes avec des spécialisations individuelles, une participation dans l'entretien de tout ce qui a trait à la vie de la colonie. Une abeille isolée est incapable de survivre (**Figure 1**).



**Figure 1:** Abeilles sociales (ici *Apis mellifera*) (Wilson, 1971).

Quelques espèces d'abeilles ont été domestiquées par l'homme pour leurs productions. Aujourd'hui et selon (LE CONTE, 2004), l'espèce la plus exploitée dans le monde et de façon exclusive en Europe est *Apis mellifera* Linné.

## 1. Position systématique

Selon LE CONTE (2002), la classification systématique d'*Apis mellifera* est établie comme suit :

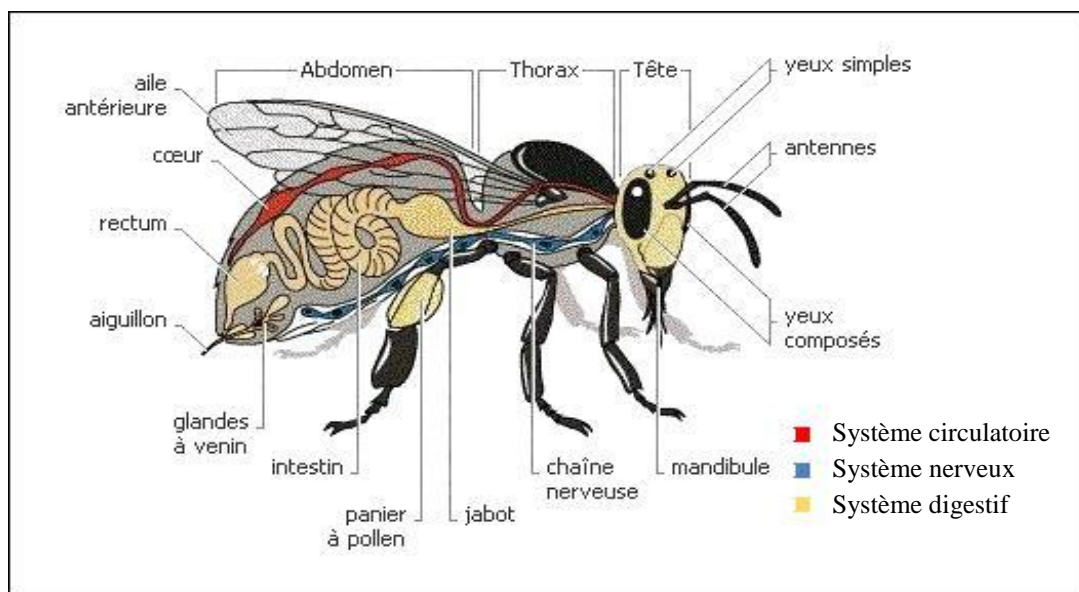
- **Règne** : Animal
- **S/Règne** : Métazoaires
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous –embranchement** : Hexapode
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Hyménoptéra
- **S/Ordre** : Aculéates
- **Famille** : Apidae
- **S/Famille** : Apinea
- **Genre** : *Apis*
- **Espèce** : *Apis mellifera* ou *Apis mellifeca* (Linnaeus, 1758).

## 2. Morphologie de l'abeille adulte

L'abeille domestique *Apis mellifera* est un invertébré de la famille des Apidés, qui possède six pattes et deux paires d'ailes. Elle n'a pas de squelette interne mais dispose d'une enveloppe externe faite de chitine (exosquelette). Son corps comprend trois parties bien distinctes: la tête, le thorax et l'abdomen. Elle possède deux paires d'ailes membraneuses couplées par des crochets, des pièces buccales de type broyeur- lécheur, un système nerveux constitué de plusieurs ganglions (**Figure 2**).

La tête a pour fonction d'ingérer et digérer partiellement la nourriture au moyen des pièces buccales et des glandes associées. La tête, par l'intermédiaire des yeux, des antennes et des poils sensitifs, est la région sensorielle majeure du corps. Le thorax est constitué de 3 segments thoraciques, plus une extension du premier segment abdominal qui porte les éléments locomoteurs de l'abeille. Chacun des trois segments thoraciques porte une paire de pattes. Les deux segments thoraciques postérieurs sont également dotés d'une paire d'ailes. L'abdomen est constitué de 7 segments visibles reliés entre eux par une membrane inter segmentaire. Chaque segment abdominal est constitué d'une plaque dorsale appelée tergite, et d'une plaque ventrale appelée sternite. Le dernier segment comporte l'appareil vulnérant, l'appareil reproducteur et le rectum. Le système circulatoire de l'abeille est un système ouvert constitué uniquement d'un cœur dorsal et d'une aorte reliant la tête à l'abdomen. Chez les insectes, les systèmes respiratoire et circulatoire sont séparés. L'hémolymphe joue ainsi un

rôle mineur dans le transport des gaz respiratoires. Les fonctions principales du système circulatoire, via l'hémolymphe, sont d'assurer le transport des éléments nutritifs de l'intestin moyen vers l'ensemble des cellules du corps, d'évacuer les déchets issus du métabolisme cellulaire en les envoyant vers les organes excréteurs, de lubrifier les éléments anatomiques permettant les mouvements du corps et de procurer une défense contre les agents pathogènes (WINSTON, 1993).



**Figure 2** : Morphologie de l'abeille (Hennebelle, 2010).

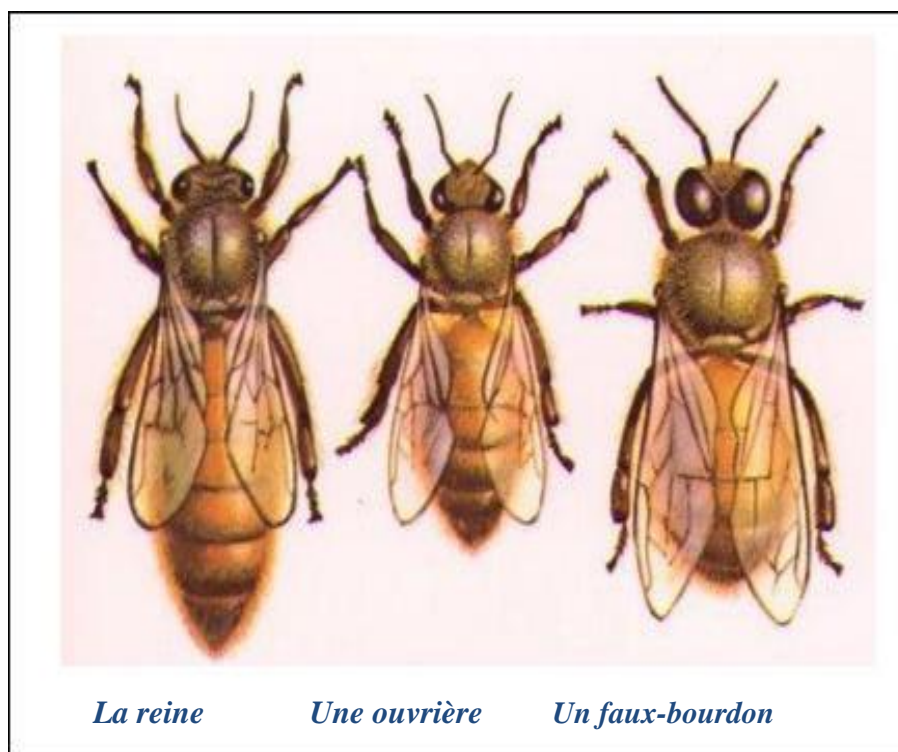
### 3. Composition et structure de la colonie

L'abeille est un insecte social et vit en colonie dont chaque individu assure des tâches bien précises. On distingue dans la colonie des abeilles des individus mâles et femelles ; les mâles sont tous semblables, les femelles se divisent en deux castes caractérisés par des différences anatomiques et physiologiques : l'une est représenté par la reine, l'autre par les ouvrières.

Selon MARTIN *et al* (2001), une colonie comporte entre 10000 à 60000 ouvrières, entre 0 et 6000 mâles ou faux –bourdons et une reine unique. Tous les castes d'abeilles (ouvrières, faux-bourdons et reine) sont nécessaires au bon développement de la colonie (**Figure 3**). Cette population varie en fonction de différents facteurs tels que le climat, la saison, la sous-espèce d'abeille et la quantité de ponte de la reine.

Dans les pays tempérés, la population d'abeille atteint son maximum à la fin du printemps et au début de l'été et son minimum pendant la saison automnale et hivernale.

Durant la période d'hivernage de la colonie, la reine ralentit sa ponte en réduisant la surface du couvain (VON FRISHI, 2011).



**Figure 3:** Les trois castes d'*Apis mellifera* (Dade, 1994).

### 3.1. Les femelles

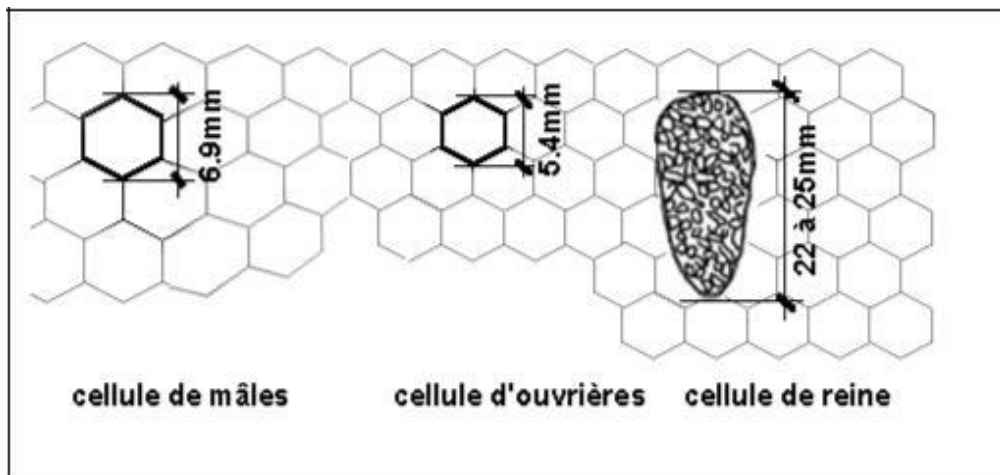
#### 3.1.1. La reine

La reine est la seule femelle féconde ou fertile de la colonie. Elle est la mère de toutes les abeilles d'une ruche. Elle se distingue des ouvrières par sa taille, son abdomen particulièrement développé contenant les organes génitaux femelles (**Figure 3**). Ses pièces buccales sont plus courtes, ses mandibules dentelées, ses pattes dépourvues d'organe de récolte de pollen. La reine est dotée aussi d'une spermathèque qui renferme les spermatozoïdes des mâles qui se sont accouplés avec elle au début de sa vie. Cette spermathèque peut contenir jusqu'à 7 millions de spermatozoïdes. Il faut généralement de 2 à 4 ans pour épuiser cette réserve.

D'une part, par sa ponte intensive, la reine détermine la force de la colonie et d'autre part elle accomplit un rôle au sein de la population d'abeilles. Cela se résume à deux rôles très importants :

- La sécrétion de phéromone : la reine secrète différentes substances odorantes par ses mandibules qui règlent et équilibrent la vie sociale dans la ruche par le déclenchement de stimuli, desquels naissent les réflexes et les activités.  
Plusieurs auteurs (SLESSOR et al, 2005 ; BROCKMANN et al, 2006) ont identifié la phéromone royale responsable de l'identification de la reine et le blocage de la construction des cellules royales. Elle permet aussi d'attirer les mâles vers les reines vierges et quelques ouvrières vers la reine pour constituer ce qu'on appelle la cour.
- La ponte : la ponte de la reine constitue une des variables essentielles dans le développement de la colonie d'abeilles comme chez tous les insectes sociaux ; car elle détermine la perpétuité de vie de la colonie.

La reine pond ses œufs dans deux types d'alvéoles : les alvéoles d'ouvrières de petite taille en très grand nombre. Les alvéoles de mâles sont plus grandes et moins nombreuses (**Figure 4**). Les cellules d'ouvrières et de mâles servent à l'élevage du couvain mais également au stockage des provisions. Cependant, pour assurer le bon développement du couvain, la température des alvéoles est maintenue stable entre 30 et 37°C (moyenne = 34-35,5°C) (FAHRENHOLTZ et al, 1989 ; LAVIE, 1955). L'hygrométrie doit être très élevée surtout au stade œuf et dans les premiers stades larvaires (90 à 95 % d'humidité relative) (DOULL, 1976).



**Figure 4** : Aspect des différents types d'alvéoles.

### 3.1.2. Les ouvrières

Les ouvrières sont toujours plus nombreuses que les mâles, ce sont des femelles ordinairement stériles avec des organes sexuels atrophiés et bloqués, mais dans certaines

circonstances, elles peuvent pondre des œufs qui se développent normalement mais ne donnent naissance qu'à des mâles. C'est aux ouvrières que reviennent tous les travaux de la ruche. Selon les travaux dans la ruche, deux catégories d'ouvrières se succèdent au cours de l'année : il ya les ouvrières d'été qui vivent en moyenne 40 jours et celles de l'hiver qui survivent jusqu'au printemps suivant soit quatre à cinq mois. L'activité des abeilles ouvrières est complexe et variée. Elle se passe dans la ruche et en dehors de celle-ci. L'activité intérieure est effectuée par les abeilles jeunes, et comprends les travaux suivants :

- La propreté des cellules et du nid : après l'éclosion, les jeunes abeilles-ouvrières lissent les bords des cellules, les nettoient et les polissent. En même temps, elles évacuent la ruche de toutes sorte de restes et de résidus (du miel, des abeilles mortes).
- L'alimentation du couvain et de la reine : les ouvrières nourrissent le couvain après l'éclosion des œufs. Les larves de reines sont nourries avec de la gelée royale jusqu'à leur operculation. Par contre, les larves d'ouvrières sont nourries les trois premiers jours de gelée royale et puis avec un mélange de miel et de pollen jusqu'à l'operculation.
- L'accueil du nectar et la transformation en miel : pendant les miellées d'entretien, les butineuses déposent le nectar dans la partie inférieure des rayons. Les ouvrières accueillantes le transportent dans la partie supérieure à l'approche du couvain. Pendant les grandes miellés ces accueillantes reçoivent le nectar directement des butineuses lorsque celles-ci ne le déposent pas directement dans les cellules, comme se passe habituellement pendant les miellés abondantes.
- L'entassement du pollen dans les cellules : les abeilles entassent avec la tête le pollen déposé par les butineuses, ces dernières reçoivent de la nourriture des abeilles qui les entourent puis partent à nouveau vers les sources de pollen.
- L'édification des rayons : elles bâtissent les rayons de cire.
- Les vols d'orientation : les vols d'orientation sont faits aussi par les abeilles jeunes pour reconnaître les alentours de la ruche. Ils sont nécessaires pour leur activité de butineuses et pour délivrer des excréments accumulés dès l'éclosion.
- La ventilation du nid : les abeilles qui accomplissent cette activité se placent à l'entrée de la ruche et battent des ailes produisant des courants d'air. Elles renouvellent ainsi l'atmosphère et favorisent la maturation du miel.

- La défense de la ruche : Les gardiennes veillent à la sécurité de la ruche. Elles vont et viennent sur la planche de vol, repoussent tout étranger l'empêchant d'entrer ; elles repoussent aussi les abeilles étrangères, mais quand celles-ci sont chargées de nectar, elles sont reçues sans aucune difficulté.

L'activité en dehors de la ruche est accomplie par les abeilles plus âgées et comprend les travaux suivants :

- Le transport de l'eau dans la ruche : cette activité est intense le printemps pendant l'élevage du couvain, car elle est utilisée à la préparation de sa nourriture, et pendant les sécheresses. La charge d'eau qu'une abeille peut mener est de 25 mg, mais elle peut arriver à 50 mg.
- La récolte du nectar et du pollen : Cette activité est accomplie par les butineuses.

### 3.2. Le mâle ou faux bourdon

Les mâles ne sont présents qu'à une certaine période de l'année pour effectuer leurs seuls rôles de reproducteurs. Dans nos régions, en Algérie, ils apparaissent normalement en mars, avril, mai, juin jusqu'au mi juillet (1000 à 2000 par colonie). Nous pouvons citer quelques caractéristiques particulières chez les faux bourdons :

- Absence d'aiguillon
- Systèmes oculaire et antennaire développés
- Exclus de la colonie à la fin de l'activité de reproduction (début de l'été)

Leur présence est ponctuelle. La durée de longévité des faux bourdons oscille entre 20 et 50 jours (BROWN et BAER, 2005 ; PAGE et PENG, 2001). Au printemps, durant la période d'accouplement des reines, les mâles sont bien entretenus par les ouvrières et ils sont acceptés seulement au printemps et exceptionnellement en été. Quand les ressources alimentaires se tarissent en automne, les mâles sont chassés de la ruche.

### 4. Le cycle évolutif d'*Apis mellifera*

La connaissance de la biologie de l'abeille, de son cycle évolutif est aujourd'hui une nécessité impérative pour une meilleure approche du traitement des maladies, de la varroase en particulier. Quelle que soit la caste, on observe toujours sept stades de développement pour le couvain d'abeilles: le stade œuf, cinq stades larvaires, et le stade nymphal.



Le couvain est le mot pour désigner l'ensemble des membres d'une colonie d'insectes qui n'ont pas encore atteint leur état final. Ce mot s'applique à tout type d'insecte comme les fourmis et les abeilles avant leur éclosion. Le couvain est donc constitué des œufs, des larves et des nymphes. Les œufs et les larves constituent le couvain ouvert, car leurs alvéoles sont ouvertes. Les nymphes constituent le couvain fermé puisque leurs alvéoles ont été operculées. La durée de ce cycle de développement varie en fonction des castes. Le temps de développement d'une reine est le plus court des trois castes et dure seulement 16 jours. Pour les ouvrières et les faux-bourçons, il est respectivement de 21 et 24 jours (**Tableau 1**).

Cependant, de grandes variations sont observées sous l'influence de facteurs environnementaux, en particulier la chaleur et l'humidité. Un étalement des temps de développement du couvain entre 14-17, 16-26 et 20-28 jours respectivement est considéré comme normal (WINSTON, 1993).

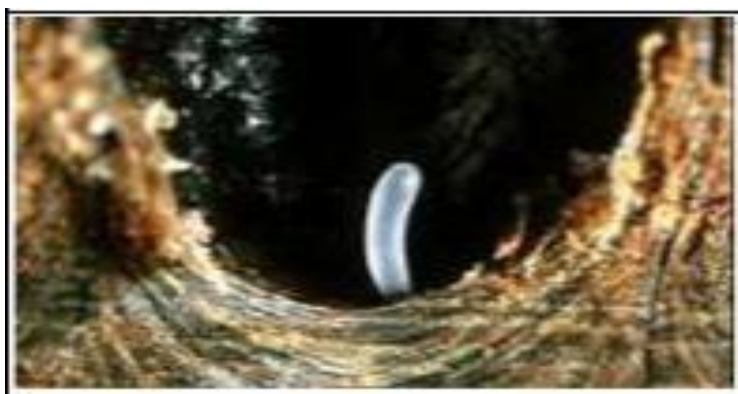
**Tableau 1:** Temps de développement des trois castes d'abeilles (DONZE, 1995 ; REMBOLD et al, 1980).

		Stades du développement du couvain d'abeilles		Durée de chaque stade (jours)		
				Reine	Ouvrière	Faux bourdon
Couvain n	Stade oeuf		3,0	3,0	3,0	
	Stades larvaires	1	4,6	6,3	5,5	
		2				
		3				
		4				
Couvain n operculé	5	non operculé	1,4	2,1	1,5	
		operculé, avant et pendant le tissage du cocon				
	operculé après le tissage du cocon ou prénymphe	1,5	2,5	2,2		
	Stade nymphal		4,6	8,9	8,0	
	Stade imago pré-émergent		0,9	1,2	0,8	
Temps nécessaire pour un développement total (jours)			<b>16,0</b>	<b>24,0</b>	<b>21,0</b>	

#### 4.1. L'œuf

Après avoir effectué son vol nuptial pour être fécondée. La reine entourée de sa cour se met à pondre, elle émet alors 1000 à 1600 œufs. L'œuf déposé au fond de l'alvéole se

présente comme un cylindre blanc, incurvé, de 1,5 mm de long (**Figure 5**) (WENDLING,2012). Au premier jour, l'œuf est placé verticalement sur le fond de la cellule. Le deuxième jour, il s'incline peu à peu pour être complètement couché à la fin du troisième jour. Pendant cette même période, sa couleur change légèrement et passe du blanc nacré au blanc grisâtre. Selon BERKANI et *al* (2014), l'incubation dure environ trois jours au terme desquels les enveloppes de l'œuf se déchirent et permettent ainsi l'éclosion de la jeune larve.



**Figure 5:** Œuf fraîchement pondu par la reine (Claus Zeiler, 1990).

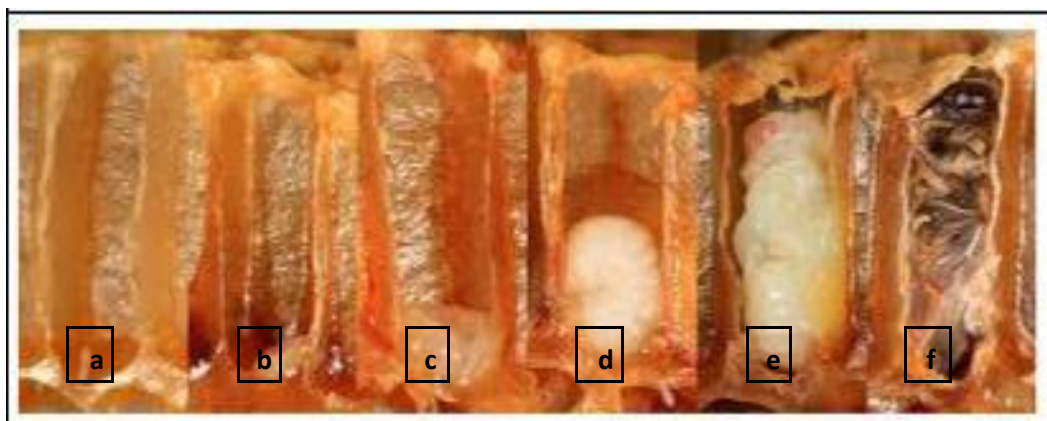
#### 4.2. Les premiers stades larvaires

A son éclosion, la larve est blanchâtre, apode, courbée et sans yeux. Pendant les trois premiers jours, les larves sont nourries exclusivement de gelée royale. A partir du 4<sup>ème</sup> jour certaines larves choisies par les ouvrières continuent à être alimentées de gelée royale et deviennent reines, les autres larves sont les futures ouvrières et sont nourries avec du miel et du pollen (VONFRISHI, 2011). Les larves sont disposées au fond des alvéoles, couchées sur un côté et enroulées de telle façon à ce que la zone postérieure rejoigne la tête (**Figure 6**). Elles baignent dans la gelée larvaire et sont nourries par des ouvrières âgées de 3 à 15 jours post-éclosion (BROUWERS et *al*, 1987).



**Figure 6:** Larves d'abeilles baignant dans la gelée royale (Claus Zeiler, 1990).

Le développement de l'abeille passe par 6 mues. Quatre de ces mues ponctuent la croissance de la larve, la cinquième termine l'état larvaire par le passage à l'état de nymphe, la sixième donne naissance à l'adulte parfait ou imago. Les quatre premières mues larvaires correspondent à des mues de croissances et se déroulent approximativement 1 fois toutes les 24 heures chez les ouvrières (REMBOLD et *al*, 1980). L'operculation a lieu 8 à 8,5 jours après la ponte des œufs d'ouvrières, 9 jours pour les œufs de faux-bourçons, 7 à 8 jours pour les reines. La larve (L5) atteint au moment de l'operculation un poids de près de 140-165, 190-250, 346 mg respectivement pour les larves d'ouvrières, de reines, et de faux-bourçons. À la fin du cinquième stade larvaire, une réserve de nourriture est déposée au fond de l'alvéole. Cette alvéole est alors fermée par un opercule de cire produite par les ouvrières (Figure 7).



**Figure 7 :** De l'œuf à l'abeille adulte (Tourneret, 2013).

**a :** œuf fraîchement pondu.

**b, c, d :** développement de la larve

**e:** stade nymphal

**f :** abeille adulte prête à sortir

#### 4.3. Le cinquième stade larvaire post operculation

Après l'operculation de l'alvéole, la larve qui est dans son cinquième stade larvaire commence à se dérouler. Elle ingère alors le reste de la bouillie nutritive présente au fond de l'alvéole durant les cinq premières heures, puis se met à tisser son cocon qu'elle applique contre la paroi de l'alvéole. La larve est continuellement en mouvement, le dos plaqué contre la paroi de l'alvéole. La tête oscille de gauche à droite, ce qui permet l'application de la soie produite par les glandes séricigènes contre la paroi de l'alvéole. Dès 10 heures post-operculation, la larve émet ses excréments qu'elle dépose contre la paroi, à la base de

l'alvéole. Le tissage du cocon prend fin 33 à 36 heures post-operculation chez l'ouvrière, 48 à 52 heures post-operculation chez le faux-bourdon (DONZE, 1995 ; DONZE et GUERIN, 1994 ; DONZE et *al*, 1998<sub>b</sub> ; JAY, 1964 ; SNODGRASS, 1956). Après la fin du tissage du cocon, mais avant la mue nymphale (ou nymphose), la larve entre dans le stade prénympgal. Ce stade a une durée de 50 heures. La prénymphe s'immobilise sur le dos, la zone anale orientée vers la base de l'alvéole, la tête vers l'opercule. Au début du stade prénympgal et pour une période d'environ 6 à 10 heures, la prénymphe étend et raccourcit ses segments, et ainsi se meut d'avant en arrière (ALBERTI et HANEL, 1986 ; DONZE, 1995 ; JAY, 1963 ; REMBOLD et *al*, 1980). Aux 93<sup>ème</sup> et 121<sup>ème</sup> heures post-operculation pour respectivement le couvain d'ouvrières et de faux-bourdons, survient la nymphose qui ne dure que 30 à 40 minutes. Cette mue correspond à une mue de métamorphose qui va transformer la prénymphe en nymphe.

#### 4.4. Le stade nymphal

Le stade nymphal est la dernière période avant la mue finale en imago. A ce stade, l'abeille subit une métamorphose et passe de la forme larve à celle d'un adulte reconnaissable : tête, yeux, antennes, pièces buccales, thorax, pattes et abdomen. Au fur et à mesure du développement de la pupa, la cuticule devient graduellement plus foncée (**Figure 8**). La nymphe reste immobile et ne s'alimente pas, elle vit sur ses réserves accumulées au cours des stades larvaires. C'est pendant cette période que la larve va complètement se métamorphoser et se réorganiser pour construire un insecte parfait. Ces transformations se traduisent à l'extérieur par la formation des pattes, des ailes et des yeux. La cuticule va aussi devenir de plus en plus foncée. Ces éléments externes permettent d'évaluer l'âge d'une nymphe.



**Figure 8:** Etapes du stade nymphal (Faucon, 1992).

#### 4.5. L'abeille adulte

Une dernière mue imaginale fait passer la nymphe au stade adulte, l'imago obtenu perce l'opercule à l'aide de ces mandibules puis émerge de l'alvéole et s'envole (BIRI, 2010).

**(Figure 9).** Une fois sur le rayon, l'imago étale ses ailes et antennes, laisse sécher les soies de son corps et commence ses activités. Le poids des abeilles à l'émergence est très variable: il est de 81-151, 196-225 et 178-292 mg respectivement pour les ouvrières, faux-bourçons et reines. Les facteurs influençant le poids sont nombreux : la race, la taille, le nombre et l'âge des nourrices, la population de la colonie, la disponibilité en nectar et en pollen, la présence de maladies, et la saison (WINSTON, 1993).



**Figure 9 :** Abeille entièrement formée sortant de l'alvéole (Tourneret, 2013).

Dans la partie du bas, on observe du couvain d'ouvrières, constitué d'alvéoles de diamètre réduit, moins bombées et saillantes comparées au couvain de faux-bourçons **(Figure 10)**.



**Figure 10 :** Disposition des alvéoles du couvain d'abeille dans le cadre.

## 5. Les maladies et les ennemis des abeilles

Il ne faut pas seulement voir les abeilles comme des individus à part entière mais également comme une société dont l'organisation peut être sensible à la contamination et à la propagation de maladies et empoisonnements. Nous distinguons chez l'abeille deux stades évolutifs au cours de son cycle biologique :

- stade de couvain
- stade d'abeilles adultes

Quant aux maladies, elles sont regroupées en trois catégories :

- maladies du couvain
- maladies des abeilles adultes
- maladies du couvain et de l'abeille adulte

### 5.1. Les maladies du couvain

Ce sont des maladies qui affectent l'abeille aux stades œuf, larve ou nymphe. Ceci aura des conséquences puisque dans les jours qui suivent, la ruche aura un déficit de jeunes abeilles. Si le problème persiste, il manquera la génération qui prendra la relève des butineuses en fin de vie.

Sans intervention, ceci mènera rapidement à la disparition de la colonie. Ces différentes maladies ont des origines diverses : bactérienne, parasitaire et virales. Parmi les maladies les plus graves et réputés légalement contagieuses, nous présentons quelques une dans ce qui suit.

#### 5.1.1. La loque européenne

La loque européenne appelée encore loque bénigne, est une maladie polymicrobienne contagieuse du couvain causée principalement par *Melissococcus plutonius*. La loque européenne des abeilles mellifères est présente aussi en Amérique du Nord et du Sud, au Moyen-Orient et en Asie. Elle s'attaque aux larves âgées de moins de quarante-huit heures provoquant une infection localisée au tube digestif. De ce fait, les larves meurent avant l'operculation car elles ne peuvent plus digérer. Les bactéries responsables de la loque européenne tuent les larves, laissant des alvéoles vides au sein du couvain (**Figure 11**).

Elle touche principalement le couvain ouvert et entraîne des mortalités larvaires plus ou moins importantes pouvant aboutir à l'affaiblissement de la colonie.

Cette maladie se caractérise également au niveau des larves atteintes par la présence d'autres bactéries qui vont jouer le rôle de surcontaminants telles que *Bacillus alvei*, *Streptococcus apis*, *achrombacter eurydice*, et peut avoir un impact sur les signes cliniques observés tels que l'aspect du couvain et l'odeur des larves malades et mortes.



**Figure 11** : La loque européenne (Faucon et Chauzat, 2008).

**a** -Larves d'abeilles saines.

**b** - Larves d'abeilles atteintes par *Melissococcus plutonius*

Les symptômes constatés au niveau du couvain ouvert sont :

le couvain ouvert est en putréfaction, sans filament, non adhérent aux parois de la cellule.

le couvain devient irrégulier en forme de mosaïque.

des larves montrant des positions aberrantes adoptant des positions anormales (redressées).

les larves perdent leur couleur blanc nacré pour devenir ternes, puis jaunes, grisâtres ou brunâtres. Elles deviennent flasques, fragiles, se déchirant facilement, laissant écouler un liquide non filant d'une couleur variant du gris au brun (**Figure 12**).

des écailles de couleur brun foncé non adhérentes aux parois des cellules

une odeur décrite comme aigre ou de moisi, parfois acide comme le vinaigre ou une odeur de putréfaction.

la colonie s'affaiblit.



**Figure 12:** Aspect typique des larves avec une tête jaunâtre (Faucon et Chauzat, 2008).

### 5.1.2. La loque américaine

La loque américaine encore connue sous le nom de loque maligne, loque puante ou pourriture du couvain. La loque américaine est essentiellement une maladie bactérienne qui affecte le couvain operculé d'une colonie. L'agent causal *Paenibacillus larvae* s'attaque aux jeunes larves et provoque leur mort au stade du couvain operculé.

Cette bactérie peut se trouver dans l'environnement de la ruche infectée sous une forme dite sporulante qui est très résistante. Ces spores brillantes qui ont une taille de 1,1 à 1,9  $\mu$  sur 0,6 à 0,7  $\mu$ ., sont les seuls éléments de contamination et de dissémination de la maladie.

Cette dernière est très contagieuse et conduit inévitablement à la mort du couvain et ultimement de la colonie si aucune intervention n'est réalisée à temps. Les abeilles adultes ne sont pas atteintes mais disséminent rapidement la bactérie au cours des activités de nettoyage du couvain touché par la maladie. De même, les colonies affaiblies par la maladie seront victimes de pillage et représentent donc une source de contagion pour les ruches et les ruchers avoisinants.

L'infection s'attaque à tous les stades de développement de la larve, elle se fait par voie orale, par ingestion de nourriture souillée par les germes que les ouvrières régurgitent pour les nourrir. Les spores peuvent survivre jusqu'à 35 ans dans la ruche (SIMONEAU, 2002), ce qui rend son contrôle difficile. Cette bactérie s'attaque au couvain non operculé, causant la mort des larves (GLARE et O' CALLAGHAN, 2008).

Les principaux signes observables de la maladie sont les suivants :



Un couvain irrégulier, en «mosaïque» (**Figure 13b**).

Les opercules perforés, voire rongés (**Figure13d**).

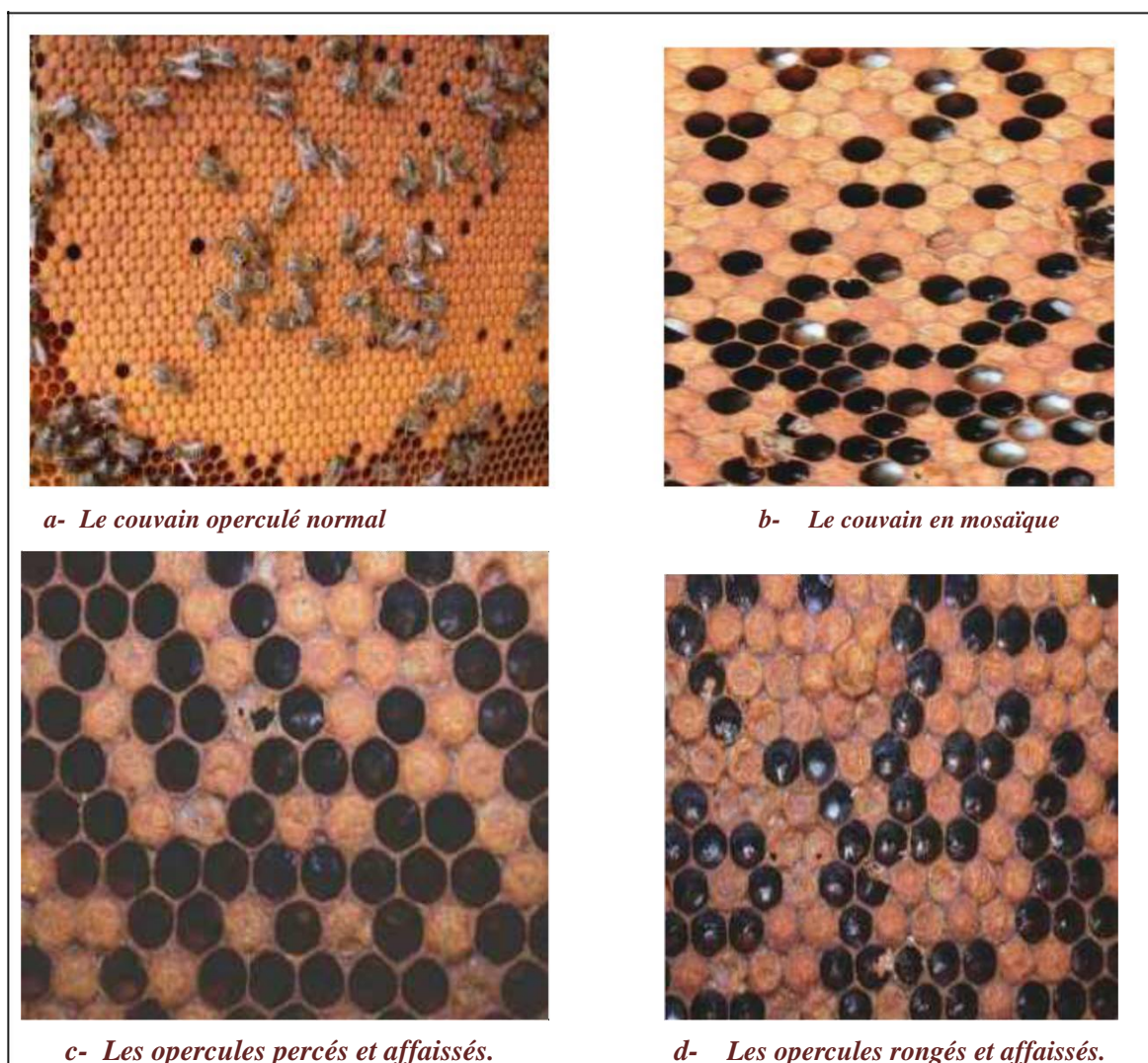
Une baisse très importante de l'activité de la colonie à un stade avancé.

les larves récemment mortes sont de couleur brun foncé, elles sont filantes, élastiques ; cet aspect est dû à la décomposition des tissus.

Une odeur spécifique se dégage du couvain à la suite de la mort des larves et qui est perceptible à l'entrée de la ruche ou lors de son ouverture.

L'opercule des alvéoles touchées par la maladie est affaissé (concave) et perforé (**Figure13c**).

Un affaiblissement de la colonie, dans un stade précoce.



**Figure 13** : Signes observés dans le couvain lors de la loque américaine

(Faucon, 1992).

### 5.1.3. Les mycoses

Ce sont des maladies provoquées par des champignons (FAUCON, 1992), les deux mycoses les plus importantes qui présentent des caractères pathogènes dans les ruches sont :

- L'ascophérose ou couvain plâtré causé par *Ascophæra apis*, qui appartient à la classe des Ascomycètes. Ce champignon affecte le couvain et provoque la moisissure du pollen et qui apparaît surtout en hiver (BIRI, 1997).
- L'aspergillose ou aspergilo mycose causé par *Aspergillus flavus* et attaque l'abeille à tous les stades de développement.

### 5.2. Les maladies des abeilles adultes

Les abeilles adultes sont exposées aux maladies qui entraînent chaque année la disparition de nombreuses colonies et la diminution de la productivité. Les plus dangereuses sont l'acariose et la nosémose

#### 5.2.1. La nosémose

La nosémose ou nosémiase est une maladie contagieuse très grave provoquée par un protozoaire *Noséma apis* identifié par ZANDER en 1909, champignon microscopique unicellulaire qui affecte uniquement les abeilles adultes en infectant les cellules épithéliales de leurs ventricules (BAILEY, 1955). La nosémose peut évoluer de façon chronique dont les symptômes n'ont aucune caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres maladies (TOUMANOFF, 1951 ; BORCHERT, 1970). Cependant, la nosémose peut être accompagnée par:

Une agitation des abeilles en hiver.

un gonflement de l'abdomen et un manque de dynamisme au printemps et lors des étés froids et humides.

Les abeilles rampant devant la ruche.

La disparition d'abeilles adultes.

La ruche est souillée par des taches de diarrhée.

Les abeilles sont faibles, ne sachant plus voler, tremblantes voire paralysées. Les abeilles sont regroupées en petit nombre pour mourir.

#### 5.2.2. L'acariose intrachéenne

Selon FAUCON(1992), l'acariose est une maladie parasitaire contagieuse. Elle est très répandue dans le monde et engendre des pertes économiques.

L'agent pathogène est un parasite spécifique de l'abeille domestique *Acarapis woodi* (**Figure 14**). Il est responsable de l'acariose chez les abeilles adultes. Cette infestation de la trachée cause des dommages mécaniques et physiologiques. L'acarien se nourrit de l'hémolymphe de l'abeille et le nombre élevé de parasites dans la trachée obstrue l'entrée d'air. Il s'installe dans les trachées principales de l'appareil respiratoire il peut se trouver dans les sacs aériens de la tête et de l'abdomen, et également peut coloniser les racines des ailes (CEPALA, 1939 ; GIORDANI, 1965 in BORCHERT, 1970). Ce parasite a été découvert aux États-Unis en 1984 et malgré des efforts pour le détruire, il s'est propagé (CARON, 2000). Il a été identifié quelques années plus tard au Canada et il s'étend maintenant dans toutes les régions apicoles, sans toutefois être une réelle menace. Les principaux facteurs favorisant l'acariose sont les conditions climatiques. Les symptômes spécifiques de la maladie sont constatés avec plus ou moins d'importance et sont :

la dépopulation de la ruche.

les abeilles mortes en nombre devant la ruche, rassemblées en petits groupes.

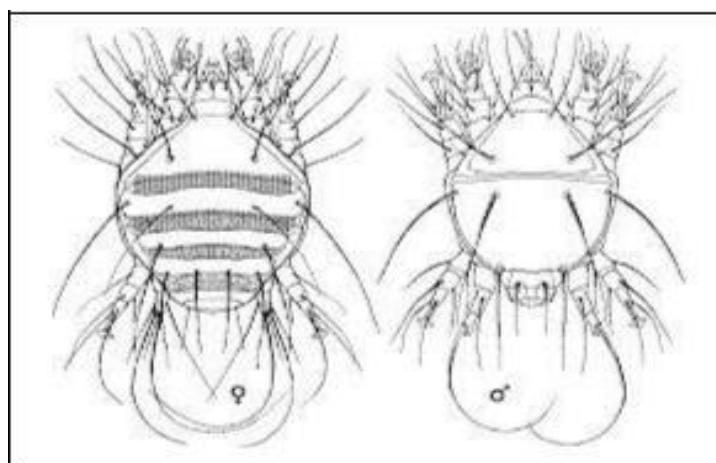
une perturbation du vol de l'abeille à la suite de l'obstruction des trachées et de

l'endommagement de la musculature des ailes entraînant une paralysie musculaire.

des ailes décrochées et écartées en forme de moulin.

un abdomen gonflé suite à une excrétion difficile.

des abeilles jonchées devant le trou de vol avec des ailes tremblantes et anormalement écartées se rassemblent en petits tas et finissent par mourir.



**Figure 14 :** *Acarapis woodi* (Zenner, 1999).

### 5.3. Les maladies communes du couvain et aux abeilles adultes

L'abeille adulte et le couvain sont sujets à des maladies communes telles que :

- Les intoxications dont l'agent causal est un produit toxique.
- l'aspergilose causée par des champignons du genre *Aspergillus falvus*.
- les viroses : certains virus semblent en relation avec la varroase comme le DWV (virus des ailes difformes), il a été découvert récemment (BORNECK, 1991).
- et la varroase, qui est la maladie la plus dangereuse, causée par l'acarien *Varroa destructor* et qui sera présentée ultérieurement.

## II°/ LA VARROASE

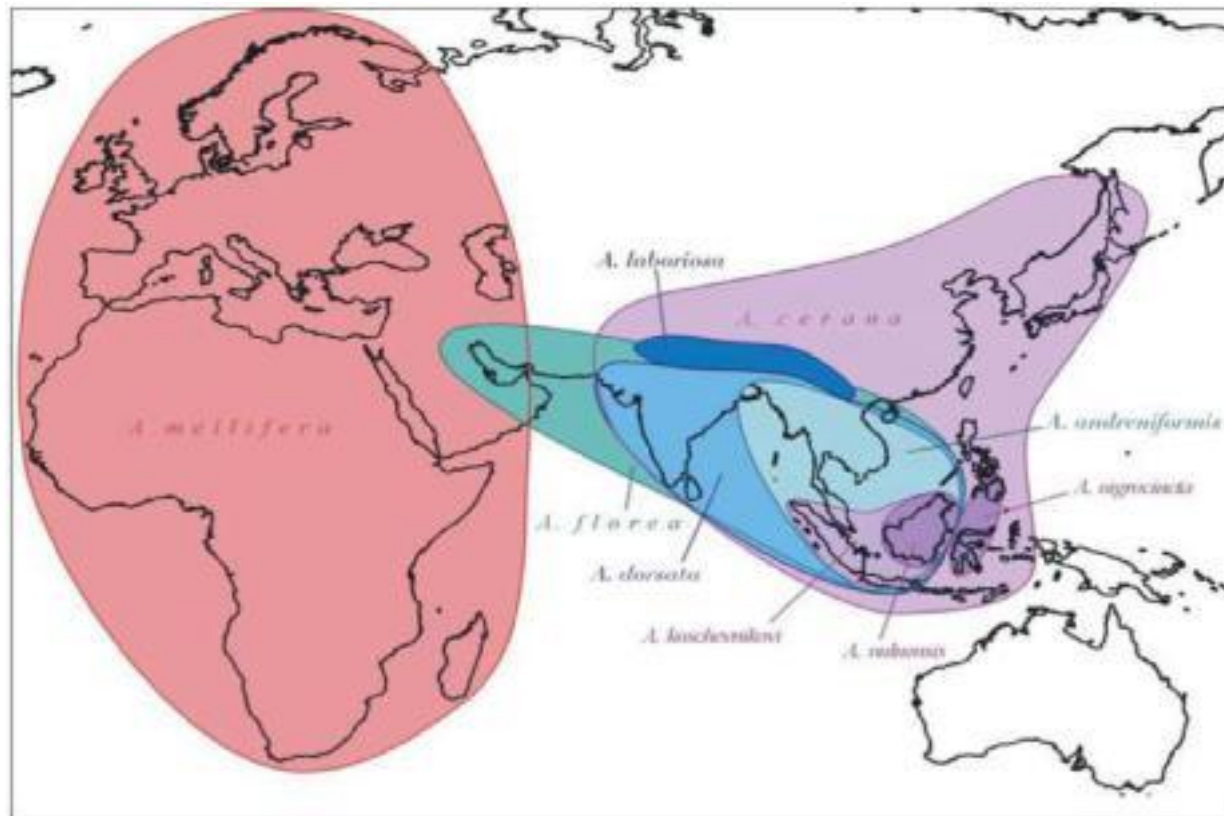
La varroase est une maladie parasitaire due à la prolifération sur le couvain et sur les abeilles adultes d'un acarien ectoparasite : *Varroa destructor*. Le danger que représente cette maladie réside dans le fait qu'au début de l'infestation, l'évolution demeure inaperçue cliniquement et son influence sur la population d'abeilles est insignifiante. Au-delà de cette période, et si aucun moyen de lutte n'est entrepris, son impact peut entraîner la mort de la colonie.

Vu l'ampleur de la parasitose, il est impératif de mettre en œuvre et le plus rapidement possible des moyens pour prévenir la maladie et dans le cas où elle est déclarée et diagnostiquée ; il faut traiter afin de combattre et limiter les dégâts et les pertes qu'elle provoque aussi bien aux colonies qu'aux produits de la ruche. Mais avant de procéder à ces opérations, la connaissance de la biologie de varroa ainsi que son développement à l'intérieur de la colonie est une condition importante pour déterminer le mode de traitement et de lutte contre cette parasitose.

### 1. Répartition géographique

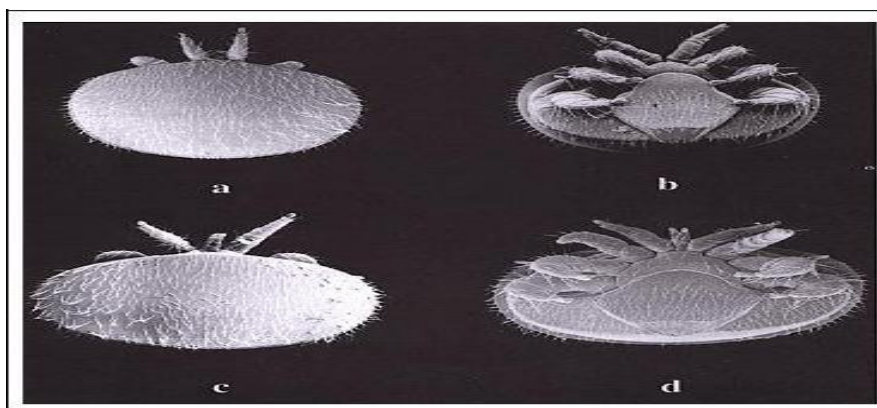
*Varroa jacobsoni* est originaire de l'Asie du sud où il vit au dépend de l'abeille asiatique « *Apis cerana* », il fut découvert par JACOBSON à Java en Indonésie en 1904, décrit et classé par OUDEMANS la même année d'où *Varroa jacobsoni oud.* En 1939, le parasite fut localisé en Indochine. En 1952, il s'étendait aux provinces extrêmes orientales de l'URSS, toujours sur *Apis cerana*. Pour produire beaucoup plus du miel, des apiculteurs déplacèrent des colonies d'*Apis mellifera* dans la région d'origine d'*Apis cerana*.

La cohabitation des deux genres d'abeilles aurait permis au *Varroa jacobsoni* de parasiter *Apis mellifera* (Figure 15).



**Figure 15** : Répartition des espèces du genre *Apis* (Franck et al, 2000).

Son adaptation à son nouvel hôte aurait donné naissance à une nouvelle espèce, *Varroa destructor* (Figure 16) (ANDERSON et TRUEMAN, 2000).



**Figure 16**: Représentation des deux espèces de *varroa* (Smith, 2001).

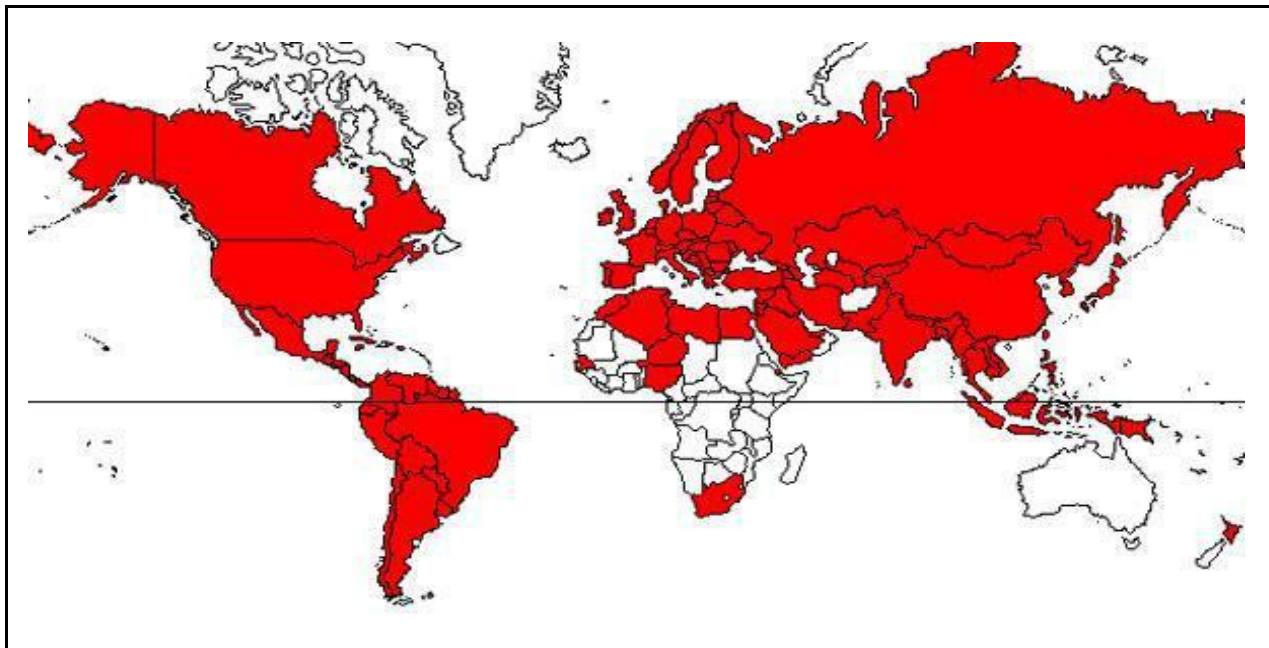
(a et b : vues dorsale et ventrale du *varroa jacobsoni* ;  
c et d : vues dorsale et ventrale du *varroa destructor*).

*Apis mellifera* fût touchée en 1960 en Chine, puis en 1964 sur la rive nord du fleuve Amour. Le Japon fut probablement touché en 1965. Dès lors, la parasitose s'est propagée avec une extrême rapidité et à cause des transhumances et du commerce mondial d'essaims, sa propagation fut rapide, et a donc progressé de l'Asie vers l'Europe occidentale dans les années 1970, l'Afrique, l'Amérique du sud et on le retrouve maintenant même en Amérique du nord (SAMMATARO et al, 2000).

La France est officiellement fut touchée le 1<sup>er</sup> novembre 1982 probablement par des essaims provenant d'Allemagne. Le parasite s'est étendu rapidement vers l'ouest au gré des transhumances et des importations de reines et atteint la Tunisie en 1975 (TREILLES, 2002).

L'apparition de *Varroa destructor* en Afrique est récente : elle date de 1997 en Afrique du Sud. Aujourd'hui, il est répandu au Nord de l'Afrique (Algérie, Lybie, Egypte (**Figure 17**), et dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Est, comme le Kenya et la Tanzanie.

En Algérie, l'introduction de varroa s'est faite à partir de la Tunisie, l'infestation est signalée pour la première fois à l'est du pays en juin 1981 dans un rucher de la coopérative apicole d'Oum Théboul près d'El kala (DEFVAUX, 1984), cette parasitose avancerait de plus de 80 km par an et sa progression d'est en ouest s'est effectué de façon systématique. Cependant, en 1987 soit 6 ans après, des signes inquiétants sont apparus à l'est du pays à savoir des mortalités hivernales et estivales importantes et des récoltes de miel exceptionnellement faibles. D'après les statistiques publiées par le ministère de l'agriculture (M.A.D.R, 2012), le nombre de ruche en Algérie est de 1,4 million environ et grâce à ce phénomène, la profession apicole estime entre 20 % et 30% la baisse de la production du miel entre les années 1997 et 2010. En silence mais sans pitié. Ce monstre destructeur est en train de décimer le rucher du Djurdjura devant les regards impuissants des apiculteurs qui n'ont que des SOS à lancer envers les services de l'Etat. Pour cette année, les apiculteurs désespèrent. La récolte est en grande partie perdue. Dans certaines régions comme les Ouadhias, la perte est estimée à 50% de l'ensemble de la production. Selon le président de l'association des apiculteurs de la wilaya de Tizi Ouzou, la maladie se propage et s'étend à tout le massif du Djurdjura, qui est l'un des plus grands producteurs de miel en Algérie aux côtés du massif blidéen.



**Figure 17 :** Distribution géographique de *Varroa destructor* dans le monde en 2010  
(zones colorées en rouge) (Ellis et Zettelnelen, 2010).

## 2. Position systématique

ANDERSON et TRUEMAN(2000), attribuent au *Varroa destructor* la classification suivante :

- **Règne** : Animal
- **S/Règne** : Métazoaires
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous –embranchement** : Chelicerata
- **Classe** : Arachnidae
- **S/Classe** : Acari
- **Super/ ordre** : Anactinotrichida
- **Ordre** : Gamasida
- **S/Ordre** : Mesostigmate
- **Famille** : Varroidae
- **Sous/ famille** : Varroinae
- **Genre** : varroa
- **Espèce** : *Varroa destructor*

### 3. Morphologie

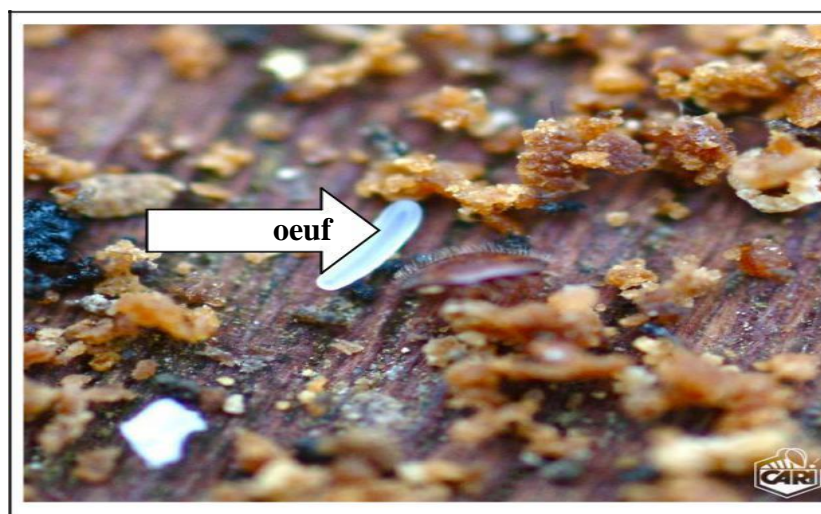
Le varroa est un acarien parasite hématophage de l'abeille adulte ainsi que des larves et des nymphes. Pour sa forme générale, le varroa ressemble à un minuscule crabe « tourteau » dont la taille serait de l'ordre de millimètre. *Varroa destructor* est une espèce d'acarien à dimorphisme sexuel très marqué. Chez les acariens, l'ontogénèse comprend six stades : prélarve, larve, protonympe, deutonympe, tritonympe et adulte. Cependant, chez varroa, la prélarve et la tritonympe ont disparus (FERNANDEZ et COINEAU, 2002). Le développement jusqu'au stade adulte se déroule exclusivement dans du couvain operculé et se réalise en 154 heures pour le mâle (environ six jours et demi) et 134 heures par la femelle (environ cinq jours et demi).

#### 3.1. Les formes immatures

On distingue quatre stades immatures :

##### 3.1.1. L'œuf

Le premier œuf de *Varroa destructor* est pondu environ 60 à 70 heures après l'operculation de l'alvéole, que ce soit dans le couvain d'ouvrières ou de faux-bourdons (DONZE et GUERIN, 1994 ; MARTIN, 1994 ; MARTIN, 1995b). Ce premier œuf et uniquement lui donnera un mâle *Varroa destructor*. L'œuf est blanc. Il présente une consistance élastique et une forme ovoïde (**Figure18**). Il mesure environ 300 µm de long et 230 µm de large. Les œufs ne peuvent pas être confondus avec les fèces d'acariens qui sont des filaments blancs, lisses, et allongés (LUX, 1987). Les œufs et excréments sont récupérés sur une feuille de matière grasse.



**Figure 18:** Œuf de varroa (Donze et al, 1998a).



### 3.1.2. La larve

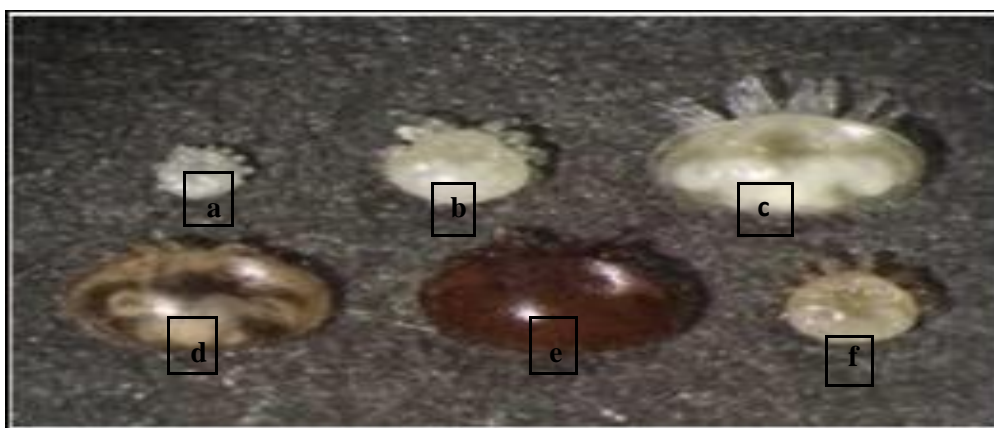
Chez varroa, on observe une prélarve immobile qui est une phase précédant l'éclosion de l'œuf. La larve ne se distingue pas de l'œuf (ROBAUX, 1986), et reste enfermée dans l'enveloppe de l'œuf, et débute son développement 24 heures après sa ponte. Elle est incapable de se nourrir encore moins de se déplacer. Elle est hexapode, ses pattes sont repliées le long du corps. Cette larve passe par deux stades larvaires successivement dont le stade protonymphe et deutonymphe.

### 3.1.3. Protonymphe

Le passage de la larve à la protonymphe est appelé pupaison, son corps qui semble circulaire est de couleur blanc perlé et possède quatre paires de pattes tendues vers l'extérieur et vers l'avant (**Figure 19 a**). Elle se déplace peu ou pas, du fait de la disposition de ses pattes, mais elle est capable de percer la larve et la nymphe et de se nourrir de l'hémolymphe. Après s'être bien nourrie, la protonymphe prend du poids ce qui lui permettra de muer en un stade plus grand : deutonymphe.

### 3.1.4. Deutonymphe

Un peu plus mobile que la protonymphe, elle est de couleur blanche, présente toujours des pattes étendues vers l'avant (**Figure 19 b et c**). D'après ROBAUX (1986), la deutonymphe se déplace beaucoup plus que la protonymphe et se nourrit de façon très intense puisqu'il a été observé une grande quantité de ses déchets.



**Figure19:** Les différents stades du développement de *V. destructor* (Rosenkranz et al, 2010).

**a** : une protonymphe femelle, **b** : une deutonymphe mobile femelle, **c** ;une deutonymphe immobile femelle. **d** : une jeune femelle venant de muer, **e** : la fondatrice *V. destructor*, **f** : un mâle adulte.

Après une mue imaginale l'acarien devient adulte (**Figure 19 e et f**).

### 3.2. L'adulte

L'acarien adulte se distingue par un dimorphisme sexuel où le mâle se différencie de la femelle par plusieurs caractères morphologiques.

#### 3.2.1. Le varroa femelle

La femelle assure l'essentiel du rôle pathogène et la dissémination de la maladie. Elle a une forme elliptique plus large que longue et atteint en moyenne 1,1mm de longueur pour 1,6 mm de largeur soit environ la grosseur d'une tête d'épingle. Elle est de couleur brun claire à l'éclosion puis sa couleur fonce et prend un teint rougeâtre chez les individus les plus âgées. La femelle, étant presque deux fois plus grande que le mâle, est facilement observable sur le corps des abeilles (**Figure 20**).



**Figure 20:** femelle Varroa adulte sur le corps des abeilles (Gilles, 2012).

Dorsalement, il existe une seule plaque appelée sclérite dorsale recouverte de centaines de soies sensorielles et de protection ; la face ventrale présente quant à elle tous les organes essentiels à savoir : appareil buccal, appareil respiratoire, appareil excréteur, appareil locomoteur et appareil reproducteur. Latéralement et de chaque côté s'insèrent 4 paires de pattes. La première paire est élançée vers l'avant et en mouvement constant, les 3 autres sont courbées vers l'arrière et servent à la locomotion. A l'avant du corps se trouve la bouche, elle est bordée de lèvres d'où partent les chélicères très dures, effilés et dentés qui servent à percer la membrane inter segmentaire de l'abeille aux fins de nutrition et de fixation ; l'appareil buccal est donc de type piqueur suceur (LHOMME, 1990), ce qui explique que c'est la femelle qui est responsable de la pathogénie.

La femelle varroa possède une spermathèque permettant le stockage des spermatozoïdes apportés par le mâle lors de la fécondation (FAUCON et FLECHE- SEBAN, 1988).

### 3.2.2. Le varroa mâle

Le mâle n'est pas adapté au parasitisme, puisque son corps est presque sphérique ; il ne dépasse guère 400  $\mu$ m, ne sort jamais de l'alvéole et il ne vit que pour la reproduction. Sa couleur varie du jaune clair au blanc (**Figure 21**). Il possède un corps mou et globuleux avec une pilosité réduite. Ses quatre paires de pattes ne sont pas recourbées vers l'arrière, mais tendues vers l'avant (ROBAUX ,1986 ; FAUCON et FLECHE- SEBAN, 1988). Son aspect, sa taille, sa couleur font qu'il est souvent confondu avec la protonympe et les jeunes deutonymphes.



**Figure 21** : Le mâle varroa adulte (Gilles, 2012).

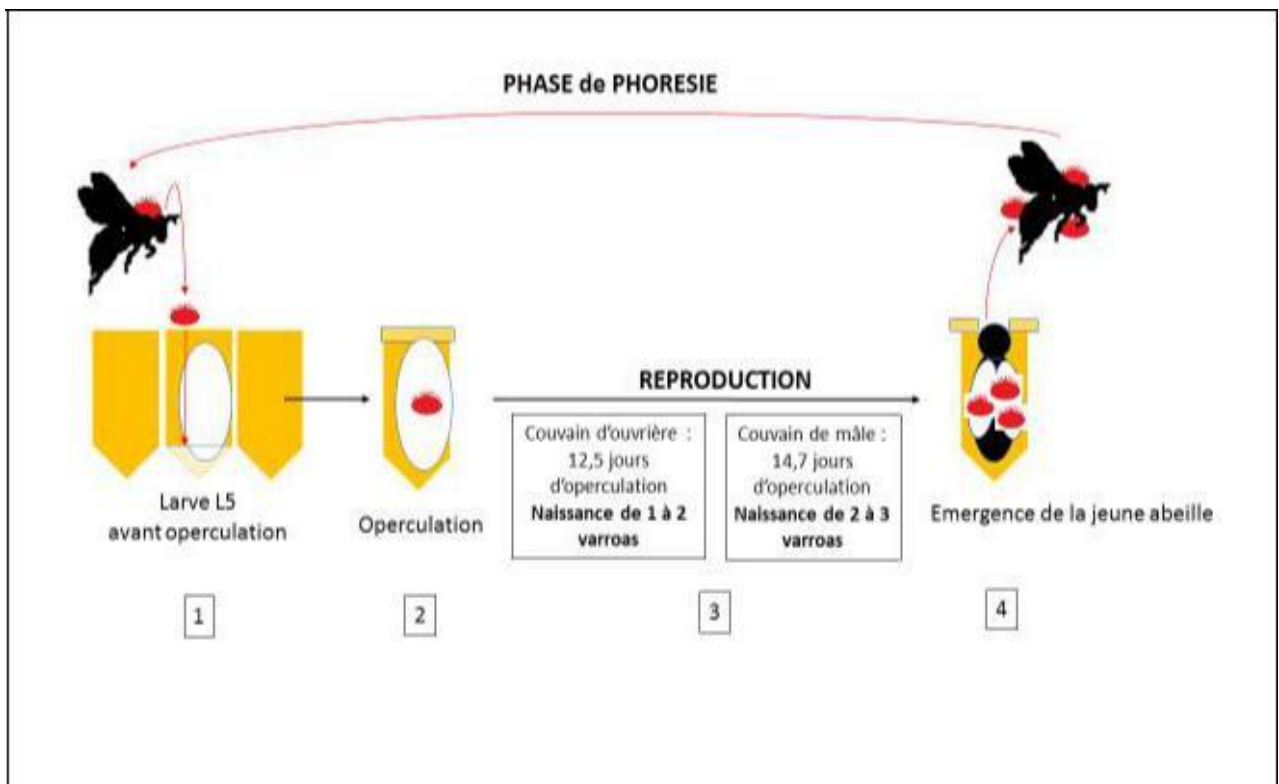
Il possède un appareil buccal non adapté à la succion de l'hémolymphe (LHOMME, 1990). Les chélicères sont transformées en spermiodactyles : une sorte de canule permettant l'injection des spermatozoïdes dans l'appareil génital de la femelle. Par cette modification des chélicères, le varroa mâle est incapable de percer la cuticule de son hôte, il se trouve seulement dans les alvéoles operculés ou une femelle fondatrice est enfermée. Il peut lors se nourrir par succion de l'hémolymphe au niveau des plaies infligées par la femelle.

#### 4. Biologie de varroa

Au cours de sa vie, le varroa passe successivement par deux phases dont la phase phorétique et la phase de reproduction (**Figure 22**).

- La phase phorétique : durant la quelle le varroa se déplace sur les abeilles adultes et s'installe entre les plaques ventrales et suce l'hémolymphe des abeilles en perforant la membrane reliant les différents tergites de l'abdomen de l'abeille. Les abeilles adultes ont un comportement d'épouillage pour essayer de se débarrasser du parasite qui les dérange, mais le varroa bien insinué sous les tergites résiste bien à ce comportement.
- phase de reproduction : durant la quelle, le varroa est à l'abri dans les cellules de couvain.

Le cycle de développement de *Varroa destructor* s'effectue parallèlement au cycle de développement de l'abeille ouvrière et faux bourdon.



**Figure 22:** Cycle de reproduction d'une femelle adulte *Varroa destructor* composé d'une phase de phorésie suivie d'une phase de reproduction (Harbo et Harris, 1999).

## 4.1. Le varroa dans le couvain

### 4.1.1. Entrée de la fondatrice

L'individu clef du cycle de développement du varroa est la femelle adulte nommée « fondatrice » qui a un cycle de vie d'environ 80 jours. En général, après une période phorétique, la fondatrice se reproduit exclusivement dans une cellule de couvain après operculation.

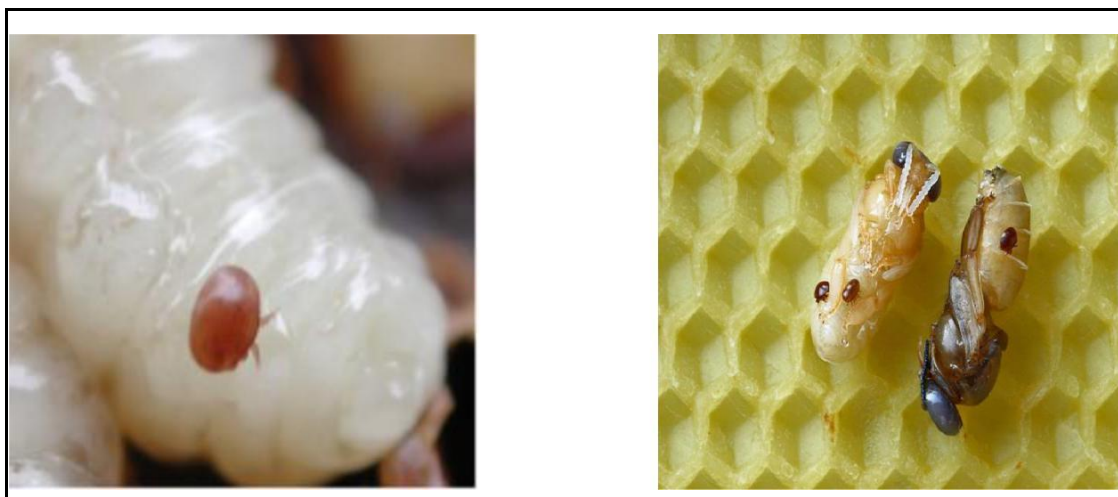
L'entrée dans le couvain de l'abeille doit intervenir à un âge de couvain bien précis et constitue donc un passage critique dans la vie de varroa. La femelle se loge dans une cellule occupée par une larve d'abeille ouvrière ou faux-bourdon juste avant son operculation, de préférence elle choisit les cellules de couvain d'abeilles mâle qu'elle distingue à l'odeur (LECONTE et ARNOLD, 1987). Cette préférence pour le couvain mâle est due soit à la taille des cellules mâles ou à l'effet de certaines substances attractives.

La femelle s'introduit dans cette alvéole et s'immerge dans la gelée larvaire afin de ne pas être délogée par les ouvrières nettoyeuses, nourricières et cirières. Ces dernières ferment donc la cellule par un opercule composé de cire et de propolis afin que la magie de la métamorphose puisse s'opérer.

### 4.1.2. La ponte

Etant maintenant protégée au sein d'une cellule operculée, la femelle varroa va se nourrir sur et de la larve, et elle se met en devoir de pondre. La ponte débute après la 5<sup>ème</sup> mue de l'hôte soit de 60 à 70 heures après l'operculation de l'alvéole (**Figure 22**).

La fondatrice pond son premier œuf sur la paroi de la cellule de couvain, ensuite elle pond d'autres œufs dans un intervalle d'environ 30 heures. Le premier œuf non fécondé donnera un mâle, tous les autres œufs sont fécondés et donneront des femelle filles, la femelle varroa pond au total 5-6 œufs dont le dernier environ 9 jours après l'operculation. Les femelles filles, une fois atteints le stade adulte ; en 134 heures soit 5 jours et demi, sont fécondés par le mâle issue du premier œuf dans la cellule operculée (NOIRTERRE ,2011). Cette petite famille, bien protégée va se développer jusqu'au jour où la nymphe est métamorphosé (**Figure 23 et 24**).

**Figure 23:** Varroa sur larve d'abeille

(Ellis et Zettelnaen, 2010).

**Figure 24 :** Varroa sur pupa d'abeille

(Scott, 2003).

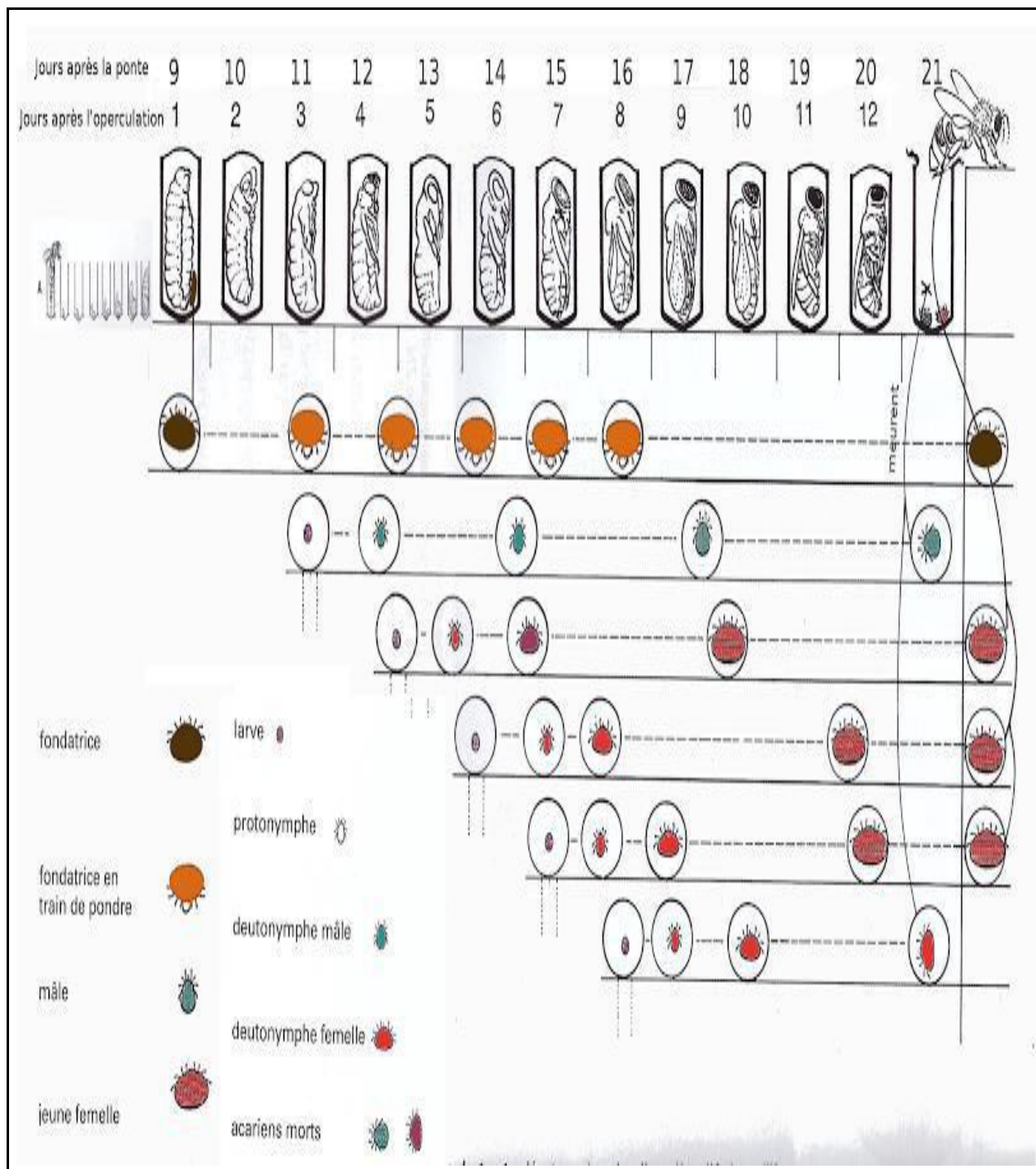
Lors de l'envol de la jeune abeille adulte hors de l'alvéole, la fondatrice et ses filles fécondées prêtes à infester d'autres alvéoles. Le mâle et les femelles encore en stade immature restent dans l'alvéole et meurent.

#### 4.1.3. Reproduction de la descendance

La durée de cycle de la femelle varroa depuis la ponte jusqu'à l'âge adulte est de 8 à 9 jours et se divise en 4 phases.

- Première phase : embryogène (1jour)
- Deuxième phase : transformation de la larve en protonymphe (24h)
- Troisième phase : protonymphe (5jours)
- Quatrième phase : deutonymphe (2jours)

Quant aux mâles la durée de son cycle n'est que de 6 à 7 jours (COLIN, 1982). Le taux de reproduction de la femelle fondatrice dépend de la l'alvéole dans laquelle elle se trouve. La durée du couvain operculé étant de 13 jours chez les abeilles ouvrières et de 15 jours chez les faux bourdons. Le nombre de femelles varroas émergeant de l'alvéole est plus important dans le couvain de faux bourdons quatre voire cinq femelles contre trois dans le couvain d'ouvrières (**Figure 25 et 26**). Par ailleurs, avant operculation, la taille importante des larves de faux bourdons permettrait également une meilleure alimentation de la mère fondatrice et de sa descendance (FERNANDEZ et COINEAU, 2002).



**Figure 25 :** Développement de *varroa destructor* au sein du couvain d'ouvrières  
(Fernandez et Coineau,2002).

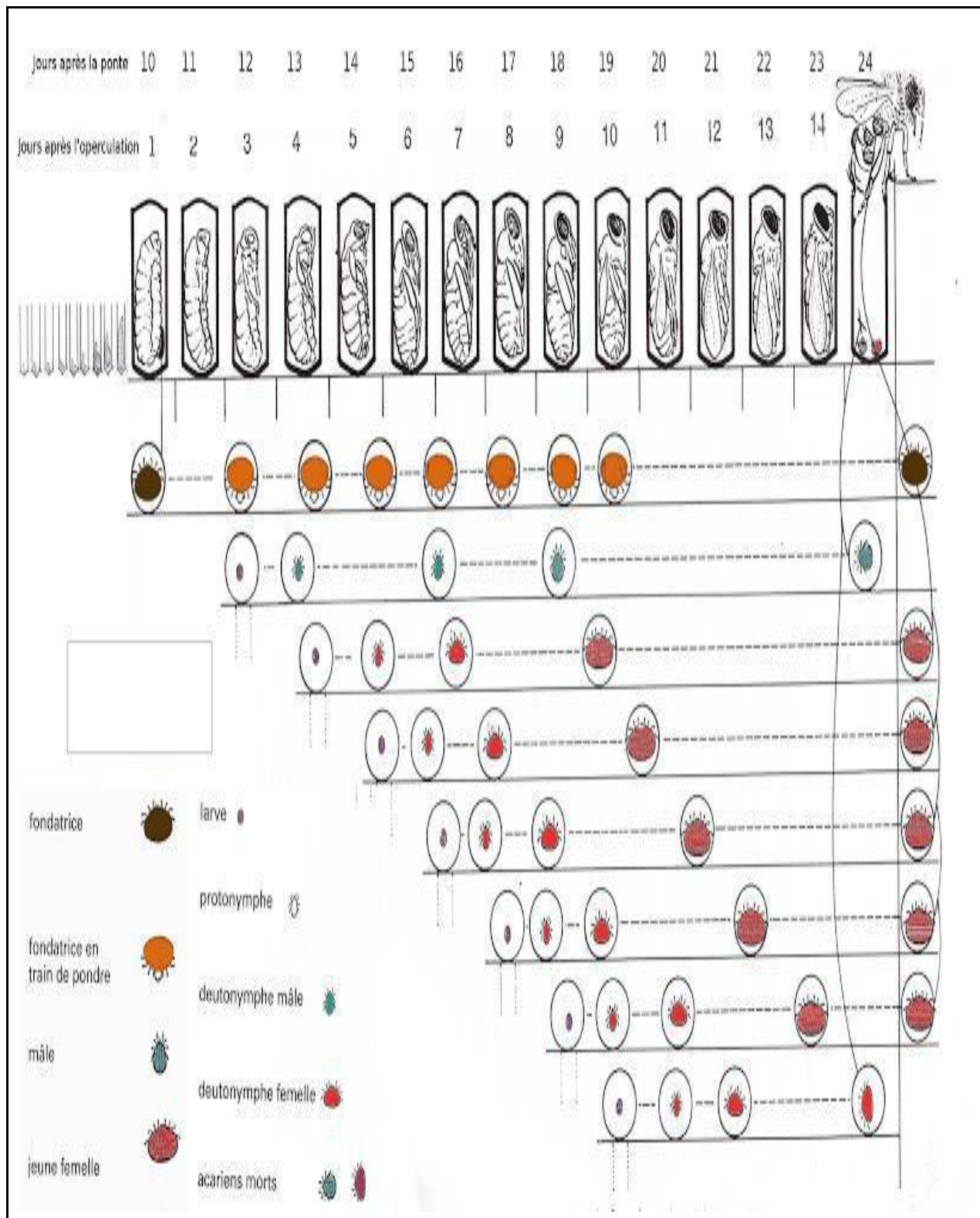


Figure 26 : Développement de *varroa destructor* au sein du couvain de faux-bourçons

(Fernandez et Coineau, 2002).



Le taux de reproduction de varroa est encore influencé par d'autres facteurs parmi lesquels nous citons:

- La quantité d'hormone juvénile car, d'après HANEL et KOENIGER (1986), il y a une corrélation entre un taux élevé de la reproduction de varroa et une teneur élevée d'hormone Juvénile dans l'hémolymphe des abeilles, cette corrélation existe aussi chez les abeilles d'été par rapport à celles d'hiver.
- La température optimale de reproduction de varroa femelle qui est approximativement voisine de celle du couvain des abeilles. Au-delà de cette température, le parasite ne peut se reproduire (LECONTE et ARNOLD, 1987).
- La durée de stade d'operculation car les variations de cette durée du stade sont également une des causes des différences du taux de reproduction du parasite. En 1985, MORITZ a affirmé qu'une durée plus longue du stade d'operculation du couvain mâle par rapport à celui des ouvrières est aussi une des raisons du taux élevé de reproduction de *Varroa destructor* dans le couvain de mâle.

#### 4.1.4. Accouplement de la descendance

Pour s'accoupler, varroa utilise un lieu de rendez-vous préparé par la mère sur la paroi de l'alvéole. La femelle *Varroa destructor* est fécondée une seule fois au cours de sa vie. Plusieurs accouplements seraient nécessaires pour obtenir une fécondation efficace. Tous les accouplements se déroulent à l'intérieur des alvéoles operculées de couvain, les mâles ne pouvant survivre à l'extérieur de l'alvéole (DONZE et al, 1996). Le mâle doit donc attendre que la première femelle achève sa mue imaginale pour s'accoupler avec elle (DONZE et al, 1996 ; LOBB et MARTIN, 1997). Le premier accouplement se déroule environ 230 heures post-operculation. Tout d'abord, le mâle commence par réaliser un nettoyage de ses chélicères et de ses pédipalpes. Ensuite, il grimpe sur le dos de la femelle et se dirige vers ses pièces buccales (**Figure 27**). Il se retourne alors et longe le bord du scutum dorsal de la femelle comportant une rangée de soies épaisses. Lorsqu'il atteint la zone anale dépourvue de soies, il bascule en partie ventrale de la femelle qui lui facilite la tâche en se décollant de la paroi de l'alvéole. Le mâle tâte alors longuement la partie ventrale de la femelle avec ses pédipalpes et ses premières paires de pattes. Puis il s'immobilise, amène vers son orifice génital ses pièces buccales qui exécutent des mouvements d'aller-retour jusqu'à ce qu'une boule brillante « le

Spermatophore »apparaisse. Il se dirige dès lors vers l'un des côtés et introduit le spermatophore dans l'un des 2 pores génitaux de la femelle à l'aide de ses chélicères modifiés en spermadactyles (DONZE et al, 1998a). Ce comportement serait initié par une phéromone sexuelle volatile produite par la jeune femelle adulte après la dernière mue (ZIEGELMANN et al, 2008). Ce scénario se répète jusqu'à la fécondation de toutes les femelles.



**Figure 27:** Mâle et femelle de varroa lors de l'accouplement (Donze et al, 1998a).

#### 4.2. Varroa phorétique

La phorésie est le processus par lequel un animal recherche et s'attache à un autre animal pour une durée limitée, afin d'émigrer d'un site à un autre. Lors de la phase de phorésie, la femelle adulte réalise régulièrement des ponctions d'hémolymphe sur l'hôte qu'elle parasite pour sa nutrition (**Figure 28**). La phorésie constitue donc une phase d'attente avant l'infestation du couvain pour un nouveau cycle reproducteur. Ce qui permet la dissémination de l'espèce d'une part et la maturation des futures fondatrices d'autre part.

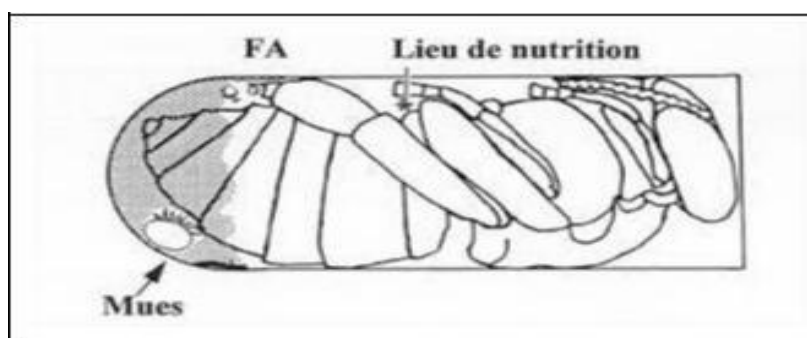


**Figure 28:** *Varroa. destructor* phorétique sur une abeille adulte (Ellis et Zettelnen, 2010).

### 4.3. Nutrition

Le mécanisme de nutrition des acariens varroa n'était pas connu et ce jusqu'à la fin des années 70. (BUTTELL-REEPEN, 1918 ; BREGUETOVA, 1953 ; VELITCHIKOV NATCHEV, 1973) cités par (SMIRNOV, 1978) Considèrent que ces acariens sont coprophages et qu'ils se nourrissent avec des excréments et déchets organiques.

Selon (FERNANDEZ et COINEAU, 2002), l'hémolymphe de l'abeille constitue la base de l'alimentation de l'acarien, il contient des substances que varroa utilise tels que les protéines, ces dernières jouent un rôle important dans l'embryogénèse ainsi que dans la locomotion. Tous les stades de varroa se nourrissent exclusivement à partir de l'hémolymphe de leurs hôtes, seules les femelles adultes sont capables de survivre sur les abeilles adultes. Le mâle et les immatures vivent dans le couvain. Au stade prénymphe de l'abeille, Le varroa perce la cuticule de l'abeille généralement au niveau du 5<sup>ème</sup> segment du corps (**Figure 29**) avec ses puissants chélicères tandis que les lèvres entourent la blessure, il injecte alors une substance anticoagulante qui détruit les tissus entourant la blessure puis aspire l'hémolymphe qui en sort. Une fois le ventre du varroa est rempli, il se couche sur sa victime et se repose après le repas (GERIC, 1989).



**Figure 29:** Représentation des lieux préférés pour la nutrition et les mues de varroa sur nymphe d'ouvrière en vue latérale (Donze et al, 1998a).

### 5. Etude de la maladie

La varroose est une maladie causée par l'acarien *Varroa destructor* qui touche les larves, les nymphes et les abeilles adultes (GROBOV, 1976). La varroase est une maladie à déclaration obligatoire en France (Décret n° 2006-179 du 17 février 2006 portant création d'une liste de maladies à déclaration obligatoire et modifiant le code rural) (Légifrance.gouv.fr, 2011). En Algérie, la varroase est classée comme une maladie réputée légalement contagieuse (MRLC) (KEBBAB, 2014).

## 5.1. Pathogénie

L'action pathogène du *varroa destructor* va se développer sur l'abeille adulte et sur le couvain.

### 5.1.1. Au niveau du couvain

La multiplication du varroa se fait dans le couvain operculé. Le parasite vit sur l'abeille adulte environ 5 jours afin de parfaire sa maturité sexuelle.

Au sein d'une colonie coexistent des abeilles indemnes du parasitisme et des abeilles possédant des séquelles de parasitisme.

Quand l'infestation de la colonie d'abeilles par *Varroa destructor* est faible, aucun symptôme clinique n'est visible et le parasitisme passe le plus souvent inaperçu. Lorsque l'infestation est modérée, la croissance de la population d'abeilles peut être affectée, ainsi que le niveau de production en miel. Une étude menée au Canada montre qu'un taux d'infestation de 2 acariens pour 100 abeilles suffirait pour réduire de façon significative la production en miel de la colonie (CURRIE et GATIEN, 2006). Parfois, la phase de décroissance de la population d'abeilles est anticipée de quelques semaines, voire quelques mois lors de très forte infestation (RITTER et *al*, 1984). Un plus grand nombre d'abeilles affaiblies au cours de leur vie par le parasitisme seront présentes au sein de la colonie. Ces dernières ne pourront pas participer à la vie de la colonie de façon optimale. Elles seront plus sensibles aux infections de type viral ou bactérien et auront une espérance de vie plus courte. L'expression clinique la plus caractéristique de la maladie est :

- la présence d'abeilles traînantes au sol.
- certaines ont les ailes écartées, déformées ou asymétriques.
- le corps peut être noir dépourvu de poils. Le couvain est en mosaïque et paraît négligé.
- Une réduction brutale du nombre d'abeilles peut alors être observée.

Avant cet affaiblissement, peu de signes avant-coureurs sont relevés (RITTER et *al*, 1984). À ce stade, il est fréquent d'observer une population réduite à moins de 200 ouvrières accompagnées de la reine (MARTIN et *al*, 1998). Les réserves en miel et en pollen apparaissent disproportionnées par rapport à la force de la colonie. Les colonies sont alors plus sensibles aux surinfections (teignes, loques,...). Un phénomène de supersédure de la

colonie d'abeilles peut intervenir. Les colonies symptomatiques évoluent vers la mort, le plus souvent durant la période hivernale en région tempérée (ROSENKRANZ *et al*, 2010).

### 5.1.2. Sur l'abeille adulte

L'action de l'acarien vient le plus souvent se surajouter à l'action déjà menée lors du développement du couvain :

- Une action mécanique : la présence d'un ou plusieurs parasites sur l'abeille adulte altère son comportement au détriment de ses tâches habituelles. Le varroa perturbe le développement du couvain et peut léser les plaques imaginales à l'origine des appendices de la future abeille, notamment des ailes.
- Une action spoliatrice : la spoliation des protéines qui a lieu au cours des repas de l'hémolymphe concerne en particulier les AMP (antimicrobial protéines) ce qui conduit à une baisse d'immunité des abeilles et une sensibilité accrue aux maladies virales et bactériennes. Il s'ensuit une insuffisance des réserves de l'abeille qui sont utilisées en particulier à la fin de l'hiver pour la sécrétion de la gelée royale nécessaire à l'élevage du premier couvain de la saison. L'action spoliatrice est aussi responsable d'une baisse de l'immunité de l'abeille.
- Une action vectrice : lorsque le varroa se nourrit sur l'abeille adulte, il peut lui transmettre des virus dont il est vecteur, en particulier le virus de la paralysie aiguë, le virus des ailes déformées DWV (Deformed Wing Virus – Virus des ailes déformées) (**Figure 30**) et le *Bacillus larvea* (agent de la loque américaine).
- Dans les colonies infestées, on observe ainsi une réduction de la taille et de la masse corporelle des abeilles, une réduction de leur longévité et des troubles du comportement (diminution des vols et leur durée). Au total, les colonies sont insuffisamment peuplées et les abeilles affaiblies. Une baisse de fertilité chez les faux-bourçons ou on observe une diminution du nombre de spermatozoïdes.
- Par ailleurs, leur capacité de vol étant réduite, ils ne possèdent pas la force physique pour prendre en chasse et féconder les jeunes reines.



**Figure 30:** Abeille adulte atteinte du DWV (Zioni et al, 2011).

## 5.2. Propagation de la parasitose

Du fait de la fixation des varroas sur les abeilles adultes, la varroatose se propage rapidement et inexorablement. Actuellement la diffusion de la maladie se fait à plusieurs niveaux comme toutes les maladies contagieuses : Il y'a des facteurs de l'extension de la varroatose à longue distance (d'une région ou d'un pays à l'autre), et des facteurs de contamination de la varroase à courte distance (au sein d'une même colonie, d'une colonie à une autre, d'un rucher à l'autre).

### 5.2.1. Facteurs favorisant l'extension de la maladie à longue distance

- **L'essaimage** : Certains essaims parfois parcourent des distances importantes et qui peuvent être récoltées par un apiculteur. Ces derniers peuvent amener des varroas là où la maladie n'existe pas.
- **La transhumance** : facteur déterminant l'extension de varroa surtout lorsqu'il s'agit de déplacement de ruchers infestés dans des régions non contaminés ou de ruchers sains dans des zones infestées (GROBOV, 1976, SMIRNOV, 1978).
- **Dérive des mâles** : la diffusion de varroa est assurée par la dérive des mâles, le mâle peut parcourir en une journée 10 à 20km, parfois d'avantage et se réfugier dans une quelconque colonie où il sera toujours acceptée.
- **Commerce des essaims** : un des principaux facteurs de diffusion de la parasitose réside dans le commerce national du matériel biologique (essaims, des ruches ou des reines provenant d'une zone contaminée).
- **Le transport de hausses** : après les miellées, les apicultures transportent leurs hausses pleines jusqu'au point d'extraction. Ces hausses transportées contiennent parfois du couvain operculé ainsi de quelque abeilles pouvant naître et qui sont porteuses de varroa et vectrices d'une nouvelle infection.

### 5.2.2. Facteurs favorisant l'extension de la maladie à courte distance

- La dérive des butineuses : la dispersion de varroa peut se faire par le butinage, le varroa pouvait rester sur une fleur butinée par une abeille parasitée et passer sur une autre butineuse provenant d'une ruche saine y-introduisant ainsi la parasitose.
- Le transport du parasite par d'autres insectes, les guêpes en particulier (GERIC, 1987 cité par FAUCON et FLECHE SEBAN, 1988).
- Des opérations de l'apiculteur en pratiquant des échanges de cadres, des regroupements des colonnes, le nettoyage des hausses.
- L'introduction d'une reine parasitée.
- La transmission du parasite d'une abeille infestée à une autre abeille saine par l'intermédiaire des fleurs visitées.

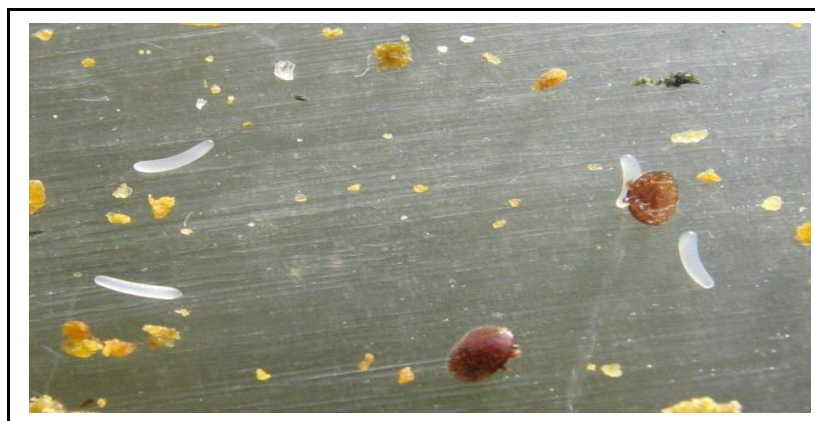
### 5.3. Diagnostic de la varroase

La lutte contre le varroa doit d'abord commencer par un dépistage afin de déterminer la présence ou l'absence du parasite et également évaluer le taux et le niveau d'infestation dans certains cas (SIMONEAU, 2004). Le dépistage s'effectue à partir des symptômes cliniques, des modifications morphologiques de l'abeille et surtout par la mise en évidence de la présence de varroa. A cet effet, plusieurs méthodes de dépistage ont été préconisées et que nous pouvons regrouper en deux principales : méthodes biologiques et chimiques

#### 5.3.1. Méthodes biologiques

Selon ROBAUX (1985, 1986), le dépistage biologique a pour avantage de pouvoir être pratiqué à n'importe quelle époque de l'année sans nuire aux abeilles, aux produits de la ruche et à l'apiculteur. A cet effet, il est recommandé de placer sur le plateau de quelques ruches un dispositif qui permet de recueillir les varroas morts. Il s'agit en général d'un linge constitué d'une plaque de carton, de contre plaqué léger, de plastique semi-rigide enduit d'un corps gras, telle que la vaseline. Il sera recouvert d'une grille et déposé sur toute la surface du plancher de la ruche a fin de recueillir les varroas morts. Les langes seront ensuite retirés et examinés attentivement au moyen d'une loupe à main pour y-détecter les varroas morts parmi les nombreux débris (**Figure 31**).

Cette méthode dure 15 jours pendant lesquels les langes sont remplacés chaque 2 ou 3 jours le nombre total de varroas morts durant cette période une fois ramené aux nombre d'abeille de chaque colonie permettra de déterminer le taux d'infestation de chaque colonie.



**Figure 31 :** Méthode biologique d'estimation du taux d'infestation par *Varroa destructor*.

RITTER et *al* (1983) cités par BENHAMOUDA(1989) ont pu instaurer un barème permettant de déterminer l'importance de la parasitose et de juger l'opportunité ou non d'appliquer des traitements, ainsi :

- jusqu'à 5% de varroa : la colonie est considérée comme étant faiblement parasitée et aucun traitement ne s'impose dans l'immédiat
- entre 5% et 10% de varroa : la colonie est risquée de s'affaiblir à la fin de l'hivernage si aucun traitement n'est entrepris.
- entre 10% et 20% de varroa : la colonie est fortement atteinte, le risque d'effondrement est grand. Les troubles au sein de la colonie sont surtout d'ordres morphologiques et le renouvellement des abeilles n'est pas assuré.
- entre 20% et 30% de varroa : le nombre de varroa dépasse largement celui supporté par la colonie. Le couvain présent est considéré totalement occupé par des varroas et les abeilles qui vont naître seront totalement affaiblies et leur durée de vie raccourcie. La colonie s'effondrera dans les jours à venir.
- Et au-delà de 30% de varroas : la colonie est totalement perdue et aucun traitement ne peut être envisagé.

### 5.3.2. Diagnostic chimique

Le diagnostic chimique fait appel à des produits chimiques et constitue un prétraitement très utile à la colonie surtout lorsqu'elle est fortement infestée (ROBAUX, 1986). Les produits chimiques utilisés sont très variés et leurs modes d'administration diffèrent selon les techniques employés. Nous trouvons des molécules administrées sous formes :



- Aérosol tel que l'amitraz.
  - Fumigation (Flobex- VA).
  - évaporation
  - pulvérisation
- } Poudre, liquide.

Notons que dans le diagnostic chimique, la pose des langes est obligatoire aussi. Certains produits chimiques ont une action très rapides et d'autre ont une action très lente (24 à 28h). Cependant, ce type de diagnostic présente des inconvénients comme toute substance chimique. Il cause une certaine toxicité aux abeilles, aux produits de la ruche (miel, cire, pollen) et même à l'apiculteur sans oublier le risque d'apparition de certains phénomènes d'accoutumance qui rendent le produit inefficace après plusieurs applications. Par ailleurs, l'utilisation en alternance d'autres moyens de lutte ont été mis en œuvre pour maintenir un seuil d'infestation supportable et compatible avec un développement harmonieux des colonies.

### **III°/ MOYENS DE LUTTE CONTRE *VARROA DESTRUCTOR***

Depuis l'apparition de la varroase, de nombreux chercheurs travaillent pour trouver les méthodes ou les molécules convenables pour lutter contre cette parasitose. Le principe fondamental d'un traitement anti parasitaire est d'apporter le maximum de résultats avec le minimum de risques.

Mais la liste des substances proposées montre qu'aucun traitement n'est efficace à 100%. Pour maintenir un seuil d'infestation supportable et compatible avec un développement harmonieux des colonies, plusieurs moyens de lutte ont été mis en œuvre d'une manière continue à savoir, la chimiothérapie, la thermothérapie, la lutte biologique dite aussi naturelle et la lutte technique de conduite. La chimiothérapie reste actuellement la principale base de traitement bien que les méthodes biologiques soient les seules pouvant assurer une efficacité meilleure.

#### **1. La chimiothérapie**

La thérapie chimique reste toujours la principale base du traitement mais elle doit être changée tous les quatre ou cinq ans pour demeurer efficace.

### 1.1. Les principaux produits chimiques

Plusieurs acaricides se sont montrés intéressants dans la lutte contre le varroa, les plus appliqués sont indiqués dans le **tableau 2**.

**Tableau 2** : Principaux acaricides utilisés contre la varroase (ROBAUX, 1986).

Nom commercial	Matière active	Mode d'emploi
Amitraz	triazapentatiene	Pulvérisation, vaporisation, fumigation
Flobex Va	bromophylate	fumigation
Apistan, Klartan	fluvalinate	systemique
Acide formique	acide formique	vapeur
Acide lactique	acide lactique	Pulvérisation
Perizin	coumaphos	systemique
Bayvarol	flumétrine	systemique
Varrostan	quinométhionate	fumigation
K79	Hydrochlorure de chlorodine forme	systemique

Cependant, ces produits ont tous une activité partielle et variable selon les colonies, le climat, la race d'abeille et la période de traitement. Dans la majorité des cas, seuls les varroas phorétiques sont accessibles à l'activité des substances thérapeutiques de l'acaricide (FAUCON et *al*, 2007). Ces substances devraient remplir certaines conditions pour être administrés dans les ruches à savoir être :

- non toxiques pour l'insecte *Apis mellifera*.
- non toxique pour l'homme consommateur des produits de la ruche.
- toxique pour l'acarien *Varroa destructor* (COLIN et *al*, 1986).

Les acaricides sont représentés par une gamme de produits assez large et il serait donc souhaitable selon BORNEECK(1991) d'établir une véritable tactique de leurs utilisation.

Parmi les conditions les plus importantes pour l'utilisation des produits acaricides il faut :

- traiter le maximum d'abeille quand elles sont à l'intérieur de la ruche.
- traiter les abeilles en dehors de la période où elles butinent.

le traitement doit se faire hors miellé pour éviter de contaminer les produits de la ruche. RUTTNER et *al*, (1980) préconisent aussi de commencer le traitement lorsque le taux d'infestation devient supérieur à 5%.

ne jamais traiter s'il y a des risques de gelée nocturnes où si les températures extérieures sont au dessus de 10°C.

utiliser plusieurs produits acaricides afin d'éviter les phénomènes d'accoutumance (FAUCON et FLECHE – SEBAN, 1988).

traiter si possible en absence du couvain pour pouvoir atteindre le maximum de varroa.

## **1.2. Techniques d'administration des substances chimiques**

L'apport de la matière active devra se faire par des techniques traditionnelles comme la fumigation, le poudrage et des techniques modernes comme l'utilisation de la voie systémique ou l'aérosolisation thermique (COLIN et *al*, 1986).

### **1.2.1. La fumigation**

Cette technique est effectuée par l'intermédiaire de l'enfumeur ou bien des tickets fumigènes imprégnés d'une substance active. On retiendra deux principaux produits :

Flobex V.A : plaquettes fumigènes utilisés pendant la période s'étendant de la fin de l'automne jusqu'à début de l'hiver, le produit actif est le Bromopropylate.

Tabac : dont le principe actif est la nicotine de la fumée qui s'est avérée très efficace dans la lutte contre la varroase.

### **1.2.2. La pulvérisation**

Cette technique utilise des produits thérapeutiques dilués dans l'eau, des huiles ou dans de l'alcool pulvérisé avec un matériel de pulvérisation dirigé sur l'abeille et les cadres de cire. On citera deux produits :

l'acide lactique : l'action de l'acide lactique est particulièrement efficace à la fin de l'automne, c'est un produit très bien supporté par les abeilles, la solution est confectionné comme suit : 1 litre d'acide lactique à 90% dans 5 litres d'eau.

l'amitrazé : utilisé à une concentration de 0,001%, il a atteint 100% d'efficacité mais la molécule d'amitrazé est assez fragile et ne permet pas une action durable.

Selon (POPA 1954, cité par ROBAUX 1986), la « FORUL X » qui est une préparation à base de camphre, de thymol, de menthol et de l'huile végétale a été utilisé en Tunisie avec succès et arrivait même à atteindre le parasite à l'intérieur du couvain.

### 1.2.3. Le poudrage

Le poudrage de la ruche se pratique sur des colonies en activité avant et après la principale miellée, les substances sont distribuées directement sur les rayons ou sur le haut des cadres. Parmi les molécules qui ont représenté une efficacité de 98 à 100%, nous citons le malathion. Mais ces méthodes risquent de laisser des résidus de matière actives dans les produits de la ruche (COLIN *et al*, 1986).

### 1.2.4. L'évaporation- sublimation

L'évaporation est la propriété que possèdent certaines molécules de passer de l'état liquide à l'état gazeux. On emploiera à cet effet soit des flacons à mèches, soit du papier imbibé. Le produit le plus utilisé est l'acide formique avec lequel on imbibe des plaquettes qu'on dispose à l'intérieure de la ruche en les laissant au moins 24 heures. La meilleure période d'utilisation reste après la récolte de miel à fin d'éviter son acidification. La sublimation est le passage de l'état solide à l'état gazeux, cas de thymol (ROBAUX, 1986).

### 1.2.5. L'aérosolisation- thermique

C'est une méthode qui permet de saturer le volume des ruches par une suspension de microgouttelettes, liquides renfermant le produit actif tel que l'amitraz et les huiles essentielles. Les fines gouttelettes doivent être répandues de façon très homogène dans la ruche et restent en suspension une dizaine de minutes pour une hauteur de 20 cm sans se regrouper. Ce délai de temps permet la fixation des gouttelettes sur les abeilles et les parasites.

### 1.2.6. La voie systémique

C'est une méthode qui fait appel à l'aspersion de produits systémiques à l'intérieur de la ruche. Les abeilles mouillées par une solution de produits à action systémique se nettoient réciproquement et le produit est alors emmagasiné dans leurs jabots, une partie seulement passera dans l'hémolymphe de l'abeille. Le parasite, en prélevant l'hémolymphe va s'intoxiquer au cours de son repas. On citera un exemple, celui du K79, c'est un produit que

l'on mélange à la nourriture des abeilles et qui va agir comme un poison sur les varroas. Le succès des essais était de 100%, mais ce produit ne fut jamais autorisé officiellement vu son effet néfaste sur les abeilles et sur le miel (D'AMNROSTO, 1983 in ROBAUX, 1986).

### **1.3. Les inconvénients des traitements chimiques**

Bien que la chimiothérapie permet de baisser le taux d'infestation de manière considérable et à prolonger l'activité de la colonie pendant une durée appréciable, il est à remarquer que la méconnaissance dans l'utilisation de ces produits chimiques peut engendrer un certain nombre de dégâts pouvant être dangereux pour la santé de l'insecte. On a observé la perte de la reine, diminution de la fécondité de celle-ci, une action sur le couvain fermé ou ouvert, et à plus long terme sur les abeilles adultes.

Toutefois, les traitements chimiques ont le désavantage d'avoir une efficacité décroissante au fur et à mesure des années d'utilisation. En effet, il a été constaté que le varroa a développé une résistance à ces produits ainsi que la présence des résidus dans les produits de la ruche.

#### **1.3.1. Résistance de varroa**

Malgré l'efficacité apparente des acaricides aucun n'a réussi à entraver le varroa des colonies d'abeilles. En effet, l'usage d'un seul traitement risque à long terme de créer la résistance du varroa qui au début de son utilisation a montré une efficacité totale. Cette résistance s'est manifestée surtout vis-à-vis de la molécule de Fluvalinate (RUIGT, 1984 et FELZEN et al 1999) cités par ADJLANE (2003).

Des chercheurs ont démontré non seulement que certains de ces mécanismes pouvaient se transmettre par voie génétique aux générations suivantes mais aussi que la résistance d'un animal quelconque à un produit d'une famille chimique (organophosphorés, pyréthrinoïdes, carbamate) pouvait induire une résistance à tous les produits appartenant à cette famille chimique, mais aussi à d'autres produits appartenant aux autres familles chimiques. Ce dernier phénomène étant appelé résistance croisée (ROBAUX, 1986).

#### **1.3.2. Problème de résidus**

Du fait que les colonies doivent être traitées annuellement, la formation des résidus dans les produits de la ruche prend une ampleur très considérable (BALAYANNIS et SANTAS, 1992 ; HERR, 1998 et WALLNER, 1999).

Selon BOGDANOV et al (1995), après un traitement des colonies, des niveaux des résidus de certaines molécules chimiques ont été détectés dans la cire des rayons du nid du couvain à

savoir : Bromoprophyllate (59,9mg/kg), Caumaphos (3,8mg/kg), Fluvalinate (1,3mg/kg). Ces mêmes résidus ont été trouvés également dans le miel (WALLNER, 1999).

Selon (LODESANI et al, 2008 ; WU et al, 2011), certains résidus d'acaricides et certains métabolites issus de la dégradation de ces molécules s'accumulent dans les cires, et parfois pendant de longues périodes. Ceci est particulièrement vrai pour le fluvalinate. Il a également été montré que ces résidus pouvaient contaminer les nouvelles cires même plusieurs mois après le traitement pour certaines de ces molécules. La présence latente de produits acaricides dans les ruches pourrait expliquer en partie l'apparition de résistances aux acaricides dans les populations de *Varroa destructor* (FAUCON et al, 2007 ; MILANI, 1999 ; ROSENKRANZ et al, 2010). Ces résidus, seuls ou en association avec d'autres composants, pourraient également avoir des effets délétères sur la santé de l'abeille. Ce risque est augmenté s'ils sont utilisés de façon incorrecte (CHAUZAT et al, 2009 ; JOHNSON et al, 2009 ; MAINI et al, 2010).

## **2. La lutte par les moyens physiques**

Les moyens de lutte physiques utilisables font appel aux traitements par l'électricité et la chaleur.

### **2.1. Par électricité**

Dans la province de Ryazan en ex URSS, un chercheur a mis au point une méthode de lutte efficace à 100% contre les varroas accrochés aux abeilles et qui utilise l'électricité (EGIN, 1988). Il s'agit d'une plaque percée de trous tout juste assez grand pour laisser passer les abeilles et qui est placée à l'entrée de la ruche. La plaque est trempée dans un électrolyte. Lorsqu'un courant de 12 volts passe par la plaque les varroas qui sont attachés aux abeilles sont paralysés et tombent tandis que les abeilles ne sont pas affectées.

### **2.2. La thermothérapie**

Plusieurs expériences ont été menées sur l'utilisation de la chaleur contre le varroa. Certaines avec un certain succès d'autres pas. Les acariciens sont très sensibles aux fortes chaleurs que les abeilles (42c° à 46c°). Donc avec la thermothérapie, il s'agit de trouver la température et la durée de traitement qui vont permettre de réduire le nombre d'acaricien sans tuer les abeilles.

Cette méthode consiste à chauffer les colonies à plus de 40c° pendant plusieurs minutes ou plusieurs heures pour tuer les parasites qui ne résistent pas à de telles températures.

Ainsi dans une expérience réalisée par un apiculteur français (CHAUDIERE, 1988), après avoir retiré la reine, on a élevé la température interne de la ruche jusqu'à 60°C par l'énergie solaire et on l'y a maintenue pendant 13 minutes. Le taux de destruction du varroa fut de 50% mais un nombre équivalent d'abeilles ont succombé.

Des expériences réalisées par (HARBO, 1986) ont démontré qu'une température de 39°C pendant 48 heures décimait les acariens de l'abeille, et beaucoup de praticiens croient que l'exposition d'une ruche au soleil a des effets bénéfiques sur sa santé. Notons enfin, que plusieurs appareillages ont été conçus et testés sur terrain notamment des études équipées de thermostat mais vu leur complexité et leurs exigences ainsi que leur prix élevé, ils ont été abandonnés.

### 3. La lutte biologique par agents vivants

La lutte biologique contre la varroase est aujourd'hui encore au stade de potentialité bien qu'elle soit la seule méthode pouvant assurer une efficacité à 100% (POPA, 1982). Ces méthodes sont actuellement de plus en plus étudiées dans le monde surtout en Europe. Elles se basent essentiellement sur une parfaite connaissance du cycle biologique du varroa d'une part et de celui de l'abeille d'autre part.

#### 3.1. Les champignons

Des isolats de champignons (*Verticillium lecanii*, *Hirsutella spp.*, *Paecilomyces spp.*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium spp.*, *Tolypocladium spp.*) testés expérimentalement ont permis d'infecter et de tuer *Varroa destructor* (KANGA et al, 2002 ; SHAW et al, 2002). Parmi ces champignons entomopathogènes, *Hirsutella thompsonii* et *Metarhizium anisopliae* semblent être les plus prometteurs dans une optique de contrôle biologique du parasite.

L'application de *Hirsutella thompsonii* augmente la mortalité de *Varroa destructor* sans observer d'effets délétères sur la colonie d'abeille et la fécondité de la reine (KANGA et al, 2002). *Metarhizium anisopliae* est particulièrement intéressant car outre sa pathogénicité pour *Varroa destructor* (85 % de mortalités), il a la capacité de bien se développer aux températures de la ruche (RODRIGUEZ et al, 2009). Cependant les modalités d'application ne permettent pas pour l'instant d'envisager l'utilisation courante de cette technique. De plus, il a été démontré que l'effet acaricide ou insecticide de certaines molécules est potentialisé par certains champignons entomopathogènes, ce qui pourrait être potentiellement dangereux pour la colonie d'abeilles (SANTOS et al, 2007).

### 3.2. Les bactéries

Des bactéries appartenant aux familles des Bacillaceae et des Micrococcaceae ont montré in vitro une pathogénicité vis-à-vis de *Varroa destructor* (TSAGOU et al, 2004). Des recherches complémentaires sont à envisager pour vérifier la possibilité de lutte biologique à partir de ces bactéries.

### 4. La lutte technique de conduite

La nécessité de disposer de moyens de lutte pour combattre les ravageurs se fait de plus en plus urgent devant les problèmes de résistance aux insecticides et aux fumigants par certains espèces d'insectes (SUBRAMANYAM et HAGSTRUM, 1995).

L'apiculteur peut avoir recours à des techniques de conduite du rucher pour enrayer ou diminuer l'infestation telles que le blocage de la ponte ou la pause de cadre piège.

#### 4.1. Le blocage de la ponte

En partant du fait que varroa ne peut se reproduire que dans les cellules de couvain, l'arrêt de la ponte de la reine perturbe et interrompt la multiplication des femelles varroas (FAUCON et FLECHE-SEBAN, 1988).

La reine étant bloquée dans le corps de la ruche, va manquer d'espace et ainsi arrêter ou limiter la ponte sur un seul cadre. A ce moment là, les varroas présents dans la ruche parasiteront cet unique cadre contenant du couvain. Une fois que ce dernier soit complètement operculé, on le retire pour le détruire et éliminer le maximum de varroas. Cette destruction anéantit du même coup 80% à 95% des varroas présents dans la colonie.

#### 4.2. Le cadre piège ou cadre témoin

Sachant que les femelles varroas ont une préférence pour le couvain de faux bourdons. Les apiculteurs ont exploités ce point-ci pour piéger le plus de parasites. Cette méthode consiste à introduire dans la ruche un cadre de construction(ou cadre piège) qui offre aux abeilles la possibilité de construire des cellules de mâle : la reine est obligée à pondre sur ce cadre où se concentrent pratiquement tous les varroas, ensuite, ce cadre piège est éliminé.

On peut remplacer le cadre de construction par des cadres de cire gaufrée de mâles, le couvain de ces cadres ayant attiré un grand nombre de varroa et il a été rapporté que près de 54% des parasites d'une colonie pourraient être supprimés. Comme, l'apiculteur peut avoir recours à d'autres méthodes tels que :



- ✓ L'introduction de jeunes reines dont la fécondité est très élevée ce qui permet d'avoir des colonies très fortes pouvant mieux se défendre contre le parasite.
- ✓ Le renforcement des défenses naturelles de l'abeille par une alimentation riche en protéines.
- ✓ Comme l'acarien dépend de l'abeille pour se déplacer dans la ruche ou d'une ruche à une autre, des apiculteurs indous ont trouvé une astuce simple et apparemment très efficace pour contrôler le varroa (SHAH et SHAH, 1988). Cette idée astucieuse consistait, dès l'apparition du varroa, à saupoudrer les abeilles de 10 à 15 grammes de farine de blé. Ce traitement est répété 3 fois à une semaine d'intervalle. La farine empêcherait simplement les acariens de s'accrocher à l'abeille et de voyager d'un rayon à l'autre. Cette méthode ne pose aucun problème ni aux abeilles, ni au miel.

## 5. Thérapie par les moyens naturels

Les grandes difficultés rencontrées actuellement pour lutter efficacement contre la varroase confèrent à cette maladie un caractère de haute gravité. Cette acariose dont l'extension paraît encore inexorable constitue un véritable fléau pour l'apiculteur.

Jusqu'à ce jour les recherches se poursuivent, certaines s'orientent vers une lutte biologique et d'autres sont plutôt pour la lutte chimique en cherchant une nouvelle formule d'acaricide. Ces produits généralement très efficaces ont permis de sauver jusqu'à présent une grande partie des colonies parasitées mais elles présentent certains inconvénients car ces traitements chimiques se révèlent à long terme inefficaces et dangereux pour les abeilles ainsi que pour les produits de la ruche. Pour ces raisons et afin de minimiser au maximum le recours aux produits chimiques dans la lutte, il est maintenant crucial que les apiculteurs aient l'accès à une nouvelle voie de recherche par l'application de produits d'origine naturels tels que les huiles essentielles extraites de plantes médicinales et aromatiques qui demeurent une source inépuisable de substances biologiquement actives et possèdent des propriétés biologiques très intéressantes. Des travaux ont été entrepris par plusieurs chercheurs afin toujours d'étudier l'efficacité des huiles essentielles.

En 1862, DELAFOND cité par GATINEAU(1985), constatait au microscope qu'une goutte d'huile essentielle de lavande, de citron, de romarin, de fleur d'oranger, de cannelle, de moutarde et de thym, tuait le sarcopte de la galle.

Dès lors, on peut imaginer qu'elles pourront agir sur *Acarapis woodi* et sur la varroase.

D'après MARCHETTI et al (1971), cités par ROBAUX(1986), la mélisse et la menthe ont donné les meilleurs résultats (75% de retombés). Plusieurs bouffées avec l'enfumeur par le trou d'envol sont nécessaires, le trou d'envol est ensuite fermé pendant une heure et la lecture des langes s'effectue 24h après. Les auteurs estiment que l'utilisation des plantes aromatiques est conçue d'avantage pour les diagnostics d'été.

Selon HOPPE et RITTER(1988) cité par FAUCON(1992), les huiles essentielles à base de géraniole jouent un rôle répulsif contre les acariens.

CHERRACK et DRAGUENDOUL(1993), ont appliqué l'armoise et le romarin par fumigation dans un rucher situé au domaine El Djoumhouria. L'efficacité obtenue par l'armoise est de 31,56% et celle du romarin est de 47,81%.

HARBADJI et NAOUI (1996), qui ont testés contre *Varroa destructor*, la trigonelle par fumigation, ont obtenu une efficacité moyenne estimée à 88,37%.

Plus précisément, EICHIN et WILSON(1997), ont déterminé l'efficacité de la fumée des produits naturels pour le contrôle de varroa. Les plantes testées pour leur activité potentielle sont : le noyer (*Juglans niger*), le genévrier (*Juniperus virginiana*), le café (*coffee arabica*), le neem (*Azadirachta indica*), le laurier rose (*Nerium oleander*), le poivrier (*Capsicum frutescens*) et le tabac (*Nicotiana tabacum*). Des groupes de 250 abeilles infestés furent exposés à la fumée froide de ces végétaux pendant 60 secondes. Les parasites tombés au départ étaient comptés. Les abeilles furent mises au dessus d'un canon blanc entouré de matière collante et placées dans un incubateur pendant 24h. Les parasites tombés furent encore comptés et puis les abeilles versées dans l'alcool pour dénombrés le reste de varroa vivants. Les chutes provoquées par la fumée de neem (*Azadirachta indica*) et de cèdre (*Cedrus* sp) atteignaient un résultat de 70% à 90%.

AOUDIA et AYAD (1998), avec des essais par contact et par fumigation de la trigonelle : *Trigonella foenum* et du navet *Brassica napus*. Ils ont montré que l'efficacité de la trigonelle par contact et par fumigation est respectivement de 29,03% et 32,91% et celle du navet par contact est de 32,31% et par fumigation est de 53,09%.

Ainsi les huiles essentielles de la camomille sauvage *Tagetes minuta*, d'*Héthertheca latifolia* et *Eucalyptus sp* administrés en pulvérisation montrent un effet acaricide important in vitro (EUGUARAS et al, 2005 ; RUFFINENGO et al, 2007).

ABDELWAHEB et al, (2006) ont utilisé les huiles de l'orange amère *Citrus aurantium*, du pamplemoussier *Cymbopogon flexuosus* et la citronnelle *Cymbopogon citratus* à des différentes concentrations (25%, 50%, et 100%), les résultats obtenus montrent que ces huiles ne sont efficaces qu'à partir de la quatrième semaine et avec la concentration de 100%.

D'autres parts, les travaux de MAGGI et al (2011) ont révélé l'efficacité de l'huile essentielle de romarin *Rosmarinus officinalis*.

En Argentine et au Brésil, de nombreuses huiles essentielles de plantes indigènes sauvages ont été testées et mis en évidence leurs effets acaricides et répulsifs (DAMIANI et al, 2011).

Selon KOTWAL et al (2013), les huiles essentielles présentent une efficacité variable selon les molécules, leurs associations et leurs dosages utilisés. Néanmoins, leur utilisation en combinaison avec plusieurs huiles essentielles et d'autres principes actifs pourrait fournir des solutions dans la gestion de la lutte contre *Varroa destructor* et ses souches résistantes.

## IV°/ LES HUILES ESSENTIELLES

### 1. Définition

Les huiles essentielles sont des extraits végétaux volatiles et odorants, appelées également substances organiques aromatiques liquides, qu'on trouve naturellement dans diverses parties des arbres, des plantes et des épices, elles sont volatiles et sensibles à l'effet de la chaleur (EVANS, 1998).

La norme AFNOR NF T 75 - 006 (2000) définit les huiles essentielles comme étant « des produits obtenus, soit à partir de matières naturelles végétales par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche. L'huile essentielle ainsi obtenue est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques».

Pour certains auteurs comme CARETTE (2000), il est important de distinguer huile essentielle et essence ; cette dernière est une sécrétion naturelle élaborée par l'organisme végétal, contenue dans divers types d'organes producteurs, variables selon la partie de la plante considérée.

En revanche, une huile essentielle est un extrait naturel de matières premières d'origine végétale, obtenu par distillation par la vapeur d'eau, c'est-à-dire que l'huile essentielle est l'essence distillée.

Selon SMALFIELD (2001), les huiles essentielles sont des mélanges de composés aromatiques des plantes qui sont extraites par distillation par la vapeur ou des solvants.

## 2. Localisation et procédés d'extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Parmi les 1 500 000 espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique (BRUNETON, 1999; DEGRYSE *et al*, 2008). Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles groupent, en particulier les Labiés, les Ombellifères, les Myrtacées et les Lauracées (BENAYED, 2008).

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles, dans des poils sécréteurs, dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs (BRUNETON, 1999; HAZZIT, 2002). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs, les feuilles, les racines, les rhizomes, les fruits, le bois et/ou les graines (BRUNETON, 1993; ANTON et LOBSTEIN, 2005).

On comprend dans ces conditions qu'il ne puisse pas exister un procédé unique d'obtention des huiles essentielles, et, plusieurs techniques d'extraction existent comme la distillation, l'hydrodistillation, hydrodiffusion, extraction assisté par microonde (KIMBARIS *et al*, 2006), l'expression à froid et l'extraction par solvant volatils.

Deux procédés sont principalement employés et font l'objet d'une monographie à la pharmacopée : l'hydrodistillation qui est la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée.

Le procédé consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. La vapeur d'eau formée au sein de l'eau bouillante entraîne les constituants de l'huile essentielle qui est recueillie après condensation et décantation (PARIS et MOYSE, 1965).

Selon BOCCHIO (1985), l'hydrodistillation sous pression pour l'obtention des huiles essentielles est une technique avantageuse car elle économise de la vapeur et augmente la production pour un même volume d'appareillage mais il faut l'employer avec certaines précautions.

L'entraînement à la vapeur d'eau est variante de l'hydrodistillation. Le principe consiste à placer la matière végétale sur une grille perforée à une certaine distance au dessus du fond d'un alambic dont la partie inférieure est remplie d'eau. La plante et l'eau ne sont pas en contact direct. L'eau est chauffée par rapport de chaleur de l'extérieur. La vapeur produite passe à travers la plante. Volatilise et entraîne l'huile essentielle. A la sortie de l'alambic, un essencier ou vase florentin sépare l'huile essentielle de l'eau de distillation dit « hydrolat » ou « eau florale ».

### **3. Propriétés physico- chimiques des huiles essentielles**

#### **3.1. Propriétés physiques**

Les huiles essentielles sont des substances liquides plus ou moins épaisses ayant une odeur souvent forte et très caractéristique. En général, elles sont incolores sauf certaines variétés comme la cannelle qui est rougeâtre et la camomille qui est bleutée. Les propriétés physiques des huiles essentielles se résument en leurs indices, pouvoir rotatoire, viscosité, densité, solubilité dans l'alcool, point d'ébullition et congélation.

Les huiles essentielles sont constituées de molécules aromatiques de très faible masse moléculaire (DEGRYSE et *al*, 2008). Elles sont très inflammables et très odorantes, liquides à température ambiante. Exposées à l'air, les huiles essentielles se volatilisent, elles ne sont que très rarement colorées. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau sauf les huiles essentielles de girofle et de cannelle. Elles ont un indice de réfraction (BRUNETON, 1999; DESMARES et *al*, 2008).

Ils sont solubles dans l'alcool, dans l'éther, dans les huiles mais insolubles dans l'eau à laquelle pourtant elles communiquent leur odeur. Elles sont rarement utilisées pures à cause de leur haut pouvoir d'action.

Les huiles essentielles sont extrêmement volatiles ce qui les différencie des huiles fixes et perdent rapidement leurs propriétés. Elles commencent à vieillir aux bords de six mois et on admet qu'elles n'ont pratiquement plus de propriétés thérapeutiques après deux années (ABRASSAT, 1988).

Elles perdent d'autant plus rapidement leurs propriétés qu'elles sont exposées à la chaleur ou à la lumière. C'est pour cette raison que toutes les huiles essentielles doivent être impérativement stockées dans des flacons de verre teintés bien fermés et doivent être conservées dans un endroit frais (BRUNETON, 1999).

### 3.2. Propriétés chimiques

La composition des huiles essentielles est généralement très complexe, à la fois par la diversité considérable de leurs structures et par le nombre élevé de constituants présents (ABID, 2008). On peut déterminer la composition des huiles essentielles par la chromatographie en phase gazeuse (CPG), c'est la technique la plus utilisée car elle permet de faire une analyse complète de plus d'une centaine de molécules chimiques que contient l'huile. Sur le plan chimique, les huiles essentielles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique utilisée. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes) (RUBERTO et BRATTA, 2000) et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (KURKIN, 2003).

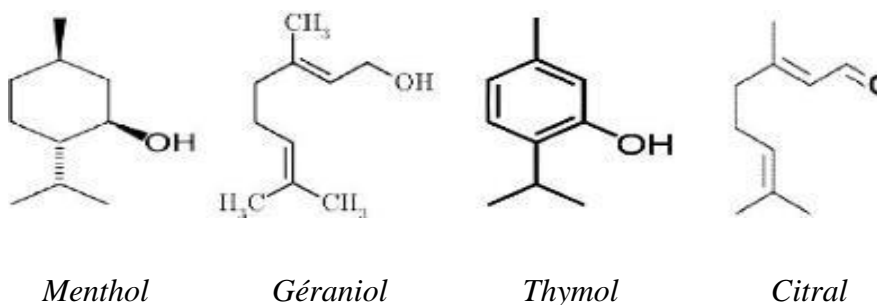
#### 3.2.1. Les terpénoïdes

Ces constituants proviennent de l'isoprène répondant à la formule générale  $(C_5H_8)_n$ , ils sont également appelés isoprénoides. Les terpènes sont des hydrocarbures naturels de structure cyclique, Les plus fréquents sont les monoterpènes ( $C_{10}$ ), les sesquiterpènes ( $C_{15}$ ), les moins fréquents les diterpènes ( $C_{20}$ ) et les triterpènes ( $C_{40}$ ).

##### 3.2.1.1. Les monoterpènes

Sont volatils d'odeur souvent agréable et représente la majorité des huiles essentielles, parfois plus de 900 monoterpènes (**Figure 32**) connus principalement dans trois catégories structurelles :

- ✓ Les monoterpènes acycliques (myrcène, ocimène...);
- ✓ Les monoterpènes monocycliques (alpha et gamma terpène...);
- ✓ Les monoterpènes bicycliques (pinène, camphène, limonène).



**Figure 32:** Les monoterpènes.

A ces terpènes se rattachent un certain nombre de substances à fonction chimiques (BRUNETON, 2008) :

- Alcools : ce sont des immunostimulants, ils possèdent d'excellentes propriétés anti-infectieuses, bactéricides, virucides et fongicides. Signalons le géranyl (rose et géranium), et le linalol (thym, lavande).
- Phénols : ce sont des molécules anti-infectieuses puissantes qui tuent directement les bactéries par destruction de leur membrane cellulaire (AUSLOOS, 2002b). Très acides, les phénols modifient fortement le terrain biologique dans un sens favorable à la santé, ils sont de puissants énergisants. En plus de leur activité bactéricide les phénols sont des virucides, des fongicides tels que le thymol dans le thym et l'eugénol dans le clou de girofle.
- Aldéhydes : ils sont de deux types : les aldéhydes aromatiques et les aldéhydes terpéniques. Les premiers ont des propriétés et des effets secondaires identiques aux phénols tandis que les aldéhydes terpéniques sont des calmants, des anti-inflammatoires et des antalgiques. Plus exactement, les phénols donnent aux huiles essentielles leurs propriétés anti-infectieuses, et les aldéhydes leurs propriétés anti-inflammatoires.
- Cétones : ce sont des composés très actifs. A faibles doses, les cétones sont calmantes, sédatives. A forte doses, ils sont neurotoxiques, faiblement antiseptiques mais surtout immunostimulantes et cicatrisantes signalons le menthol (menthe), le camphre (le romarin, la sauge).
- Acides : ils sont généralement présents à l'état de traces dans les huiles essentielles, souvent sous la forme combinée d'esters. Etant très solubles, les acides se trouvent d'avantage dans les eaux de distillation (hydrolats) comme l'acide benzoïque et l'acide cinnamique.
- Esters : ils ont une action antispasmodique et calmante comme l'acétate de linalyle (bergamote, lavande). Ils agissent surtout sur le système nerveux, et sont considérés préférentiellement comme antispasmodiques mais aussi comme rééquilibrant nerveux.
- Oxydes : 1.8-cinéole (eucalyptol) et aussi les éthers cycliques, tetrahydrofuraniques qui pour certains jouent un rôle majeur dans l'arome de fruits (oxydes de linalol, oxydes de roses)

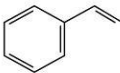
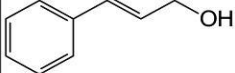
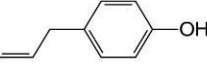
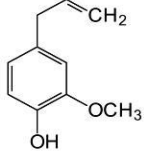

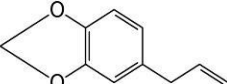
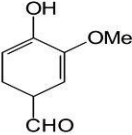
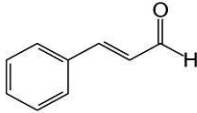
### 3.2.1.2. Les sesquiterpènes

Ces composés sont souvent représentés en faibles quantités dans les huiles essentielles et n'apportent pas ou peu d'effets toxiques, ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme : carbures mono ou polycycliques (beta-bisobolène, beta-caryophyllène). Les alcools (farnésol, carotol), les cétones (cis-longipinane-2.7-dione), les aldéhydes (sininsals) et les esters (acétate de cedryle) (BRUNETON, 1999).

### 3.2.2. Les composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celles des composés aromatiques dérivés de phenylpropane (C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) ou composés phénoliques qui sont moins abondants que les terpénoides. Cette classe comporte des composés odorants bien comme la vanilline, l'eugénol et bien d'autres (**tableau 3**). Ils sont plus fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (fenouil, anis, basilic).

**Tableau 3** : Structures de quelques composés aromatiques (KOUL et *al*, 2008).

Composés Aromatiques				
	<b>Styrene</b> benzene	<b>Cinnamyl alcohol</b> alcohol	<b>Charvicol</b> phenol	<b>Eugenol</b> phenol
				
	<b>Anethol</b> Methoxy derivative	<b>Safrol</b> Methylene dioxy compound	<b>Vaniline</b> Phenol	<b>Cinnamaldehyde</b> phenol

## 4. Caractéristiques des huiles

### essentielles 4.1. Intérêt thérapeutique

Les huiles essentielles sont naturellement actives et présentent des garanties d'efficacité d'hygiène et de santé indiscutables (GATINEAU, 1985).

Au cours des cinquante dernières années, l'aromathérapie s'est développée énormément et les huiles essentielles sont utilisées pour leurs vertus médicinales ainsi que pour leurs arômes. Quel que soit le mode d'utilisation, les huiles essentielles prolongeront leurs actions sur tous



les plans grâce à leur volatilité et à leur extraordinaire pouvoir de pénétration. De nos jours, les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En :

- Phytothérapie : Les huiles essentielles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne (PELLECUER *et al*, 1980). Cependant, elles possèdent également des propriétés cytotoxiques qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectant en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre.
- Les huiles essentielles trouvent également des applications dans diverses industries telles que les industries agroalimentaires pour aromatiser la nourriture (menthe, thym, laurier, anis...). Ils ont également des propriétés fongicides (MAHADEVAN, 1982) et très efficace contre les moisissures responsables de la détérioration des denrées alimentaires lors de leurs stockages.
- Dans le domaine phytosanitaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourrait également être employés comme agent de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (ZAMBONELLI *et al*, 2004). En effet, les composés terpéniques des huiles essentielles et plus précisément leurs groupements fonctionnels tels que les phénols et les aldéhydes réagissent avec les enzymes membranaires et dégradent la membrane plasmique des levures (GIORDANI et KALOUSTIAN, 2006).
- Traditionnellement, les huiles essentielles sont également utilisées dans l'industrie de la parfumerie, de la savonnerie et de la cosmétique moderne citons seulement :
  - Le bêta carotène de l'huile des racines de carottes séchées, principe actif à la base de nombreuses crèmes solaires.
  - L'huile de blé utilisée notamment dans la fabrication des crèmes anti-âge, des rouges à lèvres, des crèmes de jours, des gels et des huiles solaires.

#### 4.2. Effets indésirables des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont présentées, généralement comme « sans danger ». Mais ces substances naturelles sont aussi des composés puissants. Par leur composition chimique complexe, les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome (DEGRYSE *et al*, 2008).

Les effets toxiques d'une huile essentielle varient considérablement selon sa nature (TRAORE, 2006). Certaines se révèlent cytotoxiques. Les huiles essentielles du thym et de la lavande, selon la phase dans laquelle elles sont mises en contact ; à titre d'exemple, elles sont avérées cytotoxiques pour des cellules de hamster chinois. Par ailleurs, des huiles essentielles de différentes variétés d'origan ont montré une forte cytotoxicité sur des cellules humaines dérivées du cancer (PIBIRI, 2006).

Les études toxicologiques ne sont pas encore suffisamment nombreuses pour réglementer l'emploi général des huiles essentielles. Ces dernières sont très puissantes et certaines pourraient avoir des effets secondaires ou toxiques si elles sont utilisées à mauvais escient ou en surdosage :

- Les huiles essentielles de moutarde et de sabine ne sont pas commercialisées car elles sont vésicantes et nécrosantes.
- Les huiles essentielles riches en cétones : thujone, menthone, présentent une toxicité pour les tissus nerveux immatures ou fragilisés.
- Les huiles essentielles de térébenthine de genévrier stimulent l'activité rénale et peuvent irriter les néphrons des patients souffrant d'insuffisance rénale.
- Les huiles essentielles phénolées ou riches en aldéhyde sont très agressives pour la peau elles seront toujours situées (20% maximum). Dans une huile végétale adoucissante (noisette, amande douce, germe de blé).

Les molécules acaricides peuvent également contaminer les produits issus de la ruche (miel, pollen, cire, propolis, ...) et peser sur la qualité de ces produits. Cela peut également compliquer la valorisation des produits issus de la ruche dans des industries telles que la cosmétique ou la pharmaceutique (ROSENKRANZ et *al*, 2010). A cet effet, nous allons nous intéresser aux données bibliographiques sur la composition physico-chimique du miel.



# ***CHAPITRE II***

## ***Le Miel***

## 1. Généralités sur les miels

### 1.1. Définitions

Le miel produit par les abeilles a été, de tout temps, récolté par l'homme de façon artisanale et utilisé pour ses propriétés nutritives et thérapeutiques. Il constitue, durant des millénaires, la seule source abondante de matières sucrées dont on pouvait disposer.

Actuellement, le miel est perçu comme un aliment naturel, bénéfique pour la santé. Cette image d'un miel guérisseur persiste malgré quelques cas anecdotiques d'allergie ou d'intoxication. A Babylone, il était employé en ophtalmologie et pour les maladies de l'oreille. En Afrique, il joue un grand rôle dans l'alimentation et la pharmacopée pour soigner brûlures, morsures de serpent ou plaies infectées.

Selon BLANC (2010), Le miel est défini comme étant la denrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant de parties vivantes de plantes. En effet, elles butinent, transforment, combinent avec des matières propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut-être fluide, épaisse ou cristallisée ».

Le miel est de ce fait « la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche (CODEX, 2001).

LOUVEAUX, 1985, définit le miel comme étant une denrée produite par les abeilles mellifiques à partir de certains organes du nectar des fleurs ou d'autres parties de la plante.

### 1.2. Classification des miels

#### 1.2.1. Origine

Selon PROST (1987), le miel provient des plantes par l'intermédiaire des abeilles. Et cela à partir du nectar recueilli dans la fleur au niveau de petites glandes végétales nommées nectaires, ou du *miellat* recueilli sur les plantes liée à l'excrétion de certains insectes piqueurs-suceurs de sève.

Selon l'origine qu'il vient du nectar ou du miellat, il existe l'origine directe et indirecte.

### 1.2.1.1. Origine directe : Miel de nectar de fleurs

Liquide plus ou moins doux et parfumé produit par les fleurs des plantes supérieures (BIRI, 1976) ; Le nectar est en général la source principale de miel, et le liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles (MARCHENAY et BERARD, 2007). Les nectaires, organes de sécrétion du nectar, sont des glandes de petites dimensions à localisation variable. On distingue :

- les nectaires floraux : lorsque le nectar se trouve dans les fleurs
- les nectaires extra-floraux : lorsque le nectar se trouve sur une autre partie de la plante, en général à la base des feuilles (GAGNON, 1987).

#### 1.2.1.1.1. Composition du nectar

Le nectar est un mélange chimique complexe constitué d'eau, de sucres, ainsi que d'autres substances (protéines, lipides, minéraux). Dans la majorité des nectars floraux, les sucres constitutifs sont le glucose, le fructose et le saccharose. On outre des sucres on peut trouver des substances inorganiques ( $K^+$  et  $Na^+$ ), des protéines, des enzymes, des acides aminés (glutamine, méthionine, serine, tyrosine, cystéine, proline, alanine), acides organiques, substances aromatiques, alcaloïdes et des substances phénoliques (NICOLSON et *al*, 2007).

Selon MELIN (2002), on distingue trois types principaux de nectars en fonction des plantes butinées :

- le nectar à saccharose prédominant,
- le nectar à taux équivalent de saccharose, fructose et glucose,
- le nectar dans lequel glucose et fructose prédominent.

### 1.2.1.2. Origine indirecte : Miel du miellat

Le miellat est un liquide sucré sécrété par les pucerons et autres insectes se nourrissant de sève, telles les cochenilles. Ces insectes munis d'un appareil buccal piqueur suceur, prélèvent la sève dont ils se nourrissent en perforant la plante qui les abrite (BRUNEAU, 2004).

Le miellat est plus dense que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes. Il est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar et produit un miel plutôt foncé, moins humide que le miel de nectar (BONTÉ et DESMOULIÈRE, 2013).

### 1.2.1.2.1. Composition de miellat

Le miellat est une solution sucrée concentrée dont 90 à 95 % de la matière sèche est composée de sucre avec de petites parts (0,2 à 1,8 %), de substances azotées (acides aminés, protéines), sels minéraux, acides et traces de vitamines telles que la thiamine et la biotine. Le sucre principal du miellat est le saccharose. Contrairement au nectar, le miellat contient différentes quantités de triholoside comme le mélézitose. La composition du miellat varie en fonction de l'insecte et de l'essence de l'arbre (BOGDANOV *et al*, 2007).

### 1.2.1.2.2. Plantes à la base de production de miellat

Les plantes hôtes des insectes produisant du miellat sont surtout des arbres forestiers ou d'ornementation. Il s'agit essentiellement du sapin, de l'épicéa, du mélèze et du chêne. Sur d'autres arbres, tels que le châtaignier, l'érable, le bouleau, l'aulne, le frêne, le charme, le noisetier ; on note la présence d'insectes producteurs de miellat (DELEGUE, 2005).

### 1.2.1.2.3. Comparaison entre miel d'origine directe et miel d'origine indirecte

Le miel de miellat ressemble au miel de nectar par certaines caractéristiques : teneur en eau, en sucres, en vitamines, en diastases. Mais il présente des différences marquées qui révèlent l'origine différente de la matière première. Elles concernent particulièrement la coloration dont la plupart des miels de miellat ont une couleur plus foncée que miel de nectar. D'après WEISS (1985), la couleur de miel de miellat va de l'incolore au noir passant par le blanc, le jaune, le brun ambré et le brun vert. En outre de la coloration, le miel de miellat se différencie de miel de nectar par la conductivité électrique qui est une mesure indirecte de la minéralisation des miels.

Comme l'indique BIRI (2010), Le miel de miellat est très riche en sels minéraux (**Tableau 4**) que miel de nectar, alors il présente une conductivité électrique plus élevée.

Les miels de miellat cristallisent généralement peu et contiennent moins de glucose et de lévulose mais d'avantage d'autres sucres que le miel de nectar (PROST, 1979).

**Tableau 4** : composition de miel de nectar et miel de miellat(%) (CRAAQ, 2009).

Constituants	Miel de nectar	Miel de miellat
<b>Eau</b>	17,2	16,3
<b>Fructose</b>	38,2	31,8
<b>Glucose</b>	30,3	26,0
<b>Saccharose</b>	1,3	0,8
<b>Maltose</b>	7,3	8,8
<b>Sucres supérieurs</b>	1,4	4,7
<b>Autres</b>	3,1	10,1
<b>Minéraux</b>	0,17	0,74
<b>pH</b>	3,5-4,5	4,5-5,5

### 1.2.2. Les types de miel

Le miel varie selon l'origine florale DONADIEU (1982), signale que selon cette origine nous avons les miels mono-floraux et les miels multi-floraux :

#### 1.2.2.1. Les miels mono-floraux

Le miel mono floral issu d'un nectar, ou d'un miellat, provient de façon prédominante (généralement à plus de 50%) d'une unique source florale. Il est produit par des abeilles qui vivent au voisinage d'une culture extensive ou dans une région n'offrant que peu de ressources florales (RICHARD *et al*, 2011).

#### 1.2.2.2. Les miels multi-floraux

Ces miels sont élaborés par les abeilles à partir du nectar ou de miellat provenant de plusieurs espèces végétales (CLEMMENT, 2002). Les miels multi floraux sont souvent classés suivant les lieux de récolte (miel de montagne, de forêt), ou encore suivant les saisons (miel de printemps ou d'été) (DONADIEU, 1982).

## 2. Fabrication du miel

### 2.1. Fabrication du miel par les abeilles

#### 2.1.1. Collecte du nectar par l'abeille

Les abeilles sont « végétariennes », le pollen de fleurs couvre leurs besoins en protéines. Le miel est tout d'abord leur source d'énergie, chaque colonie en produit environ 100 kg par année pour ces propres besoins. Seules 10 à 30 kg sont récoltés par l'apiculteur. Les abeilles trouvent pollen et nectar dans les fleurs, le pollen est transporté sur les pattes, le nectar dans le jabot. Sitôt prélevée, la matière première est mélangée aux sécrétions des glandes salivaires de l'insecte, qui la modifie (LIPP, 1994). Ce miel brut est ensuite travaillé et stocké par de jeunes ouvrières à partir de leur dixième jour de vie. Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes (ALVAREZ, 2010).

Pour produire 100g de miel, l'abeille butineuse doit visiter un nombre considérable de fleurs (**Figure 33 et 34**), environ un million selon (IOÏRICHE, 1984). Elle aspire le nectar à l'aide de sa trompe.



**Figure 33** : Butineuse sur une fleur de lavande

*(Lavandula angustifolia)*



**Figure34** : Butineuse sur une fleur d'amandier

*(Prunus dulcis)*

Que ce soit du nectar ou du miellat qu'elles recueillent, les abeilles ajoutent de la salive, ce qui le rend fluide et surtout l'enrichit en enzymes provenant des glandes pharyngiennes labiales et thoraciques (MAURIZIO, 1968).

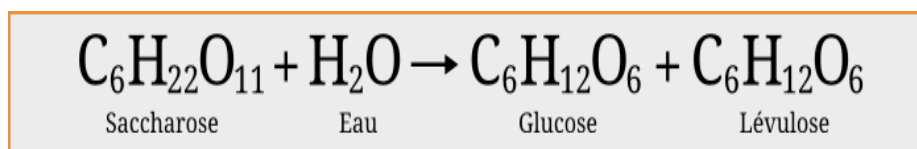
Elles remplissent leur jabot puis transportent miellat ou nectar jusqu'à leur ruche. Là, elles distribuent aux ouvrières d'intérieur et aux mâles. Miellat et nectar passent à plusieurs reprises



d'une abeille à une autre en subissant chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres. De retour à la ruche, Déposé dans les alvéoles, le miel sera concentré, protégé ; il achèvera sa transformation biochimique (ALVAREZ, 2010).

### 2.1.2. Transformation du nectar en miel

Après son aspiration par la trompe, le nectar arrive dans le jabot de l'abeille. C'est dans ce dernier que s'amorce la longue transformation. En effet, La maturation du nectar en miel consiste en une transformation des sucres et une diminution de la teneur en eau. Elle commence dès la récolte du nectar par l'abeille, se poursuit lors du stockage dans la ruche et même un peu après la récolte du miel par l'apiculteur (POPA, 1962 et MAURIZIO, 1968). Les enzymes apportées par la salive, et en particulier l'invertase, hydrolysent le saccharose en glucose (dextrose) et de fructose (lévulose) (GONNET et VACHE, 1985). La transformation s'exprime par l'équation suivante :



Une autre enzyme appelée glucose-oxydase catalyse l'oxydation de certaines molécules de glucose en acide gluconique, ce qui confère au miel son acidité. Lors de cette réaction, du peroxyde d'hydrogène est également produit (SIMPSON, 1960, POPA, 1962 et MAURIZIO, 1968). Puis commence la phase d'évaporation passive de l'eau qui dure 1 à 3 jours pendant lesquels les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes pour amener la teneur en eau à environ 18%, qui est la teneur idéale (POPA , 1962 et MAURIZIO , 1968).

Lorsque le miel est mature et qu'il atteint un faible degré d'humidité, la glucose-oxydase devient inactive et le produit se stabilise. Les abeilles cirières operculent l'alvéole à l'aide d'une fine couche de cire, imperméable à l'air, ce qui permet une longue conservation du miel.

## 2.2. Récolte et mis en pot

### 2.2.1. La récolte

Selon JEAN-PROST (2005), la récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand la ruche est devenue très lourde (mi-avril, mi-mai). L'apiculteur retire les cadres du miel, il ne laisse que les provisions nécessaires pour que les abeilles puissent nourrir les

jeunes larves et éventuellement passer l'hiver. Ce sont les cadres de la hausse, partie supérieure de la ruche, qui vont être prélevés. Les cadres du corps, partie inférieure, plus grands, servent de réserve pour les abeilles durant l'hiver. Avant d'extraire les cadres de hausse l'apiculteur devra signaler sa présence aux abeilles en les enfumant. Cette méthode permet également de les calmer et d'être moins agressives. L'apiculteur devra alors enlever le toit puis décoller doucement les cadres qui peuvent être retenus par l'amalgame de propolis. Les hausses pleines de cadres de miel operculés doivent être transportées jusqu'à la miellerie.

### 2.2.2. La désoperculation

Avant d'extraire le miel d'un cadre, les cadres gorgés de miel seront désoperculés, la couche de cire qui ferme les alvéoles va être enlevée pour libérer le miel. Pour ce faire un couteau ou une herse à désoperculer permettront de couper avec précision la fine couche de cire au-dessus des alvéoles (**Figure 35**).

Les déchets de cire obtenus sont mis de côté dans un bac spécial afin de permettre la récupération de la cire et du miel qu'elle emporte avec elle et éventuellement pour l'utiliser comme nourriture pour les abeilles. Il est préférable de choisir une journée calme, ensoleillée. On peut intervenir soit le matin où les butineuses sont encore nombreuses dans la ruche mais le calme règne, soit en fin d'après-midi (ANCHLING, 2009).

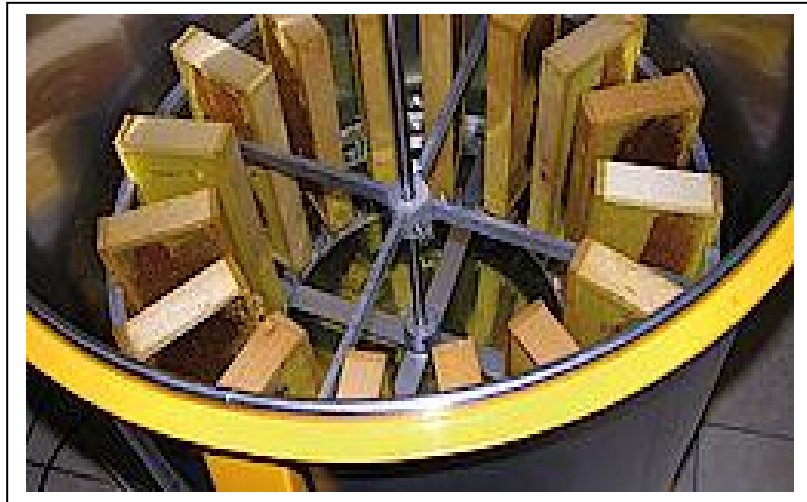


**Figure 35 : Désoperculation**

### 2.2.3. L'extraction

Le miel est extrait des cellules par centrifugation des rayons désoperculés des hausses. Cette technique ne donne pas un miel pur car elle présente l'inconvénient d'émulsionner le

miel et de ne pas éliminer les particules de cire arrachées aux rayons, les fragments de propolis et les amas de pollen. Les cadres sont placés dans la centrifugeuse, en les répartissant de manière équilibrée selon leur poids. La rotation s'effectue ensuite de manière progressive jusqu'à ce que tout le miel contenu dans les alvéoles soit projeté contre les parois. Le miel glisse le long des parois, s'accumule au fond de l'extracteur et est récupéré par l'apiculteur après ouverture de la vanne (**Figure 36**).



**Figure 36:** Centrifugation

Après l'extraction, les hausses vides doivent être replacées sur les ruches pendant deux jours afin que les abeilles récupèrent totalement les dernières gouttes de miel qu'elles contiennent. Seules des hausses parfaitement vides pourront être stockées pour la saison suivante. Selon LOUVEAUX(1985), pour avoir un miel prêt à la mise en pot, il faut lui faire subir une épuration qui s'effectue par filtration ou décantation (EMMANUELLE et *al*, 1996).

#### **2.2.4. La filtration**

Une fois que tous les cadres sont vides, on remarque que le miel contenu dans la cuve contient de nombreuses impuretés, de la cire notamment. Il faudra alors le filtrer dans une sorte de grand tamis pour l'épurer. Cette méthode utilise des filtres à mailles de 0,1 mm. Le miel recueilli passera par un tamis à double filtre : un premier à mailles larges pour recueillir les plus grosses impuretés telles que des fragments de cire, un second à mailles plus fines permet de retenir les plus petites particules (ANCHLING, 2009) (**Figure 37**).



**Figure 37:** Filtration.

### 2.2.5. La maturation et l'écumage

Cette méthode consiste à laisser le miel reposer durant quelques jours dans de grands conteneurs cylindriques « maturateur » hermétiquement fermé, maintenus à 25°C au moins, de manière à ce que les bulles d'air et les impuretés cireuses montent à la surface et constitue une écume qui sera retirée (**Figure 38**). Mais les impuretés microscopiques, comme les grains de pollen ne remontent qu'au bout de quelques mois; or il est impraticable de laisser le miel quelques mois dans les maturateurs.



**Figure 38 :** Du seau vers le maturateur.

### 2.2.6. Le conditionnement

Après ouverture du couvercle du maturateur puis de la vanne située en partie déclinée, les pots sont remplis un à un et fermés immédiatement (**Figure 39**).



**Figure 39** : Mise en pot

### 2.2.7. L'emballage, l'étiquetage et la conservation

La dernière étape consiste à ajouter une étiquette conforme pour la vente. L'étiquette doit fournir les indications suivantes :

- Le nom et l'adresse de l'apiculteur.
- Le poids du miel contenu dans le récipient.
- L'origine florale du miel.
- Une date de garantie, à consommer de préférence avant fin mois/année, mais il ne s'agit pas d'une date de péremption (GUERRIAT, 2000).

Selon (BLANC, 2010), le miel est un produit périssable qui subit au cours du temps un certain nombre de modifications aboutissant inévitablement à la perte de ses qualités essentielles. La conservation du miel nécessite des conditions précises tels que l'humidité, la chaleur et à l'abri de la lumière. La température élevée provoque la dégradation des sucres, une perte d'arôme et une augmentation de l'acidité (EMMANUELLE et *al*, 1996).

## 3. Composition chimique de miel

Comme nous l'avons précisé, le miel est un produit dont la fabrication demande plusieurs étapes et chacune d'entre elles a une influence sur sa composition chimique (**Tableau 5**).

Toutefois, nous remarquons dans le miel certains groupes de substances qui sont toujours présentes mais en quantité variable et cela selon la source. Il y a l'eau, les glucides, les protéines ou substances azotées, les acides organiques, les lactones, les substances minérales, les oligo-éléments, les vitamines, les lipides, les produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxy-méthyl-furfural (MBOGNING *et al*, 2011).

**Tableau 5:** Principaux composants du miel en pourcentage (IRLANDE, 2010).

Carbohydrates (75%-80%)	Acides (0,1-0,5%)	Protéines et acides aminés (0,2-2%)	Minéraux (0,1-1,5%)	vitamines	Enzymes	Autres constituants
<p><b>Monosaccharides</b> (70-75%) Fructose. Glucose</p> <p><b>Disaccharides</b> Maltose. Isomaltose Saccharose Nigerose .Kojibiose</p> <p><b>Autres Saccharides</b></p>	<p>Acide gluconique</p> <p>Acide acétique</p> <p>Acide butyrique</p> <p>Acide citrique</p> <p>Acide formidue</p> <p>Acide lactique</p> <p>Acide malonique</p> <p>Acide oxalique</p> <p>Acide pyroglutamique</p> <p>Acide succinique</p> <p>Acide fumarique</p> <p>Acide tartarique</p> <p>Acide <math>\alpha</math> Kétoglutarique</p> <p><b>Probablement présents :</b></p> <p>Acide glycolique</p> <p><math>\alpha</math> ou <math>\beta</math>- glycerophosphate</p> <p>Acide pyruvique</p> <p>Acide 2 ou 3- phosphoglycerique</p>	<p>Différents types de protéines d'abeilles et de la plante d'origine</p> <p><b>Acides aminés libres :</b></p> <p>Proline</p> <p>Lysine</p> <p>Histidine</p> <p>Arginine</p> <p>Acide aspartique</p> <p>Thréonine</p> <p>Serine</p> <p>Acide glutamique</p> <p>Glycine</p> <p>Alanine</p> <p>Cystine</p> <p>Valine</p> <p>Méthionine</p> <p>Isoleucine</p> <p>Leucine</p> <p>Tyrosine</p> <p>Phénylalanine</p> <p>Tryptophane</p>	<p>Potassium</p> <p>Sodium</p> <p>Calcium</p> <p>Magnésium</p> <p>Fer</p> <p>Cuivre</p> <p>Manganèse</p> <p>Chlore</p> <p>Phosphore</p> <p>Sulfure</p> <p>Aluminium</p> <p>Iode</p> <p>Bore</p> <p>Titane</p> <p>Molybdène</p> <p>Cobalt</p> <p>Zinc</p> <p>Plomb</p> <p>Etain</p> <p>Antimoine</p> <p>Chrome</p> <p>Nickel</p>	<p>Acide ascorbique</p> <p>Riboflavine</p> <p>Acide pantothénique</p> <p>Niacine</p> <p>Thiamine</p> <p>Pyridoxine</p> <p>Biotine</p> <p>Acide folique</p>	<p><math>\alpha</math> et <math>\beta</math> amylase</p> <p>Gluco- invertas</p> <p>Fructo- invertytase</p> <p>Glucose oxydase</p> <p>Catalase</p> <p>Acide phosphatase</p>	<p>Esters</p> <p>Aldéhydes</p> <p>Cétones</p> <p>Alcools</p>

### 3.1. Les éléments majeurs :

#### 3.1.1. L'eau

La teneur en eau est l'une des caractéristiques la plus importante des miels. Elle conditionne la conservation du produit, son poids spécifique, et dans certaine mesure sa cristallisation (TERRAB et *al*, 2002). Le miel est operculé par les abeilles lorsque sa teneur en eau atteint en moyenne 17 à 18% (BOGDANOV et *al*, 2005). Un miel trop humide risque de fermenter (DAILLY, 2008).

Il existe un lien entre le teneur en eau ou l'activité de l'eau et la teneur en levure dont le miel avec une teneur plus élevée en eau est aisément susceptible à la fermentation par les levures osmophiles, capables de se multiplier dans des solutions sucrées très concentrées. Les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte trop précoce et d'un climat humide (BOGDANOV et *al*, 2004).

#### 3.1.2. Les glucides

Les glucides constituent la plus grande partie du miel, soit environ 80%. Parmi ces sucres figurent le fructose et le glucose, Nous les trouvons en quantités presque égales dans les miels. Cependant, le rapport de la quantité de fructose sur la quantité du glucose est très important et varie de 0,76 à 1,76% environ, ainsi le saccharose dont la quantité peut aller jusqu'à 7% et le maltose dont la quantité varie de 2 à 7% (KHENFER et FETTAL, 1997).

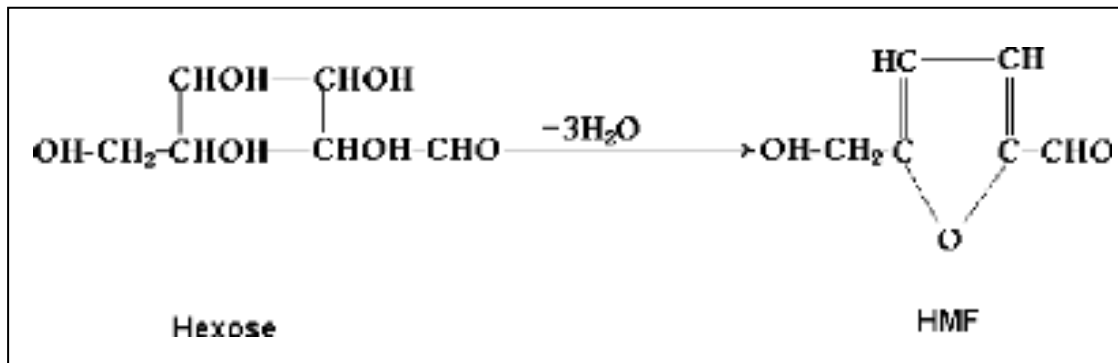
Le fructose dans le miel est beaucoup plus soluble que le glucose. Un miel riche en fructose cristallisera lentement. A l'opposé, un miel riche en glucose cristallisera très rapidement. Le rapport de ces deux sucres va donc influencer la vitesse de cristallisation (DAILLY, 2008).

### 3.2. Les éléments mineurs :

#### 3.2.1. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)

On appelle hydroxyméthylfurfural, ou simplement HMF le produit de dégradation du fructose dans le miel (**Figure 40**). Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent. Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides (KUÇUK et *al*, 2007). Le taux de HMF est d'autant plus élevé que le miel est ancien ou a été exposé à de fortes températures, notamment lorsqu'il est chauffé pour extraction.

Mesurer la quantité de HMF dans un miel révèle sa perte de qualité. À faible température, le taux de HMF évolue plus lentement (LOBREAU-CALLEN et *al*, 1999).



**Figure 40:** Processus de la formation de l'HMF.

### 3.2.2. Les sels minéraux et les oligoéléments

La teneur en sels minéraux d'un miel est en général faible, avec d'importantes variations : les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs.

Le miel constitue différents sels minéraux comme indique dans le **tableau 6** :

**Tableau 6:** Teneur du miel en minéraux (PHILIPPE, 2007).

Minéraux	Teneur (mg/100g de miel)
Calcium	4 à 30
Chlore	0,002 à 0,02
Cuivre	0,01 à 0,1
Iode	—
Fer	0,1 à 3,4
Magnésium	0,7 à 13
Manganèse	0,02 à 10
Phosphore	2 à 60
Potassium	10 à 470
Sodium	0,6 à 40
Zinc	0,2 à 0,5



### 3.2.3. Les protéines

Le miel contient peu de protides, soit 0,1 à 0,2% du poids frais. Ces protides sont en générale des protéines et des acides aminés (**Tableau 7**). La source de protéine dans la ruche étant le pollen. Nous mentionnons que la proline, un des acides aminés, se retrouve toujours dans le miel. L'origine des protides est diversifié puisque ceux-ci peuvent provenir du nectar, de sécrétions des abeilles ou de pollen présents dans le miel (CRAAQ, 2009).

Selon (MEDA et *al*, 2005), des recherches plus récentes ont permis de mettre en évidence la présence de 16 acides aminés libres différents.

**Tableau 7:** les acides aminés dans le miel (BELITZ et *al*, 2009).

Acide aminé	Mg/100g de miel
Acide aspartique	3,44
Asparagine + glutamine	11,64
Acide glutamique	2,94
Proline	59,65
Glycine	0,68
Alanine	2,07
Cystine	0,47
Valine	2,00
Méthionine	0,33
Isoleucine	1,12
Leucine	1,03
Arginine	1,72
Tyrosine	2,58
Phénylalanine	14,75
B-alanine	1,06
$\gamma$ -aminobutanoïque	2,15
Lysine	0,99
Ornithine	0,26
Histidine	3,84
Tryptophane	24,53
<b>Total</b>	<b>118.77</b>

### 3.2.4. Les enzymes

Le miel est riche en enzymes sauf s'il a été chauffé. Les enzymes contenues dans le miel sont de deux origines : végétale et animale. Le nectar contient des enzymes produites par les nectaires de la plante. Les abeilles y ajoutent des enzymes provenant de leurs glandes salivaires. L'une de ces enzymes, le glucose oxydase, permet la production du peroxyde d'hydrogène (BALLOT-FLURIN, 2010) ; en outre de glucose oxydase, nous trouvons dans les miels : l'invertase ou  $\alpha$ -1,4 glucosidase qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, l'amylase ou  $\alpha$  amylase couramment appelée diastase, qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose, la catalase et la phosphatase. Selon SERRANO et *al*, (2007), l'invertase et l'amylase sont importantes pour l'appréciation du miel.

### 3.2.5. Les lipides

Le miel est pauvre en lipide : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappaient à la filtration (HUCHET et *al*, 1996). Cependant, LOUVEAUX et ABID (1984), identifie des glycérides et des acides gras tels que l'acide palmitique les acide oléiques et linoléique et très peu d'acide laurique myristoléique (CHAUVIN, 1987).

### 3.2.6. Les acides

Les miels contiennent des acides organiques dont certains sont volatils, ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions enzymatiques et de fermentations.

Bien que le miel en contienne moins de 1%, le miel de forêt peut contenir jusqu'à 2%. Les acides jouent néanmoins un rôle déterminant dans la formation de son goût. L'acide principal est l'acide gluconique. On trouve aussi dans le miel d'autres acides comme l'acide formique, l'acide lactique et l'acide oxalique (BOGDANOV et *al*, 2006).

### 3.2.7. Les vitamines

Les vitamines sont majoritairement apportées via les grains de pollen. Les vitamines liposolubles A, D, E et K sont présentes de façon virtuelle. Elles ne sont quasiment pas détectées par nos méthodes de dosage actuelles. Les vitamines hydrosolubles sont composées essentiellement par les vitamines du groupe B : B1, B2, B3, B5, B6, B8 et B9. La vitamine C

peut également être retrouvée de façon occasionnelle, notamment dans le miel de menthe (DOMEREGO et al, 2009).

### **3.2.8. Les autres composants**

De nombreuses autres substances diverses, et plus particulièrement un principe cholinergique proche de l'acétylcholine, une substance oestrogénique, des flavonoïdes dotés de multiples et intéressantes propriétés physiologiques. Comme on peut trouver des alcools et des esters, des substances aromatiques qui non seulement donnent l'arôme et le goût spécifique d'un miel donné, mais qui ont aussi des vertus thérapeutiques, des matières pigmentaires spécifiques à chaque miel qui lui donnent sa couleur propre, et enfin des grains de pollen qui en signent l'origine botanique ainsi que d'autres substances identifiées mais encore mal connues (IRLANDE, 2010).

## **4. Description de principales données d'analyse**

Les analyses de miel se pratiquent depuis fort longtemps et la liste des auteurs ayant travaillé sur ce sujet est impressionnante, ils sont alors arrivés peu à peu à définir un certain nombre de critères se rapportant aux divers aspects physico-chimiques du produit ainsi que sa composition. Les principaux paramètres de miel sont la coloration, l'humidité, la teneur en matière insolubles dans l'eau, la conductivité électrique, le pH et l'acidité, le spectre de sucre, la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité de l'amylase également appelé indice diastasique, l'activité de l'invertase, le dosage de glycérol et le pouvoir rotatoire (BOGDANOV et al, 1997). Nous définissons quelques paramètres dans ce qui suit.

### **4.1. La teneur en eau**

La teneur en eau est un facteur hautement important, elle permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur sa stabilité contre la fermentation au cours de stockage. L'humidité du miel conditionne sa conservation : plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter (BOGDANOV et al, 1997).

### **4.2. La conductivité électrique**

La conductivité électrique est un paramètre physico-chimique important pour l'authentification des miels, elle représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique d'un miel ainsi que pour distinguer les miels floraux de ceux provenant du miellat (KASKONIENE et al, 2010).

La conductivité électrique représente la capacité d'un corps à permettre le passage du courant électrique. Elle est exprimée en Siemens par centimètre (S/cm). Selon leur origine florale, la conductivité électrique du miel du miellat est supérieure à 0,8mS/cm ; celle du miel de nectar est inférieure à cette valeur (BOGDANOV *et al*, 2005). Cette mesure est liée à la teneur en minéraux et à l'acidité du miel. Des travaux de recherches (SURENDRA *et al*, 2000) ont montré qu'il existe une relation linéaire entre ces trois paramètres.

#### 4.3. Le pH

L'étude de l'acidité d'un miel permet d'identifier son origine botanique. Le pH ou potentiel d'hydrogéné ou indice de Sorensen est défini comme le cologarithme de concentration en ions H dans une solution. Pour le miel, le pH est un indice de la « réactivité acide du produit » (VANHANEN *et al*, 2011 ; LOUVEAUX, 1985). Selon GONNET *et VACHE*, (1985), le coefficient 7 correspond à la neutralité, supérieur : il est basique, inférieur : il est acide. Les miels issus de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que ceux de miellat leur pH est un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5) (LEQUET, 2010).

#### 4.4. L'acidité libre

L'acidité est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dont certains sont libre et d'autres combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille (LUIZ *et al*, 2007). Le principal acide dérive de glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (GOMES *et al*, 2010 ; BOGDANOV *et al*, 2004). Un miel de bonne qualité ne doit pas avoir une acidité libre supérieure à 4 mille équivalents pour 100 g.

#### 4.5. L' HMF

La mesure de l'HMF est le critère le plus fiable pour évaluer la conformité du miel à la législation, en effet c'est un excellent critère de fraîcheur, basé sur deux facteurs qui sont: Le vieillissement et le surchauffage (GONNET ,1963 ; DUSTMAN *et al*, 1985 ; BOGDANOV *et al*, 1997 *et* DESCHAMPS, 1998). Les miels dont les valeurs de HMF sont élevées fournissent une indication de la surchauffe, du stockage en conditions défavorables ou de l'âge du miel (ZAPPALA *et al*, 2005). Il faut savoir que sur un miel frais l'HMF est d'un taux très faible en revanche un miel stocké dépassant les 12 mois peut révéler un taux d'HMF

supérieur ou à la limite des normes fixées par le CODEX ALIMENTARIUS qui sont pratiqués à l'échelle internationale, ces normes sont inférieure à 40mg/kg.

#### 4.6. Le poids spécifique (la densité)

Les variations de la densité proviennent des changements de la teneur en eau et de la température. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense, elle est en moyenne à 20°C. On peut pratiquement se servir de la densité comme moyen de connaître la teneur en eau d'un miel (LOUVEAUX, 1985). La densité d'un miel homogène est le rapport de sa masse et son volume. Celle d'un miel homogène et operculé, elle varie de 1,39 à 1,44 à 20°C (JEAN-PROST, 2005).

#### 4.7. Le dosage des sucres

Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale des sucres réducteurs, glucose et fructose, d'autre part, la teneur en sucre non réducteur, saccharose (BOGDANOV et al, 1997 ; CORDELLA, 2003).

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel. Les miels avec plus de 28% de glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose (rapport fructose/glucose) est élevée, plus la cristallisation est lente. En principe, le miel reste liquide au-dessus d'un rapport fructose/glucose proche de 1,3 (BOGDANOV et al, 1999). La détermination de ces sucres et leur dosage s'obtient par l'analyse chromatographique effectuée par un laboratoire spécialisé. Les méthodes officielles d'analyse du miel (arrêté publié au journal officiel 1977) prévoient les méthodes suivantes: chromatographie en couche mince, chromatographie sur papier et chromatographie en phase gazeuse. On fait de plus en plus appel actuellement à la chromatographie en phase liquide (H.P.L.C. mis pour High Pressure Liquide Chromatography -Chromatographie en phase liquide sous haute pression).

D'autres sucres tels que l'isomaltose, l'erlose, le mélézitose, le tréhalose, le raffinose, le palatinose, le mélibiose, le nigérose, le turanose, le kojibiose, peuvent être détectés par ces méthodes (BOGDANOV et al, 1997 ; CORDELLA, 2003). L'ensemble des pourcentages de ces différents sucres dans un miel s'appellent le spectre des sucres.

#### 4.8. La coloration

La coloration d'un miel dépend de l'origine florale de celui-ci. La palette des couleurs du miel est vaste (**Figure 41**) : de quasiment incolore, miel de (*Robinia pseudoacacia*) à

presque noir en passant par le beige, le jaune, l'oranger et le marron, d'autres sont blancs tels que les miels de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et du citron (*Citrus limon*).

La couleur du miel est un élément sensoriel important et l'une des premières appréciations du consommateur : un miel foncé est souvent associé à des arômes prononcés, alors qu'un miel clair suggère des arômes plus subtils. La coloration des miels est due à la présence de substances encore mal identifiées, mais parmi lesquelles semble bien figurer le carotène et les minéraux. Les normes internationales établissent des échelles de couleur des miels avec le système (Pfund et Lovibond). Cette évaluation visuelle peut bien sûr conduire à des différences de valeurs mesurées en fonction de l'objectivité de l'œil de l'opérateur (SCHWEITZER, 2001).



**Figure 41:** Diversité du miel

#### 4.9. Les lipides

La fraction lipidique des miels est très faible et n'a guère fait l'objet de recherche. Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organiques, tel l'éther éthylique. Les analyses nutritionnelles ont été faites en plus des analyses physico-chimiques pour confirmer la qualité des miels étudiés.

Ces analyses permettront de connaître leurs éléments majeurs constitutifs. Il est probable que l'extrait éthéré du miel contient surtout de la cire provenant de l'extraction (LOUVEAUX, 1985).

Comme tout être vivant, l'abeille se trouve confrontée à plusieurs contraintes qui limitent son développement et qui peuvent même causer sa disparition. Ces contraintes sont liées à l'environnement comme le climat et la diminution des ressources humaines, aux agents chimiques tel que les intoxications par les produits phytosanitaires, aussi aux agents biologiques comme les bactéries, les virus, les parasites et les prédateurs. Cependant, la varroase a été et reste actuellement la seule maladie qui constitue un véritable fléau pour l'apiculteur. Les méthodes de lutte, s'appuyant principalement sur l'emploi de molécules acaricides, montrent actuellement leurs limites, essentiellement à cause d'un manque d'efficacité et de l'apparition de chimiorésistances (fluvalinate, amitraze) (BONAFOS et COLIN, 2010 ; ROSENKRANZ et *al*, 2010) et même dangereux pour les abeilles ainsi que pour les produits de la ruche.

Pour cela, des traitements biologiques devraient mis en œuvre pour protéger l'abeille et les produits de la ruche.



# ***Partie Expérimentale***





# ***Matériel et Méthodes***

La varroase est une des parasitoses les plus nocives chez l'abeille. Par sa rapidité d'extension, elle provoque des dommages irréversibles chez l'insecte et des dégâts économiques incommensurables à l'apiculture d'une façon particulière et à l'agriculture d'une façon générale. Pour cela, nous devons nous pencher à la recherche de moyens efficaces afin de limiter l'évolution de cet ectoparasite et de minimiser son impact négatif sur les productions apicoles.

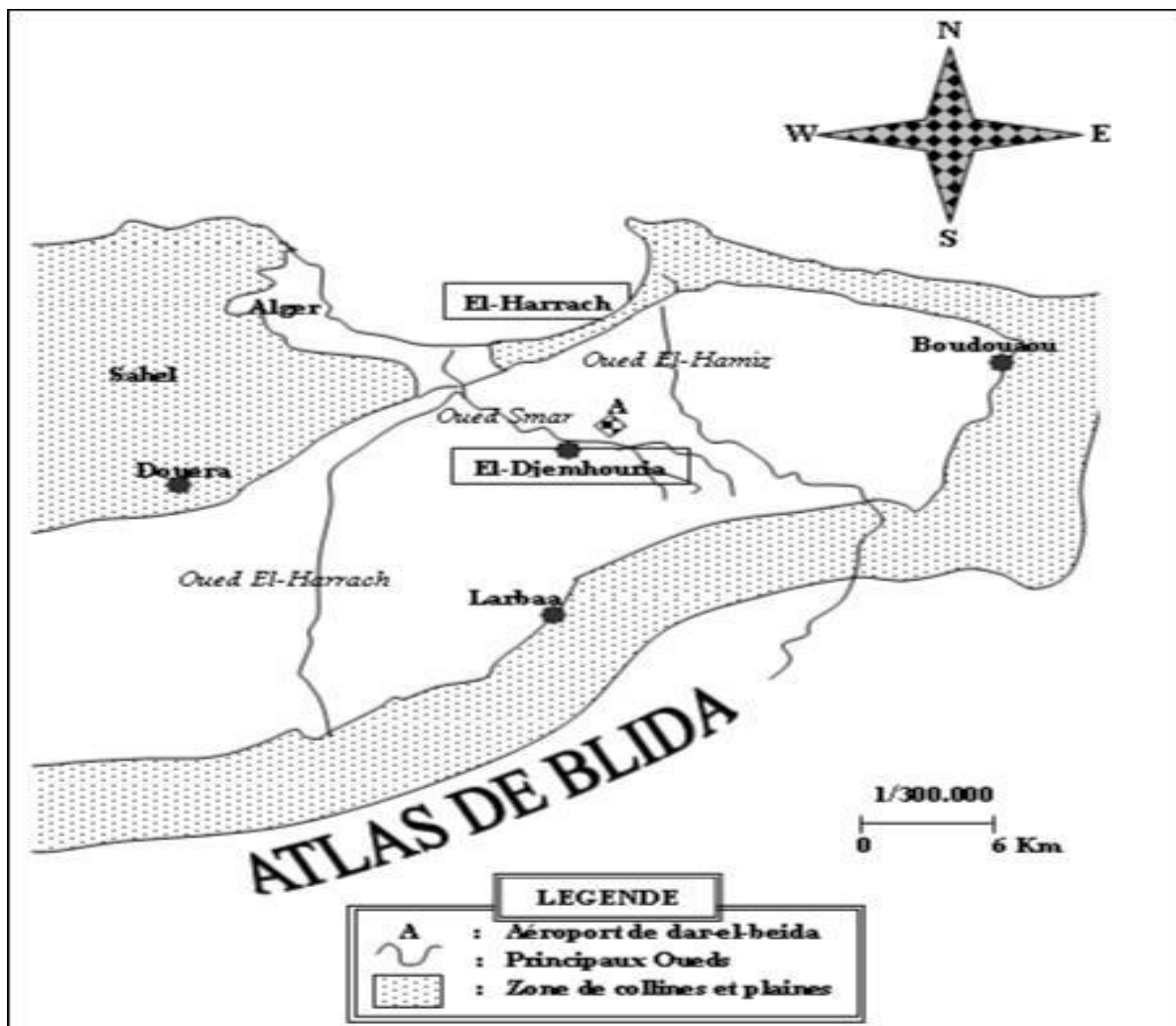
Il existe sur le marché mondial plusieurs produits qui permettent de lutter contre ce parasite, mais l'usage d'un seul traitement risque à long terme de créer la résistance du varroa. Ces molécules acaricides peuvent également contaminer les produits issus de la ruche tels que le miel, le pollen, la cire et la propolis et peser sur la qualité de ces produits. Afin de minimiser l'utilisation des produits chimiques de synthèse et d'éviter ce phénomène de résistance, plusieurs apiculteurs préfèrent des pesticides d'origine naturelle telles que les huiles essentielles extraites de plantes aromatiques dans l'espoir de contribuer à la mise au point d'une lutte sans inconvénient majeur.

A cet effet, nous réalisons dans notre travail une étude comparative de l'efficacité acaricide de trois huiles essentielles de trois plantes, le romarin *Rosmarinus officinalis*, le laurier noble *Laurus nobilis* et la menthe verte *Mentha viridis*. Pour effectuer notre travail, nous étudions plusieurs paramètres dont :

- la détermination du taux d'infestation dans un rucher par la méthode de diagnostic biologique avant et après le traitement.
- évaluation de la surface du couvain.
- évaluation de la qualité des miels de la région d'étude.

**I° - DIAGNOSTIC ET TRAITEMENT****1.1. Présentation de la région d'étude****1.1.1. Lieu de déroulement des travaux**

Notre étude comparative s'est déroulée dans une exploitation apicole qui fait office d'un rucher expérimental installée dans la région d'El-Djemhouria. Cette dernière fait partie de la commune des *Eucalyptus*, dans la Daïra de Baraki, située dans la partie basse de la Mitidja orientale. Cette partie de la Mitidja est limitée au Nord par une ligne de collines culminant à 300 mètres qui la sépare de la mer, au Nord-Ouest par le Sahel d'Alger et au Sud par l'Atlas Blidéen qui atteint 1500 mètres (**Figure 42**).



**Figure 42** : Situation géographique d'El-Djemhouria

### 1.1.2. Conditions climatiques

Le climat joue un rôle primordial dans le développement des colonies et de la végétation. La douceur du climat est favorable au développement des miellées et au comportement des colonies. Celle-ci favorise le butinage en hiver et stimule la reine à pondre en permettant ainsi l'entretien des abeilles avec un nourrissage d'appoint modéré.

Durant notre travail, les aléas climatiques ont été plus ou moins favorables. En effet, cette partie de la Mitidja est soumise aux conditions du climat méditerranéen. Ce dernier se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

#### 1.1.2.1. La température

Selon MUTIN (1977), Les températures mitidjiennes sont soumises à l'influence de la mer qui se traduit par un décalage du mois le plus chaud qui est Août, alors que le mois le plus froid reste le mois Janvier. Les températures moyennes mensuelles maxima et minima en degrés Celsius enregistrés en 2014 selon l'Office National Météorologique sont représentées dans le tableau

**Tableau 8 :** Températures mensuelles moyennes enregistrées à Dar El Beida en 2014.

Mois	Janv.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>M(°C)</b>	16,8	13,3	18,5	21,2	25,3	31,7	31,9	35,1	29,7	27,6	21,6	18,2
<b>m(°C)</b>	3,5	2,3	7,6	9,4	12	18,3	19,6	21,3	17,8	14,6	11,1	6,2
<b>(M+m)/2</b>	10,15	7,8	13,05	15,3	18,65	25	25,75	28,2	23,75	21,1	16,35	12,2

(O.N.M., 2014)

- M est la moyenne mensuelle des températures maxima.
- m est la moyenne mensuelle des températures minima.
- (M+m)/2 est la température moyenne mensuelle.

D'après Le **tableau 8**, le mois le plus chaud est Août avec une température moyenne mensuelle de 28,2°C. Les mois les plus froids sont le mois Janvier et Février avec respectivement des températures moyennes mensuelles de 10,15°C et 7,8 °C. Ces deux mois sont considérés comme une période d'hivernation pour les abeilles.

### 1.1.2.2. La pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Le **tableau 9** renferme les données pluviométriques enregistrées en 2014 en millimètres.

**Tableau 9** : Précipitations mensuelles de l'année 2014 exprimées en mm enregistrées à Dar El Beida.

Mois	Janv.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>P(mm)</b>	27,94	240,40	77,98	176,28	24,63	1,78	0	39,88	25,39	84,07	91,2	46,98

(O.N.M., 2014)

Les précipitations sont importantes, mais irrégulières d'une année à une autre. Le total de précipitations cumulées durant l'année 2014 est de 836,17 mm. Février est le mois le plus arrosé, par contre le plus sec est celui de juillet.

### 1.1.3. Flore mellifère

Cette zone se caractérise par une abondante flore mellifère favorisant ainsi une bonne production apicole et une reprise de ponte précoce en automne. En hiver, on trouve surtout le néflier et les adventices des vergers d'agrumes, tels que l'oxalis et le diplotaxis, remplacés au printemps par le sinapis, les agrumes, la vipérine, les bourraches et la carotte sauvage. En été l'eucalyptus constitue une bonne ressource mellifère et en automne c'est la flore des jachères et des vergers qui est un apport alimentaire non négligeable pour les abeilles (**annexe 1**).

### 1.1.4. Présentation du rucher

Le rucher bénéficie d'un emplacement fort intéressant vu le nombre important de vergers d'agrumes, de poiriers, de pommiers, ainsi que d'arbres d'Eucalyptus trouvant dans la région (**Figure 43**). La station expérimentale est délimitée :

Au Sud et à l'Ouest par de jeunes vergers d'orangers.

Au nord par de vastes surfaces de pêchers.

A l'Est par toute une multitude de plantes maraîchères et de néflier.

A côté de cela, nous trouvons également une végétation spontanée constituée de nombreuses plantes mellifères et pollinifères.

Afin de prévenir la dérive, les ruches sont espacées les unes des autres de 1,5 mètres de distance et de 1 mètres entre les rangées. Cette disposition facilitera le travail du manipulateur (apiculteur) et lui évitera de se faire piquer en gênant l'entrée des ruches aux abeilles. A cet effet une opération de désherbage à proximité des trous de vols a été effectuée régulièrement.

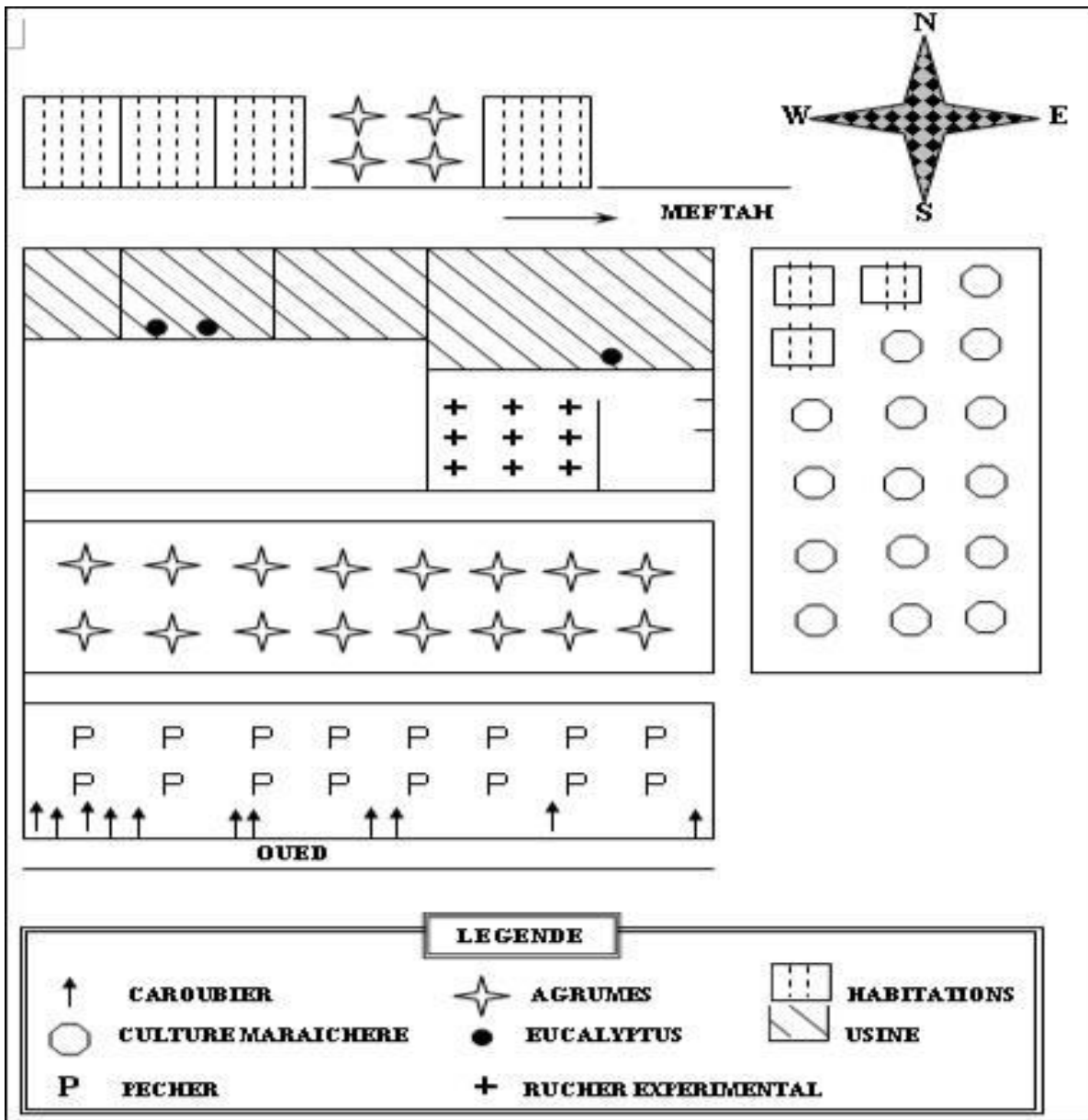


Figure 43 : Situation du rucher expérimental d'El-Djemhouria.

## 1.2. Matériel

### 1.2.1. Matériel utilisé pour le diagnostic biologique

- **Matériel biologique** : constitué d'une part de l'abeille domestique *Apis mellifera intermissa* et d'autre part de son parasite *Varroa destructor* responsable des pertes des colonies dans le monde entier.
- **Matériel apicole** : Quant au modèle de la ruche, l'étude de (BERKANI et *al*, 2001) a montré la meilleure adaptation de la ruche Langstroth au développement des colonies d'*Apis mellifera intermissa* en Algérie. Pour cela et pour bien mener notre étude, Les ruches mises dans notre disposition sont de modèle Langstroth. Elles sont au nombre de 20 ruches réparties en 4 lots. Chaque ruche est composée d'un plateau, hausse, couvre cadre, et couvercle. La Langstroth est divisible avec des hausses identiques au corps et avec un seul type de cadre (**annexe 2**).
- **Une grille métallique** : C'est un grillage en métal ayant les mêmes dimensions que les langes, permet le passage des varroas sur les langes et la rétention des abeilles et des gros débris de la ruche.
- **Les langes** : sont des lames en plastique en polyéthylène (PVC) qui recouvrent la surface du plancher de la ruche. La longueur de ces langes est supérieure a celle du plancher de quelque centimètres alors que la largeur est inférieure afin qu'elles puissent glisser facilement (**Figure 44**).



**Figure 44** : Disposition d'un lange.

- **Cadres en bois** : Sous forme de U, les cadres en bois sont placés sur le plateau de manière à agrandir l'écart entre le plateau et le corps de la ruche et faciliter ainsi la pose et le retrait des langes.
- **La matière grasse** : Le graissage se fait par la graisse automobile de couleur claire qu'on étale à l'aide d'un pinceau sur les langes. Ces derniers sont supportés par une grille déposée sur le plancher de la ruche. Les langes graissés constituent des pièges à varroa qui, lors de leur chute sur ces dernières, ils s'englueront et ne pourront plus remonter.
- **Un lève cadre** : C'est une barre en fer qui sert à décoller les cadres de la ruche que les abeilles ont soudés avec la propolis.
- **Une loupe**
- **Une lampe** utilisée lors du comptage de varroas morts sur les langes.

## 1.2.2. Matériel utilisé pour le traitement de la varroase

### 1.2.2.1. Matériel utilisé pour les traitements proprement dit

#### 1.2.2.1.1. Matériel végétal

##### 1.2.2.1.1.1. Présentation du romarin *Rosmarinus officinalis L.*

Il existe plusieurs espèces de romarin dans le monde : *Rosmarinus officinalis*, *Rosmarinus eriocalyx*, *Rosmarinus laxiflorus* et *Rosmarinus lavandulaceus*.

*Rosmarinus officinalis* est la seule espèce qui croît naturellement dans les pays du bassin méditerranéen. Il a été cultivé depuis l'antiquité en Angleterre, en Allemagne, en France, au Danemark et dans les autres Pays Scandinaves, en Amérique centrale, au Vénézuéla et le Philippines (TYLER et al, 1976).

Le romarin appartenant à la famille des labiées (lamiacées) se présente sous forme d'arbuste ou sous-arbrisseau très odorant. La tige pouvant atteindre 2m de hauteur et couverte d'une écorce grisâtre. Les feuilles sont étroitement lancéolées, linéaires, à bord roulés en dessous, mesurant 2cm de longueur sur 2mm de largeur, brillantes vertes sur la phase supérieure et blanche sur la phase inférieure. Les fleurs bleuâtres sont disposées en courtes grappes (BELOUED, 2001) (**Figure 45**).



*Rosmarinus officinalis* est une plante spontanée, affectionne les lieux bien ensoleillés à sécheresse estivale marquée, il s'accommode de terrains rocaillieux de type calcaire. Il se répartie tous au long de la mer méditerranéenne et l'Europe d'où son nom « Rosée de la mer » (GUINOCHET, 1973). Cette appellation pourrait s'appliquer au parfum de la plante, à la couleur de sa fleur.



**Figure 45:** *Rosmarinus officinalis*.

**Noms vernaculaires** • En français : **Romarin** (QUEZEL et SANTA, 1963).

• En arabe: **Azir, Iklil el-Djabel.**

D'après QUEZEL et SANTA (1963), la position systématique du romarin est la suivante :

- Règne : Plantae.
- Embranchement : Spermaphytes ou Phanérogames.
- S/embranchement : Angiospermes.
- Classe : Magnioloopsidae.
- Ordre : Lamiale.
- Famille : Lamiaceae.
- Genre : Rosmarinus.
- Espèce : *Rosmarinus officinalis L.*

Le romarin contient une matière amère, résineuse, du tanin et une grande quantité d'huiles essentielle incolore d'odeur forte. En médecine traditionnelle, le romarin aide à la digestion, traite les céphalées et les migraines, les bronchites, les coliques, et améliore les fonctions hépatiques et biliaires en cas de troubles digestifs. Il est utilisé en usage externe pour soigner les rhumatismes et les troubles circulatoires (TEUSCHER et *al*, 2005). C'est un hypoglycémique, il soigne les affections oculaires et utilisé comme antiseptique, antispasmodique, vulnérable et diurétique (KOUBISSI, 2002).

L'huile essentielle est constituée de plusieurs molécules chimiques de synthèse naturelle. Ces molécules sont différentes selon la nature de la plante, le sol dans lequel la plante va croître (ANGIONI et *al*, 2004) et le temps de récolte (CELILKTAS et *al*, 2007). Ses principaux constituants peuvent être du 1,8- cinéole (teneur entre 3 et 60 %), de l'α-pinène (1 à 57 %), du camphre (1 à 57 %), d'autres composées tel que le bornéol (1 à 18 %), de l'acétate de bornyle (1 à 21 %), de la verbénone (0 à 28 %), du p-cymène (0,5 à 10 %) ou du p-myrcène (0,5 à 12 %) ; ils peuvent être accompagnés de -α-caryophyllène, de limonène, de linalol, de de sabinène, de α-terpinène, d' α terpinéol et de terpinéol-4 ; la présence d'octan-3-one (teneur allant jusqu'à 10 %) est contestée (AFALTUNI in TEUSCHER et *al*,2005).

#### 1.2.2.1.1.2. Présentation du laurier noble *Laurus nobilis*

Le laurier sauce *Laurus nobilis* est une plante à importance médicinale et aromatique de la famille des lauracées à rameaux dressés et écorce lisse. C'est un arbre de 2 à 10m de haut, très rameux (**Figure 46**). Les feuilles sont persistantes alternés et lancéolés à bord ondulé, elles dégagent une odeur marquée lorsqu'on les froisse. Les fleurs petites en forme d'étoile, blanchâtres, odorantes, apparaissent en mars- avril, elles donnent des petites baies ovoïdes qui deviennent presque noires une fois mûre.

Cette plante pousse dans les lieux humides et ombrés mais également dans les jardins où il est cultivé comme condiment, les feuilles sont récoltées toute l'année (GUIGNARD et DUPONT, 2004). Le laurier est probablement originaire d'Asie mineure et pourture du bassin méditerranéen. De nos jours, il pousse spontanément en ex-yougoslavie ainsi qu'en Inde.



**Figure 46 :** *Laurus nobilis*.

**Noms vernaculaires** • En français : **Laurier sauce** (QUEZEL et SANTA, 1963).

• En arabe: **Rend.**

D'après QUEZEL et SANTA (1963), la position systématique du laurier est la suivante :

- Règne : Plantae.
- S/règne : Tracheobionta ou Tracheophyta(plante vasculaire)
- Embranchement : Spermaphytes ou Phanérogames.
- S/embranchement : Angiospermes.
- Classe : Magnoliopsidae.(Dicotylédones)
- S/classe : Maghliiidae.
- Ordre : Laurale.
- Famille : Lauraceae.
- Genre : Laurus.
- Espèce : *Laurus nobilis L.*

Les feuilles du Laurier-sauce contiennent une huile essentielle représentant 1 à 3 % du poids sec. Cette huile renferme 30 à 70 % de cinéol, ainsi que plusieurs composés terpéniques : linalol, géraniol, eugénol, pinène, terpinène, phellandrène. En plus de cette huile essentielle, les feuilles du Laurier-noble contiennent également des alcaloïdes, des lactones sesquiterpéniques. Les fleurs du Laurier-sauce renferment également une huile essentielle contenant les composés suivants :  $\beta$ -caryophyllène, viridiflorène,  $\beta$ -élémane, germacradiénol, germacrène D.

En plus de cette huile essentielle, les feuilles et les fruits du Laurier-noble sont stimulants, carminatifs, elles servent d'aromate dans les cuisines. De même, les racines contiennent une huile essentielle constituée de divers monoterpènes et sesquiterpènes, oxygénés ou non.

#### 1.2.2.1.1.3. Présentation de la menthe verte *Mentha viridis*

On trouve plusieurs variétés de menthe cultivé ou spontanée en Algérie, les plus connus et utilisées sont la menthe verte et la menthe pouliot. La menthe verte est une plante herbacée et vivace de 10 à 15 cm de hauteur à tige droite. Les feuilles sont lancéolées, dentées d'un vert foncé, les plus jeunes sont d'un vert clair brillant. Les fleurs sont mauve pâle, rose ou blanche (**Figure 47**).

Selon PARIS et MOYSE (1971), cette plante développe une odeur aromatique caractéristique de saveur agréable. Les Etats unis sont les plus gros producteurs de menthe au niveau mondial mais il s'en produit aussi en chine, aux indes, en Australie, dans quelques pays d'Europe (France, Italie) et au canada. En Afrique (Algérie, Maroc), l'espèce est retrouvée dans beaucoup de jardin.



**Figure 47:** *Mentha viridis*.

- Noms vernaculaires**
- En français : **la menthe** (QUEZEL et SANTA, 1963).
  - En arabe: **Naanae**.

D'après PERROT (1944), la menthe possède la classification suivante :

- Règne : Plantae.
- Embranchement : Spermaphytes ou Phanérogames.
- S/embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones
- S/classe : Métachlamides.
- Ordre : Tubiforales..
- Famille : Labiaceae.(Mentaceae)
- Genre : Mentha.
- Espèce : ***Mentha spicata L.= Mentha viridis L.***

La menthe verte sert généralement à la préparation du thé, mais on retrouve son utilisation en phytothérapie, aromathérapie, parfumerie et cosmétologie (BABA AISSA, 1999). De plus, la menthe a de nombreuses vertus médicinales. En usage externe, elle est antiseptique, antalgique ; en usage interne, elle est préconisée comme antispasmodique, analgésique et un excellent bactéricide.

Des études pharmacologiques ont démontrés que l'huile essentielle de la menthe est utilisée surtout pour les troubles digestifs (inflammations, états nauséux) ; contre certains parasites (acnés, dermite, démangeaisons), mais on retrouve son utilisation en aromathérapie, parfumerie et cosmétologie. La menthe entre dans l'aromatization de certains produits, dont les dentifrices, les chewing-gums, les confiseries en générale et boissons rafraîchissantes ...etc. Néanmoins, la menthe présente dans certains cas des effets indésirables : abortive, elle est généralement déconseillée aux femmes enceintes, elle est par contre recommandée en cas de retard menstruel. Selon AVATO et al, (2003), L'huile essentielle de la menthe verte riche surtout en -L-carvone (teneur entre 40 à 80 %), l'acétate de dihydrocuminyne (10 à 12%), ces deux constituants majeurs étant responsables de l'odeur de la plante) ;et le limonène (5 à 15%) ;ils sont accompagnés de dihydrocarvone, de dihydrocarvéol, d'acétate de carvyle et de  $\alpha$ -caryophyllène. Dans d'autres races chimiques, la carvone est accompagnée de 1,8 cinéol (jusqu'à 20%), de pulégone (jusqu'à 50 %) ou de terpinéol-4 (jusqu'à 18%).

### 1.2.2.1.2. Matériel utilisé pour l'extraction des huiles essentielles

Le dispositif expérimental (**Figure 48**) comprend :

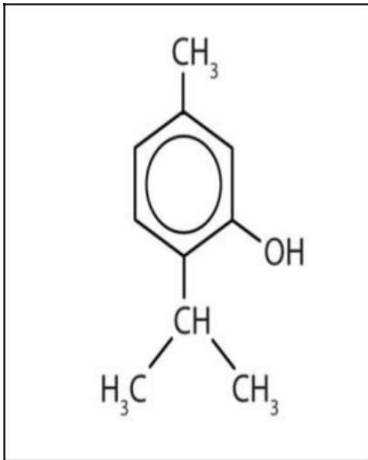
- Un chauffe ballon de 2 l.
- Un ballon d'une capacité de 2l.
- Une colonne en verre contenant la matière végétale.
- Un réfrigérant à eau.
- Un récipient de recette.



**Figure 48:** Montage de l'extraction des huiles par hydrodistillation.

### 1.2.2.2. Matériel utilisé pour le traitement de contrôle

Le traitement de contrôle a pour but de contrôler l'efficacité des huiles essentielles précédemment utilisés. Cette opération est effectuée avec l'APIGUARD juste après le traitement proprement dit. L'APIGUARD produit dit à libération lente dont la matière active est le thymol qui est un composé naturel qu'on trouve dans le thym (**Figure 49**). C'est un gel en barquette (**Figure 50**), granuleux (contenant 12,5g de thymol pour 50g de gel), très épais avec des cristaux dedans afin que les abeilles puissent en prendre facilement.



**Figure 49:** Structure chimique du thymol.



**Figure 50:** Présentation de l'Apiguard.

L'APIGUARD à la posologie d'une application annuelle à raison d'une coupelle par colonie renouvelée 15 jours après. La barquette est un carré de 10 cm de côté et de 1 cm de haut. C'est un nouveau médicament vétérinaire utilisé en apiculture biologique contre la varroase, se délivrant sous ordonnance uniquement. Il est présentement disponible dans plusieurs pays Européens mais toujours pas disponible au Canada.

L'Apiguard a un double mode d'action :

D'une part, le thymol se répand par vapeur dans la colonie avec l'aide des abeilles ventileuses et agit contre les varroas par inhalation.

D'autre part, les ouvrières transportent et répandent le gel dans la colonie, en se touchant mutuellement "trophallaxie". Le thymol élimine alors les varroas par contact.

### 1.2.2.3. Matériel utilisé pour mesurer l'évolution de la surface du couvain

- **Une règle graduée :** Nous avons utilisé une règle graduée de 50 cm afin de mesurer le grand et le petit axe de l'ellipse que dessine le couvain d'abeilles sur le cadre.

### 1.3. Méthodes

#### 1.3.1. Constitution des lots expérimentaux

Notre expérimentation s'est déroulée sur 20 ruches (**Figure 51**) répartis en 4 lots.



**Figure 51:** Vue générale du rucher expérimentale.

#### 1.3.2. Calcul du taux d'infestation d'une colonie avant le traitement

Afin d'évaluer le degré d'infestation d'une colonie il faut d'abord et il est indispensable d'estimer le nombre de varroa et le nombre d'abeilles dans une colonie, donc, effectuer un diagnostic biologique.

##### 1.3.2.1. Estimation de la mortalité naturelle du varroa pendant 15j(A)

De nombreuses méthodes peuvent être utilisées, ici nous avons appliqué la méthode biologique (pose des langes ou couvre fond) effectuée sur l'ensemble des colonies avant le traitement et qui consiste à recueillir les varroas mort naturellement sur des langes graissés.

Nous posons les langes enduites d'une mince couche grasse et recouvertes de grilles métalliques déposés sur le plancher pendant 15 jours. Nous les retirons tous les jours afin d'effectuer le dénombrement des varroas au laboratoire sous une loupe binoculaire pour y détecter les varroas morts parmi les nombreux débris (**annexe 3**). Nous avons entamé notre expérimentation le dernier jour du mois de mai.



### 1.3.2.2. Estimation de la mortalité journalière du varroa (B)

Une fois que le varroa mort naturellement soit dénombré, nous avons estimé la mortalité journalière en suivant la formule suivante (**annexe 3**) :

$$\text{de mortalité journalière(B)} = \frac{\text{nombre de varroas morts naturellement(A)}}{\text{nombre du jours}}$$

### 1.3.2.3. Estimation du nombre de varroa dans une colonie (C)

Elle correspond au nombre de varroa estimé dans une colonie en faisant la multiplication  $C=B \times 90$  (**annexe 4**). (90 : Correspond a la durée de vie des femelles varroas en période estivale).

### 1.3.2.4. Estimation du nombre d'abeille dans une colonie(P)

Généralement, l'estimation du nombre d'abeilles est réalisée sur des ruches de type Dadant mais si nous référons aux dimensions internes de chaque type de cadre, il nous a été facile d'évaluer l'estimation sur les ruches de type Langstroth (**Tableau 10**).

**Tableau 10:** Dimensions internes des cadres Dadant et Langstroth (mm) (BERKANI, 1985).

Type de cadre	Cadre de corps Dadant	Cadre de hausse Dadant	Cadres de corps Langstroth
Dimensions internes des cadres (mm)	430x230	430x130	410x200
Surface interne des cadres(mm)	98900	55900	82000

Sachant que 4 cadres de corps Dadant renferment environ 1kg d'abeilles et de là un cadre renferme  $\frac{1}{4}$ , environ 250gr soit 2500 abeilles. A cet effet, un cadre Dadant de superficie 98900mm<sup>2</sup> contient 250g abeilles, donc un cadre Langstroth aura 207g abeille (**annexe 5**).

Une fois les opérations d'estimation du nombre de varroa et du nombre d'abeilles sont effectués nous pourrons évaluer le degré d'infestation initial de chaque colonie en faisant le rapport :

$$\frac{C}{P} = p$$

\* C : Correspond au nombre de varroa estimé dans un $\bar{e}$  colonie.

\* P : correspond au nombre d'abeilles estimé dans une colonie

### 1.3.3. Méthodes utilisés pour le traitement des colonies

#### 1.3.3.1. Préparation des huiles essentielles et du matériel de

##### traitement 1.3.3.1.1. Préparation des huiles essentielles.

Les huiles essentielles des trois plantes étudiées ont été extraites par hydro distillation, les feuilles séchées ont été mises dans un ballon qui fut rempli avec de l'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition sur un chauffe ballon. Les huiles essentielles entraînées par les vapeurs d'eau sont dirigées vers le coude qui relie le ballon avec le réfrigérant. Une fois arrivées dans le réfrigérant, elles se condensent et chutent dans une ampoule à décantation. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité, l'huile séparée de l'eau aromatique est déshydratée par le sulfate de sodium. Après, l'huile essentielle a été recueillie dans un petit flacon en verre hermétique et recouvert de papier aluminium pour le protéger de la lumière. On le conserve au réfrigérateur.

##### 1.3.3.1.2. Préparation des inserts

Des inserts de papier absorbant (buvard) de 17 cm de long et de 2,5 cm de largeur sont imprégnés par les huiles essentielles prévues pour les tester. Puis elles sont égouttées et séchées avant leur introduction dans les ruches prévues pour ces tests.

#### 1.3.3.2. Méthode d'étude de l'effet des huiles essentielles

##### 1.3.3.2.1. Codification des lots

Chaque lot reçoit un traitement différent (**Tableau 11**).

**Tableau 11** : Lots expérimentaux avec les traitements correspondants

N° lot	N° des ruches					Traitement
1	1	2	3	4	5	Huile essentielle du romarin et à l'APIGUARD
2	6	7	8	9	10	Huile essentielle du laurier noble et à l'APIGUARD
3	11	12	13	14	15	Huile essentielle de la menthe verte et à l'APIGUARD
4	16	17	18	19	20	Témoin non traité

Les produits acaricides à base d'huiles essentielles ont été administrés le 31. 05. 2014 avant la récolte du miel. Nous avons effectué deux types de traitements.

### 1.3.3.2.2. Les traitements proprement dits :

La technique d'administration des huiles essentielles est la même pour tous les lots, nous avons appliqués la méthode par diffusion.

#### ❖ **Lot n°1 : Lot traité par l'huile essentielle du romarin.**

Les ruches du lot 1 ont reçu un traitement à base d'huile essentielle du romarin, nous avons effectué 4 applications à 4 jours d'intervalles. Chaque ruche a reçue deux inserts imprégnés d'huile essentielle placés entre les cadres.

Les traitements pourraient être réalisés par temps ensoleillé ou couvert mais doux avec un taux d'humidité avoisinant les 80%.

Les 5 ruches du lot 1 sont équipées d'un lange en plastique graissé, une grille métallique empêchant les abeilles d'accéder sur ce dernier.

Le calendrier des relevés de mortalité des varroas à été effectué tous les jours de J<sub>0</sub> à J<sub>16</sub>. Le taux de mortalité a été calculé comme suit :

$$\text{nombre de varroas morts de } [0] \text{ à } [31] \text{ de mortalité} = \frac{\text{nombre de varroas morts de } [0] \text{ à } [31]}{\text{nombre de varroas présent dans la colonie}}$$

#### ❖ **Lot n°2 : Lot traité par l'huile essentielle du laurier noble**

Ce lot est traité de la même façon que lot n°1, les ruches ont reçu un traitement à base d'huile essentielle du laurier noble

#### ❖ **Lot n°3 : La menthe**

Ce lot est traité de la même façon que le lot n° 1 et 2, les ruches ont reçu un traitement à base d'huile essentielle de la menthe.

#### ❖ **Lot n°4 : Le témoin**

Ce lot n'a reçu aucun traitement, il nous permet de suivre l'évolution de la parasitose.

### 1.3.3.2.3. Mode d'action du traitement de contrôle

Après le traitement par les huiles essentielles, nous retirons pour chaque lot traité les inserts de traitement employés qu'on remplacera par l'Apiguard en disposant la coupelle ouverte sur les cadres, gel vers le haut, en aménageant un espace entre eux pour permettre l'évaporation et le passage des abeilles et en laissant jusqu'à disparition complète du produit (**Figure 52**). Les ouvrières doivent avoir un accès direct au gel, il faut donc une hauteur de 2 cm minimum entre le dessus des cadres et le couvre cadre.

Le traitement a duré 15 jours et le dénombrement de varroa morts est effectué chaque jour.

- **Remarque :** Une fois la barquette ouverte, le gel ne se conserve pas à l'air libre et doit être utilisé très rapidement. Son efficacité n'est maximale que si la température extérieure est supérieure à 20°C (d'où l'intervention au mois d'août). S'il fait trop froid, le thymol ne s'évapore pas. S'il fait trop chaud, l'évaporation est trop rapide et peut poser des problèmes de tolérance à la colonie. De plus, il est nécessaire que le produit s'élimine de la ruche durant toute la période hivernale afin que le futur miel ne présente pas un goût parasite de thym.

Toutes les colonies du rucher doivent être traitées en même temps afin d'éviter les risques de désertion des abeilles des ruches traitées vers les ruches non traitées.



**Figure 52 :** Mode d'action de l'Apiguard.

Nous avons aussi évalué le degré d'efficacité d'huile sur les varroas en appliquant la formule suivante :

$$\text{efficacité(\%)} = \frac{\text{nombre de varroas morts de } J0 \text{ à } J + 16}{\text{nombre de varroas mort de } J0 \text{ à } J + 31}$$

#### 1.3.3.2.4. Méthode de mesure l'évolution de la surface du couvain

La surface occupée par le couvain à l'intérieur des ruches conditionne le développement des colonies. En apiculture expérimentale, il est indispensable de connaître cette surface parfois à plusieurs stades des expériences.

Plusieurs méthodes permettant la mensuration des surfaces de couvain dans les colonies d'abeilles ont été jusqu'ici utilisés et décrites par différents auteurs, la plus part ne peuvent être mises en application que sur un très petit nombre de ruches en raison de leur lenteur opératoire et de la perturbation qu'elles apportent à la colonie. D'autre part, la méthode consistant à mesurer les axes de l'ellipse de couvain qui a été finalement retenue et permet le calcul de la surface du couvain en un temps suffisamment court et apporte une précision satisfaisante. Cette méthode a été décrite par FRESNAYE(1965) et reprise par CHAUVIN(1968), elle nous a permis de mesurer le grand et le petit axe de l'ellipse que dessine le couvain sur le cadre (**Figure 53**).



**Figure 53:** Mesure de la surface du couvain d'abeilles.

En général, le couvain présente au niveau du cadre la même surface et même forme elliptique sur ces 2 faces. Nous avons jugé nécessaire d'établir le comptage du couvain en période de traitement des colonies :

\* si la surface du couvain est sous forme d'ellipse la formule est donnée comme suit :

$$= \frac{a}{2} \times \frac{b}{2}$$

- a : grand axe.

- b : petit axe.

\* si la surface du couvain est rectangulaire, la formule utilisée est la suivante :

$$= ( )^2$$

-L : la longueur.

-l : la largeur.

#### 1.3.4. Le diagnostic final

Dans le but de connaître si le traitement a réduit le taux d'infestation et de déterminer l'espérance de vie de chaque colonie et du rucher tout entier, nous avons repris la même méthode de diagnostic naturel décrite précédemment.

### II°/ Mesure des paramètres physicochimiques du miel

Le miel est un aliment complexe qui contient plus de deux cents (200) substances ; sa composition varie en fonction de l'origine botanique et géographique ainsi que des pratiques appliquées par les apiculteurs. Les principaux paramètres du miel sont la coloration, le pH, L'acidité libre, La teneur en eau, La conductivité électrique, Les sucres totaux, réducteurs et le saccharose, l'indice diastasique, l'activité de l'amylase, l'activité de l'invertase et le pouvoir rotatoire et l'hydroxymethylfurfural (HMF) (YAICHE ACHOUR et KHALI, 2014). Parmi ces critères nous avons sélectionné un certain nombre de paramètres :

- la Teneur en eau ;
- la conductibilité électrique ;

- l'acidité libre ;
- le pH ;
- la densité ;
- les sucres ;
- la couleur ;
- et l' HMF.

Ces analyses des miels des différents échantillons sont réalisées dans le laboratoire de contrôle de qualité et de conformité qui se trouve à Si Mustafa, wilaya de Boumer dès.

### 1. Codification des échantillons de miel

Quatre échantillons de notre rucher expérimental ont été collectés et analysés. Il a été attribué à chaque échantillon sa date de récolte, son mode d'extraction et son origine florale (**Tableau 12**). Pour plus de simplicité dans la présentation du travail, nous avons donné à chaque échantillon un chiffre qui sera utilisé tout le long des analyses.

**Tableau 12:** présentation des différents échantillons.

Echantillon	Origine géographique	Appellation initiale	Date de récolte	Mode d'extraction
Echantillon E1(Romarin)	Mitidja	Multi floral	Août 2014	Mécanique
Echantillon E2(Laurier noble)				
Echantillon E3 (Menthe verte)				
Echantillon E4 (Témoin)				

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Mesure de la teneur en eau

Pour la mesurer, la méthode de CHATAWAY, (1935) a été utilisée dont le principe est basé sur la mesure de l'indice de réfraction du miel à 20°C à l'aide d'un réfractomètre (**Figure 54**). Cet indice est corrélé avec la teneur en eau (DAILLY, 2008). Dans notre cas, les indices de réfraction de nos échantillons furent mesurés par le biais d'un réfractomètre d'Abbé.



**Figure 54:** Refractomètre utilise de type ATAGO NAR 3T.



### Appareillage

- Flacon avec fermeture hermétique ;
- Etuve à  $50^{\circ} + 2^{\circ} \text{ C}$  ;
- Une spatule ;
- Réfractomètre du type Abbe à thermomètre incorporé .



### Mode opératoire:

La teneur en eau a été mesurée à trois reprises, et le pourcentage d'humidité, ce qui correspond à l'indice de réfraction corrigée, a été calculée en utilisant la table de CHATAWAY.

- Nettoyer et sécher le prisme du réfractomètre. Régler le réfractomètre à zéro. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide. Si le produit se trouve cristallisé, il est nécessaire de le refondre dans un flacon à fermeture hermétique en étuve ou en bain marie à moins de  $50^{\circ}\text{C}$ .
- Après refroidissement à une température ambiante, prendre une goutte de miel à l'aide d'une spatule, puis déposer et étaler en couche mince sur la platine de prisme.
- Faire la lecture à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre zone claire et zone obscure. Cette ligne coupe une échelle verticale graduée directement en pourcentage d'humidité dans le miel. La température du prisme est notée.



En se rapportant au tableau de CHATAWAY (1935), nous obtenons le pourcentage d'eau correspondant à l'indice de réfraction (**Tableau 13**).

**Tableau 13** : Tableau de conversion entre l'indice de réfraction à 20°C et l'humidité d'après BOGDANOV S et *al*, (1997).

Indice de réfraction	Humidité (%)	Indice de réfraction	Humidité (%)
1,5044	13,0	1,4890	19,0
1,5038	13,2	1,4885	19,2
1,5033	13,4	1,4880	19,4
1,5028	13,6	1,4875	19,6
1,5023	13,8	1,4870	19,8
1,5018	14,0	1,4865	20,0
1,5012	14,2	1,4860	20,2
1,5007	14,4	1,4855	20,4
1,5002	14,6	1,4850	20,6
1,4997	14,8	1,4845	20,8
1,4992	15,0	1,4840	21,0
1,4987	15,2	1,4835	21,2
1,4982	15,4	1,4830	21,4
1,4976	15,6	1,4825	21,6
1,4971	15,8	1,4820	21,8
1,4966	16,0	1,4815	22,0
1,4961	16,2	1,4810	22,2
1,4956	16,4	1,4805	22,4
1,4951	16,6	1,4800	22,6
1,4946	16,8	1,4795	22,8
1,4940	17,0	1,4790	23,0
1,4935	17,2	1,4785	23,2
1,4930	17,4	1,4780	23,4
1,4925	17,6	1,4775	23,6
1,4920	17,8	1,4770	23,8
1,4915	18,0	1,4765	24,0
1,4910	18,2	1,4760	24,2
1,4905	18,4	1,4755	24,4
1,4900	18,6	1,4750	24,6
1,4895	18,8	1,4745	24,8

## 2.2. Mesure de la conductibilité électrique

La mesure de la conductivité électrique de chaque échantillon de miel est effectuée à l'aide d'un conductimètre selon la méthode de VORWOHL (1964). La technique est basée sur la mesure de la résistance électrique qui est exprimée en milli Siémens par centimètre (mS.cm<sup>-1</sup>).

Les déterminations ont été effectuées sur une solution aqueuse de miel à 20% (SANCHO et al, 1991). La conductivité traduit la quantité de particules chargées présentes dans le miel et leur mobilité.



### Appareillage

- Balance analytique ;
- Conductimètre (**Figure 55**).



**Figure 55** : Conductimètre utilisé de type CORNING.



### mode opératoire :

- Préparer une solution de miel à 20% et cela par dissolution de 10g de miel dans 50ml d'eau distillée, bien mélanger jusqu'à homogénéisation ;
  - Placer la solution au bain marie réglé à 20°C ;
- Plonger l'électrode du conductimètre dans la solution (lorsque la température est à  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ) ;
- Ensuite, effectuer la lecture de la valeur qui s'affiche à l'écran.

## 2.3. Mesure du PH

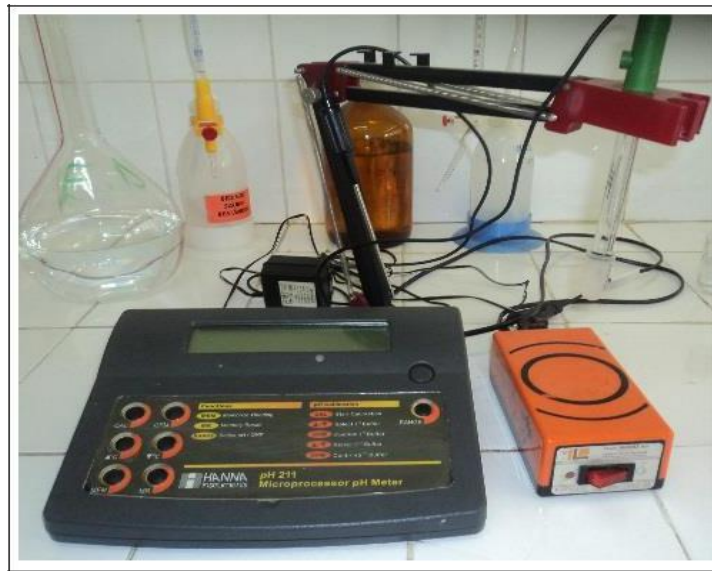
L'étude de l'acidité d'un miel permet d'identifier son origine botanique. Les miels issus de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que ceux de miellat leur pH est un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5) (LEQUET, 2010).

L'acidité des différents échantillons de miel a été mesurée par l'utilisation d'un pH-mètre sur une solution de miel à 10% calibré par des solutions standards.



### Appareillage

- Un bécher ;
- Papier joseph ;
- Balance analytique ;
- PH mètre (**Figure 56**).



**Figure 56:** pH-mètre utilisé de type HANNA.



### Mode opératoire :

- Étalonnage de l'appareil : Il est à rappeler que le pH-mètre a été étalonné par solution tampon de pH 4 et 7, Plonger la sonde dans la solution de calibration pH 4 et attendre la stabilisation de la mesure. Recommencer l'opération avec la solution de calibration pH 7 ;
- Mesure du pH de nos échantillons : Peser dans un petit bécher 10g du miel le dissoudre dans 75ml d'eau distillé. Rincer l'électrode à l'eau distillée puis sécher là avec du papier joseph. Placer la solution de miel a analysé sous agitation magnétique. Plonger l'électrode propre et sèche dans la solution à analyser. Attendre la stabilisation de la valeur du pH ;
- La valeur du pH est directement lue sur l'écran de l'appareil.

## 2.4. Mesure de l'acidité libre

L'acidité des différents échantillons de miel a été mesurée par l'utilisation d'un pH-mètre (**Figure 56**). L'acidité libre du miel est le contenu de tous les acides libres, elle est déterminée par la méthode titrimétrique (I.H.C, 2002) par l'hydroxyde de sodium jusqu'au pH mètre du point équivalent, soit P.H.E.



### Appareillage

- un bécher ;
- Balance analytique ;
- PH mètre (**Figure 56**) .



### Mode opératoire :

- Dans un bécher, dix grammes (10) ont été dissout dans 75ml d'eau distillé et agités avec un agitateur magnétique.
- Afin de mesurer le pH, les électrodes du pH mètre sont immergés dans la solution. La solution est ensuite titrée avec de la soude 0,1M jusqu'à pH 8,3;
- Après la titration de l'échantillon avec NaOH jusqu'à pH =8,3. Enregistrer le volume de NaOH utilisé.



### Mode de calcul

L'acidité libre du miel est exprimée en milliéquivalent par kilogramme de miel et déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité libre} = V \times 10$$

Où V : volume d'hydroxyde de sodium correspondant au pH : 8.3

## 2.5. Détermination de la teneur en HMF

Le taux d'HMF a été mesuré selon la méthode de **WHITE (1979)**. Les résultats sont exprimés en milligrammes par kilogramme de miel.



### Appareillage

- Balance analytique ;
- fiole jaugé de 50 ml ;
- papier filtre ;

- spectrophotomètre (**Figure 57**).



**Figure 57** : Spectrophotomètre utilisé de type CECIL.



#### **Mode opératoire :**

- Les échantillons de miel (5 g chacun) ont été dissous dans 25 ml de l'eau et transférés dans une fiole jaugé de 50 ml ;
- puis on ajoute 0,5 ml de la solution de Carrez I et 0,5 ml de solution Carrez II, on les mélange et on ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jaugé (une goutte d'éthanol peut être ajouté pour éliminer la mousse) ;
- La solution a été filtrée en utilisant le papier filtre après rejet des 10 premiers ml du filtrat ;
- Deux quantités égales de 5ml de la solution ont été mises dans chaque tube. Dans le premier nous avons ajouté 5 ml d'eau distillée et on mélange (solution échantillon), dans le second 5 ml de la solution de bisulfite de sodium et on mélange (solution de référence).



#### **Mode de calcul**

L'absorbance de la solution échantillon est mesurée à deux longueurs d'onde 284 puis 336 nm dans une cuve en quartz de 10mm après une heure. L'HMF est calculé d'après la formule suivant :

$$\text{HMF mg/Kg} = (A_{284} - A_{336})$$

**A 284** : Absorbance à longueur d'onde 284.

**A336** : Absorbance à longueur d'onde 336.

## 2.6. La mesure de la densité

La densité est obtenue en calculant le quotient de la masse volumique d'un miel et de la même masse volumique d'eau distillée (LOUVEAUX, 1968).

### ➤ **Appareillage**

- Une éprouvette ;
- Balance analytique ;

### ➤ **Mode opératoire :**

- La mesure de la densité consiste à peser à l'aide d'une éprouvette un volume connu de miel par rapport à la masse du même volume de l'eau distillée ;
- Nous avons prélevé 5ml de miel de même pour l'eau distille dont on fait les pesées.

### ➤ **Mode de calcul**

La densité est déterminée par le rapport suivant :

$$d = m/m_1$$

-**m** : est la masse de 5 ml de miel.

-**m<sub>1</sub>** : es la masse de 5ml de l'eau distillée.

## 2.7. Le dosage des sucres

Il existe beaucoup de méthodes de dosage des glucides. Certaines de ces méthodes utilisent le pouvoir réducteur ou non réducteur des sucres.

### 2.7.1. Les sucres réducteurs

Un sucre réducteur doit posséder dans sa structure une fonction aldéhydique ou cétonique libre. Le dosage des sucres s'effectue selon la méthode cuprémétrique de BERTRAND. Cette méthode de dosage repose sur la réduction de la liqueur de Fehling initialement bleue (**annexe 6**) par la fonction aldéhyde (C=O) des sucres réducteurs présents dans le miel. Son principe repose sur la réduction de l'oxyde cuivrique CuO en oxyde cuivreux Cu<sub>2</sub>O (un précipité de couleur rouge brique) selon le mode opératoire suivant :

### ➤ **Solution**

- Réactif de Fehling (10 ml ou 25 ml) ;

- bleu du méthylène.



#### **Mode opératoire :**

- Nous avons titré à chaud n volume donnée de réactif de Fehling (10 ml ou 25 ml) à l'aide d'une solution sucrée de miel contenant les sucres réducteurs. et ce pendant trois minutes à partir de l'ébullition pour respecter la correspondance des tables ;
- Nous avons utilisé l'indicateur bleu du méthylène pour rendre plus clair la disparition de la couleur bleue du réactif de Fehling (point de virage) ;
- Une fois la masse de cuivre connue, nous utilisons la table de conversion qui donne la relation entre la concentration de glucose et celle de précipité de cuivre formé (**annexe 7**).

#### **2.7.2. Les sucres non réducteurs.**

Le saccharose, un disaccharide non réducteur, ne peut donc pas être dosé directement par cette méthode. Cependant, il est possible de le doser indirectement en faisant d'abord une hydrolyse du saccharose en milieu acide pendant 20 minutes à 70 °C. , puis en appliquant la méthode sur les produits utilisant la table des sucres invertis (**annexe 8**). En effet, l'hydrolyse du saccharose donne des quantités égales de D-glucose et de D-fructose

#### **2.8. La mesure de la couleur**

La couleur du miel est une caractéristique physique et organoleptique. Sa mesure est faite en utilisant un colorimètre LOVIBOND® qui est un spectrophotomètre qui mesure la couleur des miels en se référant à une échelle pré établie que l'appareil converti en unités Pfund (AUBERT et GONNET, 1983). Il est plus compact, équipé de deux disques chromatiques A et B (**Figure 58**), l'un pour les miels clairs, l'autre pour les miels foncés. Chaque disque comporte neuf pastilles de verre coloré d'intensité croissante étalonnées sur les références de Pfund.

La couleur est déterminée pendant que le miel est sous forme liquide. Pour le miel crémeux ou cristallin, il faut faire fondre au bain-marie. Il faut retirer le contenant de la source de chaleur dès que le miel est complètement fondu .Une exposition trop longue ou à température trop élevée donne une couleur plus foncée au miel et mène à une détermination erronée de la couleur.



**Figure 58:**Comparateur visuel de lovibond.



#### **Appareillage**

- cuves cubiques ;
- comparateur visuel de lovibond (**Figure 58**).



#### **Mode opératoire :**

- Utiliser deux cuves cubiques en verres de 2 millimètres de trajet optiques, une remplie avec du miel liquide l'autre d'eau distillé ;
- Placer les deux cuves, chacune dans un compartiment du comparateur Lovibond ;
- Placer un disque chromatique choisi selon la couleur apparente du miel (pour les clairs on utilise celui de l'échelle B) ;
- Placer le comparateur face à une source lumineuse naturelle type (lumière du jour) ;
- Défiler la gamme colorée du disque choisi à côté de la cuve à échantillon. Quand la couleur observée au niveau des deux compartiments est d'égale intensité, on note le numéro de la pastille correspondante ;
- Les résultats sont traduits en « indice de Pfund » (**annexe 9**).



## 2.9. La mesure de la teneur en lipides

La méthode Soxhlet est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

Le dosage de matière grasse se fait par extraction directe avec le n-hexane. C'est une extraction sous vide avec un appareil Soxhlet (**Figure 59**). A partir de l'extrait lipidique obtenu, on peut réaliser la détermination qualitative et quantitative des acides gras (WOLFF ,1991).



### Appareillage

- Ballon et un chauffe ballon ;
- Réfrigérant ;
- Rotavapor ;
- Appareil soxhlet (**Figure 59**).



**Figure 59** : Soxhlet.

**Mode opératoire :**

- 5g de miel sont pesés puis emballés dans un papier filtre. Le tout est mis dans la cartouche à extraction bouchée de coton. Cette cartouche est ensuite placée dans le Soxhlet ;
- Dans un ballon contenant de billes de verres on verse de l'hexane, ce dernier étant préalablement pesé ;
- A ébullition, les vapeurs d'hexane sont condensées par un tube réfrigérant et rassemblent ensuite les lipides contenus dans 5g de miel ;
- L'opération est réalisée pendant 12h à 45°C ;
- Ensuite, l'hexane est évaporé au Rotavapor à 45°C ;
- Après évaporation de l'hexane, les matières grasses restent dans le ballon et le ballon d'extraction est mis dans une étuve pendant quelques minutes pour éliminer l'hexane résiduel avant le pesage final ;
- Après refroidissement, le ballon contenant les billes de verre et les matières grasses est pesé.

**Mode de calcul**

La quantité de lipides contenue dans 5 g de miel (MG %) est la différence entre le poids du ballon vide et son poids avec les lipides après extraction et élimination du solvant.

La teneur en lipides (MG%) est obtenue à partir de la formule suivante :

$$(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100$$

Où :

- **m<sub>0</sub>** : Masse en grammes de la prise d'essai.
- **m<sub>2</sub>** : Masse en grammes du ballon et des billes de verres avant extraction.
- **m<sub>1</sub>** : Masse en grammes du ballon avec des billes de verres et de la matière grasse après extraction.
- **MG** : Teneur en lipides en grammes pour cent grammes de matières brutes.

### 3. Analyse statistique

Dans la présente étude, deux analyses statistiques sont appliquées pour l'exploitation des résultats, il s'agit de l'analyse de variance et le calcul du coefficient de corrélation.

#### 3.1. Analyse de la variance

Pour estimer l'effet acaricide des huiles essentielles, une analyse de variance (ANOVA) avec 1 critère de classification a été effectuée à l'aide du logiciel XL, STAT 7,5.

- Si  $P \geq 0,05$  : il n'ya aucune différence significative entre les variables.
- Si  $P \leq 0,05$  : il ya une différence significative entre les variables.
- Si  $P \leq 0,01$  : il ya une différence hautement significative entre les variables.
- Si  $P \leq 0,001$  : il ya une différence très hautement significative entre les variables.

La comparaison des moyennes de différentes huiles essentielles a été effectuée par le test (NEW-MAN et KEULS) qui permet de les classer en groupes homogènes.

#### 3.2. Le coefficient de corrélation

Le coefficient de corrélation R est la détermination de l'intensité de liaison entre les variables, il varie de -1 à +1 (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984).

- Lorsque  $R > 0,8$  : La corrélation est considérée comme très forte.
- Lorsque R varie entre 0,5 et 0,8 : la corrélation est dite forte.
- Lorsque R varie entre 0,2 et 0,5 : la corrélation est d'intensité moyenne.
- Lorsque R varie entre 0 et 0,2 : la corrélation est faible.



***Résultats***

## I° Diagnostic et traitement

## 1. Evaluation du taux d'infestation des colonies avant les traitements

Les résultats présentés dans le **tableau 14** montrent que toutes les colonies sont atteintes par le varroa. Le degré d'infestation sur l'ensemble des colonies est hétérogène, il varie entre 3,96% et 42,76% (**Figure 60**).

**Tableau 14** : Détermination du taux d'infestation initial –diagnostic naturel-

Lots	Ruches	Nombre de varroa dans la colonie C	Nombre d'abeille dans la colonie P	Taux d'infestation initial D°II(%) C/P	D°II moyen(%)
LOT1 (Romarin)	R1	7356	43795	16,80	11,99
	R2	3665	27948	13,11	
	R3	2668	21064	12,67	
	R4	1105	27888	3,96	
	R5	5606	41733	13,43	
LOT2 (Laurier)	R6	1474	7535	19,56	15,02
	R7	2195	36375	6,03	
	R8	5252	31509	16,67	
	R9	6560	48590	13,50	
	R10	7191	37219	19,32	
LOT3 (Menthe)	R11	3641	39312	9,26	14,67
	R12	6905	32843	21,02	
	R13	2422	55025	4,40	
	R14	6822	49545	13,77	
	R15	8692	34912	24,90	
LOT4 (Témoïn)	R16	7941	18571	42,76	33,24
	R17	8753	25173	34,77	
	R18	8628	37187	23,20	
	R19	5852	18598	31,47	
	R20	7249	21306	34,02	

En comparant ces résultats aux normes établies par plusieurs auteurs notamment ROBAUX en (1986), nous avons enregistré un taux d'infestation qui varie de 3,96% à 42,76% au niveau des colonies à :

02 ruches ayant un taux d'infestation inférieur à 5%, dans ce cas là aucun danger et aucun traitement d'urgence ne s'impose (ruche n°4 et ruche n°13).

02 ruches avec un taux d'infestation compris entre 5 et 10% (ruche n°7 et ruche n°11), dans ce cas là les colonies sont sérieusement atteintes.

09 ruches avec un taux d'infestation, compris entre 10 et 20% (ruche n°1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 14), dans ce cas les colonies sont fortement atteintes.

03 ruches avec un taux d'infestation compris entre 20 et 30% (ruche n°12, 15, 18), il ya un effondrement probable de la colonie.

04 ruches présentent un taux d'infestation supérieur à 30% (ruche n° 16,17 ,19 et 20), la colonie est considérée comme perdue. Face à cette situation, un traitement s'impose dans l'immédiat.

En ce qui concerne le taux d'infestation moyen de chaque lot, le lot n°1 présente un taux d'infestation de 11,99% comparativement aux lots n°2 et n°3 qui ont des taux voisins ou le degrés d'infestation est très élevé et qui est respectivement de 15,02% et 14,67% traduisant une forte parasitose (**Figure 61**). Pour cela et devant cette situation, le recours aux traitements est nécessaire pour éviter l'effondrement des colonies. Le lot 4 constitue le lot témoin, il ne sera pas traité malgré son taux d'infestation élevé.

L'analyse de la variance (**Tableau 15**) montre qu'il existe une différence très hautement significative entre les taux d'infestation obtenus dans les différents lots ( $F = 10,99$  ; ddl = 19 ;  $p = 0,0001$ ).

**Tableau 15** : Analyse de la variance du taux d'infestation.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité
<b>Modèle</b>	3	1431,536	477,179	10,995	0,0001
<b>Erreur</b>	16	694,402	43,400		
<b>Total corrigé</b>	19	2125,939			

De même, il existe une différence très hautement significative entre les colonies du lot 4 et celles des autres lots (1, 2 et 3). (**Tableau 16, annexe 10**)

**Tableau 16** : Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5%

Facteur : colonie

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
<b>Lot 4</b>	33,244	A	
<b>Lot 2</b>	15,016		B
<b>Lot 3</b>	14,670		B
<b>Lot 1</b>	11,994		B

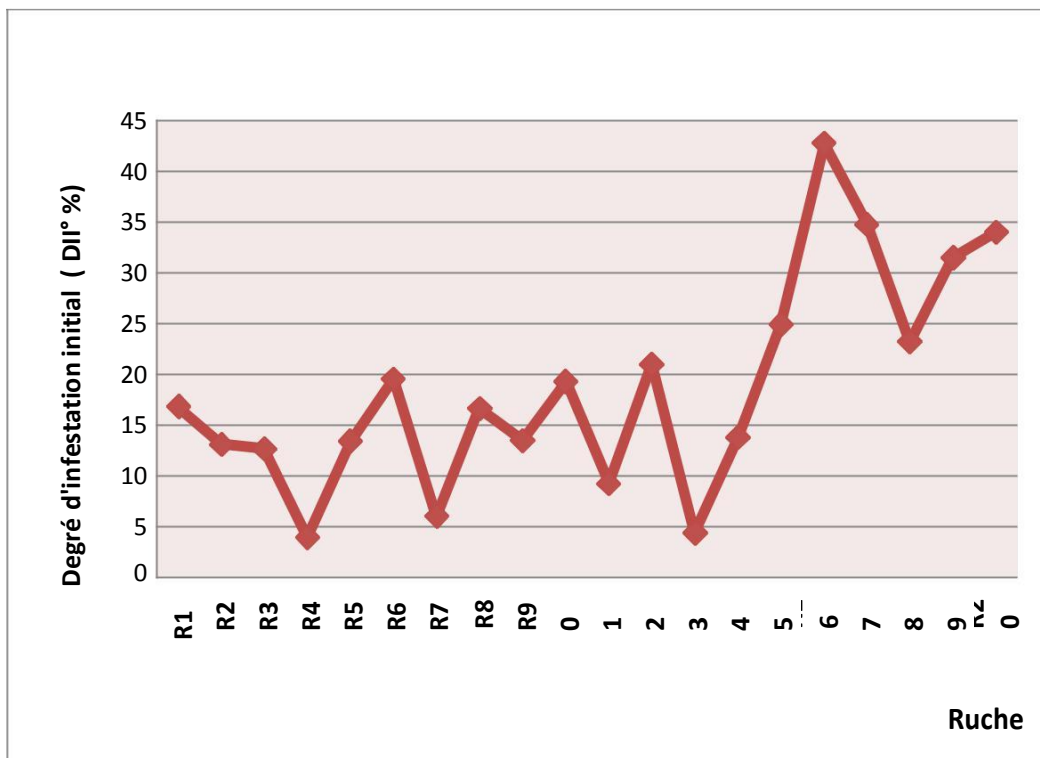


Figure 60: Taux d'infestation initial des ruches par le varroa durant la période d'étude.

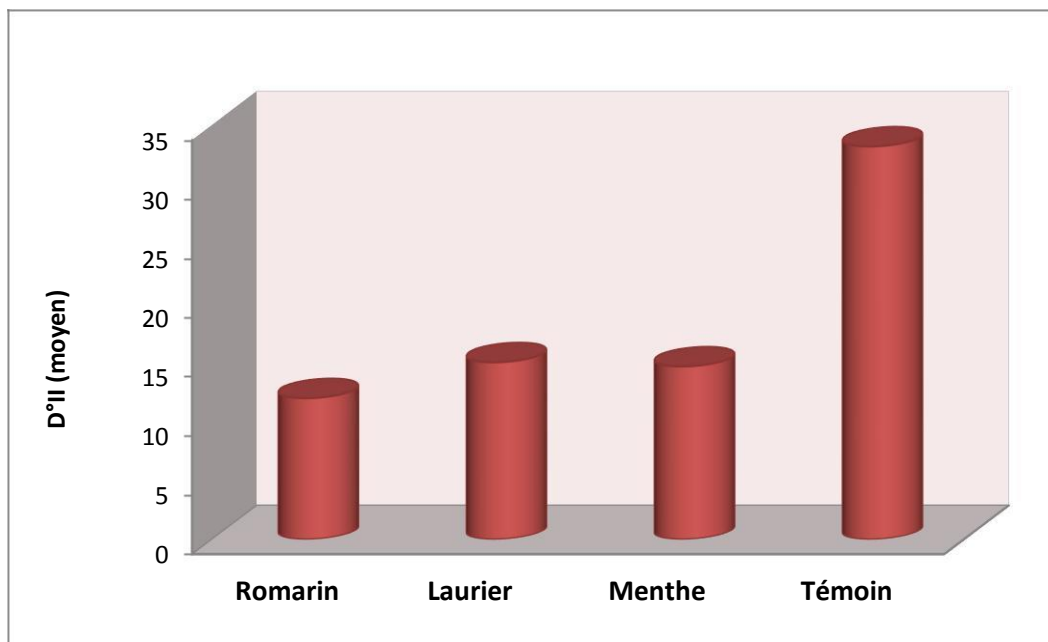
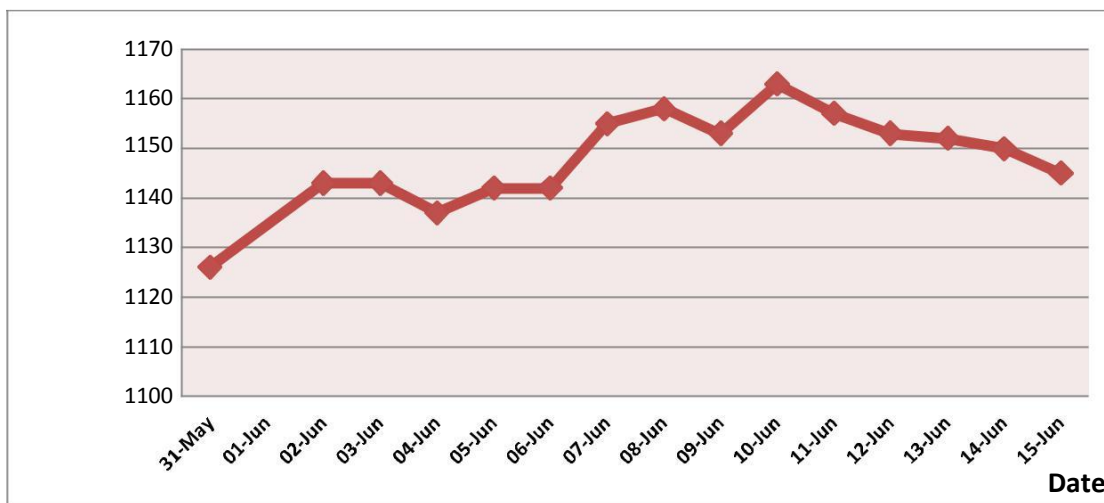


Figure 61: Taux d'infestation initial moyen du varroa par lot.

## 2. Etude de la mortalité naturelle de la population du varroa

### 2.1. Evolution de la mortalité naturelle du varroa.

La chute naturelle du varroa est en croissance depuis le début de notre expérimentation où nous enregistrons un pic de 1163 varroa noté le 10 juin. Ce nombre va régresser où la chute naturelle de ce parasite baisse jusqu'à atteindre 1145 individus à la fin de l'expérimentation (Figure 62, annexe 3). Dans chaque lot, la mortalité naturelle est variable suivant les ruches (Figure 63).



**Figure 62:** Mortalité naturelle du varroa durant la période d'étude.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe une différence très hautement significative concernant la mortalité naturelle des varroas entre les 4 lots étudiés (annexe 11) ( $F = 5135,85$  ;  $ddl = 59$  ;  $p = 0,0001$ ) (Tableau 17 et 18).

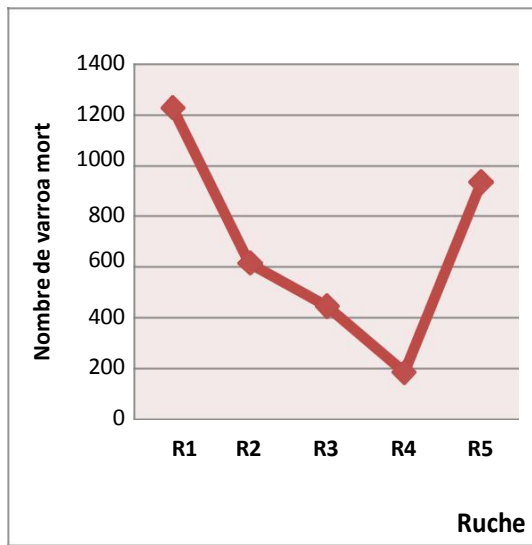
**Tableau 17 :** Analyse de variance de l'influence de la colonie sur l'évolution de la mortalité naturelle du varroa.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité
Modèle	3	149380,050	49793,350	5135,856	0,0001
Erreur	56	542,933	9,695		
Total corrigé	59	149922,983			

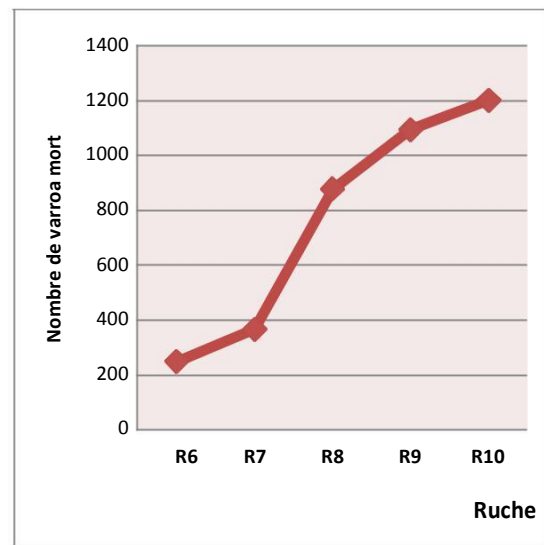
**Tableau 18 :** Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5%.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
Lot 4	352,467	A			
Lot 3	316,333		B		
Lot 2	252,067			C	
Lot 1	227,067				D

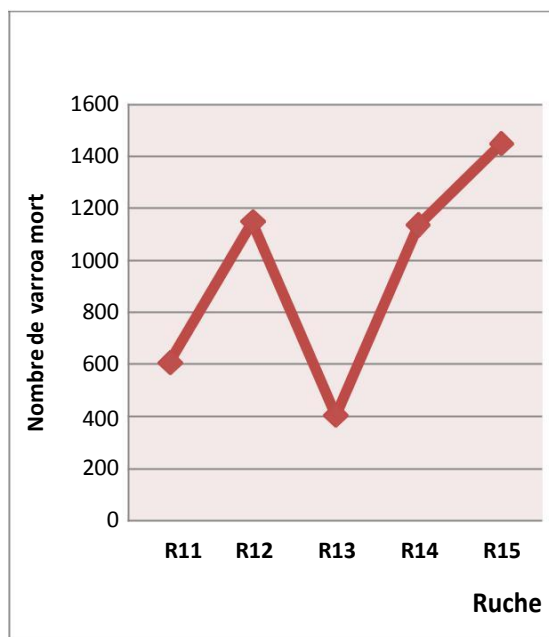




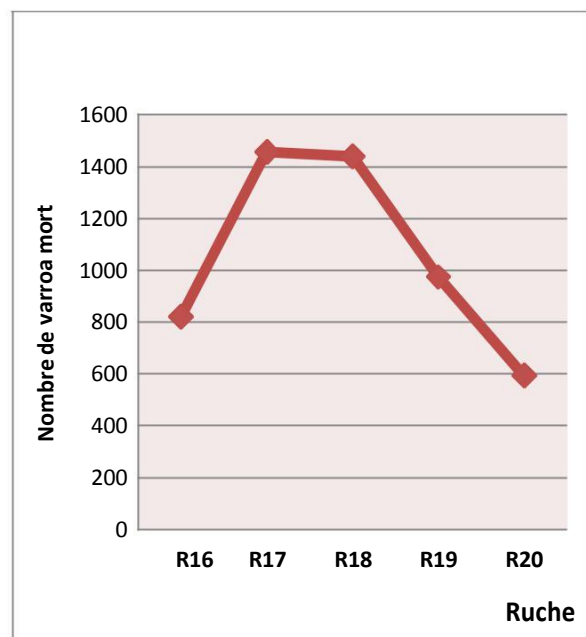
**Lot 1 : Romarin**



**Lot 2 : Laurier noble**



**Lot 3 : Menthe verte**

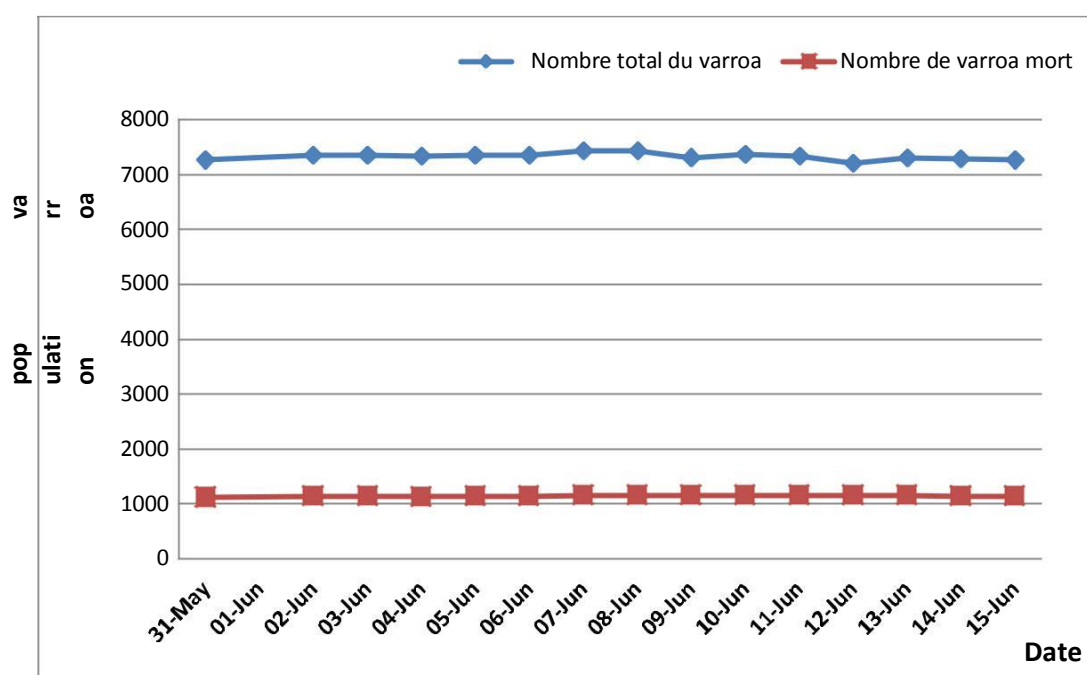


**Lot 4 : Témoin**

**Figure 63 : variabilité de mortalité de varroa dans les ruches avant les traitements.**

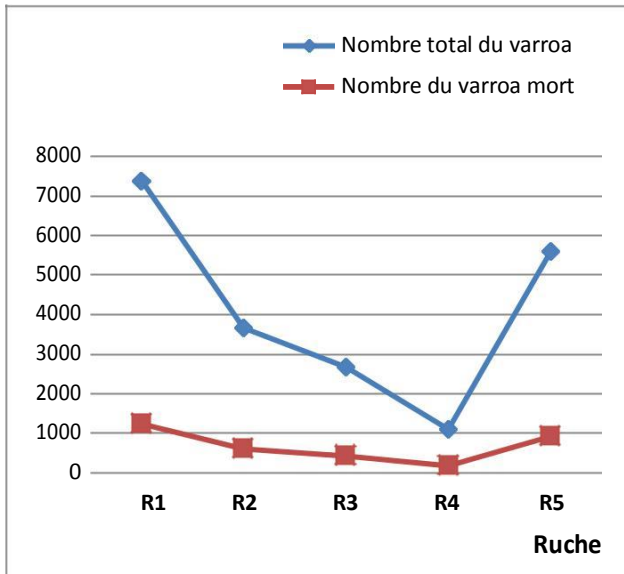
## 2.2. Relation entre le nombre du varroa morts naturellement et la population total du varroa

Les résultats de dénombrement du varroa récoltés sur les langes sont représentés par la **figure 64**. Nous remarquons que la mortalité naturelle du varroa suit approximativement l'évolution de la population totale de cet acarien. En effet, une croissance de ces deux paramètres est constatée depuis le début de notre étude suivi d'une régression à la fin de l'expérimentation. Dans chaque lot, également la mortalité naturelle suit l'évolution de la population de cet acarien suivant les ruches (**Figure 65**).

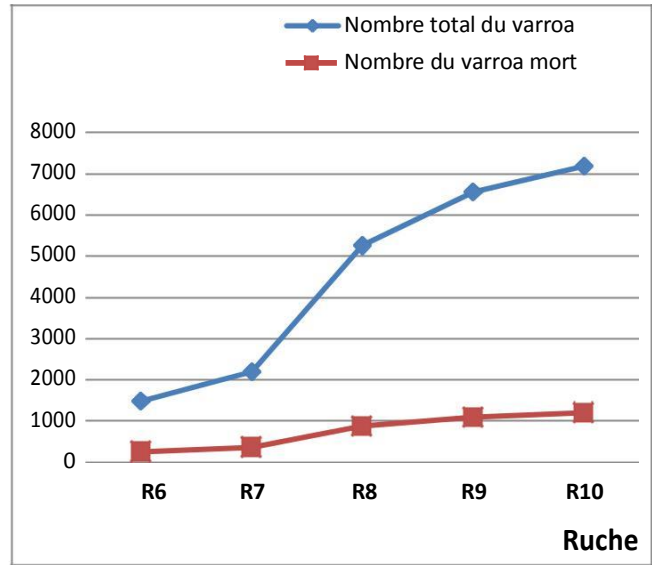


**Figure 64:** Relation entre le nombre du varroa morts naturellement et la population total du Varroa au cours du temps.

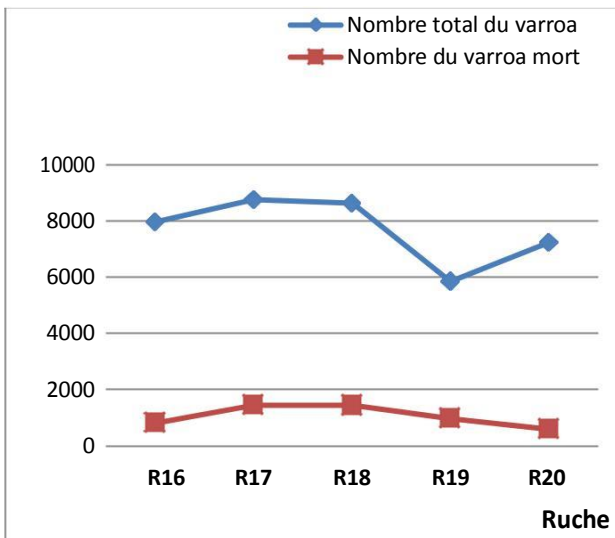
Afin de savoir si la chute naturelle du varroa suit l'évolution du nombre total de la population de celui-ci, nous avons effectué une analyse de la régression linéaire. Le coefficient de corrélation obtenu est différent pour chaque lot (**annexe 12**). Cette corrélation est déterminée par une droite de régression dont la fonction mathématique est représentée dans chaque lot. Les valeurs de x représentent le nombre du varroa mort naturellement et celles de y correspondent à la population total du varroa (**Figure 66**).



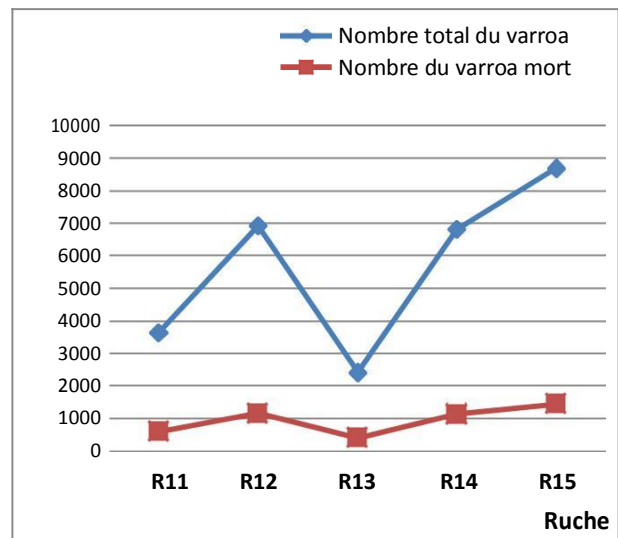
Lot 1 : Romarin



Lot 2 : Laurier noble

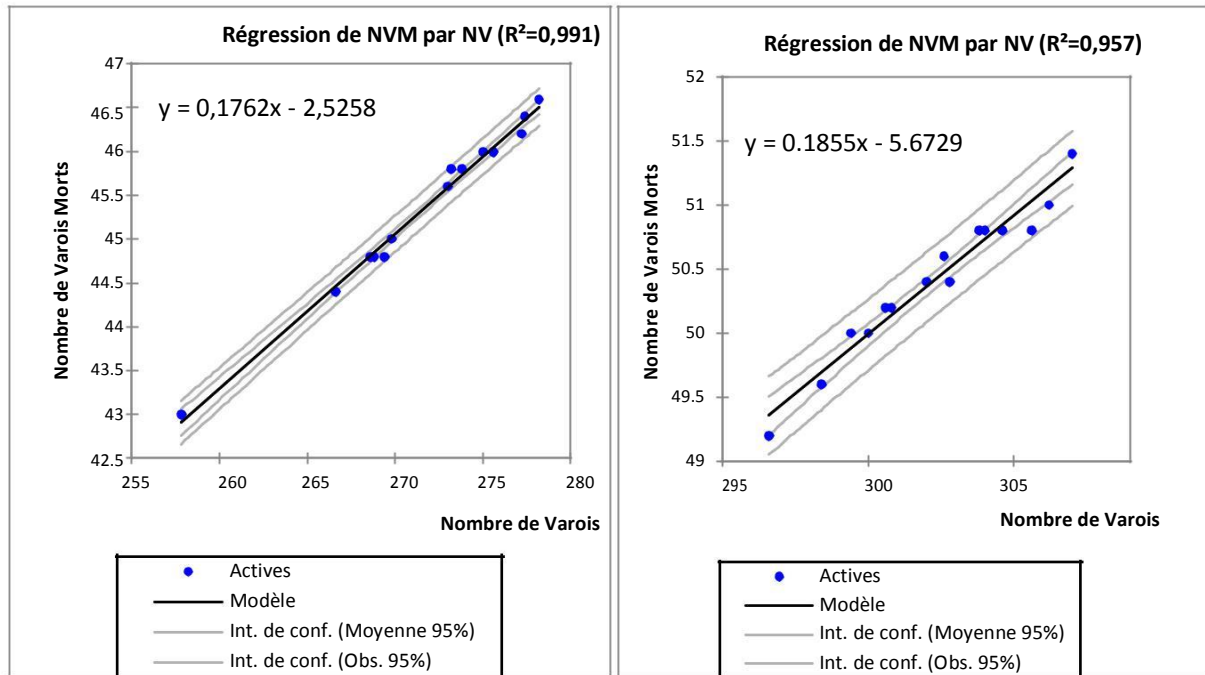


Lot 3 : Menthe verte



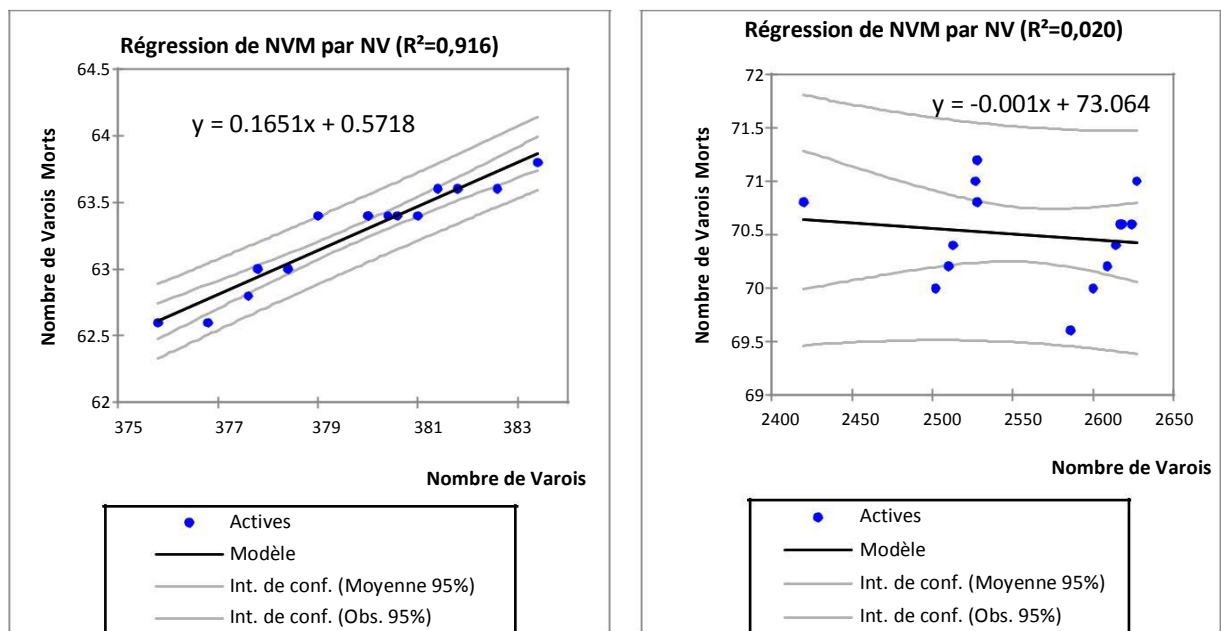
Lot 4 : Témoin

**Figure 65:** Relation entre le nombre du varroa mort naturellement et la population total du Varroa dans les ruches.



**Lot 1 : Romarin**

**Lot 2 : Laurier noble**



**Lot 3 : Menthe verte**

**Lot 4 : Témoin**

**Figure 66:** Corrélation entre la mortalité naturelle et l'évolution de la population totale du Varroa pour chaque lot.

### 3. Etude de l'efficacité des huiles par lot.

#### 3.1. Lot 1 traité par l'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis*

##### 3.1.1. Evolution de la mortalité du varroa

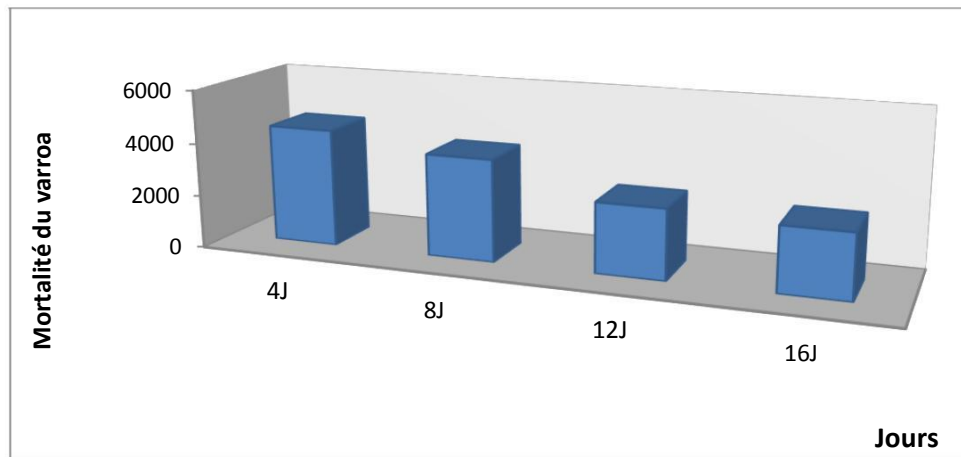
Le comptage de la chute naturelle du varroa avant le traitement donne une mortalité moyenne qui varie entre 137,8 et 183 varroa. Après la première application de l'huile, la mortalité du varroa est relativement importante et s'élève à 885,8 varroas. A la deuxième application du traitement, la mortalité du parasite baisse jusqu'à 768,8 individus. Ensuite, elle a commencé à diminuer progressivement et cela avec le temps (**Figure 67**). Entre le 12<sup>ème</sup> et le 16<sup>ème</sup> jour, le produit semble agir sur les acariens de façon constante puisque la mortalité enregistrée est sensiblement proche. Elle est respectivement de 528,6 et de 488 varroas (**annexe13**).

Le taux de mortalité s'est échelonné de 53,47 à 74,13% (**Tableau 19**). Du même, nous avons constaté que le nombre de parasite diminue progressivement d'une colonie à une autre exception faite pour la colonie n°5 (**Figure 68**) qui a connu une augmentation dans la mortalité, période qui correspond à l'émergence de jeunes abeilles de leurs cellules mais aussi la libération de jeunes varroas qui ont succombé aussitôt à l'huile essentielle. Néanmoins nous remarquons une chute plus importante de varroa dans la ruche 1 pendant toute la période de traitement ceci s'explique aisément par le fait qu'elle présente le taux d'infestation le plus élevé qui est de 16,80%. Notons aussi que la mortalité est relativement importante au niveau de la ruche 2 avec un taux de 74,13%, ce qui s'expliquerait par le fait que pendant le traitement les varroas étaient phorétiques et donc accessibles au traitement. A la première semaine du traitement de contrôle, nous enregistrons une chute considérable du parasite avec 75,8 varroa, et devient très faible à la fin du traitement de contrôle avec une mortalité moyenne de 8,8 varroa (**annexe13**), l'action de l'Apiguard a révélé une faible élimination de varroa représentant un taux de mortalité moyen de 2,49% par rapport au nombre total de varroa mort par l'huile essentielle du romarin. (**Figure 69**).

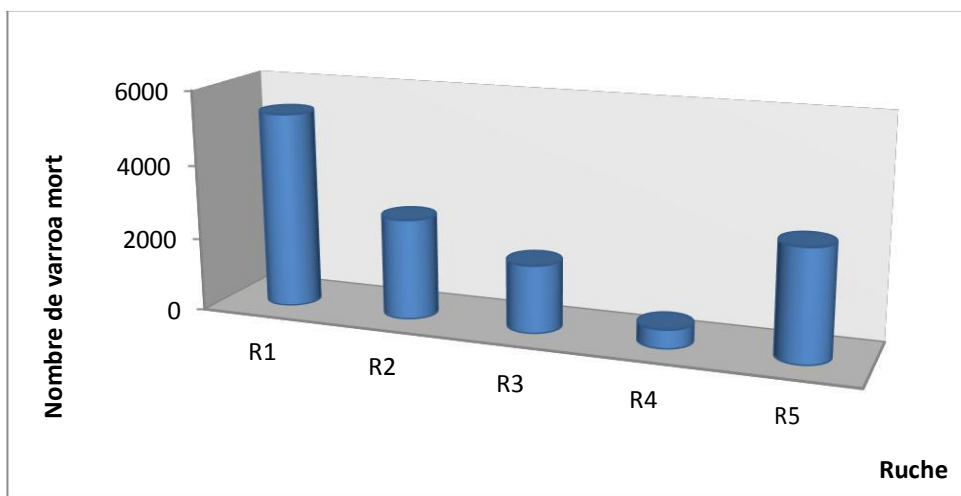
L'action conjuguée de l'huile essentielle et l'Apiguard a engendré un taux de mortalité de 65,40%. L'Apiguard seul est à l'origine de faible mortalité (**Tableau 19**).

**Tableau 19** : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.

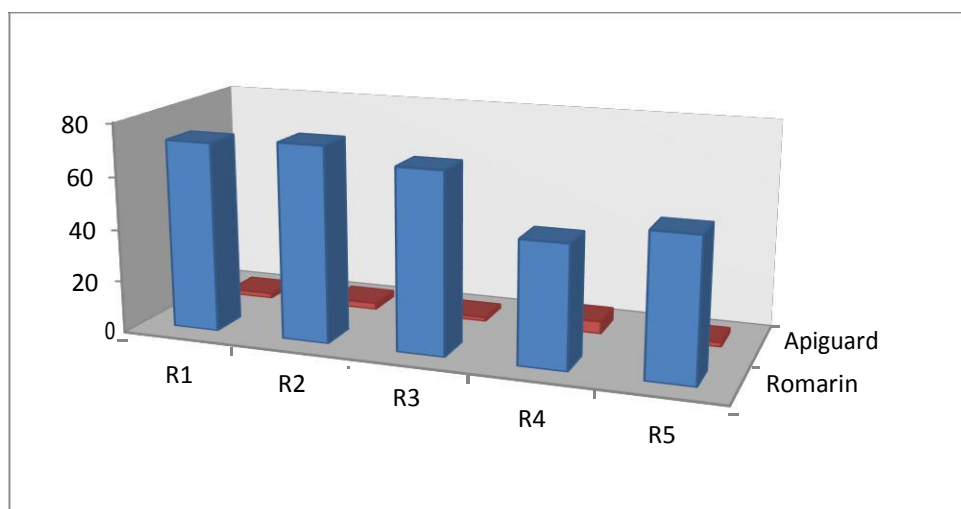
		<b>Lot 1 : Huile essentielle du romarin</b>				
		<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>5</sub></b>
Taux d'infestation initial%		16,80	13,11	12,67	3,96	13,43
Nombre de varroa mort par traitement de j <sub>0</sub> à j+16	1 <sup>ere</sup> app	1758	1023	555	185	908
	2 <sup>eme</sup> app	1411	887	458	136	952
	3 <sup>eme</sup> app	1079	555	318	98	593
	4 <sup>eme</sup> app	1053	252	497	93	545
Nombre total de varroa mort par traitement de j <sub>0</sub> à j+16		5031	2717	1828	512	2998
Nombre de varroa morts par l'Apiguard	1 <sup>ere</sup> app	109	87	41	52	90
	2 <sup>eme</sup> app	30	5	0	1	8
Nombre total de varroa morts par l'Apiguard de j <sub>16</sub> à j+31		139	92	41	53	98
Nombre total de varroa morts des deux traitements de j <sub>0</sub> à j+31(B)		5440	2809	1869	565	3096
Nombre de varroa présent dans la colonie (C)		7356	3665	2668	1105	5606
Taux de mortalité (%) par traitement à l'huile		72,06	74,13	68,51	46,33	53,47
Taux de mortalité moyen (%)		<b>62,90</b>				
Taux de mortalité (%) par traitement à l'Apiguard		1,88	2,51	1,53	4,79	1,74
Taux de mortalité moyen (%)		<b>2,49</b>				
Taux de mortalité (%) des deux traitements		73,95	76,64	70,05	51,13	55,23
Taux moyen de mortalité (%)		<b>65,40</b>				



**Figure 67:** Evolution de la mortalité du varroa par le romarin au cours du temps.



**Figure 68:** Evolution de la mortalité au niveau des ruches après traitement du varroa par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.



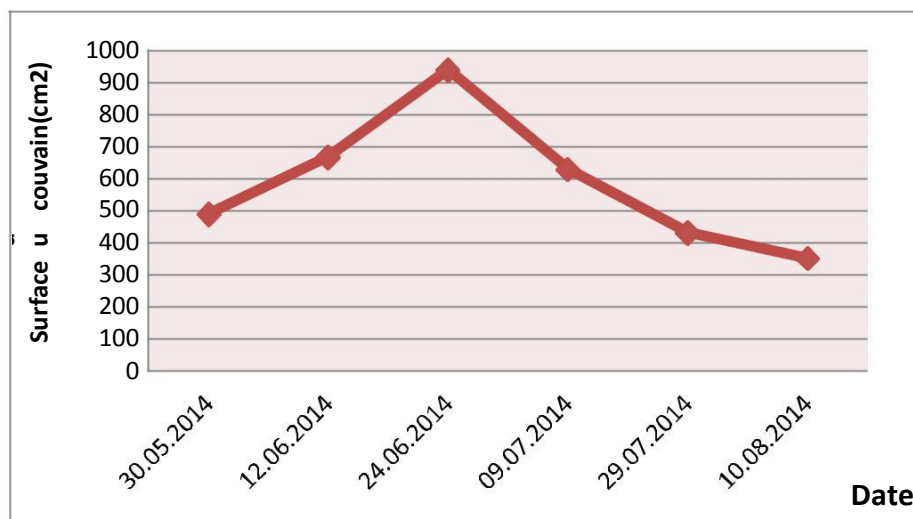
**Figure 69:** Taux de mortalité provoquée par l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* et de l'Apiguard.

### 3.1.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 1

Au niveau du lot 1, la surface moyenne du couvain des colonies augmente dès les 15 premiers jours avant le traitement passant de 488,35 à 938,75cm<sup>2</sup> à la fin de traitement de contrôle. Puis cette évolution du couvain va en régression progressive jusqu'à atteindre 350,48cm<sup>2</sup> (Tableau 20, Figure 70). Cette diminution est due surtout à l'arrivée des grandes chaleurs qui exercent une action inhibitrice sur la ponte des reines ; et encore les colonies s'activent pour le remplissage des cellules par les provisions (miel et pollen). Au sein de différentes ruches du lot 1, on a pu observer divers comportements car La ruche 1 possède un couvain relativement abondant par rapport aux autres ruches. Ces ruches présentent une diminution progressive due à une accumulation de provisions à l'intérieur des cellules vides. Cela a empêché la reine à pondre. La ruche 5 aussi présente toujours un couvain abondant (Figure 71).

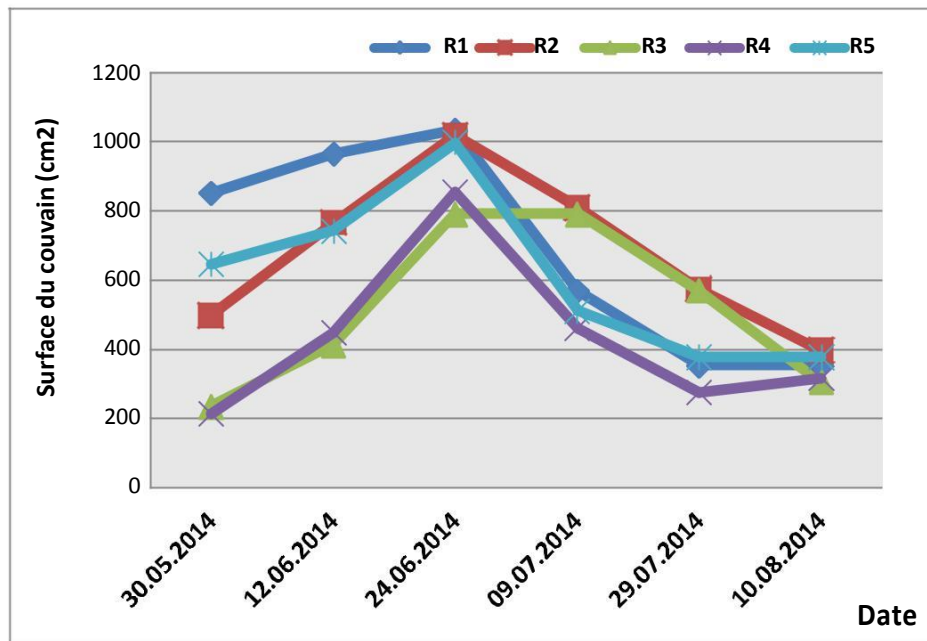
**Tableau 20 :** Evolution de la surface du couvain (cm<sup>2</sup>).

Date RUCHE	30/05/2014	12/06/2014	24/06/2014	09/07/2014	29/07/2014	10/08/2014
R1	850,57	963,71	1033,57	568,33	353,83	356,25
R2	497,66	766	1018,50	809,40	573,75	396,75
R3	234,80	412,66	790,85	790,85	569,66	304,40
R4	213,75	447	853,50	460,16	275,40	317,40
R5	645	742,42	997,33	510,83	377,60	377,60
Moyenne	488,35	666,35	938,75	627,91	430,05	350,48



**Figure 70:** Evolution moyenne de la surface du couvain du lot1.





**Figure 71:** Evolution de la surface du couvain par ruche du lot1.

### 3.1.3. Efficacité de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

L'efficacité de l'huile essentielle est variable et presque similaire dans toutes les ruches (Tableau 21). Cette variabilité est due à certains facteurs liés au comportement de chaque colonie dont l'abondance du couvain.

L'efficacité moyenne de l'huile essentielle du romarin est estimée en moyenne à 95,88% avec un écart type de 2,66. Le maximum est réalisé pour la ruche n°3 et évalué à 97,80%. Ceci est dû à la présence d'un couvain réduit et par conséquent les acariens qui se trouvaient à découvert ont été en contact avec l'huile essentielle.

**Tableau 21 :** Détermination de l'efficacité de l'huile essentielle du romarin.

N° Ruche	Nombre de varroa mort		Nombre total du varroa mort (A+B)	Efficacité de l'huile A/(A+B)	Efficacité moyen(%)
	Pendant le traitement (A)	Pendant le traitement de contrôle (B)			
R <sub>1</sub>	5301	139	5440	97,44	95,88
R <sub>2</sub>	2717	92	2809	96,72	
R <sub>3</sub>	1828	41	1869	97,80	
R <sub>4</sub>	512	53	565	90,61	
R <sub>5</sub>	2998	98	3096	96,83	
<b>Moyenne ± Ecart type = 95,88 ± 2,66</b>					

### 3.2. Lot 2 traité par l'huile essentielle du *Laurus nobilis*

#### 3.2.1. Evolution de la mortalité du varroa

Au niveau du lot 2, le comptage de la chute naturelle du varroa avant le traitement donne une mortalité moyenne qui varie entre 151,2 et 204 varroa. Après la première application et jusqu'à la troisième, nous remarquons que la mortalité du varroa est toujours importante, elle varie entre 708,6 et 754 individus. Ensuite, elle diminue légèrement pour atteindre 600 varroa à la fin du traitement. **(Figure 72, annexe 14).**

Le taux de mortalité s'est échelonné de 56,24 à 64,26% **(Tableau 22)**. Du même, nous avons constaté que le nombre de parasite augmente progressivement d'une colonie à une autre. Cependant, nous remarquons une mortalité plus importante dans la ruche 9 et la ruche 10 **(Figure 73)**, ceci s'explique aisément puisque ces deux ruches présentent un taux d'infestation élevé par rapport aux autres ruches du lot 2.

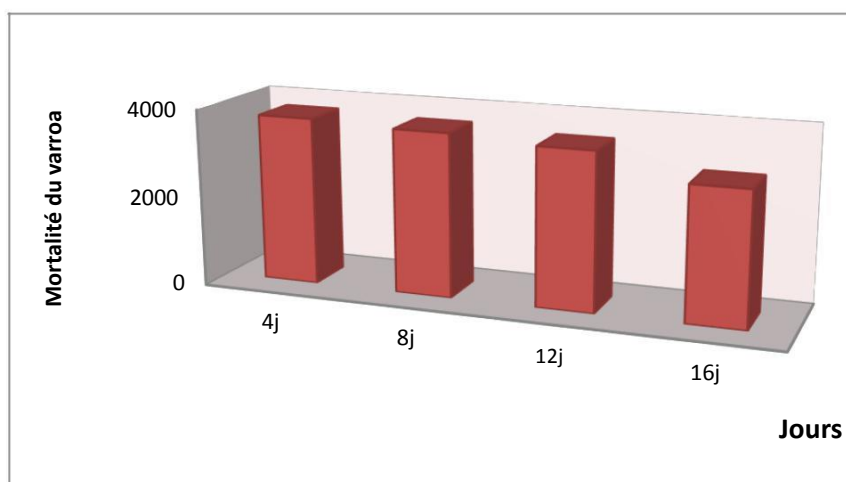
A partir de la première semaine d'application du traitement de contrôle à l'Apiguard, nous enregistrons une chute de varroa plus ou moins importante avec une moyenne de 87,4 varroas.

Ce nombre va ensuite diminuer pour atteindre une mortalité de 14,2 individus à la fin de traitement de contrôle **(annexe14)**. L'Apiguard a révélé une faible élimination de varroa représentant un taux de mortalité moyen de 2,42% par rapport au nombre total de varroa présents dans les colonies.

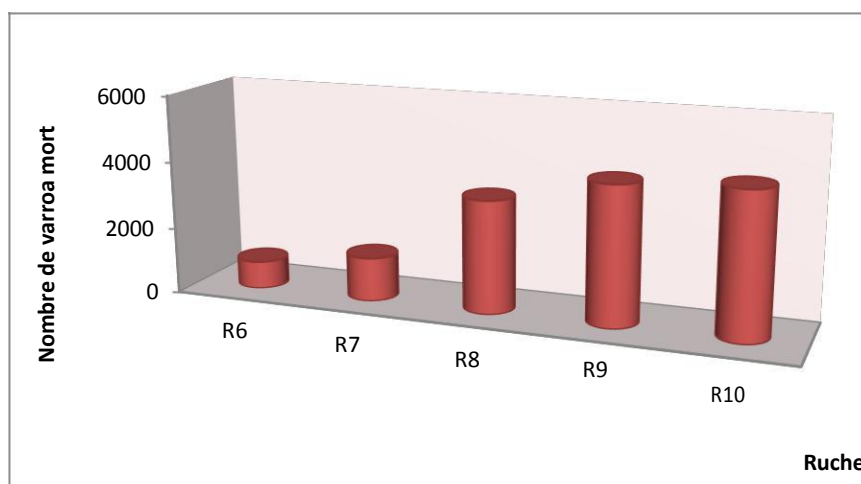
L'action conjuguée de l'huile essentielle et l'Apiguard a engendré un taux de mortalité de 63,15% **(Tableau 22)**. L'Apiguard seul est à l'origine de faible mortalité **(Figure 74)**.

**Tableau 22** : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.

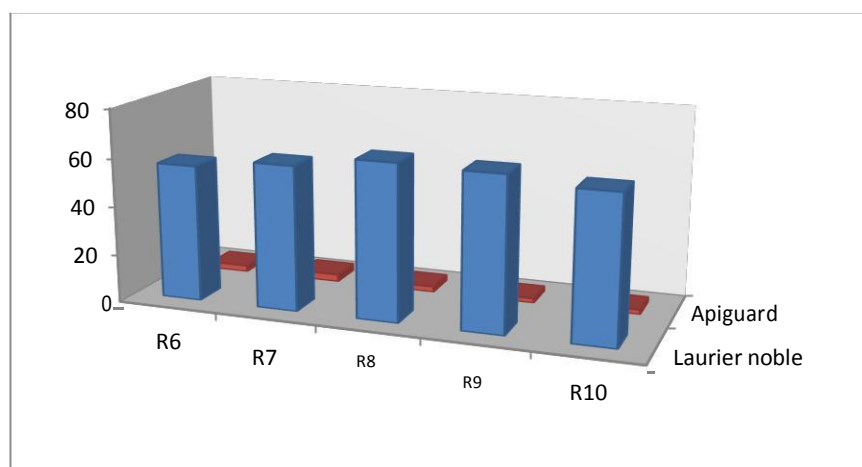
		<b>Lot 2 : Huile essentielle du laurier noble</b>				
		<b>R<sub>6</sub></b>	<b>R<sub>7</sub></b>	<b>R<sub>8</sub></b>	<b>R<sub>9</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>
Taux d'infestation initial%		19,56	6,03	16,67	13,5	19,32
Nombre de varroa mort par traitement de j <sub>0</sub> à j+16	1 <sup>ere</sup> app	253	471	850	1064	1132
	2 <sup>eme</sup> app	283	519	715	1052	1110
	3 <sup>eme</sup> app	193	195	972	1069	1114
	4 <sup>eme</sup> app	100	126	838	969	967
Nombre total de varroa morts par traitement de j <sub>0</sub> à j+16		829	1311	3375	4154	4323
Nombre de varroa morts par l'Apiguard	1 <sup>ere</sup> app	33	61	102	114	127
	2 <sup>eme</sup> app	6	6	24	17	18
Nombre total de varroa morts par l'Apiguard de j <sub>16</sub> à j+31		39	67	126	131	145
Nombre total de varroa morts des deux traitements de j <sub>0</sub> à j+31(B)		868	1378	3501	4285	4468
Nombre de varroa présent dans la colonie(C)		1474	2195	5252	6560	7191
Taux de mortalité (%) par traitement à l'huile		56,24	59,72	64,26	63,32	60,11
Taux de mortalité moyen (%)		<b>60,73</b>				
Taux de mortalité (%) par traitement à l'Apiguard		2,64	3,05	2,39	1,99	2,01
Taux de mortalité moyen (%)		<b>2,42</b>				
Taux de mortalité (%) des deux traitements		58,89	62,77	66,65	65,31	62,12
Taux moyen de mortalité (%)		<b>63,15</b>				



**Figure 72:** Evolution de la mortalité du varroa par *Laurus nobilis* au cours du temps.



**Figure 73:** Evolution de la mortalité des ruches après traitement du varroa par *Laurus nobilis*.



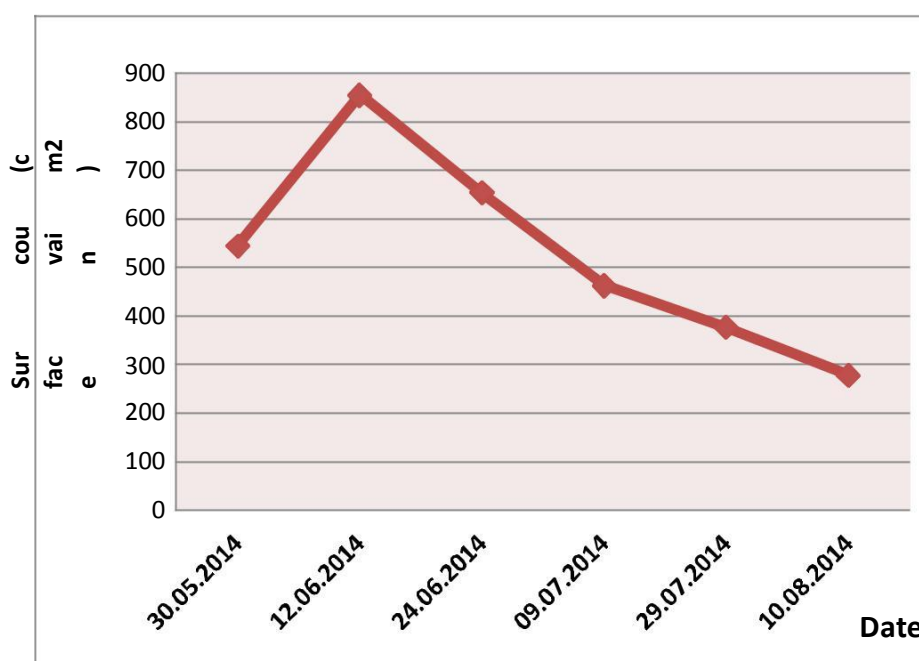
**Figure 74 :** Taux de mortalité provoquée par l'huile de *Laurus nobilis* et de l'Apiguard.

### 3.2.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 2

Au début de la grande miellée, nous assistons à une abondance du couvain au niveau du lot 2, sa superficie est de  $544,26\text{cm}^2$  noté le 30/05 (**Tableau 23. Figure 75**). Vers la fin de cette miellée, on remarque que l'évolution du couvain va en régressant jusqu'à atteindre  $278,19\text{cm}^2$  noté le 10/08. Néanmoins nous avons pu observer que toutes les ruches ont eu une évolution presque identique (**Figure 76**).

**Tableau 23** : Evolution de la surface du couvain ( $\text{cm}^2$ ).

Date RUCHE	30/05/2014	12/06/2014	24/06/2014	09/07/2014	29/07/2014	10/08/2014
<b>R<sub>6</sub></b>	270,5	673,2	462,2	317	254,75	268,66
<b>R<sub>7</sub></b>	187	918,33	863,40	627	498,25	282,25
<b>R<sub>8</sub></b>	813,33	859	664,85	444,83	320,20	242
<b>R<sub>9</sub></b>	827,16	980,14	691,71	404,16	305,40	237
<b>R<sub>10</sub></b>	623,28	845	586,51	522,16	503,50	361
Moyenne	544,26	855,13	653,73	463,03	376,42	278,19



**Figure 75**: Evolution de la surface moyenne du couvain du lot 2.

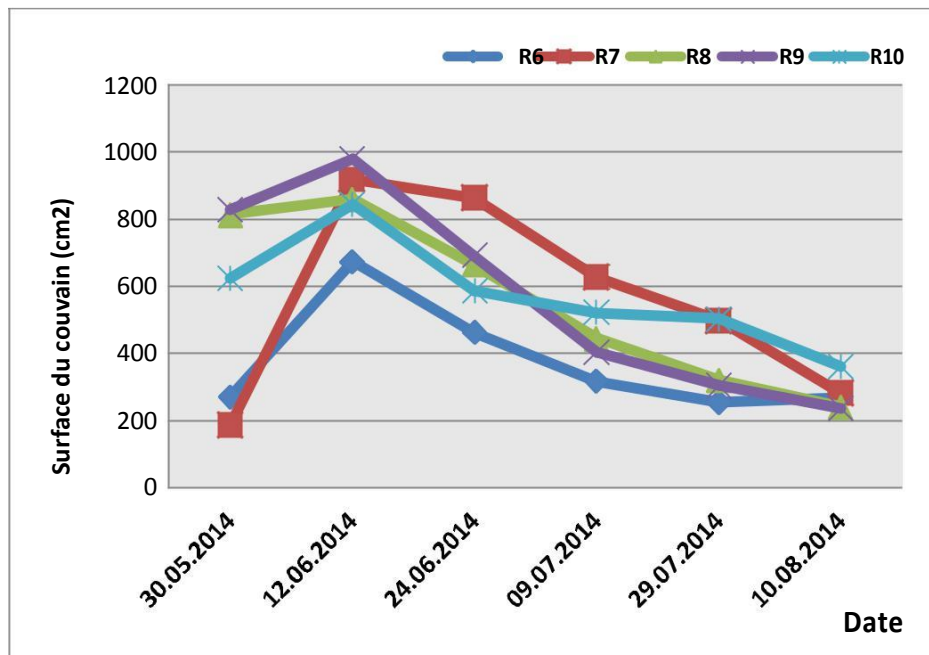


Figure 76 : Evolution de la surface du couvain par ruche du lot 2.

### 3.2.3. Efficacité de l'huile essentielle de *Laurus nobilis*

L'efficacité de l'huile essentielle est variable et presque similaire dans toutes les ruches (Tableau 24). Cette variabilité est due à certains facteurs liés au comportement de chaque colonie à savoir : l'abondance du couvain. L'efficacité moyenne est estimée en moyenne à 96,14% avec un écart type de 0,71.

Tableau 24 : Détermination de l'efficacité de l'huile essentielle du Laurier.

N° Ruche	Nombre de varroa mort		Nombre total du varroa mort (A+B)	Efficacité de l'huile A/(A+B)	Efficacité moyen(%)
	Pendant le traitement (A)	Pendant le traitement de contrôle (B)			
R6	829	39	868	95,5	96,14
R7	1311	67	1378	95,13	
R8	3375	126	3501	96,4	
R9	4154	131	4285	96,94	
R10	4323	145	4468	96,75	
<b>Moyenne ± Ecart type = 96,14 ± 0,71</b>					

### 3.3. Lot 3 traité par l'huile essentielle du *Mentha viridis*

#### 3.3.1. Evolution de la mortalité du varroa

Avant l'application du traitement, la chute naturelle du varroa varie entre 189,8 à 254,4 varroa. A la première application, nous enregistrons une mortalité moyenne très importante de varroa qui est de 1005,2, ce nombre se réduit brusquement ou on a retrouvé très peu de parasites sur les langes pour atteindre vers la fin du traitement une moyenne de 544 individus. (**Figure 77, annexe 15**).

La ruche n°15 a montré une mortalité plus importante que les autres ruches (**Figure 78**), ce qui s'expliquerait par le fait que pendant le traitement, les varroas étaient phorétiques donc plus accessibles au traitement.

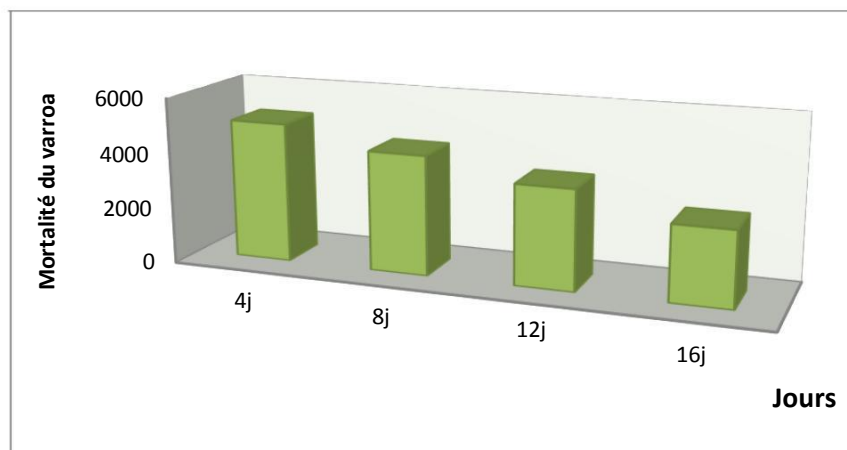
Au cours du traitement de contrôle, la mortalité du parasite continue à baisser jusqu'à atteindre une moyenne de 16,4 varroa à la fin de traitement (**annexe 15**). Le taux de mortalité a varié de 0,49 % à 2,02 % avec un taux moyen de 1,46 % (**Tableau 25**).

L'action conjuguée de l'huile essentielle et l'Apiguard a engendré un taux de mortalité de 56,42% (**Tableau 25**). L'Apiguard seul est à l'origine de faible mortalité (**Figure 79**).

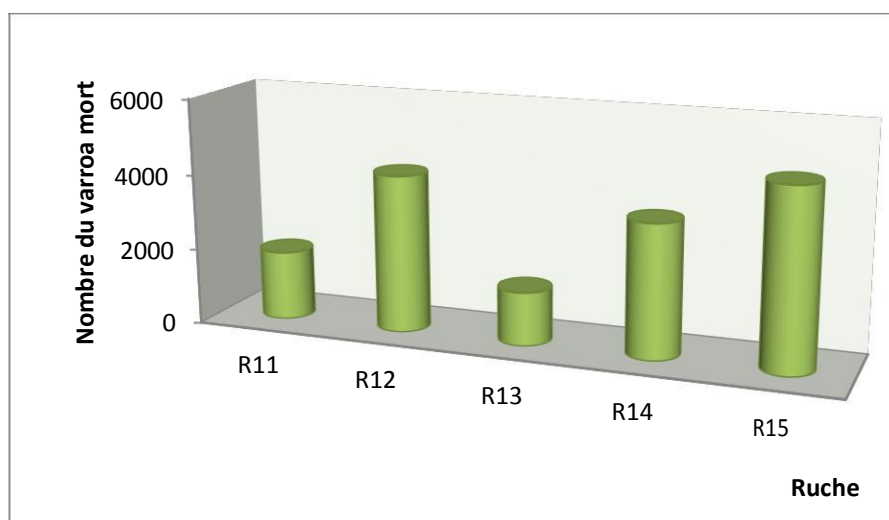
**Tableau 25** : Taux de mortalité pendant le traitement et le traitement de contrôle.

		<b>Lot 3 : Huile essentielle de menthe</b>				
		<b>R<sub>11</sub></b>	<b>R<sub>12</sub></b>	<b>R<sub>13</sub></b>	<b>R<sub>14</sub></b>	<b>R<sub>15</sub></b>
Taux d'infestation initial %		9,26	21,02	4,4	13,77	24,9
Nombre de varroa mort par traitement de j <sub>0</sub> à j+16	1 <sup>ère</sup> app	651	1171	513	1246	1445
	2 <sup>ème</sup> app	468	1143	512	904	1276
	3 <sup>ème</sup> app	380	1113	320	698	1089
	4 <sup>ème</sup> app	327	729	73	667	924
Nombre total de varroa morts par traitement de j <sub>0</sub> à j+16		1826	4156	1418	3515	4734
Nombre de varroa morts par l'Apiguard	1 <sup>ère</sup> app	50	116	10	99	109
	2 <sup>ème</sup> app	0	24	2	26	30
Nombre total de varroa morts par l'Apiguard de j <sub>16</sub> à j+31		50	140	12	125	139
Nombre total de varroa morts des deux traitements de j <sub>0</sub> à j+31		1876	4296	1430	3640	4873
Nombre de varroa présents dans la colonie		3641	6905	2422	6822	8693
Taux de mortalité (%) par traitement à l'huile		50,15	60,18	58,54	51,52	54,45
Taux de mortalité moyen (%)		<b>54,96</b>				
Taux de mortalité (%) par traitement à l'Apiguard		1,37	2,02	0,49	1,83	1,59
Taux de mortalité moyen (%)		<b>1,46</b>				
Taux de mortalité (%) des deux traitements		51,52	62,20	59,03	53,35	56,04
Taux moyen de mortalité(%)		<b>56,42</b>				

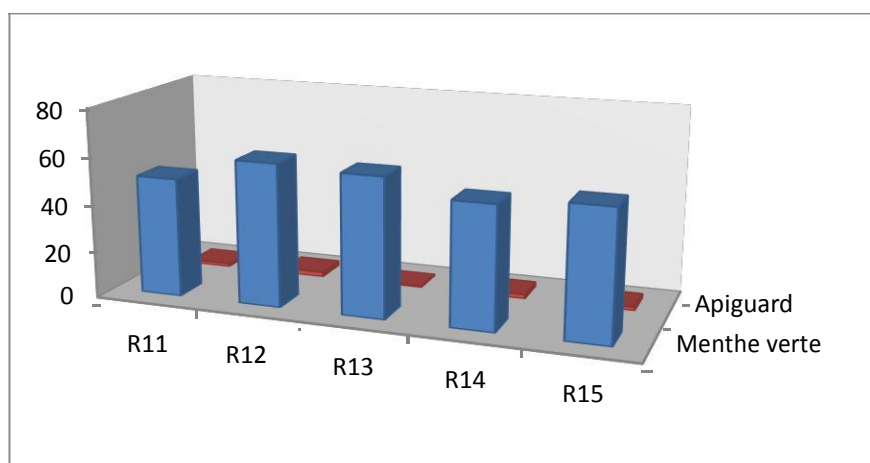




**Figure 77 :** Evolution de la mortalité du varroa par *Mentha viridis* au cours du temps.



**Figure 78 :** Evolution de la mortalité des ruches après traitement du varroa par *Mentha viridis*.



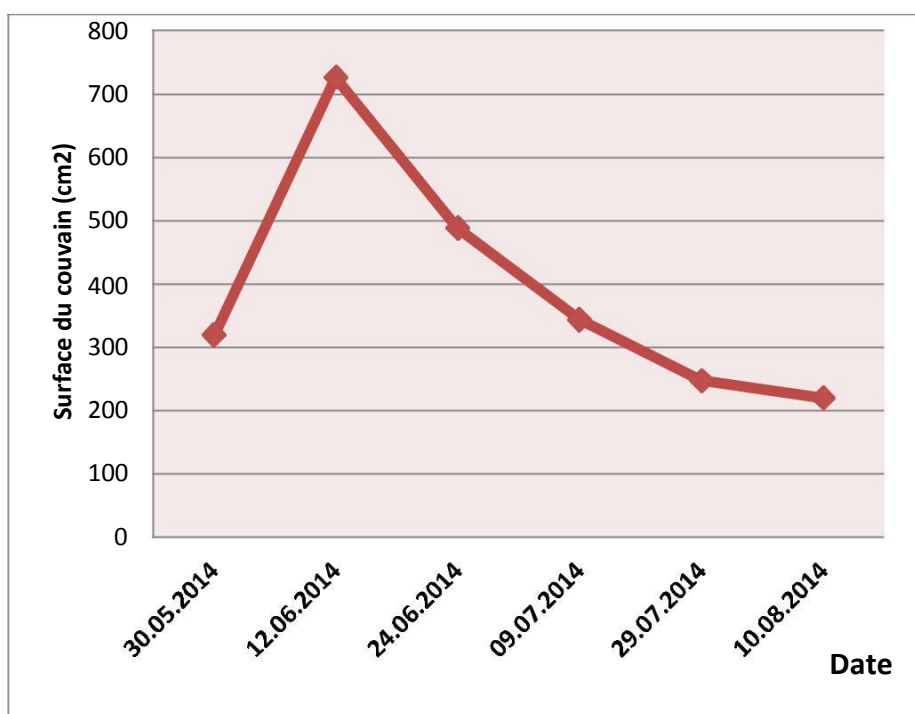
**Figure 79 :** Taux de mortalité provoquée par l'huile de *Mentha viridis* et de l'Apiguard.

### 3.3.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 3

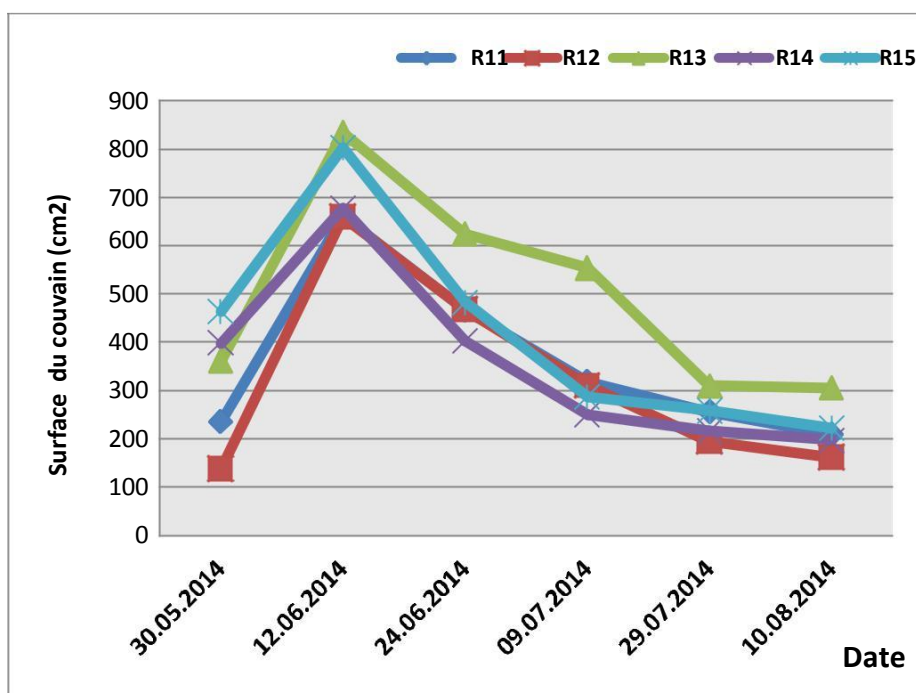
D'une manière générale, la superficie moyenne du couvain de ce lot a augmenté dès les dix premiers jours de traitement passant de 319,59 à 726,87cm<sup>2</sup>, puis on a enregistré une régression atteignant les 219,456cm<sup>2</sup> (**Figure 80. Tableau 26**). Nous avons pu observer au sein de ce lot des comportements différents aussi, la ruche n°13 présente un couvain relativement abondant (**Figure 81**).

**Tableau 26** : Evolution de la surface du couvain (cm<sup>2</sup>).

Date RUCHE	30/05/2014	12/06/2014	24/06/2014	09/07/2014	29/07/2014	10/08/2014
<b>R11</b>	235,25	661	466,75	318,8	257	209,25
<b>R12</b>	138,16	659	467,5	310,4	194,5	161,75
<b>R13</b>	361,5	833,66	624	553,5	310,50	305,75
<b>R14</b>	398,66	677,71	402,66	250,25	216,50	197,75
<b>R15</b>	464,42	803	482,83	286,6	259	222,75
Moyenne	319,59	726,87	488,74	343,91	247,5	219,45



**Figure 80**: Evolution moyenne de la surface du couvain du lot3.



**Figure 81:** Evolution de la surface du couvain par ruche du lot 3.

### 3.3.3. Efficacité de l'huile essentielle de *Mentha viridis*

L'efficacité du traitement est peu variable d'une colonie à une autre (**Tableau 27**). Elle varie de 96,56% à 99,16% avec une moyenne de 97,39% et un écart type de 0,93.

**Tableau 27 :** Détermination de l'efficacité de l'huile essentielle de Menthe.

N° Ruche	Nombre de varroa mort		Nombre total du varroa mort (A+B)	Efficacité de l'huile A/(A+B)	Efficacité moyen(%)
	Pendant le traitement (A)	Pendant le traitement de contrôle (B)			
<b>R11</b>	1826	50	1876	97,33	97,39
<b>R12</b>	4156	140	4296	96,74	
<b>R13</b>	1418	12	1430	99,16	
<b>R14</b>	3515	125	3640	96,56	
<b>R15</b>	4734	139	4873	97,14	
<b>Moyenne ± Ecart type = 97,39 ± 0,93</b>					

### 3.4. Lot 4 (témoin) sans traitement

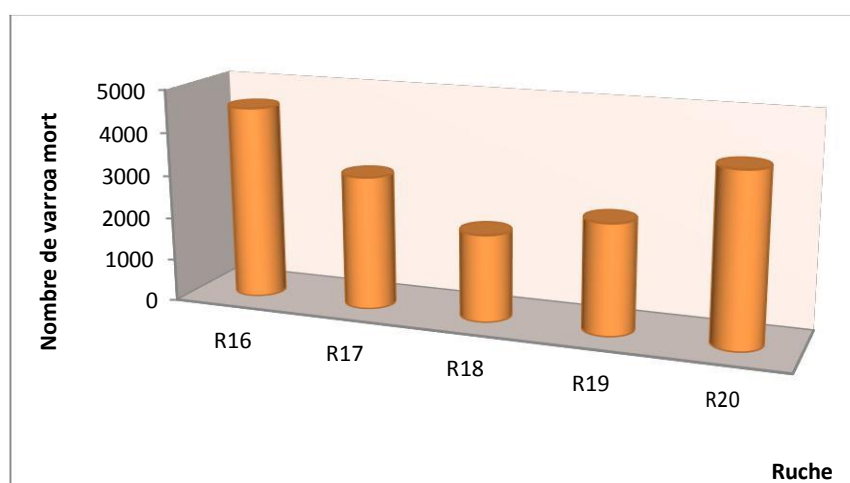
#### 3.4.1. Evolution de la mortalité du varroa

La mortalité naturelle du varroa dans le lot 4 est de 56,65% en moyenne, la ruche n° 18 présente un taux plus faible avec une moyenne de 40,21% du fait de son faible taux d'infestation qui est de 23,20 %. La ruche n°16 présente plus de mortalité durant toute la période d'expérimentation, il se trouve qu'elle est la plus infestée du lot avec un taux d'infestation initial de 42,76% (**Tableau 28. Figure 82**).

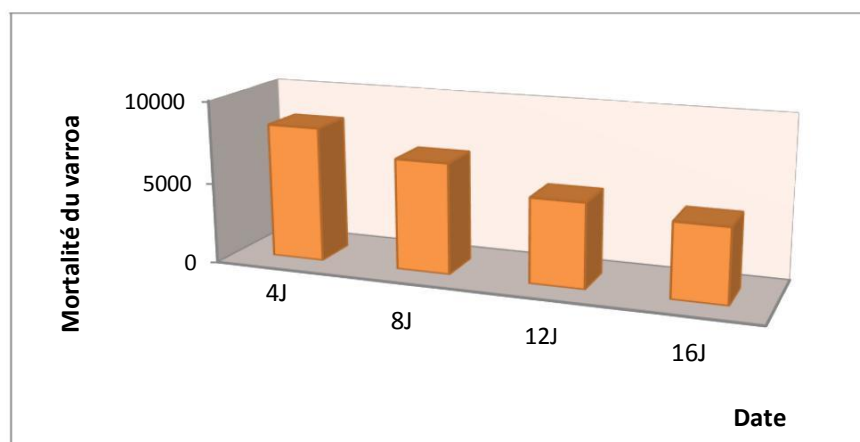
**Tableau 28** : Détermination du taux de mortalité naturelle.

N° Ruche	DII°	Nombre de varroa présents dans la colonie	Nombre de varroa morts de j0 à j+16)	Nombre de varroa morts de j16 à j+31)	Nombre total de varroa morts	Taux de mortalité (%)	Taux de mortalité moyen
R <sub>16</sub>	42.76	7941	822	4518	5340	67,24	<b>56,65</b>
R <sub>17</sub>	34.77	8753	1458	3115	4573	52,24	
R <sub>18</sub>	23.20	8628	1439	2031	3470	40,21	
R <sub>19</sub>	31.47	5852	975	2568	3543	60,54	
R <sub>20</sub>	34.02	7249	593	3976	4569	63,02	

D'après la **figure 83**, le nombre de varroa morts naturellement est peu variable pendant toute la période des mesures, on remarque qu'il y'a a la fin de la dernière application une mortalité de varroa moins importante, mais élevée en comparant à celle établie lors du diagnostic naturel car c'est une période des grandes chaleurs qui favorise la chute des varroas (**annexe16**).



**Figure 82** : Evolution des mortalités naturelles du varroa dans les ruches témoin.



**Figure 83** : Evolution des mortalités naturelles du varroa au cours du temps.

### 3.4.2. Evolution de la surface du couvain dans le lot 4

D'une manière générale, la superficie moyenne du couvain de ce lot a augmenté dès les dix premiers jours de traitement passant de 488,36 à 798,23 cm<sup>2</sup>. Par la suite, elle diminue considérablement jusqu'à atteindre une surface moyenne de 312,16 cm<sup>2</sup> (**Tableau 29.Figure 84**).

**Tableau 29** : Evolution de la surface du couvain (cm<sup>2</sup>).

Date RUCHE	30/05/2014	12/06/2014	24/06/2014	09/07/2014	29/07/2014	10/08/2014
<b>R16</b>	850,57	490,28	365,28	416	304	369,33
<b>R17</b>	497,66	1035,11	765,77	595,20	432	413,33
<b>R18</b>	234,80	757,83	586,16	790,85	506	274,75
<b>R19</b>	213,75	847,14	723,83	550,45	255,5	212,8
<b>R20</b>	645	860,80	608,3	482,6	278	290,6
Moyenne	488,36	798,23	609,87	567,02	355,1	312,16

La ruche n°17 présente un couvain relativement abondant par rapport aux autres ruches (**Figure 85**). Par contre, les ruches 16 et 19 présentent un couvain très réduit qui est du à une synchronisation entre une sortie d'essaims et une accumulation de provisions à l'intérieur des cellules vides ce qui a empêché la reine de pondre.

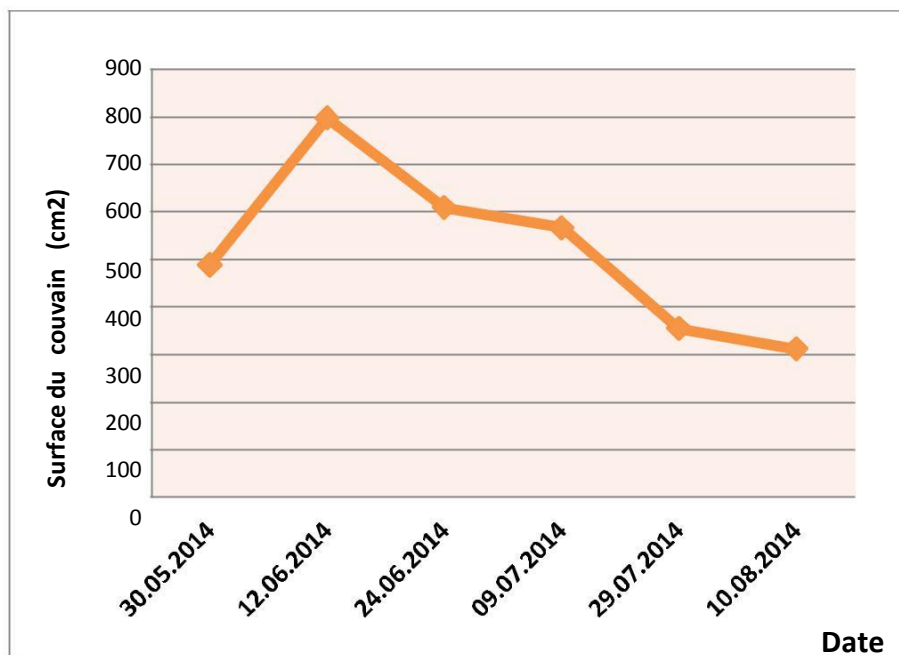


Figure 84 : Evolution de la surface moyenne du couvain du lot non traité.

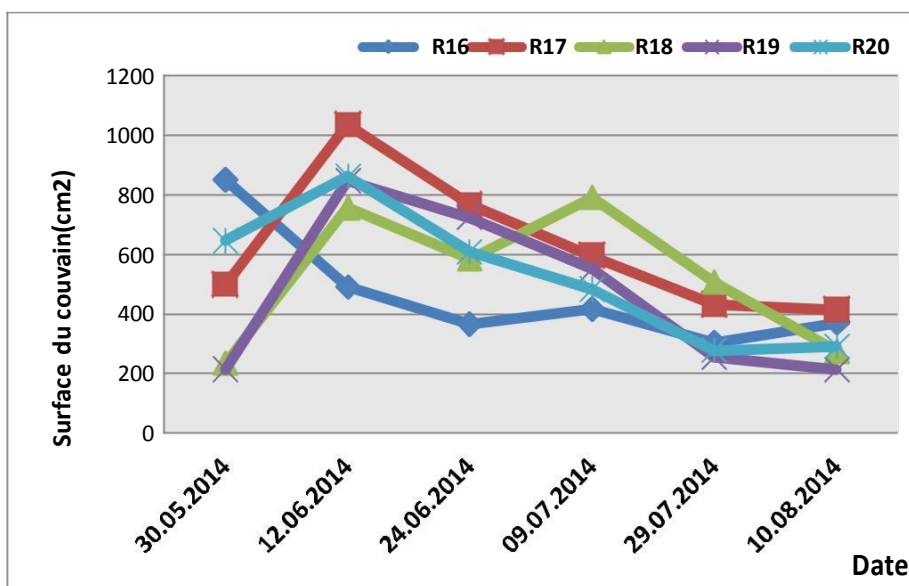


Figure 85 : Evolution de la surface du couvain par ruche du lot témoin.

### 3.5. Analyse comparative de l'efficacité des trois huiles essentielles

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe une différence significative entre la mortalité obtenue après traitement ( $F = 3,53$  ;  $ddl = 79$  ;  $p = 0,01$ ) (**Tableau 30**). Mais, une différence non significative entre l'efficacité des trois huiles essentielles sur le nombre de varroa morts dans les ruches (**Tableau 31 et 32, annexe 17**).

**Tableau 30:** Analyse de variance de la variable mortalité.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité
Modèle	3	1482342,738	494114,246	3,536	0,019
Erreur	76	10618773,950	139720,710		
Total corrigé	79	12101116,688			

**Tableau 31 :** Analyse de variance de la variable efficacité.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Test F	Probabilité
Modèle	2	140133,233	70066,617	0,41	0,66
Erreur	57	9583352,950	168128,999		
Total corrigé	59	9723486,183			

**Tableau 32 :** Résultats de test de NEW-MAN et KEULS : seuil=5%  
Facteur 2 : plante

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Menthe	782,45	A
Laurier	699,60	A
Romarin	667,80	A

### 4. Le diagnostic final

Le comptage visuel des parasites pendant 15 jours sur les langes graissés au sein du rucher expérimental, a montré un nombre très faible de varroa à l'exception du lot 4 non traité (témoin). D'après le **tableau 33** et après le traitement par les huiles essentielles, le taux moyen d'infestation final a montré un nombre très faible de varroa varie d'un lot à un autre, il est de 0,30%, 0,46 et 0,29% respectivement du lot 1 au lot 3 (**Figure 86**), à l'exception du lot qui représente le témoin et qui a légèrement diminué en passant de 33,24% à 22,1% (**Figure 87**). Les populations d'abeilles ont également diminué (**annexe18**).

Tableau 33: Détermination du degré d'infestation final.

	Ruches	Nombre de varroa présent C	Nombre d'abeille P	Taux d'infestation final (%) C/P	Taux d'infestation moyen
L <sub>0</sub> t <sub>1</sub>	R1	139	38960	0,36	0,30
	R2	92	23658	0,39	
	R3	41	17866	0,23	
	R4	53	21394	0,25	
	R5	98	39588	0,25	
L <sub>0</sub> t <sub>2</sub>	R6	39	4559	0,86	0,46
	R7	67	30029	0,22	
	R8	126	26235	0,48	
	R9	131	43936	0,30	
	R10	145	32615	0,44	
L <sub>0</sub> t <sub>3</sub>	R11	50	34458	0,15	0,29
	R12	140	27258	0,51	
	R13	12	45159	0,03	
	R14	125	42514	0,29	
	R15	139	29013	0,48	
L <sub>0</sub> t <sub>4</sub>	R16	4518	11506	39,27	22,1
	R17	3115	16588	18,78	
	R18	2031	28999	7,00	
	R19	2568	12258	20,95	
	R20	3976	16259	24,45	

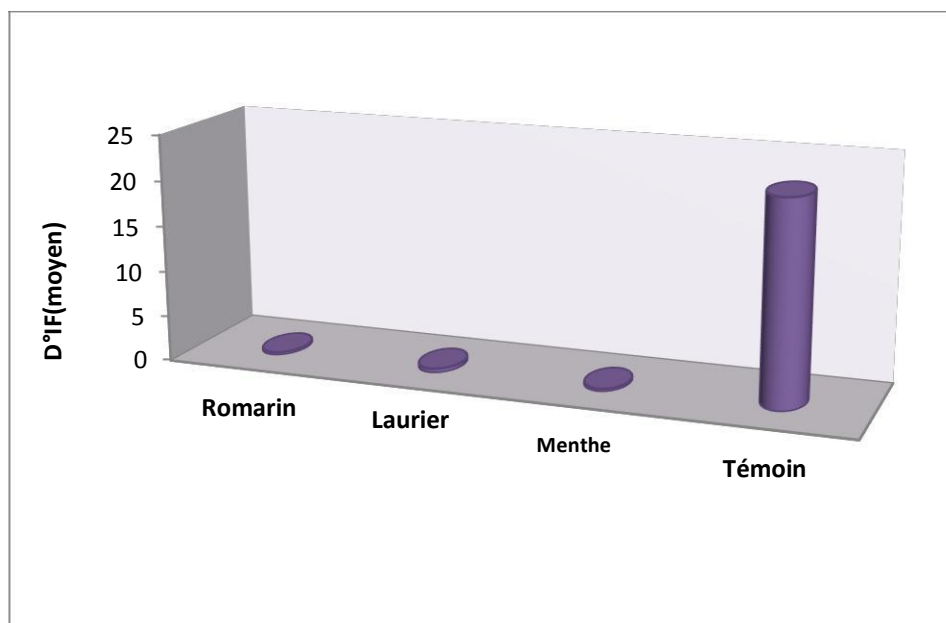
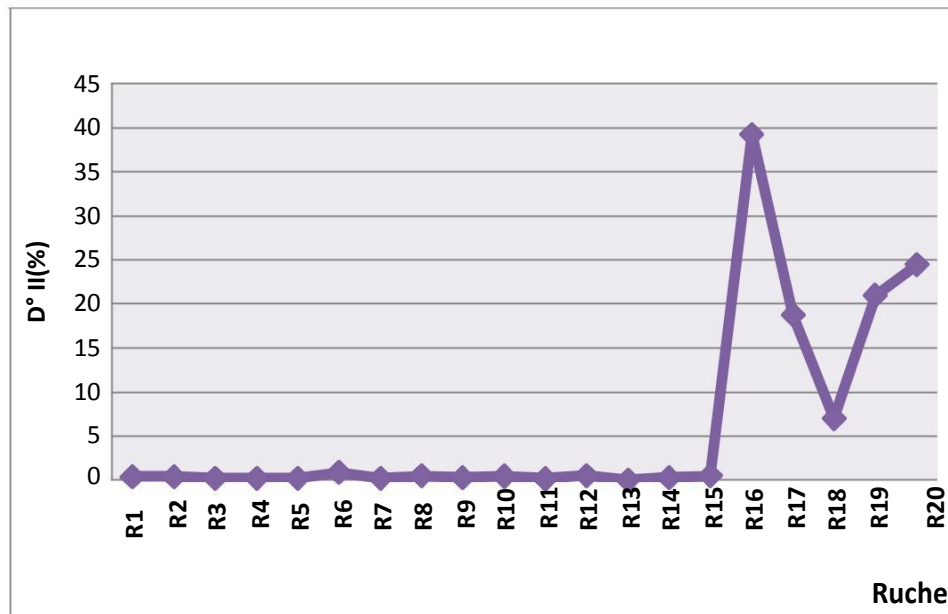


Figure 86 : Taux d'infestation final moyen du varroa par lot.





**Figure 87:** Taux d'infestation final des ruches par le varroa durant la période d'étude.

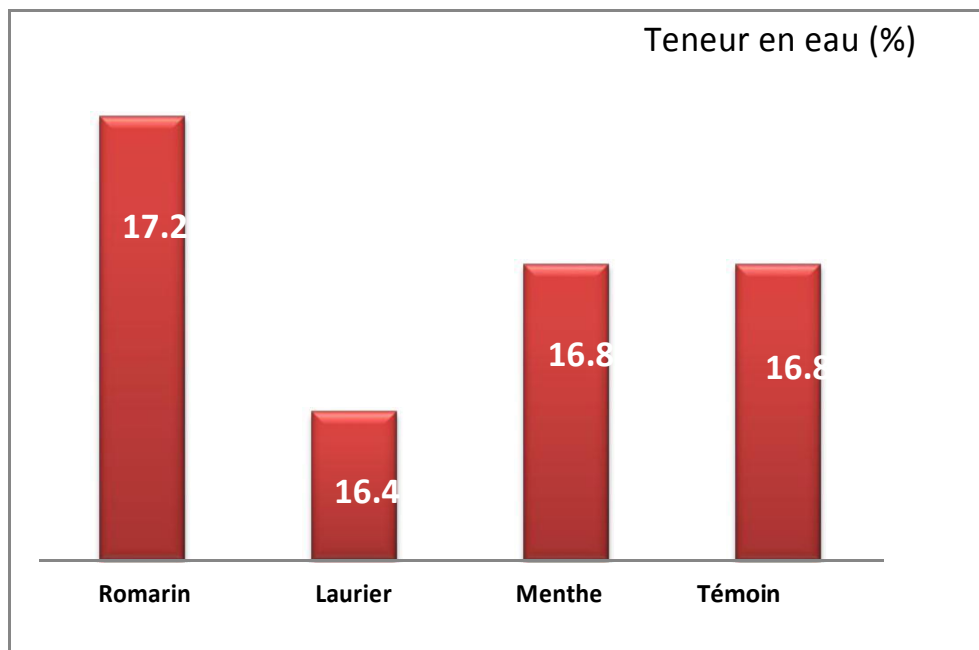
## II°/ Les analyses physico-chimiques du miel

### 1. La teneur en eau

La teneur en eau est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur sa stabilité contre la fermentation au cours du stockage.

Après avoir rapporté les indices de réfraction obtenus à la table de CHATAWAY (**tableau 13**), les résultats obtenus figurent dans l'**annexe 19** et représentés par la **figure 88**.

Les valeurs de la teneur en eau des miels analysés varient entre 16,4 % pour le miel de laurier et 17,2 % pour le miel du romarin correspondant à des indices de réfraction compris entre 1.5023 et 1.4890. La totalité des échantillons présentent une teneur en eau inférieure à 20 %. Ces valeurs cadrent les normes de CODEX ALIMENTARIUS (2001) qui fixent une teneur en eau maximale de 21 g/100 g. Ces résultats sont révélateurs d'un bon stockage des miels étudiés.

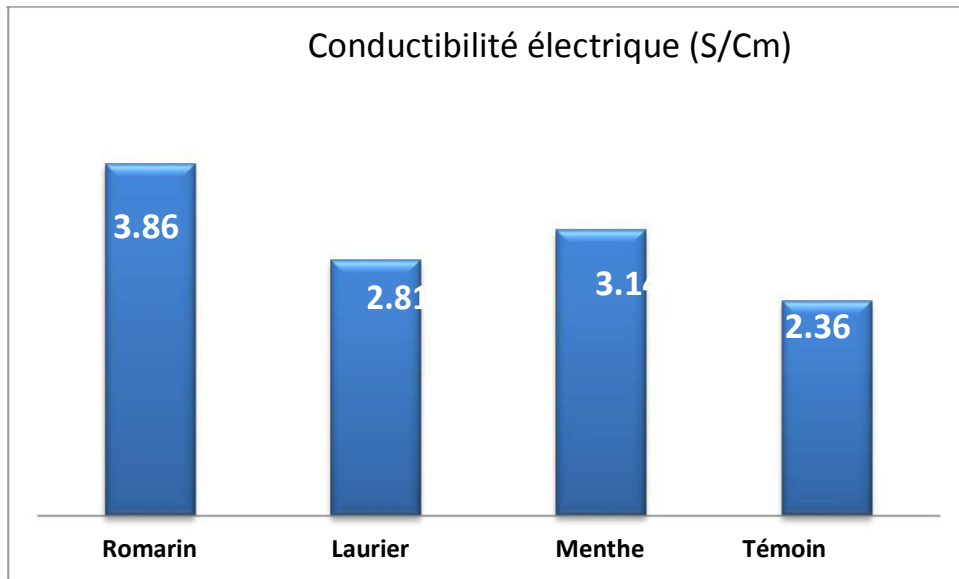


**Figure 88** : La teneur en eau des échantillons analysés.

## 2. La conductibilité électrique

La conductivité représente un paramètre déterminant l'origine botanique du miel. Elle est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation. Par ce paramètre, nous pouvons distinguer aisément les miels de nectar des miels de miellat (TERRAB et al, 2003), Les résultats issus de cette analyse sont portés sur l'**annexe 20**.

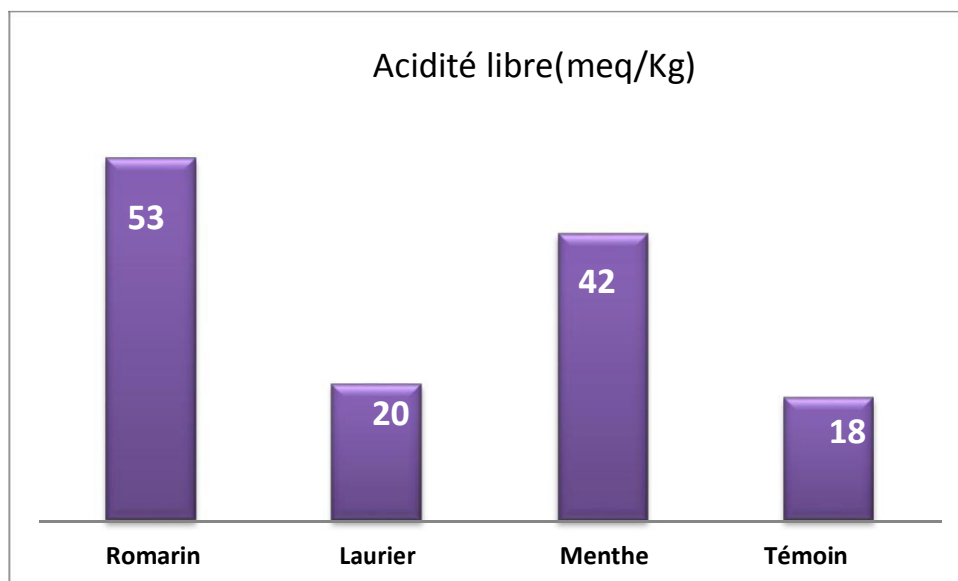
L'examen des résultats montre que la conductivité électrique des échantillons est comprise entre 2,36 et 3,86 respectivement pour le témoin et le romarin (**Figure 89**). La totalité des échantillons présentent une conductivité électrique inférieure à  $8 \times 10^{-4}$  s/cm. Ces valeurs sont inférieures à 0,8 ms/cm, cela veut dire que ce sont des miels à nectars. Toutefois les valeurs obtenues sont incluses dans les normes internationales à savoir  $\leq 08$ ms/cm pour les miels de nectar et  $\geq 0.8$  ms/cm pour le miel de miellat (BOGDANOV, 1999).



**Figure 89:** Variation de la conductibilité électrique des miels analysés.

### 3. L'acidité libre

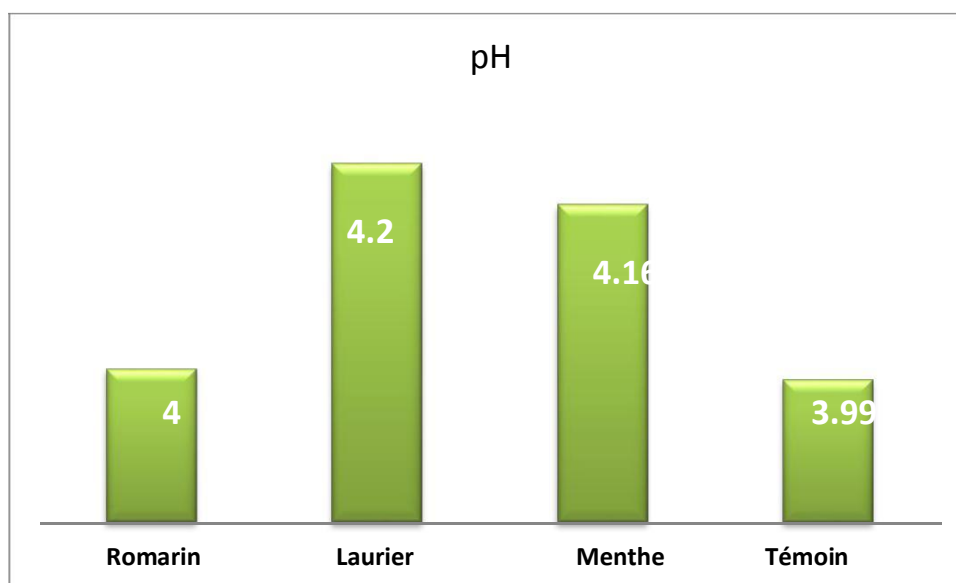
L'acidité est un critère important de qualité, elle donne des indications très importantes de l'état du miel (BOGDANOV, 1999). La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité dans le miel, bien qu'il existe une fluctuation naturelle considérable (CAVIA et al, 2006). L'acidité libre est exprimée en milliéquivalent par kg de miel de chaque échantillon et récapitulée dans l'annexe 21 et la figure 90.



**Figure 90 :** Valeurs de l'acidité libre.

#### 4. Le PH

Le pH est un critère de qualité et qui figure dans les normes internationales. Les valeurs des pH des variétés de miel étudiées obtenues sont regroupées dans l'**annexe 22** et représentées par la (**Figure 91**). L'examen des résultats montre que Le pH mesuré varie entre 3,99 et 4,24. Ces résultats confirment le caractère acide des miels. Les valeurs obtenues sont acides et rentrent dans les normes internationales qui se situent entre 3,5 et 4,5 (BOGDANOV, 1999).

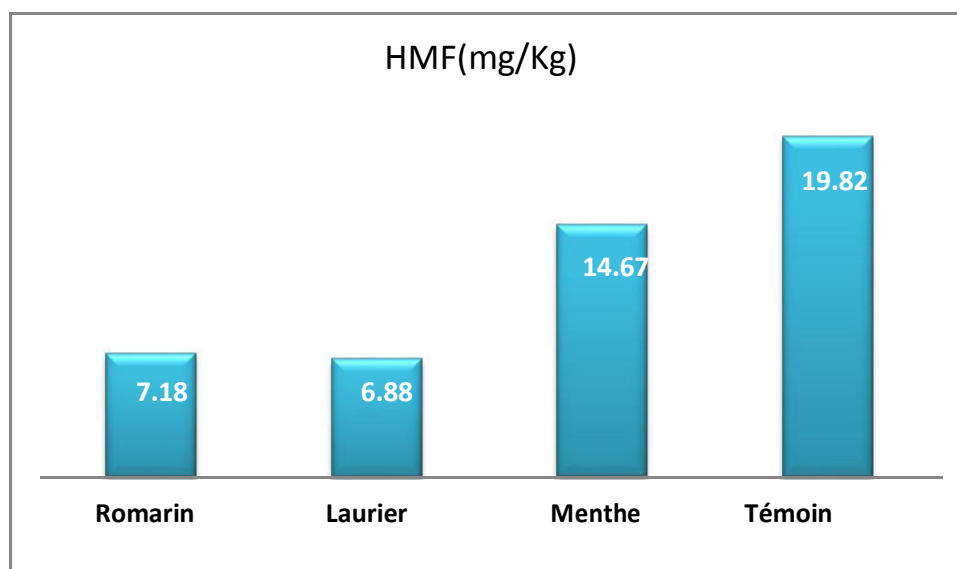


**Figure 91** : Valeur du pH des miels analysés.

#### 5. L'HMF

Ce paramètre est un excellent indicateur de la qualité des miels. Cette molécule apparaît au cours du vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel. La concentration de l'HMF est reconnue comme un indicateur du niveau de fraîcheur du miel (CORBELLA et COZZOLINO, 2006). La concentration en HMF en mg par kg de miel des différents échantillons de miel est résumée dans l'**annexe 23**.

L'analyse spectrométrique des échantillons du miel révèle des teneurs en HMF qui sont situées entre 6,88 et 19,82mg/kg de miel (**Figure 92**), ce qui rentre dans les normes du CODEX ALIMENTARIUS fixant un maximum de 40 mg d'HMF/Kg de miel.

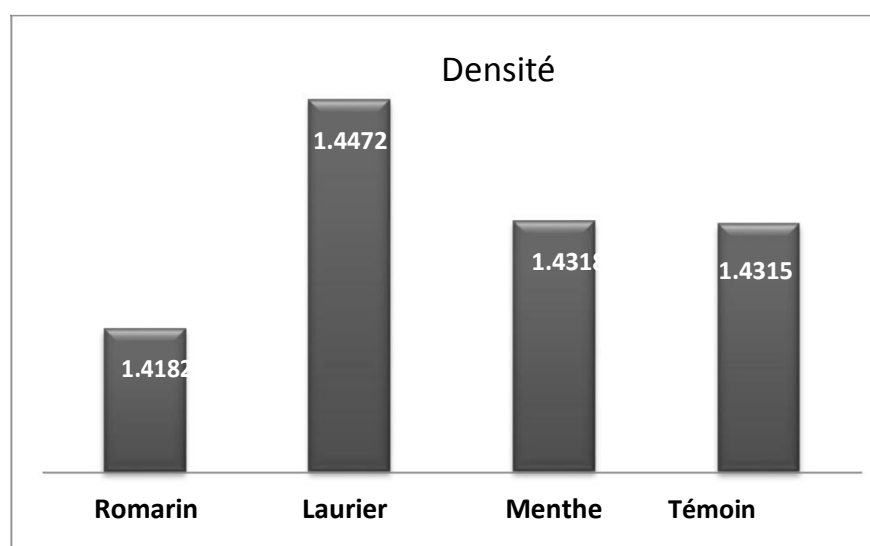


**Figure 92:** HMF des échantillons analysés.

## 6. La densité

La densité est en fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel (AL-KHALIFA et AL-ARIFY, 1999). Les résultats de la mesure de la densité sont présentés dans l'**annexe 24**.

Les normes des densités préconisées par GONNET (1982), varient de 1,39 avec un maximum de 1,52 et une moyenne de 1,4225. Les densités de nos miels varient de 1,4182 jusqu'à 1,4472 (**Figure 93**) ce qui montre que la totalité des miels sont conformes aux normes de la densité.



**Figure 93 :** Densité des échantillons analysés

## 7. Les sucres

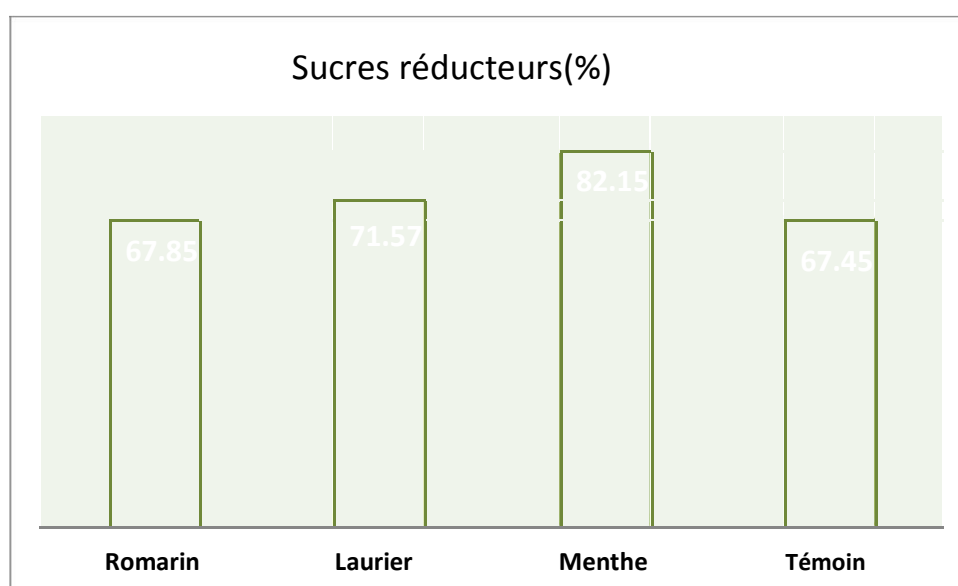
Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale de glucose et fructose et d'autre part, la teneur en saccharose (BOGDANOV *et al*, 1997).

### 7.1. Les sucres réducteurs

La teneur en sucres réducteurs ne doit pas être inférieure à 60g pour 100g d'un miel de fleurs et 45g pour 100g d'un miel de miellat (CODEX ALIMENTARIUS, 2001).

Les résultats de l'analyse de la teneur en sucres réducteurs sont présentés dans l'**annexe 25**.

L'analyse quantitative des sucres montre que la teneur en sucres réducteurs des miels analysés varie entre 67,45 et 82,15% (**Figure 94**). La totalité des échantillons présentent un taux des sucres réducteurs supérieur à 60 % ce qui concorde avec les normes du CODEX ALIMENTARIUS. La variation de la teneur en sucres réducteurs des 4 échantillons analysés est due à nombreuses facteurs : botanique, nature de la fleur et facteur météorologiques influant sur la miellée.

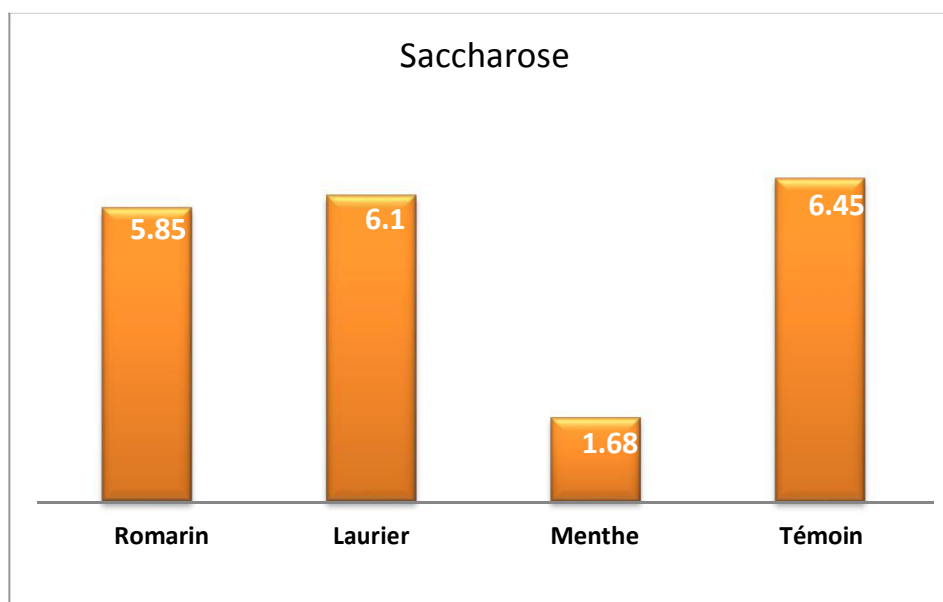


**Figure 94** : Teneur en sucres réducteurs des échantillons analysés.

### 7.2. Le saccharose

Les résultats obtenus de l'analyse de la teneur en saccharose sont représentés dans l'**annexe 26**. La teneur en saccharose des quatre échantillons de miel analysés est comprise entre 1,68 et 6,45 % (**Figure 95**). D'après AZEREDO *et al*, (2003), la limite maximale est de 10%, par rapport à nos résultats, la majorité de nos échantillons sont conformes aux normes.

Les teneurs élevées en saccharose observée sur les deux échantillons expérimentaux (E2 et E4), pourrait être attribuée à des raisons telles que la suralimentation des abeilles avec du sirop de sucre ou à une récolte précoce de miel. Dans l'un des deux cas le saccharose n'aurait pas été entièrement transformé en glucose et en fructose (ANKLAM, 1998 ; AZEREDO *et al*, 2003).



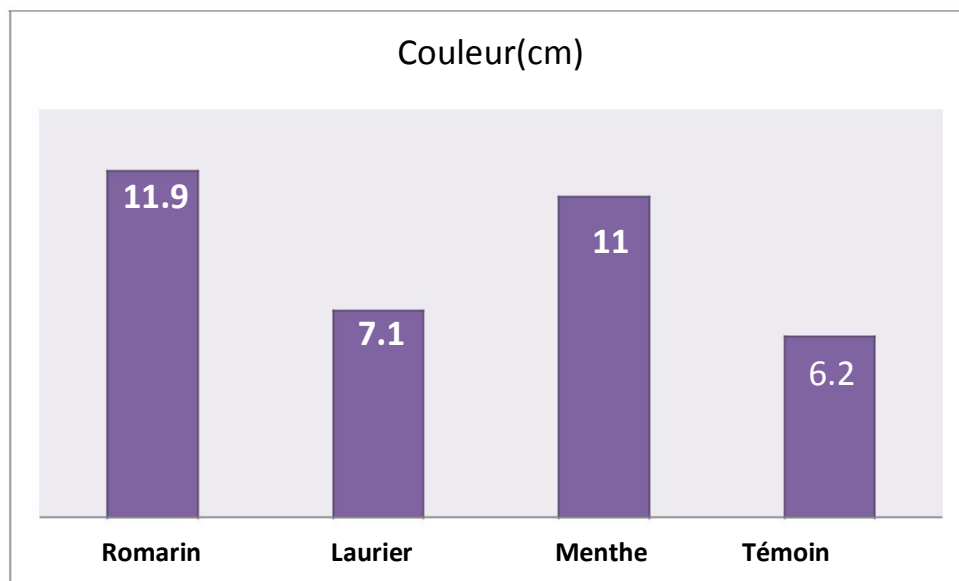
**Figure 95** : Teneur en saccharose des échantillons analysés.

## 8. La couleur

La couleur du miel est un élément important utilisé dans l'identification de l'origine florale de miel et constitue un facteur de classement important au plan commercial, elle peut aller du couleur clair au couleur foncé presque noire. Plusieurs composés sont à l'origine de la couleur du miel tel que les minéraux, les composés phénoliques, les caroténoïdes et les acides aminés. (AMIOT *et al*, 1989 ; BONTÉ et DESMOULIÈRE, 2013 ; DOUKANI *et al*, 2014). Après avoir rapporté les mesures de la couleur de l'échelle Lovibond aux valeurs correspondantes à l'échelle Pfund nous avons obtenus les résultats représentés dans l'**annexe 27**.

Les valeurs obtenues pour la couleur selon l'Indice de Pfund varient de 6,2 à 11,9cm (**Figure 96**) qui correspond respectivement aux couleurs ambre-clair et couleur ambre-foncé.

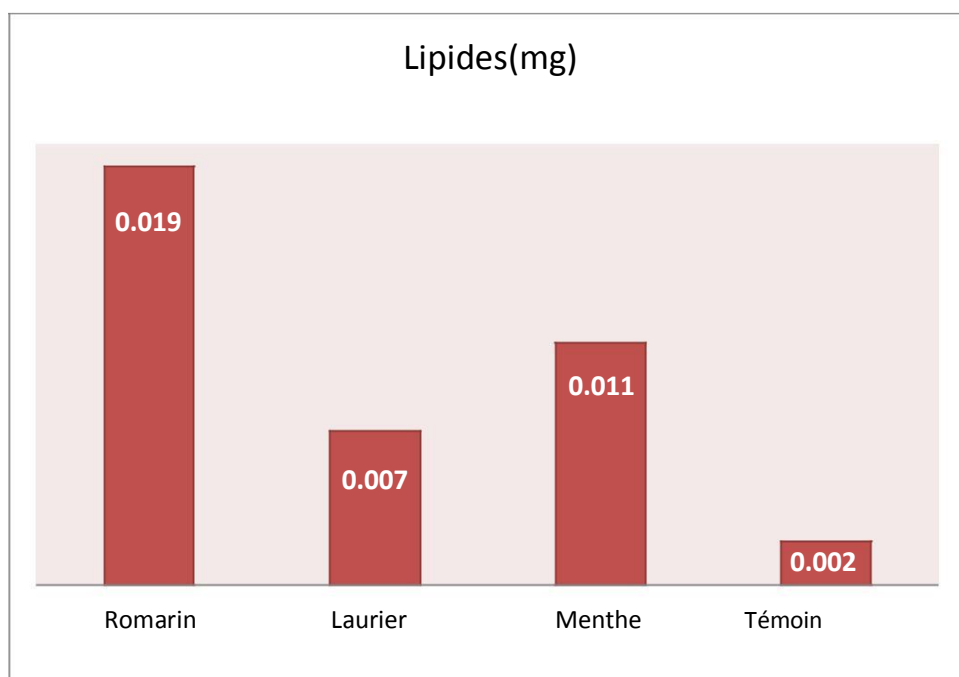
Les variations de la coloration des miels peuvent être expliquées par des variations de la teneur en minéraux des échantillons. Les échantillons E1 et E3 sont les plus foncés par rapport aux autres échantillons et comme nous avons vu précédemment ces échantillons présentant des valeurs de conductibilité électrique importantes.



**Figure 96** : La couleur des échantillons analysés.

### 9. Les lipides contenus dans le miel.

Les résultats obtenus de l'analyse des lipides sont représentés dans l'**annexe 28**. La **figure 97** montre qu'il existe une quantité infime de matière grasse dans tous les échantillons de miels. Cela va de 0,007 mg à 0,019mg seulement comme l'indique d'ailleurs la valeur référentielle qui est inférieure à 0,02 mg (GUINOT et *al*, 1996).



**Figure 97** : Les lipides dans les échantillons analysés.





***Discussions***

## 1. Le diagnostic initial

L'étude de la dynamique de la population du varroa nous a permis de déterminer le degré d'infestation de nos colonies. D'après FAUCON (1992), l'action pathogène du varroa est liée directement à la proportion du nombre de parasite dans la colonie et les symptômes s'aggraveront quand la population du varroa continue de progresser. Pour cela, un traitement acaricide doit être effectué afin de limiter le développement de ce parasite.

Pour notre étude, avant de passer au traitement des colonies, La détection de l'ectoparasite *Varroa destructor* a été faite par une simple méthode biologique. Elle nous a permis d'estimer le nombre approximatif de ce parasite dans chaque colonie afin de calculer le degré d'infestation initial. Ce dernier varie de 3,96% à 42,76% dans toutes les ruches. Nous avons enregistré pour les quatre lots étudiés un degré d'infestation qui varie respectivement de 11,99 % pour le lot 1, 15,02 % pour le lot 2, 14,67 % pour le lot 3 et 33,24 % pour le lot 4. Selon ROBAUX (1986), le taux initial supérieur à 5% traduit déjà l'importance de la parasitose et le danger qu'encoureront les colonies si aucun traitement n'est entrepris.

Le degré d'infestation initial de chaque colonie est donc hétérogène. L'analyse de la variance montre cette hétérogénéité car il existe une différence très hautement significative entre les taux d'infestation obtenus dans les différents lots ( $p=0,0001$ ). Le facteur colonie constitue une source de variabilité du taux d'infestation.

Le test de NEW-MAN et KEULS au seuil de 5% pour le facteur colonie, montre l'existence de deux groupes homogènes (**Tableau 16**): le groupe A comprend le lot 4 (témoin) et le groupe B qui comprend le lot 1(romarin), le lot 2 (laurier) et le lot 3 (menthe). Ceci signifie que le taux d'infestation dans les lots 1, 2, 3 est similaire et différent de celui du lot 4.

## 2. La mortalité naturelle

Selon les résultats obtenus sur la mortalité naturelle, nous remarquons qu'elle suit approximativement l'évolution de la population totale de cet acararien au niveau de tout le rucher. Le nombre de parasites varie avec le temps, nous enregistrons un pic de 1163 individus morts noté le 10 juin, puis ce nombre va régresser. Cette variation peut s'expliquer par des fluctuations climatiques enregistrées durant le mois d'expérimentations telles que la température et l'humidité relative de l'air, surtout par le développement et l'évolution du couvain.

Pour le lot1, lot 2 et lot 3, nous remarquons que  $R^2 > 0,5$  et qui est respectivement de ( $R^2 = 0,99$ ,  $R^2 = 0,95$ ,  $R^2 = 0,91$ ) Cela signifie qu'il existe une corrélation significative et forte entre la mortalité naturelle du varroa et l'évolution de la population de celui-ci, et que l'évolution de la population du varroa en effectif favorise une compétition Intra spécifique entre les individus, ce qui a conduit à une mortalité significative dans les ruches. Par contre dans le lot4, nous notons un  $R^2 < 0,5$  et qui est de  $R^2 = 0,02$ , cela veut dire que la corrélation n'est pas significative entre la mortalité naturelle et que l'évolution de la population des varroas en effectif dans le lot 4 (témoin) ne favorise pas une compétition Intra spécifique entre les individus.

Le facteur colonie constitue une source de variabilité de l'évolution de la mortalité naturelle des varroas. La comparaison des moyennes élaborées à travers le test NEW-MAN et KEULS au seuil de 5%, classe les moyennes obtenues pour le facteur colonie en 4 groupes homogènes : A, B, C et D respectivement pour le lot 4, 3, 2 et le lot 1 (**Tableau 18**).

De nombreux auteurs signalent que les effets climatiques sur la production du couvain influent significativement sur la croissance de la population du varroa dans le couvain (FRIES et al, 1994 ; GARCIA-FERNANDEZ et al, 1995). Plusieurs travaux ont montré que le climat est parmi les facteurs de variation de la croissance des populations de varroa (KRAUSS et BERG, 1994 ; GARCIA-FERNANDEZ et al, 1995 ; MORETTO et DEMELLO, 2000).

En 2013, BERKANI – GHALEM et al ont travaillé également sur la dynamique de la population de *Varroa destructor* ectoparasite dans le nord de l'Algérie, où il y a des différences climatiques du nord au sud. Ils ont constaté que plus les colonies d'abeilles sont placées dans des zones à températures élevées et plus le varroa ne survit pas.

### 3. Efficacité des huiles essentielles

Les observations du taux de mortalité enregistré lors du traitement ont montré une chute importante de varroas morts sur les langes. Tous les traitements ont eu un effet sur varroa mais à des degrés variables (**Tableau 34**)

**Tableau 34:** Tableau récapitulatif des résultats.

<b>Lots observés</b> <b>Paramètres</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Type de traitement	Huile essentielle de <i>R. officinalis</i>	Huile essentielle de <i>L. nobilis</i>	Huile essentielle de <i>M. viridis</i>	Témoin
D°II(%)	11,99	15,02	14,67	33,24
Taux de mortalité provoquée par le traitement(%)	62,90	60,73	54,96	/
Taux de mortalité provoquée par le traitement de contrôle (%)	2,49	2,42	1,46	/
Taux de mortalité total(%)	65,40	63,15	56,42	<b>*56.65</b>
Efficacité(%)	95,88	96,14	97,38	/
D°IF(%)	0,30	0,46	0,29	22,1

**\*Mortalité naturelle**    **D°II : Degrés d'infestation initiale**    **D°IF : Degrés d'infestation initiale**

En effet, pour les trois lots, il ressort clairement que l'huile essentielle de romarin, de laurier noble et de la menthe ont engendré une mortalité importante. Nous remarquons que la toxicité des huiles essentielles diminue avec le temps et, est importante lors de la première application (du 31 mai au 04 juin). Cette période a coïncidé avec l'émergence ou l'éclosion des jeunes abeilles de leurs cellules et leurs expositions aux huiles essentielles. Cependant, pour le romarin, la persistance d'action de l'huile essentielle à tendance à s'annuler après la deuxième application où nous avons enregistré à la première application 885,8 varroa et 768,8 varroa à la deuxième application (**Annexe 13**). L'huile essentielle de menthe paraît plus rémanente ou nous avons enregistrés au 12<sup>ème</sup> jour 720 varroas morts (**Annexe 15**). Par contre, le laurier reste rémanent jusqu'à la dernière semaine du traitement mais avec un nombre faible qui est de 754 individus notés la première semaine de l'application (**Annexe 12**), cela est dû à la volatilité des constituants des huiles.

Les observations sur le taux de mortalité enregistrées lors du traitement par l'huile essentielle du romarin nous ont montré l'existence d'une chute importante de varroas morts pendant cette période, il est de 62,9%, suivi du laurier avec 60,73%. Par contre l'huile essentielle de menthe n'a provoqué qu'une faible mortalité estimée à 54,96%.

Afin de vérifier la présence ou non de varroa après le traitement aux huiles essentielles, nous avons réalisé un traitement test à l'Apiguard qui n'a provoqué qu'une faible mortalité de varroas. Elle est de 2,49% (lot1), 2,42% (lot2), et 1,46% (lot 3).

Les analyses de variance ont montré qu'il y'a une différence entre la période de traitement par les huiles essentielles et l'Apiguard. En effet, nous remarquons :

- Pour le romarin, et à partir de la deuxième application, il agit de la même façon que l'Apiguard sur la mortalité du varroa (**Tableau 35**).

**Tableau 35** : Romarin et Apiguard.

Test de Dunnett ; variable Romarin (Huiles) Probabilités pour les Tests Post Hoc (M>Tém Erreur : MC Inter = 1708E2, dl = 20,000		
Cellule N°	Application	{5} 84,600
1	1app	0,010378
2	2app	0,026784
3	3app	0,146578
4	4app	0,186624
5	Apig	

- Pour le laurier et la menthe, et à partir de la troisième application, ils agissent de la même façon que l'Apiguard sur la mortalité du varroa (**Tableau 36 et 37**).

**Tableau 36**: Laurier et Apiguard.

Test de Dunnett ; variable Laurier (Huiles) Probabilités pour les Tests Post Hoc (M>Tém Erreur : MC Inter = 1388E2, dl = 20,000		
Cellule N°	Application	{5} 101,60
1	1app	0,019573
2	2app	0,022998
3	3app	0,029159
4	4app	0,071410
5	Apig	

**Tableau 37**: Menthe et Apiguard.

Test de Dunnett ; variable Menthe (Huiles) Probabilités pour les Tests Post Hoc (M>Tém Erreur : MC Inter = 1110E2, dl = 20,000		
Cellule N°	Application	{5} 93,200
1	1app	0,000608
2	2app	0,002879
3	3app	0,012626
4	4app	0,068286
5	Apig	

Par contre, le lot témoin non traité, a eu une mortalité naturelle irrégulière de varroa, cela est dû à la variation de la température. En été, les températures élevées ont fait que les acariens deviennent plus vulnérables. A ce propos, ROBAUX(1986) a constaté que durant cette même période le taux de mortalités peut atteindre les 68%.

Pour l'efficacité des huiles essentielles, Il ressort de nos résultats que le taux d'efficacité est variable, cette variabilité est due à certains facteurs liés au comportement de chaque colonie à savoir : puissance de la colonie, abondance du couvain, du miel et des provisions. Le taux d'efficacité est optimal pour le lot 3 traité par l'huile essentielle de menthe. Cette efficacité est évaluée à 97,38%, par rapport à celle obtenu par l'huile essentielle du laurier et de menthe et qui est respectivement de 96,14% et de 95,89%. Elle confirme ainsi celle établie par BORNEECK et MERLE (1989) qui se situe entre 99,38% et 99,72% sur une période de 42 jours.

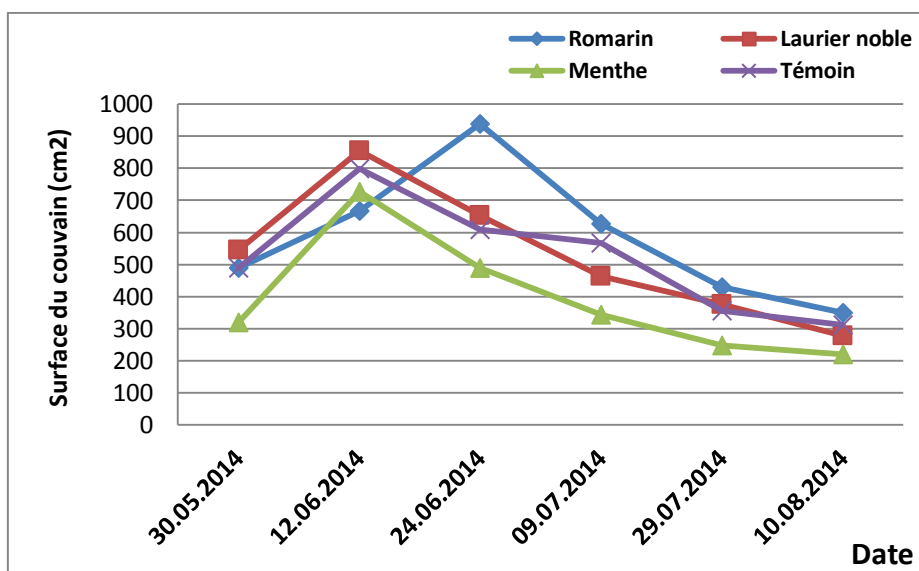
L'analyse de variance montre un effet non significatif entre les trois traitements utilisés. Ces derniers agissent de la même façon sur la mortalité du varroa, cette efficacité est confirmée par le test de NEW-MANN et KEULS. Ce dernier a mis en évidence l'existence d'un seul groupe, ceci s'explique que les trois plantes appartiennent au même groupe, et elles ont manifestées une même efficacité à l'égard de notre acarien (**Tableau 32**).

Nos résultats vont dans le même sens de nombreux auteurs : selon DAHLE (2010), Diverses études faites sur plus de 150 huiles essentielles pour tester leurs efficacités, ont montré que seule seulement l'huile de thym, de sauge et d'origan ont présenté une bonne efficacité lors de leurs applications. Toutes fois, la faiblesse de l'efficacité du traitement trouve son origine dans la présence du couvain operculé qui protège les varroas a l'intérieur des alvéoles et empêchent ainsi la pénétration de l'huile.

La faible efficacité du traitement est surtout liée à la présence de couvain operculé. Celui-ci empêche l'introduction de la matière active dans les cellules. Ace propos, CHARRIERE et al (1998) ont montré dans plusieurs essais de traitement de colonies exemptes de couvain que l'acide oxalique par pulvérisation donne une efficacité moyenne comprise entre 97,4% et 98,3%. IMDORF et al (1998) concluent qu'une bonne efficacité de traitement ne peut être atteinte que dans les colonies dépourvus de couvain.

En parallèle avec le traitement par les huiles essentielles, une étude de l'évolution du couvain a été conduite exclusivement pendant cette période.

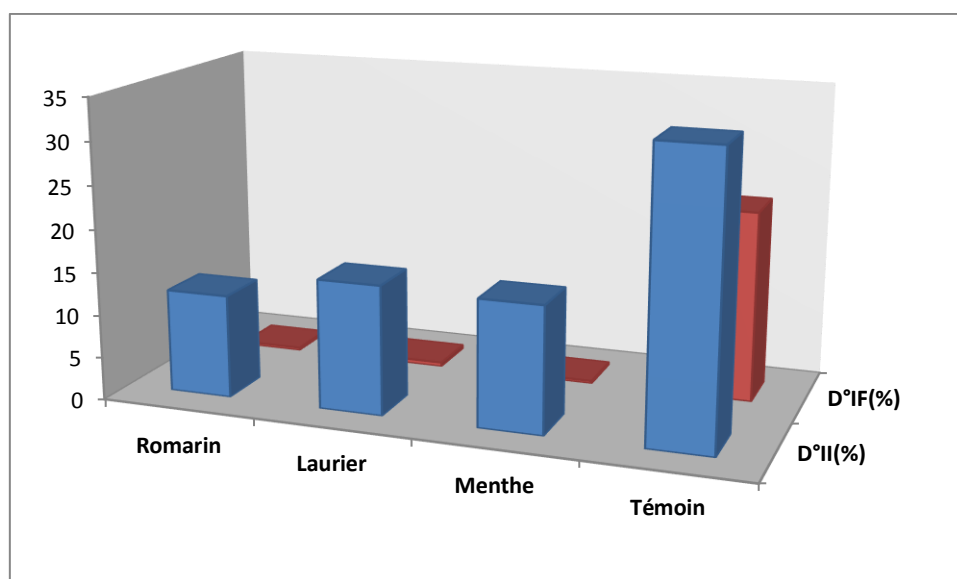
L'influence de ces trois huiles essentielles sur le développement des colonies n'a montré aucune anomalie visible et le couvain semble évoluer normalement. En effet, nous avons constaté d'abord une augmentation de la surface du couvain qui est de 938,75cm<sup>2</sup> pour le lot1, de 855,13 cm<sup>2</sup> pour le lot 2, de 726,87cm<sup>2</sup> pour le lot 3 et de 798,23 cm<sup>2</sup> pour le lot 4. Puis une diminution importante de la surface pour les quatre lots et qui est respectivement de 350,48cm<sup>2</sup>, 278,19cm<sup>2</sup>, 219,456 cm<sup>2</sup> et de 312,16 cm<sup>2</sup> (**Figure 98**). Cette diminution est due à la fin des miellés et surtout à l'arrivée des grandes chaleurs qui exercent une action inhibitrice sur la ponte des reines et l'éclosion de jeunes abeilles. Les trois huiles essentielles ne semblent pas avoir perturbé l'activité de la colonie puisque nous n'avons pas enregistré une baisse d'activité des abeilles, ni un arrêt de ponte au niveau des ruches.



**Figure 98** : Comparaison de l'évolution de la surface du couvain des différents lots.

#### 4. Le diagnostic final

En fin d'expérimentation, et après l'application des traitements à base des huiles essentielles, le diagnostic réalisé après le traitement de contrôle révèle la présence de varroa dans toutes les colonies mais à des degrés faibles. Le taux d'infestation est passé de 11,99% à 0,30% soit une diminution de 11,69% pour le romarin, de 15,02% à 0,46% soit une diminution de 14,56% pour le laurier et de 14,67% à 0,29% soit une diminution de 14,38% pour la menthe. Contrairement au lot témoin où nous avons enregistré une mortalité de varroa non négligeable évaluée à 22,1%. (**Tableau 33 .Figure 99**).



**Figure 99** : Comparaison entre le taux d’infestation initial et final des différents lots

Les traitements aux huiles essentielles du romarin, du laurier noble et de menthe ont permis de baisser le taux d’infestation des colonies au degré le plus bas (**Tableau 38**). Les trois huiles essentielles ont eu un même effet positif sur les acariens, mais il nécessite la répétition future des traitements. La présence du couvain constitue un terrain favorable à la reprise du développement de l’ectoparasite et compromet toutes les actions thérapeutiques appliquées précédemment.

**Tableau 38** : Taux d’infestation initial et final des ruches traitées.

Ruche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>D°II</b>	16,8	13,11	12,67	3,96	13,43	19,56	6,03	16,67	13,50	19,32	9,26	21,02	4,4	13,77	24,90
<b>D°IF</b>	0,36	0,39	0,23	0,25	0,25	0,86	0,22	0,48	0,30	0,44	0,15	0,51	0,03	0,29	0,48

Ce tableau montre que malgré les traitements appliqués, les différentes colonies restent infestées mais à des degrés moindres. Nous avons dénombré très peu de varroa dans toutes les ruches. Le taux d’infestation varie de 0,03 à 0,86%. Par ailleurs, en 2013, GHALEM et al ont utilisé quatre huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis*), de menthe (*Mentha viridis*), de laurier (*Laurus nobilis*) et de thym (*Tymus pubescens*) contre *Varroa destructor* chez l’abeille nord africaine *Apis mellifera intermissa*. Après traitements, ils ont constaté le taux initial de l’ordre de



7%, ce qui reflète la gravité de la maladie parasitaire, a diminué de façon significative à des taux compris entre 0,70% et 5,15%.

Pour les ruches 16, 17, 18,19 et 20 formant le témoin, le taux d'infestation a légèrement diminué (**Tableau 39**). On remarque que la ruche 18 a le taux d'infestation le plus faible (7%) à cause de son faible taux d'infestation initial (23,20%). La ruche 16 étant la plus infestée initialement (42,76%), et reste toujours la ruche la plus infestée à la fin de notre expérimentation. Cette diminution est normale pendant cette période estivale qui est caractérisée par une chute élevée de varroas. Durant cette même période ROBAUX (1986) a constaté que le taux de mortalités peut atteindre les 68%.

**Tableau 39** : Taux d'infestation initial et final des ruches témoins.

Ruche	16	17	18	19	20
D°II	42,76	34,77	23,20	31,47	34,02
D°IF	39,27	18,78	7,00	20,95	24,45

## 5. Les analyses physico-chimiques

### 5.1. La teneur en eau

La teneur en eau est une donnée très importante à connaître, car elle conditionne la qualité du miel, en effet seuls les miels dont la teneur en eau est inférieure à 18% sont bon à conserver. Les valeurs enregistrées de nos miels n'excèdent pas cette norme et nous concluons que nos échantillons peuvent être conservés sans risque d'altération de leurs propriétés physico-chimiques ce qui est en accord avec les résultats rapportés par divers auteurs, notamment pour le miel marocain par CHAKIR et *al* (2011) (14,64%-18,59%) et également pour le miel tunisien dont l'humidité varie de 16 à 21,8% (JILANI et *al*, 2008). En effet les normes de CODEX ALIMENTARIUS (2001) fixent une teneur en eau maximale de 20 g/100 g. Entre autre, l'étude effectuée par AMROUCHE et KESSI (2003) sur les miels algériens a révélé des valeurs comprises entre 15,0 et 22,6% avec une moyenne de 17,7 %. D'après MALIKA et *al* (2005), Le miel est une solution de sucre sursaturée avec une faible activité de l'eau, ce qui signifie qu'il n'y a pas assez d'eau disponible pour soutenir la croissance des bactéries et levures.

CHIBANE et DJILLALI(2007), en analysant des miels d'origines diverses ont trouvé des valeurs variant entre 13 à 19,2% avec une moyenne de 17%.

D'après IBRAHIM et al (2012), la teneur en eau est très importante pour la durée de vie du miel lors du stockage, et peut conduire à leur fermentation indésirable. En effet, cette variation de la teneur en eau est due aux différentes conditions environnementales telles que le climat, l'origine florale des échantillons du miel, à la teneur en eau des nectars (NANDAA et al, 2003; BOGDANOV al, 2004), les techniques de traitement et les conditions de stockage (OZCAN et ARSLAM, 2006).

Une mauvaise cristallisation du miel est favorable à sa fermentation par la formation de deux phases qui sont la phase solide constituée de glucose cristallisé au fond du vase et la phase liquide enrichie en eau constitue la phase supérieure. Cette dernière fermente facilement car sa teneur élevée en eau favorise la multiplication des levures qui sont les agents de fermentation du miel. Ces levures proviennent du nectar, mais également de pollutions accidentelles dues aux abeilles ou intervenant après la récolte (LOUVEAUX, 1985).

## **5.2. Conductibilité électrique**

La majorité des échantillons mesurés présentent une conductivité au-dessous de la limite préconisée, ce qui suggère encore une fois que les miels recueillis pour cette étude étaient de l'origine florale. Comme nous l'avons vu dans la partie bibliographique, les miels de nectar faiblement minéralisés ont une conductivité inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et présentent une couleur plus clair par rapport à celle de miellat. La mesure de la conductivité électrique d'un produit permet de mesurer la capacité de celui-ci à transmettre un flux électrique ou conductance. Les miels foncés sont les plus riches en matières minérales ionisables et sont de bons conducteurs de courant (GONNET, 1982). Les sels sont apportés par le pollen, par le nectar des fleurs ou par des miellats (LOUVEAUX et al, 1978). Selon MAKHLOUFI (2001). La conductivité électrique des miels algériens varie de 1,14 et  $9,4 \times 10^{-4}$  S/cm avec une moyenne de  $4,97 \times 10^{-4}$  S/cm. ZERROUK et al (2011), signalent que la conductivité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, d'acides organiques et de protéines. Elle est considérée comme étant un paramètre de grande variabilité selon l'origine florale et l'un des meilleurs paramètres de différenciation entre miels à fleurs et miellat. D'après les études effectuées par YAICH ACHOUR et KHALI, (2014) ; DOUKANI et al, (2014), la conductivité électrique des miels algériens répondent aussi aux normes: 240 à 560  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour le premier et 267 et 729  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour le second. Pour BENAZIZA-BOUCHEMA et SCHWEITZER (2010), la conductivité électrique des miels algériens est de 0,10 à 0,8 Ms/cm. Cette variabilité des résultats est due à la

fluctuation des concentrations en sels minéraux, en acides organiques et protéines (TERRAB et HEREDIA, 2004).

### **5.3. L'acidité libre**

L'acidité libre est un critère important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dans certains sont libre et d'autre combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou de miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille ; le principale acide dérive de glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (GOMES et *al* ; 2010 ; BOGDANOV et *al* ; 2004 ; LOUVEAUX, 1968). Le miel contient une large gamme d'acides issus pour certains du nectar directement, pour d'autres de réactions enzymatiques et de fermentations. Les acides influent également la perception du goût : leur caractère volatile leur permet de participer à la détermination de l'arôme du miel et ils peuvent aussi influencer l'aspect du produit, car ils comptent parmi les facteurs de cristallisation des sucres (DESCHAMPS, 1998).

En analysant les résultats expérimentaux obtenus, nous pouvons constater des différences entre les quatre échantillons. Ces différences peuvent être attribuées à l'origine florale ou à des variations en raison de la saison de la récolte (PEREZ-ARQUILLUE et *al*, 1995). Les valeurs de l'acidité des miels analysés ont été dans la fourchette normale fixée par le CODEX ALIMENTARIUS (2001) qui est de 50 milliéquivalents d'acide par 1000 g, à l'exception d'un seul échantillon E1 (53 méq /kg) est considéré comme produit fragile pour la conservation car l'acidité forte de milieu favorise la dégradation des hexoses en HMF qui déprécie la qualité du miel (FALLICO et *al*, 2004).

Ces valeurs sont proches à celles trouvées par DOUKANI et *al*, (2014): 19,56 à 38,91 méq /kg et par YAICH ACHOUR et KHALI, (2014): 10 à 40 meq/kg. Durant la période d'étude aucune fermentation n'est signalée. D'après SCHWEITZER (2004), l'acidité naturelle du miel s'accroît lorsque le miel vieillit, lorsqu'il est extrait des rayons avec de la propolis et notamment lorsqu'il s'altère par fermentation. ZERROUK et *al* (2011), montrent que l'acidité totale est inférieure à la limite révélée satisfaisante dans le commerce international (50 meq/kg du miel).

### **5.4. Le PH**

Selon BOGDANOV et BLUMER (2001) ; AL -WAILI et *al* (2011), le PH acide du miel

renforce son activité antibactérienne car les bactéries ne peuvent se multiplier dans un milieu acide. L'examen des résultats montre qu'aucun de nos échantillons étudiés ne dépassait la limite permise, ce qui peut être considéré comme un indice de fraîcheur. Le pH mesuré varie entre 3,99 à 4,16. Nos résultats sont conformes avec ceux rapportés par BOGDANOV *et al*, (1999) qui ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 5,5 (PESENTI *et al*, 2008).

Nous remarquons que la majorité des échantillons sont d'origine nectarifère. Nos données rentrent dans l'intervalle des pH trouvés par MAKHLOUFI *et al*, (2010) sur 66 miels algériens (3.40 à 6.23). MALIKA *et al* (2005) signalent que les valeurs de pH du miel analysé au Maroc sont 3,2 à 4,5. Les résultats obtenus en Egypte par BADAWY *et al* (2004) indiquent que les valeurs du pH du miel varient entre 4,1 et 5,2. IBRAHIM *et al* (2012), indiquent que le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne.

Selon (RUSSO, 1997; SINGH *et* BATH, 1997), le pH caractérise l'acidité ou la basicité d'un produit (le miel est toujours acide). IL influence fortement la vitesse de dégradation des sucres et des enzymes. ALVAREZ (2010), indique que le pH acide du miel dépend de la quantité d'acide gluconique produite par l'enzyme glucose oxydase lors de l'oxydation du glucose. La variation du pH serait due à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de la matière première (LOUVEAUX, 1968).

### **5.5. L'HMF**

La présence d'HMF dans les miels est un révélateur de dégradation plus ou moins avancée du produit (GONNET, 1994). D'un point de vue législatif, tous les miels analysés sont conformes aux normes du CODEX ALIMENTARIUS (**annexe 29**) qui limitent la HMF à 40 mg/Kg ; et d'un point de vue de la qualité, nous pouvons dire que tous les miels sont de bonne qualité d'après DOWNY *et al* (2005), qui montrent qu'un miel de bonne qualité ne devrait pas avoir un taux supérieur à 25 mg/Kg.

Les échantillons E1 et E2 ont une teneur faible en HMF, ces échantillons sont conservés dans des températures ordinaires. Selon GONNET (1999), la progression de l'HMF serait rapide dans les

miels à pH faible, ce qui correspondant dans cette étude à l'échantillon E4 qui présente le taux d'HMF le plus élevé par rapport aux autres échantillons pour un pH acide = 3,99.

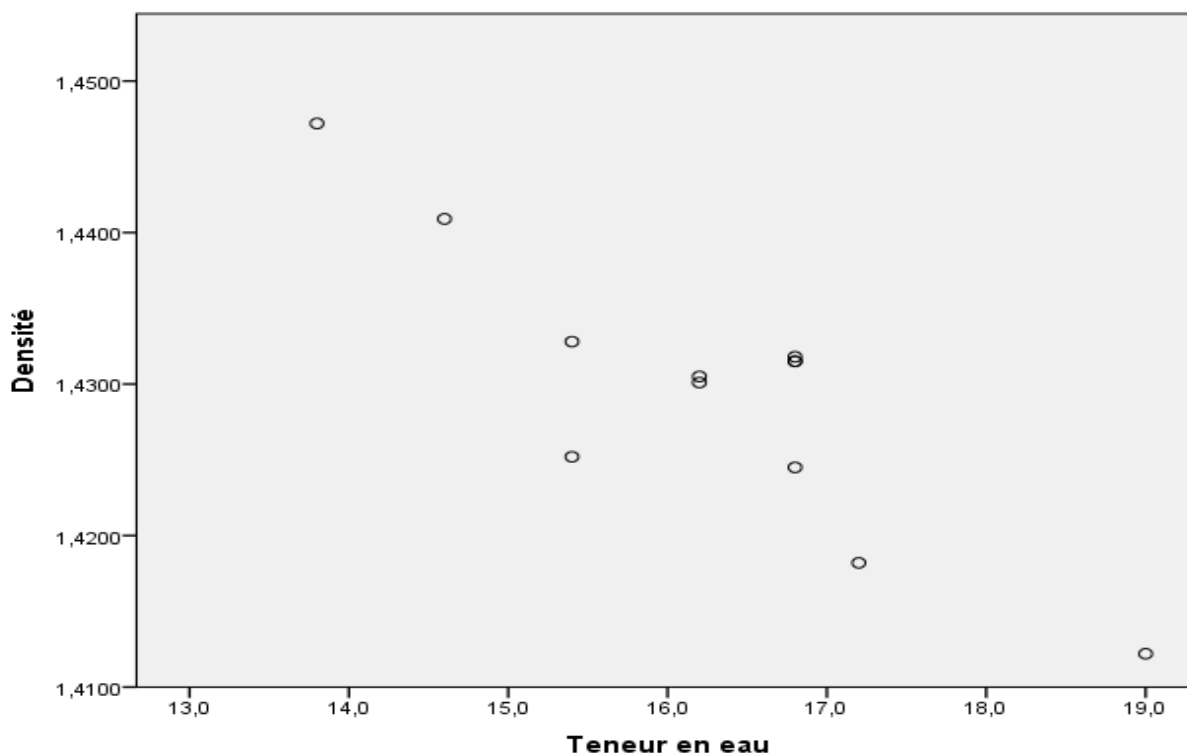
MAKHLOUFI (2001), en analysant des échantillons de miels algériens, a trouvé des valeurs variant entre 9,6 et 157,4 mg/kg avec une moyenne de 42,6 mg/kg. Cette teneur en HMF est influencée par certains facteurs notamment le type de sucre, sa concentration, la durée de conservation, la température et l'acidité ou la valeur de pH (BOGDANOV *et al*, 2004). La production d'H.M.F est donc un phénomène naturel dont le processus est lent à température ambiante. Par contre, le chauffage du miel l'accélère énormément et ce quel que soit la nature du miel (plus ou moins acide) (PERDRIX, 2003).

GARCIA *et al* (1994), montrent que L'extraction du miel au rucher par des méthodes convenables contribue à la bonne qualité du miel obtenu, mais sa manipulation défectueuse peut entraîner la baisse de la qualité .Toutefois, quelques études ont démontré que la température est le principal élément qui doit être contrôlé pour avoir un miel de bonne qualité (COSENTINO *et al*, 1996; WINKLER ,1955). Dans le cas d'un stockage normal, les valeurs HMF enregistrent annuellement une augmentation d'environ 5 à 10 mg/par kg. Comparativement, dans le cas d'un stockage au chaud et lors de la fonte à des températures plus élevées (50 à 70°C), la teneur en HMF augmente plus rapide (HAN *et al* ,1985 ; HADORN *et al* ,1962).

## 5.6. La densité

De nos résultats, nous pouvons dire que tous les échantillons de miel répondent aux normes préconisées par l'Association française de normalisation et qui sont de 1,4182 jusqu'à 1,4472. LOUVEAUX (1985), indique que les variations de la densité des miels proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense, c'est ainsi que l'échantillon 2 présente le miel le plus dense à 1,44 avec une teneur en eau la plus faible soit 16,4%. En revanche, on observe que l'échantillon 1 est le moins dense avec une densité de 1,41, ce miel présente une teneur en eau la plus forte soit 17,2%.

Puisque La valeur de la densité de miel varie en fonction de la teneur en eau, la **figure 100** montre une corrélation positive entre la teneur en eau de miel et la densité. La tendance est linéaire et le coefficient de corrélation  $R=0.872$ , ce qui indique que cette corrélation est élevée.



**Figure 100:** Relation entre la teneur en eau et la densité.

Plus le miel est dense plus il est mûr et sa teneur en eau est très faible. Sa déshydratation commence dans la ruche par le travail de l'abeille et finit dans le maturateur lors de l'extraction après la récolte.

### 5.7. Les sucres

Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale de glucose et fructose, d'autre part, la teneur en saccharose (BOGDANOV *et al*, 1997 ; CORDELLA, 2003). Les sucres des miels sont responsables de sa viscosité, de son hygroscopicité et de sa cristallisation. La répartition entre les différents sucres va donner de précieux renseignements qui permettront de prévoir la vitesse de cristallisation et la stabilité de la structure d'un miel (POURTALLIER et TALIERCIO, 1970). Elle donnera également des informations sur l'origine du miel. Le miel de miellat est moins riche en monosaccharides que le miel de nectar, mais sa teneur en di et tri-saccharides est plus élevée (MEDA *et al*, 2005). Les valeurs de sucres réducteurs des échantillons étudiés varient successivement de 67,45 à 82,15%. C'est un taux supérieur à 60% ce qui concorde avec les normes exigées par le CODEX

ALIMENTARIUS (2001), et Ceci montre, donc que le miel est un aliment très riche en sucres, et est une grande source de glucides.

Ces valeurs sont proches de celle trouvées par YAICH ACHOUR et KHALI, (2014) et DOUKANI *et al*, (2014), qui ont rapporté un taux de sucres réducteurs variant successivement de 61,4 à 79,9% et de 64,5 et 65,8%.

LOUVEAUX (1968) précise que la composition en sucres permet dans certains cas d'identifier l'origine botanique de quelques miels mono-floraux .La proportion des différents sucres présents dans un miel est très variable. Elle dépend, en effet, directement du type de fleurs butinées par les abeilles et la saison.

Ainsi, une faible teneur en saccharose indique un éventuel chauffage du miel prolongé et à haute température provoquant ainsi l'inversion du saccharose, alors qu'une forte teneur en saccharose indiquerait une falsification par addition de sucre commerciale. La teneur en saccharose des quatre échantillons de miel analysés est comprise entre 1,68 et 6,45 %. De là, nous pouvons dire que les échantillons étudiés de miel répondent aux normes préconisées dans le CODEX ALIMENTARIUS (2001) qui fixe une limite maximale de 5% pour tous types de miels.

### **5.8. La couleur**

La couleur de nos miels analysés est confirmée par les normes de CODEX ALIMENTARIUS (2001) qui indiquent que les miels clairs ont des valeurs de couleur entre 1 et 6,2 cm et les miels foncés entre 6,2 et 14 cm. Les variations de la coloration des miels peuvent être expliquées par des variations de la teneur en minéraux des échantillons. Autrement dit, plus le taux de minéraux est élevé plus la couleur est foncée (LOUVEAUX, 1968). Les échantillons E1 et E3 sont les plus foncés par rapport aux autres échantillons et comme nous avons vu précédemment ces échantillons présentant des valeurs de conductibilité électrique importantes qui est respectivement de 3,86 ms/cm et de 3,24 ms/cm .D'après HOOPER, (1980), plus la couleur est claire et moins le miel a de gout ; et plus la couleur est foncée et probablement plus la quantité de minéraux et de protéines fait accroître la saveur.

Le chauffage et le vieillissement naturels des miels modifient la coloration. Selon (BRADBEAR, 2005), le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate. Ainsi les miels foncés sont plus riches en protéines et de la le miel du romarin et de menthe sont riches en protéines contrairement au miel du laurier noble.

### **5.9. Les lipides contenus dans le miel.**

Les échantillons E1, E2, E3 et E4 ont des teneurs en matières grasses respectivement égales à 0,019, 0,007, 0,011 et 0,002 mg. Ces valeurs sont malgré tout inférieures à 1% qui est la valeur référentielle pour la teneur en matières grasses dans les miels. Donc, le miel est également pauvre en lipides : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration. Le miel est donc, encore une fois, loin d'être un aliment source de lipides puisque il ne contient ni d'acides gras saturés, d'acides gras polyinsaturés et d'acides gras mono-insaturés (HUCHET *et al*, 1996).

La faible quantité d'huile trouvée dans les échantillons est probablement due à l'incorporation des huiles essentielles utilisés dans la lutte anti varroa, ou d'infimes débris de cire des rayons mélangés au miel. Le plus important dans cette infime présence d'huiles essentielles dans nos miels récoltés n'a rien de néfaste quant à la santé du consommateur.





# ***Conclusion Générale***

### Conclusion générale et perspectives

Plus de 30 années après son introduction en Algérie, *Varroa destructor* reste l'un des grands fléaux de l'apiculture nationale. Malgré les moyens de lutte disponibles, ce parasite, seul ou en synergie avec d'autres éléments pathogènes, semble responsable d'une partie importante des effondrements et des mortalités des colonies d'abeilles qu'il infeste. Cette parasitose est probablement celle qui présente le plus fort impact économique à la fois en fragilisant la filière apicole, mais aussi indirectement, en diminuant les rendements des productions agricoles végétales dépendantes des pollinisateurs, le principal étant l'abeille domestique *Apis mellifera*. Pour cela dans le domaine de l'hygiène et de la prophylaxie de cet insecte demande voire exige des méthodes de lutte draconiennes parmi lesquelles l'utilisation de molécules acaricides naturelles.

Notre travail expérimental, s'articule autour de deux volets principalement aux abeilles et aux produits de la ruche à savoir le miel.

- Le premier volet concerne l'étude de l'effet acaricide de trois huiles essentielles contre la varroase. Pour traiter nos colonies, nous avons d'abord détecté La présence de *varroa destructor* par un simple diagnostic naturel qui a également permis d'évaluer le degrés de parasitose des colonies d'abeilles. Un tel diagnostic n'est approprié qu'en présence du couvain (ROBAUX, 1986) ; et il a révélé dans notre étude un taux d'infestation de 11,99%, de 15,02% et de 14,67% respectivement pour le lot 1, le lot 2, et le lot 3. Ce taux est compris entre 10% et 20% ce qui signifie que les colonies ont fortement atteintes et nécessitent un traitement.

La mortalité naturelle du varroa suit approximativement l'évolution de la population totale de cet acarien. Le dénombrement des parasites varie selon le temps et delà selon les fluctuations climatiques enregistrées à savoir la température et l'humidité relative de l'air.

Les traitements appliqués aux différents lots expérimentaux ont montré qu'aucun d'entre eux n'a donné pleinement 100% d'efficacité à cause de la présence du couvain, mais à la lumière de nos résultats, il ressort clairement que les trois huiles essentielles ont manifesté des résultats appréciables et semblent avoir grandement diminué le taux d'infestation final pour atteindre 0,30% pour le romarin, 0,46% pour le laurier et 0,29% pour la menthe, ce qui n'est pas négligeable. Et de là, ils ont été retenues en tant

qu'acaricides efficaces dans une lutte à court terme contre le varroa, tolérés par les abeilles et qui préserve la qualité des produits de la ruche. Ces huiles essentielles ont permis de maintenir les colonies parasitées hors de danger. Cependant, tous les acariens qui passent cette période de traitement sans dommage se reproduisent et rendent nécessaire la répétition de la cure peu de temps après.

L'efficacité du traitement contre la varroase par les huiles essentielles est donc bonne, et l'activité acaricide s'est révélée variable selon le type de traitement. On a obtenu une élimination quasi-total des varroas avec une efficacité moyenne pour *Rosmarinus officinalis* de 95,88%, le taux de mortalité obtenu variant respectivement de 46,33% à 74,13% selon les ruches avec une moyenne de 62,90%. Pour *Laurus nobilis*, l'efficacité moyenne est de 96,14%, le taux de mortalité variant entre 56,24% et 64,26% avec une moyenne de 60,73%. Cependant, l'efficacité moyenne de *Mentha viridis* est optimale et évaluée à 97,38%, le taux de mortalité obtenu varie de 50,15% à 60,18% avec une moyenne de 54,96%.

Le lot témoin non traité a eu une mortalité naturelle de varroa assez importante, le taux d'infestation est passé de 33,24% à 22,1% pendant la durée des traitements. Cependant, il reste toujours élevé malgré les fortes températures en été qui ont fait que les acariens deviennent plus vulnérables. D'un autre côté, la réduction du couvain constitue un facteur favorable à la diminution du nombre de parasite, d'autant plus que le cycle de développement du varroa suit celui du couvain, donc, quand il n'y a plus de couvain, le varroa ne survit pas.

Enfin, il est important que les apiculteurs sachent l'existence ou non de la parasitose afin de déterminer le taux d'infestation. Par conséquent, ils doivent surveiller constamment les colonies et appliquer les traitements si nécessaire. Le traitement avec les huiles essentielles, considéré comme biologiques et naturelles, n'a pas entravé le bon développement des colonies.

Pour cela il est à recommander les traitements, à base d'huiles essentielles issues de plantes médicinales tels que les plantes testées. Elles ont permis une diminution de la parasitose.

Nous pensons que le romarin, le laurier et la menthe sont des moyens intéressants pour réduire les effectifs du parasite, et, il serait souhaitable et cela dans l'intérêt de la sauvegarde de l'abeille *Apis mellifera intermissa* d'effectuer des diagnostics réguliers au niveau de tous les ruchers à l'échelle nationale. Le varroa peut être transmis aussi bien par les essaims vendus ou naturels.

- Le deuxième volet concerne l'impact de ces traitements sur la qualité du miel en déterminant des paramètres physico-chimiques des quatre miels récoltés. Chaque paramètre analysé contribue à une indication précise sur la qualité du miel. Ainsi, ils peuvent être classés en trois groupes ; ceux qui déterminent la maturité (teneur en eau), l'origine florale (conductivité électrique, pH) et fraîcheur (HMF). Les résultats obtenus nous ont permis de constater que nos miels répondent aux normes établies par le CODEX ALIMENTARIUS (**annexe 29 et 30**).

La teneur en eau est très importante pour la durée de vie du miel lors du stockage et peut conduire à leur fermentation indésirable. En effet, nos échantillons peuvent être conservés sans risque d'altération de leurs propriétés physico-chimiques. La valeur du pH et la conductivité électrique des échantillons des miels analysés est typique au miel de fleurs à nectar. Par ailleurs, les miels du laurier et de menthe à faibles teneurs en eau présentent de faibles teneurs en acidité libre en accord avec les critères de conformité. A l'exception du miel du romarin qui présente une acidité élevée (53mEq/kg), ce qui indique la présence de fermentation.

Les critères de qualité tels que l'hydroxyméthylfurfural (HMF) est utilisé pour apprécier les détériorations dues au stockage et à la chaleur. Les résultats obtenus de ce paramètre montrent que nos miels sont des miels frais. On enregistre aussi que le miel du romarin est le moins dense par rapport aux autres miels. En outre, Les miels du romarin et de menthe sont riches en éléments minéraux c'est pourquoi ils ont des couleurs foncées.

Nos résultats d'analyse nutritionnelle montrent que tous les miels analysés sont très riches en sucres. Ils sont composés à plus de 65% par des sucres réducteurs qui sont essentiellement le glucose et le fructose.

Ces derniers confèrent au miel un grand avantage car ils sont directement assimilés par l'organisme humain.

Les teneurs en lipides sont très faibles et les abeilles n'ont pas utilisés l'huile de traitement dans l'élaboration du miel. A cet effet, nos analyses ont confirmé l'absence d'huile essentielle dans ce produit de la ruche (miel). Par contre ces huiles sont disséminées sur les rayons au cours du déplacement des abeilles.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation restent encourageants et demandent à être améliorés par d'autres perspectives d'exploration. En effet la lutte contre *Varroa destructor* à base des huiles essentielles est un domaine très vaste. Les recherches doivent se poursuivre afin de mettre en place une nouvelle stratégie de lutte qui permettrait peut être d'éradiquer cette maladie et d'obtenir ainsi des abeilles fortes et des produits de la ruche sains.

Il nous paraît ainsi intéressant de poursuivre les recherches sur les particularités de lutte contre cet acarien, car il faut le poursuivre par d'autres essais où l'on s'attèlera à tester l'effet du nombre d'applications, ainsi que le choix des périodes d'applications d'un traitement.

La prospection de nombreuses plantes aromatiques devrait être réalisée dans d'autres travaux pour lutter contre la varroase et mettre éventuellement en évidence leurs effets acaricide, aussi bien en phase de phorésie ou larvaire du *varroa destructor*, ayant alors la propriété de pouvoir pénétrer à l'intérieur des alvéoles du couvain.

Il serait souhaitable également de refaire cette étude en utilisant des huiles essentielles des plantes avec des doses afin de déterminer la dose efficace à 100% de parasite et éventuellement mettre en place des méthodes de conduite du rucher .

La lutte contre ce véritable fléau doit être prise aux sérieux par les pouvoirs publics, ainsi, que tout apiculteur. Elle doit faire objet d'un vaste programme d'action territoriale afin d'éviter les perpétuelles infestations et de sauver ainsi l'abeille domestique.

En fin, Il serait très intéressant d'analyser les effets de tels produits sur les abeilles et les produits de la ruche. Toutefois, ce travail est loin d'être achevé, de nombreux paramètres sont encore à étudier. Ainsi, L'analyse des paramètres physico-chimiques est un bon critère de qualité du miel, souvent utilisé dans la routine de contrôle, Elles dépendent de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche, les facteurs climatiques, l'origine botanique et l'espèce d'abeille.



***Références  
bibliographiques***

- 1-**ABD EI WAHAB T.E., ZAKARIA M.E et NOUR M.E.,2006** - Influence of the infestation by varroa mite *Varroa destructor* on some Antennal sense organs of the worker and drone honey bees *Apis mellifera* L . J .of Applied Sciences Res., 2(2): 80-85.
- 2-**ABID L., 2008** - Recherche des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Schinus molle* L. et *Pistacia vera* L. de la région de Tlemcen. Thèse Magister. Univ. Tlemcen, 115 p.
- 3-**ABRASSAT J, 1988** - Mille et une vertus des huiles essentielles. Ed Guy Trédaniel.
- 4-**ADJLANE N., 2003** - Contribution à l'étude de quelques facteurs intervenants dans la lutte alternative contre *varroa destructor*. These ,magister,sciences agronomique .INA El Harrach 226p.
- 5-**AFNOR., 2000** - Huiles essentielles, Monographies relatives aux huiles essentielles, Tome2, 6ème édition, AFNOR, Paris.
- 6-**ALBERTI G., HÄNEL H., 1986** - Fine structure of the genital system in the bee parasite, *Varroa Jacobsoni* (Gamasida: Dermanyssina) with remarks on spermiogenesis, spermatozoa and capacitation. Exp. Appl. Acarol., 2, 63-104.
- 7-**AL-KHALIFA A.S and AL-ARIFY A.,1999** - Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys, Rev. Food Chem., 67 .21-25.
- 8-**AI-WAILI N.S., SALOM K., AL-GHAMBI A.A., 2011** - Honey for wound healing, ulcers, and burns; data supporting its use in clinical practice. *The scientific World Journal*, 11:766-787.
- 9-**ALVAREZ L.M.,2010** - Honey Proteins and their Interaction with Polyphenols. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science,Univ.Brock,93 p.
- 10-**AMIOT M.J., AUBERT S., GONNET M., TACCHINI M.,1989** - Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. *Apidologie*, 20, (2), 115-125.
- 11-**AMROUCHE L. et KESSI L., 2003** - Etude de la qualité physico-chimique de quelques miels. Mémoire. Ingénieur. U.S.T.H.B. ALGER. 49 p.
- 12-**ANCHLING F., 2009** - Raconte-moi le miel. L'abeille de France. APISERVICES, Galerie Apicole Virtuelle
- 13-**ANDERSON DL.,TRUEMAN JWH., 2000** - *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. Exp. Appl. Acarol., 24, 165-189.

- 14-ANGIONI A.,BARRA A.,CERETI E., BARILE D.,COISSON DJ., ARLORIO M., 2004** - Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52(11): 3530–3535.
- 15-ANKLAM.,1998** - characteristics , aroma of floral honeys obtained with dynamic headspaceGC-MS système J A pic Res 31 es 31 PP : 96-109
- 16-ANTON R., et LOBSTEIN A., 2005** - Plantes aromatiques. Epices, Aromates, Condiments et huiles essentielles. Tec. Et DOC. Paris. 522 p.
- 17-AOUDIA N., et AYAD R.,1998** - Efficacité thérapeutique de quelques plantes à propriétés acaricide vis-à-vis de la varroase : *Varroa jacobsoni*. Thèse. Ing. Agro.INA El Harrach, 83p.
- 18-AUBERT S., GONNET M.,1983** - Mesure de la couleur des miels. Apidologie, vol.14, n°2, p.p.105-118.
- 19-AUSLOOS P.,2002b** - Les huiles essentielles. CNIL. N 80, 6p.
- 20-AVATO P., PESANTE M. A., FANIZZI F. P. & SANTOS., C. A. D.,2003** - Seed oil composition of *Paullinia cupana* var. *sorbilis*(Mart.) Ducke. Lipids Vol. 38, 7, pp. 773-780
- 21-AZERDO L.C.,AZERDO M.A.A., SOUZA S.R., DUTRA V.M.L.,2003** - Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. Food Chemistry, 80, pp :249-254.
- 22-BABA AISSA F.,1999** - Encyclopédie des plantes utiles: Flore d'Algérie et du Maghreb. Ed. Librairie Moderne-Rouiba, pp: 46-231.
- 23-BADAWY O.F.H., SHAFII S.S.A., THARWAT E.E. and KAMAL A.M., 2004** - Antibacterial activity of bee honey and its therapeutic use fullness against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* infection. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz, Vol. 23, N°. 3, 1019-1022.
- 24-BAILEY L., 1955** - The infection of the ventriculus of the adult honeybee by *Nosema apis* (Zander). Parasitology 45 (1 and 2): 86-94.
- 25-BALAYANNIS P.G; SNTAS L.A., 1992** - Dissipation of malathion and fluvalinate residues from honey.j.Apic.Res 31: 70-76.
- 26-BALLOT-FLURIN C., 2010** - Les bienfaits de L'apithérapie. Ed. Eyrolles, Paris, 45-51p.
- 27-BELITZ H., GROSCH W., SCHIEBERLE P., 2009** - Sugars, Sugar Alcohols and Honey, Food chemistry. vol.103, p.p. 885-888. Chapitre 19.
- 28-BELOUAD A., 2001** - « Plantes médicinales d'Algérie ». Office des Publications Universitaires, Alger, , pp : 5-10



- 29-BENAYAD N., 2008** - Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées .Rapport final .Université Mohammed V- Agdal. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Dépar.de Chimie Faculté des Sciences de Rabat Maroc.61p.
- 30-BENAZIZA-BOUCHEMA D., SCHWEITZER P., 2010** - Caracterisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. Cah. Agric., 19(6): 432-438.
- 31-BENHAMOUDA K., 1989** - Situation sanitaire des colonies d'abeilles dans la Mitidja, cas de la varroase. Thèse ing. Agronome I.N.A el Harrach, 92p.
- 32-BERKANI M.L., 1985** - Comparaison de deux types de ruches Dadants et Langstroth dans le littoral Algérois « Mémoire de Magister I.N.A. El Harrach.141p
- 33-BERKANI M.L.,GHALEM-BERKANI Z.,2009** - Composition of chemical and acaricide activity of 4 essential oils resulting from plants against "*Varroa destructor*" in the Algerian Center. Actes du 41ème congrès Apimondia 15 au 20 septembre 2009, Montpellier-France.
- 34- BERKANI M.L., GHALEM-BERKANI Z., BENYOUCEF M .T et CHELIGHOUM A., 2011** - Effet de la méthode de récolte et du modèle de ruches sur la quantité de miel produite par les colonies d'abeilles en Algérie. Livestock Research for Rural Development 23 (12)<http://www.lrrd.org/lrrd23/12/berk23250.htm>
- 35-BERKANI-GHALEM Z.,HAMI H. ,BERKANI M.L., 2013** - Effet du climat sur l'évolution des populations de *Varroa destructor* chez l'abeille *Apis mellifera intermissa* L. dans les différents écosystèmes de l'Algérie. Silva Lusitana, vol 21. Issue 2,p219-234.16p.
- 36-BERKANI M L.,GHALEM-BERKANI Z., et HAMI H., 2014** - Analysis of Bee Farming Systems in Western Algeria Volume:1, Issue: 8, 132-140, AGRIS since: ,SciKnow Publications [https://www.researchgate.net/publication/270620774\\_Analysis\\_of\\_Bee\\_Farming\\_Systems\\_in\\_Western\\_Algeria](https://agris.fao.org/agris-https://www.researchgate.net/publication/270620774_Analysis_of_Bee_Farming_Systems_in_Western_Algeria)
- 37-BERTRAND G.,1906-** Le dosage des sucres réducteurs, Bull. Soc. Chim.,35, 1285.
- 38-BIRI M.,1976** - l'élevage moderne des abeilles. Ed vecchi S.A paris . 321p.
- 39-BIRI M., 1997** - Le grand livre des abeilles Edit. De Vecchisa,159p
- 40-BIRI M.,2010** - Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. 7e éd. Paris : De Vecchi. 302 p.
- 41-BLANC M., 2010** - Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 142 p.

- 42-BOCCHIO E., 1985** - Hydrodistillation des huiles essentielles : Théorie et application In Parfums, cosmétiques aromes, n°63,pp :61-62.
- 43-BOGDANOV S., KILCHENMANN V., et IMDORF A., 1995** - Les résidus d'acaricides dans la cire d'abeilles 34° .congrès international d'Apiculture de l'Apimondia Lausanne : 1995-408.
- 44-BOGDANOV S., MARTIN P. & LULLMANN C., 1997** - Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, **28**(extra issue), 1-59.
- 45-BOGDANOV S.,1999** - International Honey Commission.Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey commission. *Bee-World*.80(2).pp:61-69.
- 46-BOGDANOV S., KILCHENMANN V., IMDORF A.,1999** - Acaricide residues in honey, beeswax and propolis. Swiss Bee Research Centre.
- 47-BOGDANOV S., BLUMER P., 2001** - Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Revue Suisse d'apiculture*, **98 (3)**: 107-114.
- 48-BOGDANOV S., ROUFF K. & PERSANO ODDO L., 2004** - Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, **35**, 4-17.
- 49-BOGDANOV S ,BIERI K, KILCHAMAN U. and GALLAMAN P.,2005** - Miels monofloraux. *Suisser .ALP Forum* 23 : 1-55.
- 50-BOGDANOV S., 2006** - Contaminants of beeproducts. *Apidologie*, vol.37, n°1, p.p.1-18.
- 51-BOGDANOV S., JURENDIC T., SIEBER R., GALLMAN P., 2006** -Honey for nutritionand health:Areview. *Am. J. Coll. Nutr.*, 27: 677-689.
- 52-BOGDANOV S., BIERI K., KITCHMANN V., GALLMAN P., DILIER F X., 2007** - Les pucerons à l'œuvre dans la production du miel de foret. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP.
- 53-BONAFOS R et COLIN ME., 2010** - Rapport d'étude dumonitoring de la sensibilité/résistance *deVarroa destructor* au tau-fluvalinate, à l'ami-traze et au thymol. Rapport du programmecommunautaire pour l'apiculture, 2010.
- 54-BONTÉ F., DESMOULIÈRE A., 2013** - Le miel : origine et composition. *Actualités pharmaceutique*, vol.52, n.531, p.p.18-21.
- 55-BORCHERT A.,(1970)** -Les maladies et parasites des abeilles. Ed :VIGOT FRERES Editeurs.
- 56-BORNEECK R. ; MERLE B.,1989** - la varroatose a l'institut technique de l'apiculture : essai sur l'apistan – Abeille de France n° 736 ; pp : 128 – 133.
- 57-BORNEECK R. 1991** - Maladies des abeilles en liaison avec la varroase. *Santé de l'abeille* n° 126,pp :12-15.
- 58-BRADBEAR N., 2005** - Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001, Rome, 64 p.

- 59-BREMESS L., 1996** - Les plantes aromatiques et médicinales, Le guide visual de plus de 700 espèces végétales à travers le monde. L'œil nature. Bordas Paris ; p95-96.
- 60-BROCKMANN A., DIETZ D., SPAETHE J., TAUTZ J., 2006** - Beyond 9-ODA: sex pheromone communication in the European honey bee *Apis mellifera* L. Journal of chemical ecology 32, 657–67.
- 61-BRODSCHNEIDER R., MOOSBECKOFER R., CRAILSHEIM K., 2010** - Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and south Tyrol. Journal of Apicultural Research 49(1); 23 – 30.
- 62-BROUWERS EVM., EBERT R., BEETSMA J., 1987**- Behavioural and physiological aspects of nurse bees in relation to the composition of larval food during caste differentiation in the honeybee. J. Apicult. Res., 26, 11-23.
- 63-BROWN M.J.F., BAER, B., 2005** - The evolutionary significance of long copulation duration in bumble bees. Apidologie 36, 157–167.
- 64-BRUNEAU E., 2004** - Les produits de la ruche .Ed :RUS TICA.354-384
- 65-BRUNETON J., 1993** - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
- 66-BRUNETON J., 1999** - pharmacognosie phytochimie .plantes médicinales, Edition : technique et documentation ,3emeEdition Lavoisier .Paris 1120.
- 67-BRUNETON J., 2008** - Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales, 2eme éd., Paris, Tec & Doc -Éditions médicales internationales, p1188.
- 68-CARETTE A.S., 2000** - La lavande et son huile essentielle, Thèse de doctorat, Université de Toulouse. p :100.
- 69-CARON D.M., 2000** - Tracheal mites. MAAREC Publication.
- 70-CAVIA -MRIA M., FERNANDEZ-MUINO MIGUEL A., ALONSO- TORRE SARA R., HUIDOBRO J.F and SANCHO M.T., 2006** - Anattempt to establish reliable « Best before » dates for honeys originating in both continental and oceanic climates . apiacta , 41: 86-98
- 71-CELIKTAS O. Y., HAMES KOCABAS E. E., BEDIR E., VERDAR SUKAN F., OZEK T.,et BASER K. H. C., 2007**- Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., depending on location and seasonal variations. Food Chem., Vol. 100, pp : 553–559.
- 72-CHAKIR A, ROMANE A, BARBAGIANNI N, BARTOLI D and FERRAZZI P., 2011** - Major and Trace Elements in Different Types of Moroccan Honeys, Rev. Australian J. of Basic and App Scien., 5 ,pp:223-231.

- 73-CHARRIERE JD., IMDORF A., BACHOFEN B., TSCHAN A.,1998** - Le retrait du couvain de mâles operculé :une mesure efficace pour diminuer l'infestation de Varroa dans les colonies. Revue Suisse d'Apiculture. ; 95: 71-9.
- 74-CHATAWAY H.D., 1935** - Honey tables showing the relationship between 7. various hydromer scalles and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. Can. Bee J. 43, 215.
- 75-CHAUDIERE M., 1988** - L'énergie solaire contre la varroase .Les quatre saisons du jardinage,n° 50 : 58-60.
- 76-CHAUVIN R., 1968** - Traité de biologie de l'abeille. Edit. Masson et cie. Paris. T1 P372.
- 77-CHAUVIN R., 1987-** La ruche et l'homme. Ed.Calmann Lévy, 47p.
- 78-CHAUZAT MP., CARPENTIER P., MARTEL AC., BOUGEARD S., COUGOULE N., PORTA P ., 2009** - Influence of pesticide residues on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony health in France. Environ. Entomol., 38, 514-523.
- 79-CHERAK F D .,DRAGUENDOUL M., 1993** - Etude comparative de l'effet des produits acaricides utilisés dans la lutte contre la varroase chez l'abeille tellienne. Thèse .Ing.Agro. .INA. El Harrach 99p.
- 80-CHIBANE Y et DJILLALI S., 2007-** Contrôle de qualité de quelques miels d'origine diverse et étude de leurs effets sur quelques micro-organismes. Mémoire Ingénieur.U.S.T.H.B. Alger. 85p.
- 81-CLAUS ZEILLER.,1990** -Conseil pour l'apiculteur amateur. Edition Europeen. Apicol, 138p.
- 82-CLEMENT H., 2002-** Guide des miels. Paris, Rustica, 64 p.
- 83-CODEX ALIMENTARIUS., 2001** - *Codex Standard 12, Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods. Vol. 11*, <http://www.codexalimentarius.net>, (14/07/2009).
- 84-COLIN M.E., 1982** - La varroase. Rev. Sci.tech.off.ine. Epiz.1(4),1177-1189.
- 85-COLIN M.E.,GONZALEZ M.D,LOPEZ.,1986** - Traitement de la varroatose de l'abeille domestique , chimiothérapie, mesures adjuvantes et perspectives de lutte biologique . Rev.sci.tech.off.int.epiz,1986,5(3),pp :677-687.
- 86-CORBELLA E and COZZOLINO D .,2006** - Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combiened with chemometrics .Lebensm-Wiss .u.-Technol.,39:534-539

- 87-CORDELLA C., 2003** -Caractérisation des Aliments et Détection de l'Adultération : Application aux Miels. Thèse de doctorat ES-sciences (spécialité sciences chimiques), Université de Nice Sophia-Antipolis, 184 p.
- 88-COSENTINO,S ., TUBEROSO,CIG ., PISANO,B ., CHERCHI,A .,SPANEDDA,L ; PALMAS,F ,1996** - Influence de différentes conditions de stockage sur la qualité de miel. *Rivista-Di-Scienza-dell'Alimentazione* .25 (3): 253-260.
- 89-CRAAQ., 2009** - Gestion optimale des ruchers au Québec. Publication du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 68p.
- 90-CRANE E., 1990** - Bees ad beekeeping. Science, Practice and World resources. Heinemann Newnes Oxford, London, Melbburne, 614p.
- 91-CURRIE RW., GATIEN P.,2006** - Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) from causing economic damage to honey bee colonies. *Can. Entomol. Vol.*, 138, 238-252.
- 92-DADE H.A.,1994** - Anatomy and dissection of the hohey bee. Ed. IBRA. London,UK,158pp.
- 93-DAHLE B.,2010** -The role of *Varroa destructor* for honey bee colonies losses in Norway. *Journal of Apicultural Research*, 49 (1): 124-125.
- 94-DAILLY H., 2008** - Le réfractomètre, un outil essentiel. *Abeilles & cie*, vol.35, n.122, p.p.30-32.
- 95-DAMIANI N., GENDEL L.B., MAGGI M.D., PALACIOS S., MARCANGELI J.A et EUGARAS M.J et EUGARAS M.J., 2011-** Repellent and acaricidal effet of botanical extracts on *varroa destructor* . *Parasitol Res.*108(1) :79-86.
- 96-DEFAVEAUX A., 1981-** La varroatose dans les ruchers de l'est Algérien. 1981. *Rev. Rech. CURER.*7 :1-15.
- 97-DEFAVAUX M.,1984** - Les acariens et les insectes parasites et prédateurs des abeilles *Apis mellifica intermissa* en Algérie. *Bull. Zool. agric.INA* n°8 pp., 13-21.
- 98-DEGRYSE A., DELPHA L., VOINIER M. ,2008** - Risques et bénéfices possible des huiles essentielles. Ingénieur du Génie Sanitaire , atelier santé environnement.
- 99-DELEGUE M.H., 2005** -Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning Performances of the Honeybee *Apis mellifera*, *Arch. Environ. Contamin. Toxicol.* 48, 242 – 250
- 100-DESCHAMPS V.C. ,1998** - Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 118 p.
- 101-DESMARES C., LAURENT A., & DELERME C., 2008** - Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. AFSSAPS. Anatole, France, 18p.

- 102-DIETEMANN V.,NAZZI F .,MARTIN SJ.,ANDERSON DL.,LOCKE B., DELAPLANE K ., 2013** - Standard methods for Varroa research. J Apic Res.;52. doi: 10.3896/IBRA.1.52.1.09.
- 103- DIETZ A.,1982-** honey bees. Social insects 3, 323-360.
- 104-DOMEREGO R., IMBERT G., BLANCHARD C.,2009** - Les remèdes de la ruche Editions Alpens, Monaco, 95p.
- 105-DONADIEU Y., 1982** - *Pollen : thérapeutique naturelles*. 5<sup>ème</sup> Ed Maloine S.A Paris. 31p.
- 106-DONZÉ G.,GUÉRIN PM., 1994** - Behavioral attributes and parental care of Varroa mites parasitizing honeybee brood. Behav. Ecol. Sociobiol., 34, 305-319.
- 107-DONZÉ G., 1995** - Adaptations comportementales de l'acarien ectoparasite *Varroa jacobsoni* durant sa phase de reproduction dans les alvéoles operculées de l'abeille mellifère *Apis mellifera*. Thèse de doctorat dès sciences, Université de Neuchâtel, 152p.
- 108-DONZÉ G., HERRMANN M, BACHOFEN B, GUÉRIN PM ,1996** -Effect of mating frequency and brood cell infestation rate on the reproductive success of the honeybee parasite *Varroa jacobsoni*. Ecol. Entomol., 21, 17-26.
- 109-DONZÉ G., FLURI P, IMDORF A ,1998a** - Pourquoi les Varroa s'accouplent-ils si souvent? Centre Suisse de Recherches Apicoles, 6p.
- 110-DONZÉ G.,FLURI P.,IMDORF A.,1998b** - Un si petit espace, une si grande organisation, la reproduction de Varroa dans le couvain operculé de l'abeille. Centre Suisse de Recherches Apicoles, 8p.
- 111-DOUKANI K., TABAK S., DERRICHE A., HACINI Z .,2014** - Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement* 10:37-49.
- 112-DOULL KM., 1976** - The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie*, 7, 61-66.
- 113-DOWNEY G ., HUSSEY K ., Kelly J.D., WALSHE T.F and MARTIN P.G., 2005-** Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico- chemical data. *Food chemistry* ,91 : 347-354
- 114-DUSTMANN J.H., VAN PRAAGH J.P., BOTE K.,1985** - Zur bestimmung von diastase invertase und H.M.F. in honig. *Apidologie*, 16, (1), 19-30.
- 115-EGIN N.L., 1988** -["Brushes" for mites.] *Pchelovodstvo*, n3: 15.

- 116- EICHIN F. et WILSON W.,1997** - Effet par la fumée des produits naturels sur varroa. L'abeille de France 827, pp : 182-188.
- 117-ELLIS JD, ZETTELNALEN CM., 2010** - Varroa Mite, *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida: Acari: Varroidae). In: University of Florida, document EENY-473.
- 118-EMMANUELLE H., JULIE C. et LAURENT G., 1996** - Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole
- 119-EUGARAS M.J, FUSELLI S, GENDEL L , FRITZ R, et RUFFINENGO S.R ., 2005** - An in vitro Evaluation of *Tagetes minuta* . Essential oil for the control of the honey bee , Pathogens *Paenibacillus larvae* and *Ascophaera apis*, and the parasitic mite *varroa destructor*. Journal of Essential oil Research, volume 17, Issue 3:336-340.
- 120-EVANS W.C., 1998** - Trease and Evan's Pharmacognosy, 14<sup>th</sup> edition SANDERS, pp. 48- 65, 612 p.
- 121-FAHRENHOLTZ L, LAMPRECHT I, SCHRICKER B., 1989** - Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes. J. Comp. Physiol. B., 159, 551-560.
- 122-FALLICO B., ZAPPAL M., ARENA E., VERZERA A.,2004** - Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. Food Chemistry, Volume 85, Issue 2, April 2004, Pages 305-313.
- 123-FAUCON J.P., 1992** - Précis de pathologie. Connaitre et traiter les maladies de l'abeille. Edition CNEVA,512p.
- 124-FAUCON et FLECHE SEBAN ., 1988** - La varroatose . L'abeille de France n°729, pp,338-347.
- 125-FAUCON JP, DRAJNUDEL P, CHAUZAT MP, AUBERT M., 2007** -Contrôle de l'efficacité du médicament APIVAR ND contre *Varroa destructor*, parasite de l'abeille domestique. Revue Méd. Vét., 158, 283-290.
- 126-FAUCON J.P et CHAUZAT M.P., 2008-** Varroase et autres maladies des abeilles : causes majeurs de mortalité des colonies en france .Bull. Acad. Vét. France — 2008 - Tome 161 - N°3 [www.academie-veterinaire-france.fr](http://www.academie-veterinaire-france.fr), pp : 257-263.
- 127-FERNANDEZ N., COINEAU Y.,2002** - Varroa, tueurs d'abeilles. Bien le connaître, pour mieux le combattre.Edition Atlantica, Biarritz, France, p 237. –
- 128-FNSEA (Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles) - Section Apicole.,2011** - Saison apicole 2011: le premier bilan est positif. In : Communiqué de Presse du 28 juin 2011, Paris, 5 p.

- 129-FRANCK P, GARNERY L, SOLIGNAC M, CORNUET J.M .,2000** - Molecular confirmation of a fourth lineage in honeybees from the Near East. In *Apidologie*, 31 (2), 167-180.
- 130-FRESNAYE J, (1965)-** Etude biométrique de quelques caractères morphologiques de l'abeille noire française *Apis mellifera* Ann. Abeille n° 84, pp : 271-283
- 131-FRIES I, CAMAZINE S, SNEYD J,1994** - Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review. *Bee World*.
- 132-GALLAI N., SALLES J.-M., SETTELE J., VAISSIERE B.E,2009** - Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.*, 68: 810-821.
- 133-GAGNON F., 1987** -Apiculture pratique. Ed. LARENAISSANE, Paris, p.p.125.
- 134-GARCIA,A.,VALCARCEL,M.,FERNANDEZ,M.I.,HERRERO,C.,LATORRE M.J., MESAS J.M ,1994** - Effect of industrial processing on the quality of Galician honeys. *Industria-Conserve*. 69( 2); 353-357.
- 135-GARCIA-FERNANDEZ,P .,BENITEZ-RODRIGUEZ,R .,ORENTES.,BERME JO,F.J.,1995-** Influence of climate on the evolution of the population dynamics of the varroa mite on honeybees in the south of Spain *.Apidologie* 5: 361-440.
- 136-GATINEAU M.,1985** -Huiles essentielles Thérapeutiques naturelles. *Rev Française.Apicul.*, pp :233-235.
- 137-GERIC L., 1989** - Le vampirisme des varroas observé sur une larve des abeilles avec l'appareil photographique. *L'abeille de France* n°736,pp :124-125.
- 138-GHALEM Z; BERKANI M.L; KACI F; HAMI H., 2013** - Biological control against *varroa destructor* in the bee *Apis mellifera intermissa* L in Algéria. *WULFENIA JOURNAL KLAGENFURT. AUSTRIA*. Vol 20,n°9 .
- 139-GILLES M., 2012** - Blocage de ponte et sélection. *La Santé de l'Abeille*. 248 : 149-154.
- 140-GIORDANI R.,KALOUSTIAN J.,2006** -Action anticandidosique des huiles essentielles : leur utilisation concomitante avec des médicaments antifongiques *J Phytothérapie* (2006) Numéro 3,121-124
- 141-GLARE T.R. and O' CALLAGHAN M., 2008-** Microbial diseases of bees. *Microbiology today* .November: 169-171.
- 142-GOMES SUSAN A , LUIS G ,DIAS LEANDRO L , MOREIRA PAULA R , LETICIA E., 2010** - Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicologie* ,Volume 48.Issue 2 ,Pages 544-548



- 143-GONNET M.,1963** -L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. *Ann. Abeille*, 6, (1), 53-67.
- 144-GONNET M., 1982** - le miel : composition : propriétés et conservation 2ème édition OPIDA , 3p
- 145-GONNET. M, VACHE. G., 1985** -Le gout de miel. Ed. UNAF, Paris. 150p
- 146-GONNET M.,1994** - La cristallisation dirigée des miels : actualisation des méthodes de travail et avantages liés à cette pratique technologique. *Abeilles et Fleurs*, 430, 9-10.
- 147-GONNET M., 1999** - Préserver la qualité des miels. *Abeilles et Fleurs*, 598.
- 148-GROBOV OF., 1976** - La varroase de l'abeille mellifère. *Apiacta*, 11, 145-148
- 149-GUERRIAT H., 2000** - Etre performant en apiculture. Edition Rucher du Tilleul. 416p.
- 150-GUIGNARDJ.L. et DUPONT F., 2004** - Botanique : Systématique moléculaire, 13ème éd. Masson, Paris, 237p.
- 151-GUINOCHET T., 1973** - Phytosociologie, Ed. Masson, France, 227p.
- 152-GUINOT L., HUCHET E., COUSTEL J., 1996** - Les constituants chimiques du miel, méthodes d'analyses chimiques. Département Sciences de l'aliment.; 22p
- 153-HADORN, H., K. ZUERCHER, and F. DOEVEIAR.,1962** - *On damage to honey caused by heat and storage*. Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung un Hygiene= Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène,. 53: p. 191.
- 154-HAN,JG., KIM,K., KIM,DY., LEE,SK .,1985** - The aggregation state of melittin in lipid bilayers: an energy transfer study. *Korean-Journal-of-Food-Science-and-Technology*. 17(3). 155-162.
- 155-HAN F., WALBERG A., WEBSTER M.T., 2012** - From where did the Western honeybee (*Apis mellifera*) originate, *Ecol. Evol.* 2(8), 1949-1957.
- 156-HÄNEL H, KOENIGER N.,1986** - Possible regulation of the reproduction of the honey beemite *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Acari) by a host's hormone: Juvenile hormone III. *J. Insect Physiol.*, **32**, 791-798.
- 157-HANOVER P., 1964** - Methodes d'analyses utilisées au Laboratoire des glucides. C.S. T. -Bondy, Publication O.R.S.T.O.M., Paris.
- 158-HARBADJI M; NAOUI A, 1996** - Etude de l'efficacité thérapeutiques de quelques plantes acaricides vis-à-vis de la varroase « *Varroa jacobsoni* ».Thèse.Ing.Agr.INA.El Harrach.93p.
- 159-HARBO J. R.,1986** - Effect of population size on brood production, worker survival and honey gain in colonies of honeybees, *J. Apic. Res.* 25 (1): 22-29.

- 160-HARBO, J. R. and J. W. HARRIS ,1999** - Selecting honey bees for resistance to *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 30(2-3): 183-196.
- 161-HAZZIT M., 2002** -Arômes alimentaires. Thèse magister, USTHB, Alger. 96p.
- 162-HENNEBELLE.,2010**-L'abeille In Doc apiculture.  
[http://dhennebelle.perso.sfr.fr/docapi.htm#\\_Toc22802410](http://dhennebelle.perso.sfr.fr/docapi.htm#_Toc22802410)
- 163-HOOPER . T. , 1980-** les abeille et le miel . Editeurs : Delachaux et Niestè Neuchâtel – Paris , 6-260 p
- 164-HORR B.,1998** - Biological control of varroa mites without chemicals . *Am Bee J.* 138:801-804.
- 165-HUCHET. E, COUSTEL. J, GUINOT. L., 1996** - Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. *Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p.*
- 166-IBRAHIM KHALIL MD., MONIRUZZAMAN M., BOUKRAA L., BENHANIFIA M., ASIFUL ISLAM MD., NAZMUL ISLAM MD., SULAIMAN S.A. and HUA GAN S., 2012** - Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Journal molecules*, 17, 11199-11215.
- 167-IMDORF A;RICKLI, M; KILCHENMANN V; BOGDANOV S;WILLE H .,1998** - Nitrogen and mineral constituents of honey bee worker brood during pollen shortage, *Apidologie*29 (4): 315-325
- 168-INTERNATIONAL HONEY COMMISSION.,2002-** Harmonised methods of the international honey commission//Swiss Bee Research Centre. Liebefeld,Switzerland, 61p.
- 169-IOÏRICHE N.,1984** - Les abeilles, pharmaciennes ailées. 3e édition complétée Editions MIR, Moscou, 240 p.
- 170-IRLANDE D., 2010** - Le miel et ses propriétés thérapeutiques. 7p.
- 171-JACQUOT M., FAGOT P., VOILLEY A., 2012** - La couleur des aliments de la théorie a la pratique. Ed.Lavoisier, Cachan, 248p.
- 172-JAY SC.,1963** - The longitudinal orientation of larval honeybees *Apis mellifera* in their cells. *Can. J. Zool.*, 41, 717-723.
- 173-JAY SC .,1964** - The cocoon of the honeybee *Apis mellifera* L.. *Can. Entomol.*, 96, 784p
- 174-JEAN- PROST ., 2005** - Apiculture. Connaître l'abeille, conduire le rucher 7ème édition, Tec & DocLavoisier, 698p.

- 175-JILANI IMTINEN B., SCHWEITZER H.J., KHOUDJA P., ZOUAGHI M. L., GHRABI Z., 2008** - Physicochemical properties and pollen spectra of honeys produced in Tunisia(Southwest of Kef). *Apiacta*, **43**: 38-48.
- 176-JOHNSON RM,POLLOCK HS, BERENBAUM MR .,2009**-Synergistic interactions between in-hive miticides in *Apis mellifera*. *J. Econ Entomol.*, 102, 474-479. JOLY D,
- 177-KANGA LHB, JAMES RR, BOUCIAS DG .,2002** - *Hirsutella thompsonii* and *Metarhizium anisopliae* as potential microbial control agents of *Varroa destructor*, a honey bee parasite. *J. Invertebr. Pathol.*, 81, 175-184.
- 178-KASKONIENE V., VENSKUTONIS P.R., CEKSTERYTE V., 2010** -Carbohydrate composition and electricalconductivity of differentoriginhoneysfromLithuania. *Food Science and Technology*, vol.43, janvier, p.p.801-807.
- 179-KEBBAB S.,2014** - Elevage d'animaux pour la consommation humaine . Maladies à déclaration obligatoire(MDO) et Maladies réputées légalement contagieuses(MRLC). MDO ET MRLC .bioelevages.canalblog.com
- 180-KHENFER A.,FETTAL M., 1997** -Le miel. Ed.Institut TechniqueDesPetits Elevages, 6p.
- 181-KIMBARIS, A.C., SIATIS, N.G., DAFERERA, D.J., TARANTILIS, P.A., PAPPAS, C.S., POLISSIOUS, M.G., 2006** - Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrason. Sonochem.* 13, 54–60. doi:10.1016/j.ultsonch.2004.12.003
- 182-KOTWAL S ET DHARAM P ABROL., 2013**- Evaluation of Essential oils and cultural practices for the management of *varroa destructor*. *The Bioscan* 8(1):15-20.
- 183-KOUBISSI H ,2002** - Dictionnaire des herbes et des plantes médicinales. Édition Daar el kooub el Elmia Bierut, Liban, 82
- 184-KOUL O., SURESH W. & DALIWAL G.S,2008** - Essential oils as green pesticides : Potential and constraints.*Biopesticide International* Vol.4(1):63-84.
- 185-KRAUSS B. et BERG S., 1994** - Effect of lactic treatment during winter in temperature climate upon *Varroa jacobsoni*Oud. and the bee (*Apis mellifera*L.) colony. *Exp.Appl.Acarol* 18: 459-468.
- 186-KUÇUK M., KOLAYLI S., KARAOLU S., ULUSOY E., BALTACI C., CANDAN F., 2007** -Biologicalactivities and chemical composition of threehoneys of different types of Anatolia. *Food Chemistry*. Vol.100, p.p. 526-534.
- 187-KURKIN VA., 2003**-Phenylpropanoids from medicinal plants: distribution, classification, structural analysis, and biological activity. *Chemistry of Natural Compounds*. 39 (2).
- 188-LAVIE P., 1955** - L'enregistrement thermique continu dans les populations d'*Apis mellifica* avec couvain. *Insectes sociaux*, 2, 127-134.

- 189-LE CONTE Y et ARNOLD G., 1987-** Influence de l'âge des abeilles *Apis mellifera* L. et de la chaleur sur le comportement de *varroa jacobsoni* oud. *Apidologie* 18(4),305-320.
- 190-LE CONTE Y, 2002** - Mieux connaître l'abeille. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, p.12-51.
- 191-LE CONTE Y,2004** - Mieux connaître l'abeille. La vie sociale de la colonie. In : Bruneau E., Barbançon J.-M., Bonnaffé P., Clément H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y.,Ratia G., Reeb C., Vaissière B. *Le traité Rustica de l'apiculture*. Rustica éditions, Paris, 12- 83.
- 192-LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984** – Ecologie numérique - le traitement multiple des données écologiques. Ed. Masson, Paris, coll. « Presses Univ. Québec'', T. 1, 260 p.
- 193-LEGIFRANCE.GOUV.fr. Décret n°2006-179 du 17 février 2006** portant création d'une liste de maladies à déclaration obligatoire et modifiant le code rural. [en-ligne] [<http://www.legifrance.gouv.fr> (consultée le 23 novembre 2011)].
- 194-LEQUET L .,2010** - Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude-Bernard – Lyon 1, 194 p.
- 195-LHOMME M ., 1990** - *Varroa jacobsoni* (Oudemans 1904) : morphologie, biologie et étude spécifique du système respiratoire et du comportement. Thèse de Doctorat Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Nantes, 85p.
- 196-LIPP ,J, 1994** - *Der Honig*. Verlag Eugen Ulmer.Stuttgart .792-794
- 197-LOBB N, MARTIN S., 1997** - Mortality of *Varroa jacobsoni* Oudemans during or soon after the emergence of worker and drone honeybees *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 28, 367-374.
- 198-LOBREAU-CALLEN D., CLÉMENT M.C., MARMION V., 1999** - Les miels. Ed. Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, 10-20p.
- 199-LODESANI M, COSTA C, SERRA G, COLOMBO R, SABATINI AG ,2008** - Acaricide residues in beewax after conversion to organic beekeeping methods. *Apidologie*, 39, 324-333.
- 200-LOUVEAUX J.,1968** - Composition propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche in traité de biologie de l'abeille. Tome 03 Ed Masson etCie. 389 p.
- 201-LOUVEAUXJ., MAURIZIO A., VORWOHL. G., 1978** - Methods of Melisso palynology. *Bee World*,59 (4), 139-157.
- 202-LOUVEAUX J. & ABED L., 1984-** Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie*, 15, 145-170.

- 203-LOUVEAUX J., 1985** - Les abeilles et leurs élevages. Ed. Opida, 262p.
- 204-LUIZ PATACA C.M.,NETO WALDOMIRO B, MARCUCCI MARIA C ., PAPPIRONEI J ., 2007** - Determination of apparent reducing sugars , moisture and acidity in honey by attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectrometry Talanta , Volume 71,Issue 5,Pages 1926-1931
- 205-LUX M ,1987** - *Varroa jacobsoni* Oudemans ectoparasite de l'abeille *Apis mellifica* Linne. Etude physico-chimique et immuno-chimique de l'hémolymph de l'abeille saine ou parasitée. Thèse pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études., École Pratique des Hautes Études, Paris, 123p.
- 206-MAGGI M.D., GENDE L.B, RUSSO K., FRITZ R., EGUARAS M.J. ,2011** - Bioactivity of *Rosmarinus officinalis* essential oils against *Apis mellifera*, *Varroa destructor* and *Paenibacillus larvae* related to the drying treatment of the plant material. Natural Product. Research: Formerly Natural. 25(4) : 197-406.
- 207-MAHADEVAN J., 1982** - Biochemical aspects of plant disease resistance, Part I: Performed inhibitory substances. Today and Tomorrow Printers and Publishers, New Delhi, India, pp: 425-431
- 208-MAINI S, MEDRZYCKI P, PORRINI C ,2010** - The puzzle of honey bee losses : a brief review. Bull. Insectology, 63, 153-16
- 209-MAKHLOUFI C.,2001** - Étude physico-chimique et palynologique de quelques miels de nord Algérien.Mémoire de magistère d'Agronomie, Université de Tiaret. 100 p
- 210-MAKHLOUFI C., KERKVLIT D., RICCIARDELLI G., CHOUKRI A., SAMAR R., 2010** - Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. Apidologie. Vol.41, Octobre, p.p.509-521.
- 211-MALIKA N., FAID M. and EL ADLOUNI C., 2005** - Microbiological and Physico-Chemical Properties of Moroccan Honey. International Journal Of Agriculture & Biology, Vol. 7, No.5, 773–776.
- 212-MARCHENAY P., BERARD L., 2007** - L'homme, l'abeille et le miel. Ed. De Borée, Romagnant, 224p.
- 213-MARTIN SJ ,1994** - Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. Exp. Appl. Acarol., 18, 87-100.
- 214-MARTIN SJ ,1995** - Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under naturel conditions. Exp. Appl. Acarol., 19, 199-210.

- 215-MARTIN SJ, HOGARTH A, VAN BREDA J, PERRETT J ,1998** - A scientific note on *Varroa jacobsoni* Oudemans and the collapse of *Apis mellifera* L. Colonies in the United Kingdom. *Apidologie*, 29, 369-370.
- 216-MARTIN C., PROVOST E., ROUX M., BRUCHOU C., CRAUSER O., CLEMENT J.J., LECONTE Y,2001-** Resistance of the honey bee, *Apis mellifera* to the acarian parasite *Varroa destructor* behavioural and electroantennographic data. *Physiological Entomology*, 26: 362-370. -
- 217-MARTIN S. J., BALL B. V., CARRECK N. L,2010** - Prevalence and persistence of deformed wing virus (DWV) in untreated or acaricide treated *Varroa destructor* infested honey bee (*Apis mellifera*) colonies.- *Journal of Apicultural Research*, 49 (1): 72-79.
- 218-MARTIN S. J., HIGHFIELD A. C, BRETTELL L., VILLALOBOS E. M., BUDGE G. E., POWELL M., NIKAIDO S., SCHOROEDER D. C,2012** - Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite.- *Science*, 336 (6086): 1304-1306.
- 219-MAURIZIO A, 1968** - La formation du miel. In : CHAUVIN R. *Traité de biologie de l'abeille*. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 264-276.
- 220-MBOGNING E., TCHOUMBOUE J., DAMESSE F., SANOU SOBZE M., CANINI A., 2011** - Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*, vol.29, n.3, p.p.168-175.
- 221-MEDA A., LAMIEN C. E., MARCO R,2005** - Determination of the total phenolic, flavonoïde and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, vol. 91, n°3, p. 571-577.
- 222-MELIN E., 2002-** Botanique apicole. Université de Liège.
- 223-MILANI M., 1999** - The résistance of *varroa –Jacobson* oud to acaricide . *Apidologie*.30(2-3) p.229-234.
- 224-MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE DEVELOPPEMENT RURAL (MADR), 2012-** Statistiques agricoles : Evolution des effectifs et des productions agricoles 2004-2012.
- 225-MORETTO G. et DE MELLO L.J., 2000-** Resistance of Africanised Bees (*Apis mellifera*) as a cause of mortality of the mite *Varroa jacobsoni*Oud. in Brazil. *Am. Bee J.* 141: 895-897.
- 226-MORITZ, R.F,1985** - Heritability of the postcapping stage in *Apis mellifera* and its relation to varroatosis resistance. *Journal of Heredity* 76, 267-270
- 227-MORITZ F., DE MIRANDA J., FRIES I., LE CONTE Y., NEUMANN P., PAXTON R.J. ,2010** - Research strategies to improve honeybee health in Europe.*Apidologie*, 41: 227-242.

- 228-MUTIN G., 1977** - La Mitidja. Décolonisation et espace géographique. Ed. Office pub. univ., Alger. 607 p.
- 229-NANDAA V., SARKARA B.C.,SHARMAA H.K . and BAWA A.S.J., 2003** - Determination of Some major and minor elements in the east of Morocco honeysthrough inductively coupled plasma optical emissionspectrometry. *Food Comp. Anal.* 16:613-619.
- 230-NAZZI,F; BROWN,SP; ANOSCIA,D; DEL PICCOLO,F; DI PRISCO,G; VARRICCHIO P ;DELLAVEDOVA G; CATTONARO F;CAPRIO E; PENNACHIO,F.,2012** - Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honey bee colonies. *PLOS Pathogens*, 8(6).e1002735.
- 231-NICOLSON S., MASSIMO N., PACINI E., 2007** - Chapitre 5. Nectar chemistry, Nectaries and Nectar, 215p.
- 232-NOIRETERRE P., 2011** - Biologie et Pathogénie de *Varroa destructor*. *Bulletin des GTV.* 62: 101-106.
- 233-O.N.M., 2014** - Relevés météorologiques de l'année 2012. Office national de météorologie, Dr El Beida,Alger.P2.
- 234-OZCAN M.D. and ARSLAM D.A, 2006** - Phenolic profiles and antioxidant capacities of Chinese unifloral honeys from different botanical and geographical sources.*Food Chem.* 99:24-27.
- 235-PAGE RE, PENG CY ,2001** -Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L.. *Exp. Gerontol.*, 36, 695-711. PAMILO P (1991). Life span of queens in the ant *Formica exsecta*. *Ins. Soc.*, 38, 111-119.
- 236-PARIS R.R et MOYSE H., 1965**-Précis de Matière médicale, Ed Masson et Cle, T :I, 416p.
- 237-PARIS R.R et MOYSE H,1971**- Précis de Matière médicale, Ed Masson et Cle, T :III, pp :266-276.
- 238-PELLECUER J., ROUSSEL J.I., ANDARY C., 1980** - Recherche du pouvoir antifongique de quelques huiles essentielles. *Rivista Italiana Essenzo (EPPOS)*. 23,45-50.
- 239-PEPELJNJAK S., JALSENJAK I., MAISINGER D,1985** - Flavonoid content in propolis extracts and growth inhibition of *Bacillus subtilis*.*Pharmacie*, 40(2): 122-123.
- 240-PERDRIX J .L,2003** - Critères de qualité du miel. Bulletin de liaison N°41. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole, France
- 241-PEREZ-ARQUILLUE C., CONCHELLO P., ARINO A., JUAN T. and HERRERA A.,1995** - Physico chemical attributes and pollen spectrum of some unifloral Spanish honeys.*Food Chem.* 54:167-172.

- 242-PERROT EM., 1944** -Matière première usuelles du thérapeutique-hygiène-industrie. Ed Masson et Cie, T :II, Paris,2343p.
- 243- PESENTI MARION E ., SPINELLI SILVIA , BEZIRARD VALERIE ,BRIAND LOIC , PERNOLLET JEAN-CLAUDE , TEGONI MARIELLA, CABBILLAU CHRISTIAN ,2008** - Structural Basis of the Honey Bee PBP Pheromone and pH-induced Conformational Change .Journal of Molecular Biology,Volume 380,Issu 1 ,Page 158-169 .
- 244-PHILIPPE J M., 2007** - Le guide de l'apiculture. Ed. Edisud, Aix de provence, 215-224 et 290p.
- 245-PIBIRI M.C, 2006** - Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles, Thèse de Doctorat, Lausanne, Canada, p.77.
- 246-POPA A, 1962** - The maturation of honey. J. Insect Physiol., 5, 180-183
- 247-POPA A,1982-** La varroase des abeilles , une menace pour l'apiculture mondiale. Rev.mond. zoot.n°42.
- 248-POPOVA M., REYES, LE CONTE Y., BANKOVA V, 2014** - Propolis chemical composition and honeybee resistance against *Varroa destructor*. Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters,.
- 249-POURTALLIER ,J., TALIERCIO ,Y,1970** - Les caracteristiques physicochimiques des miels en fonction de leur origine florale. 1. Application à un project pour les grandes variétés de miels. Bull. Aic. Doc. Sci. Techn. Inf. 13: 58-68.
- 250-PROST J.- P., 1979** -Apiculture. Ed. J.-B. Baillière. 497p.
- 251-PROST. P, 1987** - *L'apiculture. Connaître l'abeille .conduire le rucher.* 6ème édition Lavoisier.597p.
- 252-QUEZEL P., SANTA S.,1963** - Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, CNRS, Paris, (1963) : pp 600.
- 253-RADER R., HOWLETT B.G., CUNNINGHAM/S.A., WESTCOTT D.A., NEWSTROM-LLOYD L.E., WALKER M.K., TEULON D.A.J.,EDWARDS W,2009** - Alternative Pollinator Taxa are Equally Efficient but not as Effective as the Honeybee in a Mass-flowering Crop, Journal of Applied Ecology, 46: 1080-1087.
- 254-REMBOLD H, KREMER JP, ULRICH GM., 1980** - Characterization of postembryonic developmental stages of the female castes of the honey bee, *Apis mellifera* L.. Apidologie, 11, 29-38.
- 255-RICHARDS EH, JONES B, BOWMAN A,2011** - Salivary secretions from the honeybeemite, *Varroa destructor*: effects on insect haemocytes and preliminary biochemical characterization. *Parasitology*, **138**, 602-608.



- 256-RITTER W, LECLERCQ E, KOCH W ,1984** - Observations des populations d'abeilles et de *Varroa* dans les colonies à différents niveaux d'infestation. *Apidologie*, 15, 389-400. 172.
- 257-ROBAUX P., 1985** - Santé de l'abeille « deux méthodes simples et naturelles pour le dépistage de la varroatoose , abeille de France » n°697.
- 258-ROBAUX P., 1986** - *Varroa* et Varroatoose . Edition Oppida, 238p.
- 259-RODRIGUEZ M, GERDING M, FRANCE A., ,2009** - Selection of entomopathogenic fungi to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Chil. J. Agri. Res.*, 69, 534-540.
- 260-ROSENKRANZ P, AUMEIER P, ZIEGELMANN B., 2010** - Biology and control of *Varroa destructor*. *J. Invertebr. Pathol.*, 103, 96-119.
- 261-ROTHENBUHLER, W.,1979** - Semi domesticated insects: honey bee breeding. *Genetics in Relation to Insect Management*, 84-92.
- 262-RUBERTO G., BARATTA MT., 2000** - Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem.* 69: 167-174.
- 263-RUFFINENGO S.R., MAGGI M.D, FAVERIN C., GARCIA DE LA ROSA S.B., BAILAC P., PRINCIPAL J., EGUARAS M. J., 2007** - Essential oils toxicity related to *Varroa destructor* and *Apis mellifera* under laboratory conditions. *Zootecnia Tropical.* 25 (1) : 63-69.
- 264-RUSSO-ALMEIDA,P.A .,1997** - Some chemical parameters of honey from transmontane Terra Quente .*Apicultor.* 5( 16): 29-35.
- 265-RUTTNER F., TASSENCOURT I, LOUVEAUX J.,1978** - Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L, *Apidologie* 9, 363-381.
- 266-RUTTNER F., KOENIGER N. & RITTER W., 1980** - Brutstop und Brutentnahme. *Allg. Dtsche Imkerztg.* 14(5), 159-160
- 267-SAMMATARO D, GERSON U, NEEDHAM G., 2000** - Parasitic mites of honey bees: Life, history, implications, and impact. *Annu. Rev. Entomol.*, 45, 519-548.
- 268-SANCHO M.T., MUNIATEGU S., HUIDOBRO J.F., SIMAL J., 1991** - Correlation between the electrical conductivity of honey in humid and in dry matter. *Apidologie*, vol.22, n°3, p.p.221-227.
- 269-SANTOS AV,DE OLIVERA BL,SAMUELS RI .,2007** -Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sub-lethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting and *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Mycopathologia*, 163, 233-240.

- 270-SCHACKER, M., 2008** - A Spring Without Bees How Colony Collapse Disorder Has Endangered Our Food Supply. Guilford, The Lyons Press, 292 p.
- 271-SCHWEITZER P., 2001** - La couleur des miels. *L'Abeille de France*, 872, 327-330.
- 272-SCHWEITZER P., 2004**-La cristallisation des miels.*L'Abeille de France*, 901, 149-157.
- 273-SCOTT B .,2003** - Honey bee *Varroa* mite. *Varroa destructor* Anderson et Truemann, 2000.USDA Agricultural Research Service. [en-ligne]. [http://www.forestryimages.org/] (consultée le 02 octobre 2011).
- 274-SERRANO S., VILLAREJO M., ESPEJO R., JODRAL M L., 2007** - Diastase and invertase activities in Andalusian honeys. *International journal of Food Science and Technology*. Vol.50, n.42, p.p.76-79.
- 275-SHAH F.A et SHAH T.A.,1988** - *Tropilaelaps clareas* , a serious pest of honey bees, flours dusting controls for Varroa disease.*American Bee Journals*, 128(1):27.
- 276-SHAW KE, DAVIDSON G, CLARK SJ, BALL BV, PELL JK CHANDLER D., 2002** - Laboratory bioassays to assess the pathogenicity of mite spores to *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata), an ectoparasitic mite of the honeybee, *Apis mellifera*. *Biol. Control*, 24, 266-276.
- 277-SIMONEAU A .,2002** - La loque américaine. MAPAQ-CQIASA [www.agrireseau.qc.ca](http://www.agrireseau.qc.ca). (page consultée le 12 janvier 2010).
- 278-SIMONEAU A., 2004** - La varroase. *Laboratoire de pathologie animale*, pp : 191-192
- 279-SIMPSON J., 1960** - The functions of the salivary glands of *Apis mellifera*. *J. Insect Physiol.*, 4, 107-121.
- 280-SINGH,N., BATH,PK .,1997** - Quality evaluation of different types of Indian honey. *Food-Chemistry*. 58 (2) : 129-133.
- 281-SLESSOR K.N., WINSTON M.L., LE CONTE Y., 2005** -Pheromone communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of chemical ecology* 31, 2731-45.
- 282-SMALLFIELD B., 2001** - Introduction to growing herbs for essential oils, medicinal and culinary purposes. *Crop & Food Research*, 45, pp: 4.
- 283-SMIRNOV A.M., 1978** - Research results obtained in USSR concerning etiology, pathogenesis, epizootiology, diagnosis and control of varroa disease. *Apiacta*,13:149-162.
- 284-SMITH R., 2001**- The varroa mite a cure in sight .*Am.Bee J.*141: 537-540
- 285-SNODGRASS RE .,1956** - Anatomy of the honey bee. Comstock Publishing Associates, Ithaca, New-York, 334 p.
- 286-SUBRAMANYAM BH and HAGSTRUM D.W.,1995** - Résistance measurement and management ,chapter 8.*An Integrated management of insect in stored products* . Ed

- SUBRAMANYAM and HAGSTRUM. Marcel DEKKER, INC, NEW-YORK, pp:331-397.
- 287-SURENDRA RAI JOSHI., HERMANN PECHHACKER., ALFONS WILLAMB., WERNER VONDER OHE., 2000** - Physico-chemical characteristics of *Apis dorsata*, *Apis cerana* and *Apis mellifera* honey from Chitwan district, central Nepal. *Apidologie*. 31 : 367–375.
- 288-TERRAB A, DIEZ MJ, HEREDIA FJ ., 2002** - Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry* ; 79: 337-73.
- 289-TERRAB A, DIEZ MJ, HEREDIA FJ., 2003** - Palynological, physico-chemical and colour characterization of Moroccan honeys. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **38**, 395-402.
- 290-TERRAB A. and HEREDIA F.J., 2004** - Characterisation of avocado (*Persea Americana Mill*) honeys by their physicochemical characteristics .
- 291-TEUSHER E. ;LOBSTEINA.&ANTON R., 2005.** - Plantes aromatiques condiments et leurs huiles essentielles. Ed. Tec et Doc. 522 p.
- 292-TOMA B, ALIX A, BROWN M, CARPENTIER P, CHABERT-RIBIERE M, CHAUZAT MP, DELORMER ., 2009** - Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles. Rapport de l' Afssa, Maisons-Alfort, France, 218 p.
- 293-TOUMANOFF.C., 1951** - Les maladies des abeilles « Rev.Fra.Ang d'apic n° 08.325p.
- 294-TOURNERET E. (Page consultée le 06 mars 2013)**- Stock photos [en ligne]. Adresse URL : <http://www.thehoneygatherers.com/html/phototheque1.html>
- 295-TRAORE E H., 2006** - Revue du secteur avicole FAO. – 59 p.
- 296-TREILLES M., 2002** - Utilisation d'huiles minérales dans la lutte contre varroa destructor (Anderson et Trueman, 2000) parasite de l'abeille. Thèse de Doctorat vétérinaire. Faculté de médecine , Nantes, 71 p.
- 297-TSAGOU V, LIANOU A, LAZARAKIS D, EMMANUEL N, AGGELIS G., 2004** - Newly isolated bacterial strains belonging to Bacillaceae (*Bacillus* sp.) and Micrococcaceae accelerate death of the honey bee mite, *Varroa destructor* (*V. Jacobsoni*), in laboratory **253-**
- 298-TYLER V.E., BRADY L.R. et ROBBERS J.E., 1976** - Pharmacognosy. Edition, Lea and Febiger, Philadelphia, 171 p. assays. *Biotechnol. Lett.*, 26, 529-532.
- 299-UTHURRY C.A., HEVIA D., GOMEZ-CORDOVES C., 2011** - Role of honey polyphenols in health. *Journal of Api. Product and Api Medical Science*, **3(4)**: 141-159.
- 300-VAN ENGELSDORP D., SAEGERMAN E. J., MULLIN C., HAUBRUGE C., NEGUYEN E., FRAZIER B. K., FRAZIER M., COXFOSTER J., CHEN D.,, 2009** - Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS ONE*, 4: 64-81.

- 301-VAN ENGELSDORP, D., MEIXNER, M.D., 2010.**-A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology* 103, 80–95.
- 302-VANHANEN LEOP., EMMERTZ ANDREA, SAVAGE GEOFFREY P., 2011-** Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. *Food Chemistry*, 128 (1): 236-240. 169-
- 303-VONFRISCHI K., 2011** - Vie et mœurs des abeilles. Editions Albin Michel, Paris, 21-66
- 304-VORWOHL G., 1964** - Die Beziehungen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer trichtmässigen Herkunft. *Ann. Abeille*, 7, (4), 301-309.
- 305-WALKER P., CRANE E., 1987** - Constituents of propolis. *Apidologie*, 18(4): 327-334.
- 306-WALLNER K , 1999** - Varroacides and their residues in bee products. *Apidologie*, 30, 235- 248.
- 307-WEISS K., 1985-** Apiculture de Week-end. Ed. Editions européenne apicoles. 252 p
- 308-WENDLING S., 2012** - *Varroa destructor* (Anderson & Trueman, 2000), un acarien ectoparasite de l'abeille domestique *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa reproduction. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 190 p.
- 309-WHITE J.W., 1979** - "Composition of Honey", Ed. Crane Honey: A Comprehensive Survey. Heinemann, London (1979) 157–158.
- 310-WHITFIELD C.W., BEHURA S.K., BERLOCHER S.H., CLARK A.G., JOHNSTON J.S., SHEPPARD W.S., SMITH D.R., et al., 2006** - Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honeybee, *Apis mellifera*, *Science* 314(5799), 642-645.
- 311-WILLIAMS IH., 1994** - The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews*, 6, 229-257.
- 312-WILSON, E.O ., 1971** - The insect societies. The insect societies.
- 313-WINKLER., 1955** - "Beitrag zum Nachweis und zur Bestimmung von Hydroximethylfurfural in Honig und Kunsthonig". *Lebensm. Unters. und Forsch.* 3 : 102.
- 314-WINSTON ML., 1993** - La biologie de l'abeille. Traduit de l'anglais par G. LAMBERMONT. Edition Frison Roche, Paris.
- 315-WOLFF J., 1991-** Analyse et dosage des lipides. In : MULTON J.L. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : Analyse des constituants alimentaires, 2<sup>e</sup> Edition. Paris : Lavoisier. Tec & Doc; Tome 4 : p156-189.
- 316-WU JY, ANELLI CM, SHEPPARD WS., 2011-** Sub-Lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PIOS ONE*, 6, 1-11.

- 317-YAICHE ACHOUR H., KHALI M., 2014** - Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. Afrique SCIENCE, vol.10, n°2, p.p.127-136.
- 318-YAO L., DATTA N., TOMAS-BARBERAN F.A., FERRERES F., MARTOS I., SINGANUSONG R. .,2003** - Flavonoid, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand Leptospermum honeys. Food Chemistry, 81(2): 159-168.
- 319-ZAMBONELLI A., D'AURELIO A.Z., A. SEVERI., E. BENVENUTI., L. MAGGI., A. BIANCHI., 2004** - Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *thymus vulgaris* L. J. Essent. Oil Res 16(1), 69-74.
- 320-ZANDERE.,1909** - Tierische Parasiten als Krankheitserreger bei der Biene. Münch. Bienenztg. 31, 196–204.
- 321-ZAPPALA M., FALLICO B., ARENA E., VERZERA A., 2005** -Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. Food Control, vol.16, n°3, p.p.273-277.
- 322- ZENNER L., 1999** - Cours de parasitologie ENVL, première année de deuxième cycle, Acarologie 7, 08/1999.
- 323-ZERROUK H.S., FALLICO B.G., ARENA E.A., and LARBI A.B., 2011-** Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. Jordan Journal of Biological Sciences, Vol. 4, N°. 4, 243-248.
- 324-ZIEGELMANN B, STEIDLE J, LINDENMAYER A, ROSENKRANZ P .,2008** -Sex pheromone trigger the mating behaviour of *Varroa destructor*. Apidologie, 39, 598.
- 325-ZIONI N, SOROKER V, CHEJANOVSKY N., 2011** - Replication of *Varroa destructor* virus 1 (VDV-1) and a *Varroa destructor* virus 1-deformed wing virus recombinant (VDV-1- DWV) in the head of the honey bee. J. Virol., 1-7.

## WEBIOGRAPHIE

1. <http://www.apiservice.com>
2. [http://www.educnet.education.fr/rnchimie/chi\\_org/viollon/TP6.pdf](http://www.educnet.education.fr/rnchimie/chi_org/viollon/TP6.pdf)
3. <http://www.kirikino.biz/Apiculture-et-abeilles/Glossaire-technique-du-miel/hygroscopicite-du-miel.html>
4. WIKIPEDIA



***Annexes***



**Annexe 1** : Calendrier de floraison des plantes mellifères dans la région d'El Djoumhouria.

Espèces	janvier	février	mars	avril	mai	Juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	Décembre
Eucalyptus												
Carotte .s												
Vipérine												
Bourrache												
Sinapis												
Oranger												
Diploxys												
Citronnier												
Oxalis												
Néflier												
<b>mois</b>	janvier	février	mars	avril	mai	Juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	Décembre



*Annexe 6 : Les réactifs utilisés pour les échantillons analysés.*

❖ **Détermination de l'acidité libre**

\* Solution de soude standardisée 0,1M.

❖ **Détermination de la teneur en HMF**

\* Solution de Carrez I : 15g d'hexacyanoferrate de potassium  $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$  est dissout dans de l'eau distillée puis le volume est ramené à 100 ml avec de l'eau distillée.

\*Solution de Carrez II : 30g d'acétate de zinc  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  est dilué dans de l'eau distillée puis le volume est ramené à 100 ml avec de l'eau distillée.

❖ **Détermination de la teneur en sucres réducteurs**

\* Solution A (solution de sulfate de cuivre à 40g/l) : 40g de sulfate de cuivre ( $CuSO_4$ ) sont dissout dans de l'eau distillée puis le volume est ramené à 1000ml.

\* Solution B (solution de tartrate double de potassium et de sodium) : 200g de tartrate double et 150g de soude (NaCl) sont dissout dans de l'eau distillée puis le volume est ramené à 1000ml.

\*Solution de ferrocyanure de potassium à 10% : 10g de ferrocyanure de potassium est dissout dans de l'eau distillée puis le volume est ramené à 100ml.

\* **Solution de la liqueur de Fehling** : 40 ml de la solution **A** + 40ml de la solution **B** + 20ml de la solution de ferrocyanure de potassium 20%.

Annexe 7 : Table de conversion glucose.

glucose en mg	cuiivre en mg	glucose en mg	cuiivre en mg	glucose en mg	cuiivre en mg
<b>10</b>	20,4	<b>40</b>	77,5	<b>70</b>	129,8
<b>11</b>	22,4	<b>41</b>	79,3	<b>71</b>	131,4
<b>12</b>	24,3	<b>42</b>	81,1	<b>72</b>	133,1
<b>13</b>	26,3	<b>43</b>	82,9	<b>73</b>	134,7
<b>14</b>	28,3	<b>44</b>	84,7	<b>74</b>	136,3
<b>15</b>	30,2	<b>45</b>	86,4	<b>75</b>	137,9
<b>16</b>	32,2	<b>46</b>	88,2	<b>76</b>	139,6
<b>17</b>	34,2	<b>47</b>	90,0	<b>77</b>	141,2
<b>18</b>	36,2	<b>48</b>	91,8	<b>78</b>	142,8
<b>19</b>	38,1	<b>49</b>	93,6	<b>79</b>	144,5
<b>20</b>	40,1	<b>50</b>	95,4	<b>80</b>	146,1
<b>21</b>	42,0	<b>51</b>	97,1	<b>81</b>	147,7
<b>22</b>	43,9	<b>52</b>	98,9	<b>82</b>	149,3
<b>23</b>	45,8	<b>53</b>	100,6	<b>83</b>	150,9
<b>24</b>	47,7	<b>54</b>	102,3	<b>84</b>	152,5
<b>25</b>	49,6	<b>55</b>	104,1	<b>85</b>	154,0
<b>26</b>	51,5	<b>56</b>	105,8	<b>86</b>	155,6
<b>27</b>	53,4	<b>57</b>	107,6	<b>87</b>	157,2
<b>28</b>	55,5	<b>58</b>	109,3	<b>88</b>	158,8
<b>29</b>	57,2	<b>59</b>	111,1	<b>89</b>	160,4
<b>30</b>	59,1	<b>60</b>	112,8	<b>90</b>	162,0
<b>31</b>	60,9	<b>61</b>	114,5	<b>91</b>	163,6
<b>32</b>	62,8	<b>62</b>	116,2	<b>92</b>	165,2
<b>33</b>	64,6	<b>63</b>	117,9	<b>93</b>	166,7
<b>34</b>	66,5	<b>64</b>	119,6	<b>94</b>	168,3
<b>35</b>	68,3	<b>65</b>	121,3	<b>95</b>	169,9
<b>36</b>	70,1	<b>66</b>	123,0	<b>96</b>	171,5
<b>37</b>	72,0	<b>67</b>	124,7	<b>97</b>	173,1
<b>38</b>	73,8	<b>68</b>	126,4	<b>98</b>	174,6
<b>39</b>	75,7	<b>69</b>	128,1	<b>99</b>	176,2
				<b>100</b>	177,8

*Annexe 8: Correspondance entre le poids de cuivre et le poids de sucre  
invertie (HANOVER, 1964)*

sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg
10	20,6	40	77,7	70	129,2
11	22,6	41	79,5	71	130,8
12	24,6	42	81,2	72	132,4
13	26,5	43	83,0	73	134,0
14	28,5	44	84,8	74	135,6
15	30,5	45	86,5	75	137,2
16	32,5	46	88,3	76	138,9
17	34,5	47	90,1	77	140,5
18	36,4	48	91,9	78	142,5
19	38,4	49	93,6	79	143,7
20	40,4	50	95,4	80	145,3
21	42,3	51	97,1	81	146,9
22	44,2	52	98,8	82	148,5
23	46,1	53	100,6	83	150,0
24	48,0	54	102,5	84	151,6
25	49,8	55	104,0	85	153,2
26	51,7	56	105,7	86	154,8
27	53,6	57	107,4	87	156,4
28	55,5	58	109,2	88	157,9
29	57,4	59	110,9	89	159,5
30	59,3	60	112,6	90	161,1
31	61,1	61	114,3	91	162,6
32	63,0	62	115,9	92	164,2
33	64,8	63	117,6	93	165,7
34	66,7	64	119,2	94	167,3
35	68,5	65	120,9	95	168,8
36	70,3	66	122,6	96	170,3
37	72,2	67	124,2	97	171,9
38	74,0	68	125,9	98	173,4
39	75,0	69	127,5	99	175,0
				100	176,5

*Annexe 9 : Correspondance de l'échelle de couleur Pfund, standards de couleur et échelle Lovibond (JACQUOT et al, 2012).*

Echelle Pfund (mm)	Echelle Lovibond	Standard de couleur	Echelle Pfund (mm)	Echelle Lovibond	Standard de couleur
11	30	Water White (Blanc de l'eau)	71	150	Light-Amber (Ambre-claire)
18	40	Extra White (Extra blanc)	83	200	Light-Amber (Ambre-claire)
27	50	White (Blanc)	92	250	Amber (Ambre)
35	60	White (Blanc)	99	300	Amber (Ambre)
41	70	Extra-light Amber (Ambre-claire supplémentaire)	110	400	Amber (Ambre)
46	80	Extra-light Amber (Ambre-claire supplémentaire)	119	500	Dark Amber (Ambre foncé)
51	90	Extra-light Amber (Ambre-claire supplémentaire)	130	650	Dark Amber (Ambre foncé)
55	100	Light-Amber (Ambre-claire)	71	150	Dark Amber (Ambre foncé)
62	120	Light-Amber (Ambre-claire)	83	200	

*Annexe 10 : Analyse de variance concernant les lots*

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
<b>Lot 4 vs Lot 1</b>	<b>21,250</b>	<b>5,100</b>	<b>2,861</b>	<b>0,001</b>	<b>Oui</b>
<b>Lot 4 vs Lot 3</b>	<b>18,574</b>	<b>4,458</b>	<b>2,580</b>	<b>0,001</b>	<b>Oui</b>
<b>Lot 4 vs Lot 2</b>	<b>18,228</b>	<b>4,375</b>	<b>2,120</b>	<b>0,000</b>	<b>Oui</b>
Lot 2 vs Lot 1	3,022	0,725	2,580	0,752	Non
Lot 2 vs Lot 3	0,346	0,083	2,120	0,935	Non
Lot 3 vs Lot 1	2,676	0,642	2,120	0,530	Non

*Annexe 11 : Evolution de la mortalité naturelle.*

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
Lot 4 vs Lot 1	125,400	110,293	2,648	< 0,0001	Oui
Lot 4 vs Lot 2	100,400	88,305	2,408	< 0,0001	Oui
Lot 4 vs Lot 3	36,133	31,780	2,003	< 0,0001	Oui
Lot 3 vs Lot 1	89,267	78,513	2,408	< 0,0001	Oui
Lot 3 vs Lot 2	64,267	56,525	2,003	< 0,0001	Oui
Lot 2 vs Lot 1	25,000	21,988	2,003	< 0,0001	Oui

**Annexe 12: Corrélation entre la mortalité naturelle des varois et l'évolution de la population.**➤ **Lot 1 : Romarin**

Statistiques descriptives:

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
NVM	15	0	15	43,000	46,600	45,413	0,946
NV	15	0	15	257,800	278,200	272,000	5,341

Coefficient de corrélation :

Observations	15,000
Somme des poids	15,000
DDL	13,000
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,991</b>

➤ **Lot 2 : Laurier noble**

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
NVM	15	0	15	49,200	51,400	50,413	0,568
NV	15	0	15	296,600	307,000	302,293	2,995

Coefficient de corrélation :

Observations	15,000
Somme des poids	15,000
DDL	13,000
R <sup>2</sup>	0,957

➤ **Lot 3 : Menthe verte**

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
NVM	15	0	15	62,600	63,800	63,267	0,375
NV	15	0	15	375,800	383,400	379,773	2,176

Coefficient de corrélation :

Observations	15,000
Somme des poids	15,000
DDL	13,000
R <sup>2</sup>	0,916

➤ **Lot 4 : Témoin**

Statistiques descriptives :

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
NVM	15	0	15	69,600	71,200	70,493	0,440
NV	15	0	15	2420,000	2627,000	2561,533	61,856

Coefficient de corrélation

Observations	15,000
Somme des poids	15,000
DDL	13,000
R <sup>2</sup>	0,020

Annexe 3 : Nombre de varroas morts par jour dans les colonies.

	Lot1					Lot2					Lot3					Lot4					Total
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	
<b>31/05/2014</b>	78	39	29	11	58	16	23	56	71	80	39	76	31	75	96	54	97	94	64	39	<b>1126</b>
<b>02/06/2014</b>	83	41	31	11	59	16	24	57	72	81	40	76	31	75	96	55	97	95	64	39	<b>1143</b>
<b>03/06/2014</b>	82	42	33	12	60	16	24	57	72	81	40	76	26	75	96	55	97	95	65	39	<b>1143</b>
<b>04/06/2014</b>	83	42	28	12	59	15	24	58	72	79	40	76	26	75	96	55	97	96	65	39	<b>1137</b>
	<b>326</b>	<b>164</b>	<b>121</b>	<b>46</b>	<b>236</b>	<b>63</b>	<b>95</b>	<b>228</b>	<b>287</b>	<b>321</b>	<b>159</b>	<b>304</b>	<b>114</b>	<b>300</b>	<b>384</b>	<b>219</b>	<b>388</b>	<b>380</b>	<b>258</b>	<b>156</b>	
<b>05/06/2014</b>	78	39	32	12	63	16	24	58	73	80	40	76	26	76	96	55	98	96	65	39	<b>1142</b>
<b>06/06/2014</b>	77	41	29	12	63	16	24	59	73	80	40	76	26	76	97	55	97	96	65	40	<b>1142</b>
<b>07/06/2014</b>	83	41	32	12	63	17	25	59	73	80	41	77	26	76	97	55	97	96	65	40	<b>1155</b>
<b>08/06/2014</b>	83	42	30	13	64	17	25	59	73	80	41	77	26	76	97	56	98	96	65	40	<b>1158</b>
	<b>321</b>	<b>163</b>	<b>123</b>	<b>49</b>	<b>253</b>	<b>66</b>	<b>98</b>	<b>235</b>	<b>292</b>	<b>320</b>	<b>162</b>	<b>306</b>	<b>104</b>	<b>304</b>	<b>387</b>	<b>221</b>	<b>390</b>	<b>384</b>	<b>260</b>	<b>159</b>	
<b>09/06/2014</b>	80	41	27	13	63	17	25	59	74	80	41	77	27	76	97	56	98	96	66	40	<b>1153</b>
<b>10/06/2014</b>	84	42	30	13	64	17	25	60	74	81	41	77	27	76	98	55	97	97	65	40	<b>1163</b>
<b>11/06/2014</b>	83	41	29	13	64	16	25	59	74	80	41	77	27	76	97	55	97	97	66	40	<b>1157</b>
<b>12/06/2014</b>	83	39	29	13	64	17	25	59	73	80	41	77	26	76	97	55	97	97	65	40	<b>1153</b>
	<b>330</b>	<b>163</b>	<b>115</b>	<b>52</b>	<b>255</b>	<b>67</b>	<b>100</b>	<b>237</b>	<b>295</b>	<b>321</b>	<b>164</b>	<b>308</b>	<b>107</b>	<b>304</b>	<b>389</b>	<b>221</b>	<b>389</b>	<b>387</b>	<b>262</b>	<b>160</b>	
<b>13/06/2014</b>	83	42	29	13	63	17	24	59	73	80	41	77	26	76	97	54	97	96	65	40	<b>1152</b>
<b>14/06/2014</b>	84	41	29	13	63	17	24	59	73	79	41	77	26	76	97	54	97	96	65	39	<b>1150</b>
<b>15/06/2014</b>	83	41	29	13	63	17	24	59	72	79	40	77	26	76	96	53	97	96	65	39	<b>1145</b>
	<b>250</b>	<b>124</b>	<b>87</b>	<b>39</b>	<b>189</b>	<b>51</b>	<b>72</b>	<b>177</b>	<b>218</b>	<b>238</b>	<b>122</b>	<b>231</b>	<b>78</b>	<b>228</b>	<b>290</b>	<b>161</b>	<b>291</b>	<b>288</b>	<b>195</b>	<b>118</b>	
<b>Total</b>	<b>1227</b>	<b>614</b>	<b>446</b>	<b>186</b>	<b>933</b>	<b>247</b>	<b>365</b>	<b>877</b>	<b>1092</b>	<b>1200</b>	<b>607</b>	<b>1149</b>	<b>403</b>	<b>1136</b>	<b>1450</b>	<b>822</b>	<b>1458</b>	<b>1439</b>	<b>975</b>	<b>593</b>	
<b>Moyenne</b>	<b>82</b>	<b>41</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>62</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>58</b>	<b>73</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>77</b>	<b>27</b>	<b>76</b>	<b>97</b>	<b>55</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>65</b>	<b>40</b>	

## Annexe 4: Nombre de varroas dans la colonie -C-

	Lot1					Lot2					Lot3					Lot4					Total
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	
31/05/2014	467	232	175	64	351	97	141	337	428	480	235	456	186	451	574	526	580	561	386	533	7260
02/06/2014	496	245	188	66	354	94	146	341	431	485	238	457	186	451	575	528	583	571	386	532	7353
03/06/2014	491	251	197	70	357	97	143	342	433	485	240	458	154	452	575	531	584	573	388	533	7354
04/06/2014	500	254	167	71	352	91	145	347	434	475	240	458	156	453	577	531	585	573	390	535	7334
	<b>1954</b>	<b>982</b>	<b>727</b>	<b>271</b>	<b>1417</b>	<b>379</b>	<b>575</b>	<b>1367</b>	<b>1726</b>	<b>1925</b>	<b>953</b>	<b>1829</b>	<b>682</b>	<b>1807</b>	<b>2301</b>	<b>2116</b>	<b>2332</b>	<b>2278</b>	<b>1550</b>	<b>2133</b>	
05/06/2014	470	234	191	73	379	96	144	348	437	478	241	458	157	453	579	531	587	574	390	536	7356
06/06/2014	460	245	174	74	380	99	146	353	437	479	242	459	158	454	579	532	581	575	392	537	7356
07/06/2014	496	246	190	74	380	100	148	352	440	480	244	460	159	457	580	533	585	576	393	537	7430
08/06/2014	498	250	177	78	384	104	148	354	441	481	245	461	159	457	581	534	585	577	393	538	7445
	<b>1924</b>	<b>975</b>	<b>733</b>	<b>299</b>	<b>1523</b>	<b>399</b>	<b>586</b>	<b>1407</b>	<b>1755</b>	<b>1919</b>	<b>972</b>	<b>1838</b>	<b>632</b>	<b>1821</b>	<b>2318</b>	<b>2129</b>	<b>2337</b>	<b>2302</b>	<b>1567</b>	<b>1749</b>	
09/06/2014	478	243	164	77	381	100	150	355	444	482	247	464	160	458	584	533	585	578	393	439	7315
10/06/2014	503	250	179	77	382	101	150	357	444	483	248	465	161	458	585	532	585	579	392	440	7371
11/06/2014	497	244	176	75	386	97	149	356	442	479	246	464	159	457	583	531	584	580	393	439	7337
12/06/2014	500	232	174	76	383	99	148	355	439	478	245	463	158	456	583	528	583	580	390	339	7209
	<b>1978</b>	<b>969</b>	<b>693</b>	<b>305</b>	<b>1531</b>	<b>397</b>	<b>597</b>	<b>1423</b>	<b>1768</b>	<b>1923</b>	<b>986</b>	<b>1856</b>	<b>638</b>	<b>1829</b>	<b>2336</b>	<b>2125</b>	<b>2337</b>	<b>2318</b>	<b>1569</b>	<b>1656</b>	
13/06/2014	500	249	173	76	380	99	147	352	438	477	244	462	157	456	581	525	582	578	390	438	7304
14/06/2014	501	246	172	77	379	99	146	352	438	475	243	461	156	455	580	525	582	577	389	437	7290
15/06/2014	499	244	171	77	378	101	144	351	434	474	243	459	156	454	577	521	582	576	387	436	7264
	<b>1500</b>	<b>739</b>	<b>517</b>	<b>230</b>	<b>1137</b>	<b>299</b>	<b>437</b>	<b>1055</b>	<b>1310</b>	<b>1426</b>	<b>730</b>	<b>1383</b>	<b>469</b>	<b>1365</b>	<b>1737</b>	<b>1571</b>	<b>1746</b>	<b>1731</b>	<b>1166</b>	<b>1310</b>	
Total	7357	3665	2669	1106	5605	1474	2194	5252	6560	7192	3641	6906	2420	6821	8692	7941	8752	8629	5852	7248	
Moyenne	490	244	178	74	374	98	146	350	437	479	243	460	161	455	579	329	583	575	390	236	



*Annexe 18 : Comptage des varroas et estimation du nombre d'abeilles avant et après traitements.*

Ruche	Nombre de cadres occupés par les abeilles	Nombre d'abeille dans la colonie		Nombre de varroa sur les langes	
		Avant traitement	Après traitement	Avant traitement	Après traitement
1	9	43795	38960	7356	139
2	6	27948	23658	3665	92
3	5	21064	17866	2668	41
4	6	27888	21394	1105	53
5	8	41733	39588	5606	98
6	6	7535	4559	1474	39
7	8	36375	30029	2195	67
8	7	31509	26235	5252	126
9	9	48590	43936	6560	131
10	5	37219	32615	7191	145
11	5	39312	34458	3641	50
12	6	32843	27258	6905	140
13	9	55025	45159	2422	12
14	7	49545	42514	6822	125
15	6	34912	29013	8692	139
16	4	18571	11506	7941	4518
17	5	25173	16588	8753	3115
18	6	37187	28999	8628	2031
19	4	18598	12258	5852	2568
20	5	21306	16259	7249	3976

## Annexe 5 : Nombre d'abeilles estimé dans la ruche-P-

		Nombre de cadre	Nombre d'abeilles dans la colonie
<b>Lot 1</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	9	43795
	<b>R<sub>2</sub></b>	6	27948
	<b>R<sub>3</sub></b>	5	21064
	<b>R<sub>4</sub></b>	6	27888
	<b>R<sub>5</sub></b>	8	41733
<b>Lot 2</b>	<b>R<sub>6</sub></b>	6	7535
	<b>R<sub>7</sub></b>	8	36375
	<b>R<sub>8</sub></b>	7	31509
	<b>R<sub>9</sub></b>	9	48590
	<b>R<sub>10</sub></b>	5	37219
<b>Lot 3</b>	<b>R<sub>11</sub></b>	5	39312
	<b>R<sub>12</sub></b>	6	32843
	<b>R<sub>13</sub></b>	9	55025
	<b>R<sub>14</sub></b>	7	49545
	<b>R<sub>15</sub></b>	6	34912
<b>Lot 4</b>	<b>R<sub>16</sub></b>	4	18571
	<b>R<sub>17</sub></b>	5	25173
	<b>R<sub>18</sub></b>	6	37187
	<b>R<sub>19</sub></b>	4	18598
	<b>R<sub>20</sub></b>	5	21306

## Annexe: Lot 1 Huile essentielle du romarin (contrôle journalier des langes)

		Traitement par l'huile					Traitement de contrôle par l'Apiguard						
		Date	R1	R2	R3	R4	R5	Date	R1	R2	R3	R4	R5
1 <sup>ère</sup> application	J+1	490	255	141	58	265		J+1	23	18	14	16	19
	J+2	450	259	139	45	235		J+2	25	18	12	12	18
	J+3	426	255	137	45	210		J+3	21	16	11	11	17
	J+4	392	254	138	37	198		J+4	15	9	2	5	16
		<b>1758</b>	<b>1023</b>	<b>555</b>	<b>185</b>	<b>908</b>							
2 <sup>ème</sup> application	J+5	391	245	136	36	269		J+5	10	9	1	5	10
	J+6	387	245	121	35	254		J+7	8	9	1	2	5
	J+7	353	249	105	30	231		J+8	7	8	0	1	5
	J+8	280	148	96	35	198			<b>109</b>	<b>87</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>90</b>
		<b>1411</b>	<b>887</b>	<b>458</b>	<b>136</b>	<b>952</b>							
3 <sup>ème</sup> application	J+9	265	141	89	35	158		J+9	6	2	0	1	4
	J+10	264	139	81	22	150		J+10	6	2	0	0	3
	J+11	276	138	75	21	146		J+11	9	1	0	0	1
	J+12	274	137	73	20	139							
4 <sup>ème</sup> application	J+13	268	95	125	24	154		J+13	4	0	0	0	0
	J+14	260	63	124	22	136		J+14	0	0	0	0	0
	J+15	265	50	125	26	130		J+15	0	0	0	0	0
	J+16	260	44	123	21	125		J+16	0	0	0	0	0
		<b>1053</b>	<b>252</b>	<b>497</b>	<b>93</b>	<b>545</b>			<b>30</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
<b>Total</b>		<b>5301</b>	<b>2717</b>	<b>1828</b>	<b>512</b>	<b>2998</b>			<b>139</b>	<b>92</b>	<b>41</b>	<b>53</b>	<b>98</b>

## Annexe: Lot 2 Huile essentielle du Laurier noble (contrôle journalier des langes)

		Traitement par l'huile					Traitement de contrôle par l'Apiguard						
		Date	R6	R7	R8	R9	R10	Date	R6	R7	R8	R9	R10
1 <sup>ère</sup> application	J+1	96	131	265	299	284	appli icati on	J+1	9	16	21	25	28
	J+2	65	129	263	279	290		J+2	6	15	20	21	25
	J+3	55	112	168	281	285		J+3	5	15	19	20	22
	J+4	37	99	154	205	273		J+4	5	7	15	18	15
		<b>253</b>	<b>471</b>	<b>850</b>	<b>1064</b>	<b>1132</b>		J+5	4	5	10	12	14
2 <sup>ème</sup> application	J+5	89	154	198	275	283		J+7	2	2	9	10	12
	J+6	77	135	187	278	279		J+8	2	1	8	8	11
	J+7	59	127	168	254	275							
	J+8	58	103	162	245	273		33	61	102	114	127	
		<b>283</b>	<b>519</b>	<b>715</b>	<b>1052</b>	<b>1110</b>	app licti on	J+9	2	1	8	6	10
3 <sup>ème</sup> application	J+9	61	56	260	275	289		J+10	1	1	8	4	5
	J+10	51	55	256	270	282		J+11	1	1	5	4	2
	J+11	45	46	235	269	279		J+12	1	1	2	2	1
	J+12	36	38	221	255	264		J+13	1	1	1	1	0
			<b>193</b>	<b>195</b>	<b>972</b>	<b>1069</b>		<b>1114</b>	J+14	0	1	0	0
4 <sup>ème</sup> application	J+13	35	36	230	249	245		J+15	0	0	0	0	0
	J+14	25	32	225	245	244	J+16	0	0	0	0	0	
	J+15	21	31	215	244	243							
	J+16	19	27	168	231	235							
			<b>100</b>	<b>126</b>	<b>838</b>	<b>969</b>	<b>967</b>						
<b>Total</b>		<b>829</b>	<b>1311</b>	<b>3375</b>	<b>4154</b>	<b>4323</b>	<b>Total</b>		39	67	126	131	145

## Annexe: Lot 3 Huile essentielle de la menthe (contrôle journalier des langes)

		Traitement par l'huile							Traitement de contrôle par l'Apiguard						
		Date	R11	R12	R13	R14	R15			Date	R11	R12	R13	R14	R15
1 <sup>ère</sup> application	J+1	198	296	154	354	375	appli catio n	J+1	15	25	3	22	25		
	J+2	175	295	125	304	369		J+2	9	21	2	18	23		
	J+3	140	291	122	299	356		J+3	8	20	2	18	20		
	J+4	138	289	112	289	345		J+4	7	18	1	15	16		
		<b>651</b>	<b>1171</b>	<b>513</b>	<b>1246</b>	<b>1445</b>				J+5	5	12	1	10	9
2 <sup>ème</sup> application	J+5	125	288	130	274	333		J+7	4	10	0	8	9		
	J+6	119	286	129	235	325		J+8	2	10	1	8	7		
	J+7	115	285	127	206	316				<b>50</b>	<b>116</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>109</b>	
	J+8	109	284	126	189	302			J+9	0	9	1	7	6	
		<b>468</b>	<b>1143</b>	<b>512</b>	<b>904</b>	<b>1276</b>	appli ctio n	J+10	0	5	0	7	6		
3 <sup>ème</sup> application	J+9	102	281	125	179	299		J+11	0	5	1	6	9		
	J+10	98	279	100	176	285		J+12	0	3	0	3	5		
	J+11	91	277	58	173	254		J+13	0	1	0	1	4		
	J+12	89	276	37	170	251		J+14	0	1	0	1	0		
		<b>380</b>	<b>1113</b>	<b>320</b>	<b>689</b>	<b>1089</b>		J+15	0	0	0	1	0		
4 <sup>ème</sup> application	J+13	89	258	26	175	239		J+16	0	0	0	0	0		
	J+14	82	195	21	168	235				<b>0</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	
	J+15	79	144	19	165	227					<b>50</b>	<b>140</b>	<b>12</b>	<b>125</b>	<b>139</b>
	J+16	77	132	7	159	223									
		<b>327</b>	<b>729</b>	<b>73</b>	<b>667</b>	<b>924</b>									
<b>Total</b>		<b>1826</b>	<b>4156</b>	<b>1418</b>	<b>3515</b>	<b>4734</b>									

## Annexe : Lot 4 témoin (contrôle journalier des langes)

Date	Ruches				
	R16	R17	R18	R19	R20
J+1	54	97	94	64	39
J+2	55	97	95	64	39
J+3	55	97	95	65	39
J+4	55	97	96	65	39
	<b>219</b>	<b>388</b>	<b>380</b>	<b>258</b>	<b>156</b>
J+5	55	98	96	65	39
J+6	55	97	96	65	40
J+7	55	97	96	65	40
J+8	56	98	96	65	40
	<b>221</b>	<b>390</b>	<b>384</b>	<b>260</b>	<b>159</b>
J+9	56	98	96	66	40
J+10	55	97	97	65	40
J+11	55	97	97	66	40
J+12	55	97	97	65	40
	<b>221</b>	<b>389</b>	<b>387</b>	<b>262</b>	<b>160</b>
J+13	54	97	96	65	40
J+14	54	97	96	65	39
J+15	53	97	96	65	39
	<b>161</b>	<b>291</b>	<b>288</b>	<b>195</b>	<b>118</b>
<b>Total</b>	<b>822</b>	<b>1458</b>	<b>1439</b>	<b>975</b>	<b>593</b>
<b>Moyenne</b>	<b>55</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>65</b>	<b>40</b>
J+16	334	258	184	254	330
J+17	329	261	182	250	329
J+18	315	255	179	246	318
J+19	308	243	165	237	308
	<b>1286</b>	<b>1017</b>	<b>710</b>	<b>987</b>	<b>1285</b>
J+20	255	241	158	223	297
J+21	245	236	155	187	285
J+22	237	225	145	175	271
J+23	222	218	135	160	260
	<b>959</b>	<b>920</b>	<b>593</b>	<b>745</b>	<b>1113</b>
J+24	189	205	122	156	251
J+25	177	169	115	149	241
J+26	164	158	99	123	237
J+27	152	148	87	113	215
	<b>682</b>	<b>680</b>	<b>423</b>	<b>541</b>	<b>944</b>
J+28	1439	136	76	97	185
J+29	50	125	76	75	162
J+30	51	121	76	64	155
J+31	51	116	77	59	132
	<b>1591</b>	<b>498</b>	<b>305</b>	<b>295</b>	<b>634</b>
<b>Total</b>	<b>4518</b>	<b>3115</b>	<b>2031</b>	<b>2568</b>	<b>3976</b>
<b>Moyenne</b>	<b>282</b>	<b>195</b>	<b>127</b>	<b>161</b>	<b>249</b>

*Annexe 13: Evolution de la mortalité du varroa dans les colonies traitées avec l'huile essentielle de Rosmarinus officinalis.*

	<b>Date</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Moyenne</b>
Mortalité naturelle	<b>4jours</b>	326	164	121	46	236	<b>178.6</b>
	<b>8jours</b>	321	163	123	49	253	<b>181.8</b>
	<b>12jours</b>	330	163	115	52	255	<b>183</b>
	<b>15jours</b>	250	124	87	39	189	<b>137.8</b>
	<b>Total</b>	<b>1227</b>	<b>614</b>	<b>446</b>	<b>186</b>	<b>933</b>	<b>681.2</b>
Traitement avec l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	1758	1023	555	185	908	<b>885.8</b>
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	1411	887	458	136	952	<b>768.8</b>
	<b>3<sup>ème</sup> application</b>	1079	555	318	98	593	<b>528.6</b>
	<b>4<sup>ème</sup> application</b>	1053	252	497	93	545	<b>488</b>
	<b>Total</b>	<b>5301</b>	<b>2717</b>	<b>1828</b>	<b>512</b>	<b>2998</b>	<b>2671.2</b>
Traitement de contrôle a l'Apiguard	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	109	87	41	52	90	<b>75.8</b>
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	30	5	0	1	8	<b>8.8</b>
	<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>92</b>	<b>41</b>	<b>53</b>	<b>98</b>	<b>84.6</b>

*Annexe 14 : Evolution de la mortalité du varroa dans les colonies traitées avec l'huile essentielle de Laurus nobilis.*

	Date	R6	R7	R8	R9	R10	Moyenne
Mortalité naturelle	<b>4jours</b>	63	95	228	287	321	<b>198.8</b>
	<b>8jours</b>	66	98	235	292	320	<b>202.2</b>
	<b>12jours</b>	67	100	237	295	321	<b>204</b>
	<b>15jours</b>	51	72	177	218	238	<b>151.2</b>
	<b>Total</b>	<b>247</b>	<b>365</b>	<b>877</b>	<b>1092</b>	<b>1200</b>	<b>756.2</b>
Traitement avec l'huile essentielle de <i>Laurus nobilis</i>	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	253	471	850	1064	1132	754
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	283	519	715	1052	1110	735.8
	<b>3<sup>ème</sup> application</b>	193	195	972	1069	1114	708.6
	<b>4<sup>ème</sup> application</b>	100	126	838	969	967	600
	<b>Total</b>	<b>829</b>	<b>1311</b>	<b>3375</b>	<b>4154</b>	<b>4323</b>	<b>2798.4</b>
Traitement de contrôle a l'Apiguard	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	33	61	102	114	127	87.4
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	6	6	24	17	18	14.2
	<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>67</b>	<b>126</b>	<b>131</b>	<b>145</b>	<b>101.6</b>



*Annexe 15 : Evolution de la mortalité du varroa dans les colonies traitées avec l'huile essentielle de Mentha viridis.*

	Date	R11	R12	R13	R14	R15	Moyenne
Mortalité naturelle	<b>4jours</b>	159	304	114	300	384	<b>252.2</b>
	<b>8jours</b>	162	306	104	304	387	<b>252.6</b>
	<b>12jours</b>	164	308	107	304	389	<b>254.4</b>
	<b>15jours</b>	122	231	78	228	290	<b>189.8</b>
	<b>Total</b>	<b>607</b>	<b>1149</b>	<b>403</b>	<b>1136</b>	<b>1450</b>	<b>949</b>
Traitement avec l'huile essentielle de <i>Mentha viridis</i>	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	651	1171	513	1246	1445	1005.2
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	468	1143	512	904	1276	806.6
	<b>3<sup>ème</sup> application</b>	380	1113	320	698	1089	720
	<b>4<sup>ème</sup> application</b>	327	729	73	667	924	544
	<b>Total</b>	1826	4156	1418	3515	7434	3129.8
Traitement de contrôle a l'Apiguard	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	50	116	10	99	109	76.8
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	0	24	2	26	30	16.4
	<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>140</b>	<b>12</b>	<b>125</b>	<b>139</b>	<b>93.2</b>

*Annexe16 : Evolution de la mortalité du varroa dans le lot témoin*

	Date	R16	R17	R18	R19	R20	Moyenne
Mortalité naturelle	<b>4jours</b>	219	388	380	258	156	280.2
	<b>8jours</b>	221	390	384	260	159	282.8
	<b>12jours</b>	221	389	387	262	160	283.8
	<b>15jours</b>	161	291	288	195	118	210.6
	<b>Total</b>	<b>822</b>	<b>1458</b>	<b>1439</b>	<b>975</b>	<b>593</b>	<b>1057.4</b>
	<b>1<sup>ère</sup> application</b>	1286	1017	710	987	1285	1057
	<b>2<sup>ème</sup> application</b>	959	920	593	745	1113	866
	<b>3<sup>ème</sup> application</b>	682	680	423	541	944	654
	<b>4<sup>ème</sup> application</b>	1591	498	305	295	634	664.6
	<b>Total</b>	<b>4518</b>	<b>3115</b>	<b>2031</b>	<b>2568</b>	<b>3976</b>	<b>3241.6</b>

*Annexe 17*

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr >Diff	Significatif
M vs RM	114,650	0,884	2,407	0,652	Non
M vs LR	82,850	0,639	2,002	0,525	Non
LR vs RM	31,800	0,245	2,002	0,807	Non

M : Menthe, LR : laurier, RM : romarin

*Annexe 19: Valeurs de la teneur en eau (%).*

<b>Echantillon</b>	<b>Teneur en eau (%)</b>
E1(romarin)	17,2
E2(laurier noble)	16,4
E3(menthe verte)	16,8
E4(témoin)	16,8

*Annexe 20: les valeurs de la conductivité électrique.*

<b>Echantillon</b>	<b>Conductibilité électrique (10<sup>-4</sup> S/cm)</b>
E1(romarin)	3,86
E2(laurier noble)	2,81
E3(menthe verte)	3,14
E4(témoin)	2,36

*Annexe 21: Valeurs de l'acidité libre.*

<b>Echantillon</b>	<b>Acidité libre</b>
E1(romarin)	53
E2(laurier noble)	20
E3(menthe verte)	42
E4(témoin)	18

*Annexe 22: Valeur de pH des miels analysés.*

<b>Echantillon</b>	<b>pH</b>
E1(romarin)	4
E2(laurier noble)	4,2
E3(menthe verte)	4,16
E4(témoin)	3,99

*Annexe 23: HMF des échantillons analysés.*

<b>Echantillon</b>	<b>HMF</b>
E1(romarin)	7,18
E2(laurier noble)	6,88
E3(menthe verte)	14,67
E4(témoin)	19,82

*Annexe 24: les valeurs de la densité.*

<b>Echantillon</b>	<b>La densité</b>
E1(romarin)	1,4182
E2(laurier noble)	1,4472
E3(menthe verte)	1,4318
E4(témoin)	1,4315

*Annexe 25: Teneur en sucres réducteurs des miels analysés.*

<b>Echantillon</b>	<b>Les sucres réducteurs (%)</b>
E1(romarin)	67,85
E2(laurier noble)	71,57
E3(menthe verte)	82,15
E4(témoin)	67,45

*Annexe 26 : Teneur en saccharose des miels analysés.*

<b>Echantillon</b>	<b>Saccharose</b>
E1(romarin)	5,85
E2(laurier noble)	6,1
E3(menthe verte)	1,68
E4(témoin)	6,45

*Annexe 27: valeur de couleur des échantillons analysés.*

<b>Echantillon</b>	<b>La couleur (cm)</b>
E1(romarin)	11,9
E2(laurier noble)	7,1
E3(menthe verte)	11
E4(témoin)	6,2

*Annexe 28: Teneur en lipide.*

<b>Echantillon</b>	<b>les lipides (mg)</b>
E1(romarin)	0,019
E2(laurier noble)	0,007
E3(menthe verte)	0,011
E4(témoin)	0,002

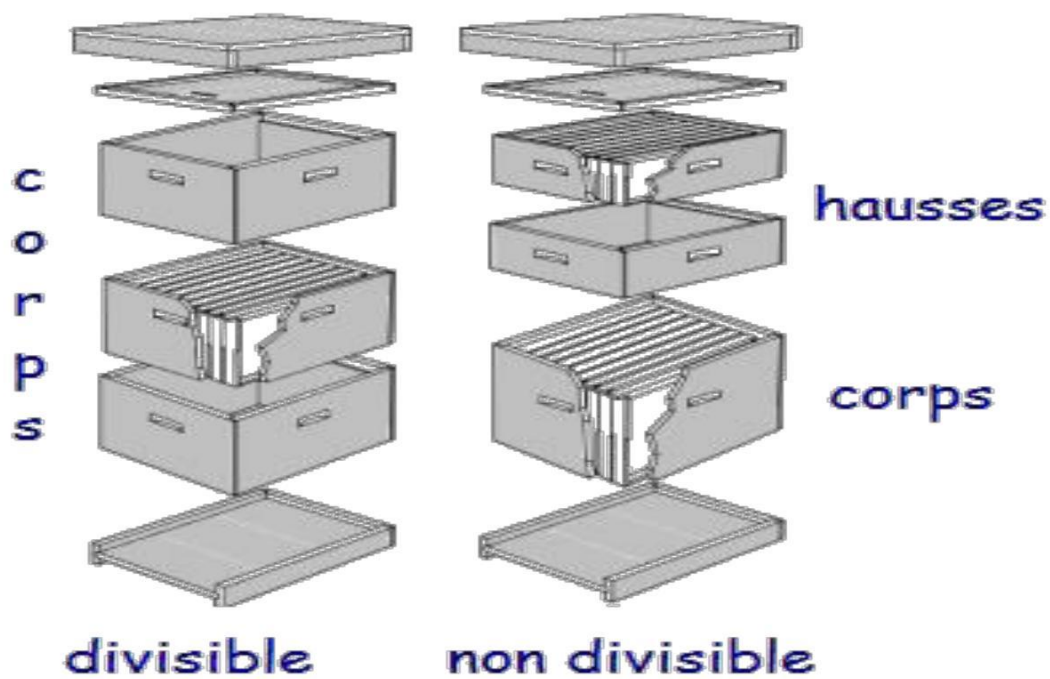
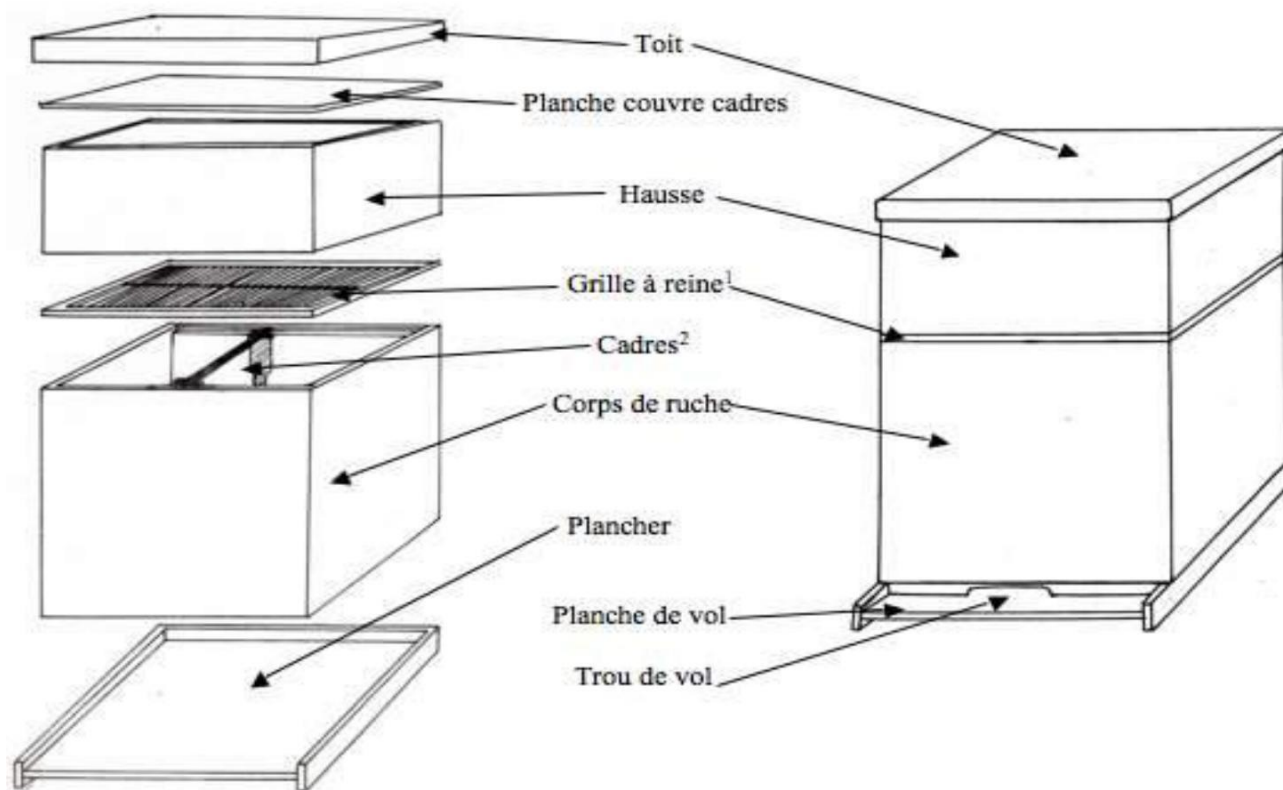
*Annexe 29: Norme concernant la qualité du miel selon le projet CL 1998/12-S du Codex Alimentarius et selon le projet de l'UE 96/0114 (CNS).*

Critères de qualité	Projet du Codex-	Projet de l'UE
<b>Teneur en eau</b>		
Général	≤ 21 g/100g	≤ 21 g/100g
Miel de bruyère, de trèfle	≤ 23 g/100g	≤ 23 g/100g
Miel industriel ou miel de pâtisserie	≤ 25 g/100g	≤ 25 g/100g
<b>Teneur en sucres réducteurs</b>		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	≥ 65 g /100 g	≥ 65 g /100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45 g /100 g	≥ 60 g /100 g
<i>Xanthorrhoea pr.</i>	≥ 53 g /100 g	≥ 53 g /100 g
<b>Teneur en saccharose apparent</b>	≤ 5 g/100 g	≤ 5 g/100 g
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous		
<i>Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago,</i>	≤ 10 g/100 g	≤ 10 g/100 g
<i>Eucalyptus cam., Eucryphia luc. Banksia menz.*</i>	≤ 15 g/100 g	-
<i>Calothamnus san., Eucalyptus scab., Banksia gr., Xanthorrhoea pr.</i> Miel de miellat et mélanges de miel de miellat et de nectar		
<b>Teneur en matières minérales (cendres)</b>	≤ 0,6 g/100 g	≤ 0,6 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	≤ 1,2 g/100 g	≤ 1,2 g/100 g
<b>Acidité</b>	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg
<b>Teneur en hydroxyméthylfurfural</b>	≤ 60 mg/kg	≤ 40 mg/kg
Après traitement et mise en pot (Codex)		
Tous les miels du commerce (UE)		

**Annexe 30: Teneur en sucre et conductivité électrique: Proposition d'une nouvelle norme  
BOGDANOV et al, (2001).**

Nouveaux critères de qualité proposés	Valeur proposée
<b>Teneur en sucre</b>	
<i>Somme du fructose et du glucose</i>	
Miel de nectar	≥60 g / 100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥45 g / 100 g
<i>Saccharose</i>	
≥ 5 g / 100 g Miels qui ne sont pas énumérés ci-dessous	
<i>Banksia, Zitrus, Hedysarum, Medicago, Robinia, Rosmarinus</i>	≥ 10 g / 100 g
<i>Lavandula</i>	≥ 15 g / 100 g
<b>Conductivité électrique</b>	
Miel de nectar à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci; mélanges de miel de miellat et de nectar.	≤ 0,8 mS/cm
Miel de miellat et de chataîgnier, à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci.	≥ 0,8 mS/cm
Exceptions: <i>Banksia, Erika, Eucalyptus, Eucryphia, Leptospermum,</i>	
<i>Melaleuca, Tilia.</i>	

Annexe 2 : Organisation générale d'une ruche



***Bioactivité de quelques huiles essentielles par l'évaluation de l'effet acaricide vis-à-vis de la varroase, et incidence sur la qualité du miel.***

**RESUME :**

L'apiculture semble de plus en plus menacée à l'échelle mondiale avec une origine multifactorielle (maladies, parasites, produits phytosanitaires, facteurs climatiques). Parmi les agents biologiques mis en cause, le parasite *Varroa destructor* semble responsable d'une partie importante des effondrements et des mortalités des colonies d'abeilles qu'il infeste. Cette parasitose est probablement celle qui présente le plus fort impact économique à la fois en fragilisant la filière apicole, mais aussi indirectement, en diminuant les rendements des productions agricoles végétales dépendantes des pollinisateurs, le principal étant l'abeille domestique *Apis mellifera*. Pour cela dans le domaine de l'hygiène et de la prophylaxie de cet insecte demande voire exige des méthodes de lutte draconiennes parmi lesquelles l'utilisation de molécules acaricides naturelles. Notre travail expérimental, s'articule autour de deux volets principalement aux abeilles et aux produits de la ruche à savoir le miel. Nos résultats montrent que la l'acarien suit approximativement le développement de son hôte. Pour lutter contre ce parasite, nous avons étudié l'effet acaricide de trois huiles essentielles (*Rosmarinus officinalis* (lot 1), *Laurus nobilis* (lot 2) et *Mentha viridis* (lot 3). Pour déterminer l'efficacité de ces traitements, nous avons effectué un traitement de contrôle avec (l'Apiguard). Il ressort des résultats obtenus qu'aucun d'entre eux n'a donné pleinement 100% d'efficacité à cause de la présence du couvain, mais à la lumière de nos résultats, il ressort clairement que les trois huiles essentielles ont manifesté des résultats appréciables et semblent avoir grandement diminué le taux d'infestation final pour atteindre 0,30% pour le romarin, 0,6% pour le laurier et 0,29% pour la menthe, ce qui n'est pas négligeable. Le lot témoin non traité, a eu une mortalité naturelle de varroa assez importante, le taux d'infestation est passé de 33,24% à 22,1% pendant la durée des traitements.

Les résultats obtenus pour l'analyse des paramètres physico-chimiques, nous ont permis de constater que nos miels répondent aux normes établies par le CODEX ALIMENTARIUS. Les teneurs en lipides sont très faibles et les abeilles n'ont pas utilisés l'huile de traitement dans l'élaboration du miel. A cet effet, nos analyses ont confirmé l'absence d'huile essentielle dans ce produit de la ruche (miel).

**Mots-clés :** Apiculture, *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, traitement, huiles essentielles, Apiguard, *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis*, *Mentha viridis*, efficacité, Miel, propriétés physico-chimiques, CODEX ALIMENTARIUS.



***Bioactivity of some essential oils by the evaluation of the acaricidal effect on varroasis, and impact on the quality of the honey.***

**ABSTRACT:**

Beekeeping appears to be increasingly threatened worldwide with a multifactorial origin (diseases, parasites, pesticides, climatic factors). Among the biological agents involved, the *Varroa destructor* parasite seems to be responsible for a large part of the collapses and mortalities of the bee colonies it infests. This parasite is probably the one with the strongest economic impact both in weakening the beekeeping sector and also indirectly in reducing the yields of pollen-dependent crop production, the main being the honey bee *Apis mellifera*. To do this in the field of hygiene and prophylaxis of this insect requires or even requires draconian methods of control among which the use of natural acaricidal molecules. Our experimental work revolves around two aspects, mainly honey bees and bee products. Our results show that the mite closely follows the development of its host. To control this parasite, we studied the acaricidal effect of three essential oils (*Rosmarinus officinalis* (lot 1), *Laurus nobilis* (lot 2) and *Mentha viridis* (lot 3)). To determine the efficacy of these treatments, we performed (Apiguard). The results obtained showed that none of them gave 100% efficacy because of the presence of the brood, but in the light of our results, it is clear that the three essential oils have shown appreciable results and appear to have greatly reduced the final infestation rate to 0.30% for rosemary, 0.6% for laurel and 0.29% for mint, which is not negligible. The untreated control batch had a fairly large natural mortality of varroa, the infestation rate rose from 33.24% to 22.1% during the treatment period.

The results obtained for the analysis of the physicochemical parameters, allowed us to observe that our honeys meet the standards established by the CODEX ALIMENTARIUS. The lipid contents are very low and the bees have not used the processing oil in honey production. To this end, our analyzes confirmed the absence of essential oil in this product of the hive (honey).

**Key words:** Beekeeping, *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, treatment, essential oils, Apiguard, *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis*, *Mentha viridis*, efficiency, honey, Physicochemical properties, CODEX ALIMENTARIUS.

## النشاط الحيوي لبعض الزيوت الأساسية عن طريق تقييم تأثير مبيد للقراد وجها لوجه مع سوس الفاروا، وتؤثر على جودة العسل.

### ملخص:

يبدو تربية النحل تهديد متزايد على الصعيد العالمي مع أصل سياقاتها (الأمراض الطفيليات والمبيدات الحشرية وعوامل المناخ). ومن بين العوامل البيولوجية في السؤال الطفيل الفاروا المدمر يبدو مسؤول عن جزء كبير من الانهيار وفيات مستعمرات النحل التي يهاجم فيه. العدوى لديها على الأرجح لديها تأثير اقتصادي على حد سواء عن طريق إضعاف تربية النحل، ولكن أيضا بشكل غير مباشر من خلال خفض مردودات الإنتاج الزراعي التي تعتمد على الملقحات، وأهمها نحل العسل *Apis mellifera*. للقيام بذلك في مجال النظافة والوقاية من هذه الحشرة الدراسة تتطلب أساليب وحشية من النضال بما في ذلك استخدام جزيئات قراد الطبيعية. ويستند عملنا التجريبية على عنصرين في المقام الأول إلى النحل ومنتجات النحل وهي العسل. نتائجا تظهر ان سوس الفاروا يتبع تقريبا تطوير المضيفة لها. لمحاربة هذه الآفة، درسنا تأثير مبيد للقراد للزيوت الأساسية الثلاثة إكليل الجبل *Rosmarinus officinalis* (دفعه 1)، الرند *Laurus nobilis* (دفعه 2) والنعناع البلدي *Mentha viridis* (دفعه 3). لتحديد مدى فعالية هذه العلاجات، استعملنا علاج المراقبة (Apiguard). النتائج التي تحصلنا عليها تدل علي ان كل منها لم تعطي كفاءة 100 % بالكامل بسبب وجود الحضنة، ولكن في ضوء نتائجنا، فمن الواضح أن الزيوت الأساسية الثلاثة أظهرت نتائج هامة وتظهر لديهم انخفاض كبير في معدل الإصابة النهائي للوصول إلى 0.30% ل *Rosmarinus officinalis* و 0.6% ل *Laurus nobilis* و 0.29% ل *Mentha viridis*، وهي ليست ضئيلة. المجموعة الضابطة غير المعالجة، كان موتا طبيعيا هاما و معدل الإصابة الفاروا ارتفع من 33.24% إلى 22.1% خلال فترة العلاج.

نتائج تحليل المعايير الفيزيائية والكيميائية، يسمح لنا أن نرى أن العسل يلبي المعايير التي وضعتها هيئة الدستور الغذائي. مستويات الدهون منخفضة جدا، ولم يتم استخدام النحل زيوت المعالجة في إعداد العسل. ولهذه الغاية، أكد تحليلنا غياب من الزيت الأساسي في منتج هذه الخلية (العسل).

### كلمات البحث:

تربية النحل، *Apis mellifera*، الفاروا المدمر، العلاج، الزيوت العطرية، Apiguard، إكليل الجبل المخزنية *Rosmarinus officinalis*، *Laurus nobilis*، النعناع البلدي *Mentha viridis*، الكفاءة، العسل، الخصائص الفيزيائية وهيئة الدستور الغذائي.