

# UNIVERSITE DE BLIDAI

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

## THESE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

CINÉTIQUE D'ACCUMULATION DES MOLÉCULES DE DÉFENSE ET  
D'APPÉTENCE SUR L'INSTALLATION DES BIO AGRESSEURS DU  
PALMIER DATTIER ET PERSPECTIVES DE LUTTES

Par

**Tarek Abdelmoneim OUAMANE**

Devant le jury composé de

A. BENRIMA	Professeur	U. Blida1	Présidente
Z.E.DJAZOULI	Professeur	U. Blida1	Directeur de thèse
F.Z.KARA-TOUMI	Professeur	U. Blida1	Examinatrice
N. BEHIDJ	Professeur	U. Boumerdes	Examinatrice
F. BOUNACEUR	Professeur	U. Tiaret	Examineur

Blida, Avril, 2018

## RÉSUMÉ

### CINÉTIQUE D'ACCUMULATION DES MOLÉCULES DE DÉFENSE ET D'APPÉTENCE SUR L'INSTALLATION DES BIO-AGRESSEURS DU PALMIER DATTIER ET PERSPECTIVES DE LUTTES

L'objectif de notre travail était d'améliorer les connaissances sur le comportement d'installation primaire des ravageurs potentiels du palmier dattier entre autre *Ectomyelois ceratoniae*. Il s'agit en particulier de comprendre comment les femelles adultes arrivent à identifier leurs sites de ponte et/ou de nourriture sur les différents supports de manière à appréhender et concevoir l'utilisation des pièges attractifs dans un programme de lutte intégrée. Dans cette optique, trois cultivars de dattier les plus répons ont été choisis Deglet Nour (demi-mole), le Ghars (mole), et le Mech Degla (sèche). Les investigations se sont déroulées au niveau du site d'Ourelal (mené en conduite biologique) et de Sidi Okba (mené en conduite chimique). Les résultats de l'étude bioécologique ont révélé l'existence de trois générations qui se succède durant l'année dans la palmeraie et c'est la troisième génération qui est responsable à la quasi-totalité des pertes de la production dattière. La variation de la dynamique populationnelle semble être conditionnée par les conditions climatiques et l'état phytosanitaire de la palmeraie. Les changements biochimiques qui ont accompagné le processus de la maturation des dattes, dont la perte de l'acidité ; la conversion des sucres réducteurs en saccharose ; et la perte de l'humidité leurs confèrent une qualité remarquable d'autoconservation. La lecture croisée des taux d'infestations et du screening biochimique, nous a révélé que le développement des larves d'*Ectomyelois ceratoniae* était lié aux dattes en pleine maturité, riche en saccharose, avec des pH plus ou moins doux. Cependant, le nombre d'œufs pondus était totalement indépendant de toutes variables étudiés. L'application d'un biopesticide à base de (*Bacillus thuringiensis var Kurstaki*) a permis de réduire le niveau d'infestation à moins de 2 %. Alors que dans les blocs témoins le niveau d'infestation était 6,4 %. Les résultats significatifs du traitement confirment le bien-fondé de la lutte biologique par le BtK qui se projette par la mise en œuvre progressive d'un programme composé de plusieurs applications du traitement touchant toute les palmeraies. Sans négliger l'effet très pondérant de l'entretien et le bon assainissement des palmerais, et même les pratiques des soins de la récolte telle que la limitation du nombre de régimes, et le ciselage des pédicelles, comme mesure prophylactique de lutte contre la pyrale des dattes.

**Mots clés:** palmier dattier ; piège a phéromone ; *Bacillus thuringiensis* ; *Ectomyelois ceratoniae* ; nombre de générations ; caractéristiques biochimiques; préférence alimentaire; taux d'infestation.

## SUMMARY

### ACCUMULATION KINETIC OF MOLECULES OF DEFENSE AND APPEARANCE ON THE INSTALLATION OF THE AGGRESSIVE BIO-AGENT OF DATE PALM AND PROSPECTS OF CONTROL

The aim of our work was to enhance the knowledge on the primary installation behavior of potential date palm pests, including *Ectomyelois ceratoniae*. In particular, it is important to understand how adult females can identify their spawning sites and/or food on different media in order to understand and design the use of attractive traps in an integrated pest management program. In this optic, we chose the three most common date cultivars with different consistencies including Deglet Nour (half-soft), Ghars (soft), and Mech Degla (dry). For the experiment we chose two sites, which are: the site of Ourelal which has a biological conduct, and that of Sidi Okba which applies chemical treatments. The results of the bioecological study revealed the existence of three generations which succeeds during the year in the date palm gardens and it is the third generation which is responsible for almost all the losses of the date production. This evolution is variable according to the years, the climatic conditions, and according to the phytosanitary state of the palm plantation. The biochemical changes that accompanied the process of maturing dates, including the loss of acidity; converting reducing sugars to sucrose; and the loss of moisture gives them a remarkable quality of self-preservation. Cross-reading of infestation rates and biochemical screening revealed that the development of the larvae of *Ectomyelois ceratoniae* was related to mature dates, rich in sucrose, with more or less mild pH. However, the number of eggs laid was totally independent of all variables studied. Finally, the biological control test using a biopesticide based on (*Bacillus thuringiensis var Kurstaki*), by the application of two field treatments had reduced the level of infestation at less than 2%. While in the control blocks the level of infestation was 6.4%. The significant results of the treatment confirm the validity of the biological control by the BtK which is projected by the progressive implementation of a program composed of several applications of the treatment. Without neglecting the role of the maintenance and the good sanitation of the field, and even the practices of the care of the harvest, like prophylactic measure of control against the carob moth.

**Key words:** date palm; pheromone trap; *Bacillus thuringiensis*; integrated pest management; *Ectomyelois ceratoniae*; number of generations; biochemical characteristics; food preference; infestation rate; biochemical analyzes.

## ملخص

### حركية تركيب جزيئات الدفاع والاستساغة ضد الأعداء الطبيعيين لنخيل التمر و آفاق مكافحة

الهدف من عملنا هو تحسين المعرفة بشأن سلوك التركيب الأولي لآفات النخيل المحتملة، بما في ذلك (*Ectomyeloid ceratoniae*). على وجه الخصوص، من المهم أن نفهم كيف يمكن للإناث البالغات تحديد مواقع تفريخها و / أو الطعام من أجل فهم وتصميم استخدام الفخاخ جذابة في برنامج متكامل لمكافحة الآفات. لهذا اخترنا ثلاثة أصناف الأكثر شيوعاً بما في ذلك دقلة نور (نصف رطبة)، غرس (رطبة)، ومش دجلة (الجافة). في التجربة اخترنا موقعين هما: أورلال الذي يتبع تسيير بيولوجي، وسيدي عقبة الذي يطبق العلاجات الكيميائية. وكشفت نتائج الدراسة الحيوية البيئية وجود ثلاثة أجيال خلال العام، حيث إن الجيل الثالث هو المسئول عن معظم الخسائر. كشفت الدراسة أن تطور سوسة التمر يتناسب مع الظروف المناخية التي يبدو أنها تؤثر على ديناميكية سوسة التمر. هذا التطور هو متغير وفقاً للسنوات، وفقاً للظروف المناخية و وفقاً لحالة الصحة النباتية للمزرعة للنخيل. تحاليل الكيمياء بين أن التغيرات الكيميائية الحيوية التي رافقت عملية نضج التمور، في فقدان الحموضة. تحويل السكريات المرجعة إلى السكروز؛ وفقدان الرطوبة يعطيهم نوعية ملحوظة من التصبير الذاتي. كشفت معالجة جدول بياناتنا لرصد الإصابات، وفحص الكيمياء الحيوية، بواسطة تحليل المركبة الأساسية، إن نمو يرقات سوسة التمور كان أكثر انجذاباً للتمور الناضجة، الغنية بالسكروز، ذات حموضة خفيفة. ومع ذلك، سجلنا أن عدد البيض كان مستقلاً تماماً من جميع المتغيرات، وهذا يعني أن اختيار فراشة سوسة التمر وضع البيض ليس له علاقة مع تركيبة الكيمياء الحيوية للتمور.

وأخيراً، فإن اختبار المكافحة البيولوجية لسوسة التمر، باستخدام المبيدات الحيوية (*Bacillus thuringiensis*) في البستان، من خلال تطبيق علاجين على الأرض أدى إلى تخفيض مستوى الإصابة أقل من 2%. بينما كان مستوى الإصابة في البستان الشاهد 6.4%. وتؤكد نتائج العلاج كبيرة على صحة المكافحة البيولوجية للـ *BTK* أن مشاريع التنفيذ التدريجي لبرنامج يتكون من عدة تطبيقات معالجة تشارك فيها جميع بساتين النخيل. دون الاستهانة بتأثير صيانة و تطهير بساتين النخيل، وحتى ممارسات الرعاية للمحاصيل، كإجراء وقائي ضد سوسة التمر.

**الكلمات الدالة:** نخيل التمر. فح الفرمون ؛ *Bacillus thuringiensis*؛ الإدارة المتكاملة للآفات؛ *Ectomyeloid ceratoniae*؛ عدد الأجيال؛ الخصائص البيوكيميائية؛ تفضيل الغذاء؛ معدل الإصابة؛ الجوانب البيوكولوجية؛ التحاليل الكيميائية الحيوية.

## REMERCIEMENTS

Pour terminer mon travail : humble approche sur un monde si vaste et si complexe ou la recherche de plusieurs générations ne suffira pas à éclairer, comme il se doit, cette immense entreprise humaine d'exploration, je tiens à remercier sincèrement et chaleureusement tous ceux qui nous ont aidé à frayer un chemin dans cette dense forêt pratiquement encore vierge.

A l'issue de cette recherche, je tiens à remercier tout d'abord mon bon DIEU tout puissant, de m'avoir procuré patience et volonté pour aboutir et pour son aide miséricordieuse durant toutes mes années d'étude.

Ces quelques lignes vont me permettre de remercier toutes les personnes qui m'ont beaucoup apporté au niveau scientifique mais aussi personnel, et sans qui, mon travail n'aurait pu aboutir.

Je tiens tout d'abord à remercier Madame la Professeur BENRIMA Atika, Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1, qui m'a honoré en présidant de ce jury.

je remercie également Madame la Professeur KARA-TOUMI F.Z. de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1, Madame la Professeur BEHIDJ N. du Département des Sciences Agronomiques, Université de Boumerdes et Monsieur le Professeur BOUNACEUR F.de l'université de Tiaret qui m'ont fait l'honneur d'accepter la charge d'être examinateurs de ma thèse, et pour avoir jugé ce travail.

Je remercie, Monsieur DJAZOULI Zahr-Eddine, professeur à l'Université de Blida 1, de m'avoir fait l'honneur de diriger les travaux de ma thèse. Malgré vos multiples occupations et responsabilités vous avez toujours su m'apporter



les conseils scientifiques judicieux qui s'imposent. Vos conseils et remarques pertinents m'ont toujours poussé à faire mieux. A vrai dire je ne saurais assez-vous exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude. Je tiens à remercier Mr. BENSALAH KAMEL Chargé de Recherche au CRSTRA, et Mr. ROUMANI MESSAOUD pour leur soutien au cours de mon travail.

Mes remerciements vont également à la Directrice du CRSTRA Mm. LAKHDARI FATTOUM.

Comme je n'oublie pas d'adresser mes sincères remerciements à Mm Professeur MARIA FRUTOSE et toute l'équipe de l'Institut de Technologie Alimentaire de l'Université Miguel Hernandez, Elche, Espagne.

Je tiens aussi à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sans cette aide si importante et si concrète, ce travail n'aurait jamais vu le jour. Aussi je tiens à leurs exprimer ma profonde gratitude et notre profonde reconnaissance.

*Ouamane H. TAREK*

## DÉDICACE

*Bien que ce travail soit modeste, mais c'est du bon cœur que je le dédie :*

*A ceux qui ont tant attendu ce jour, nos parents pour leur tendresse, leur affection et leur soutien moral toujours soucieux de notre réussite.*

*Ouamane H. TAREK*

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	I
SUMMARY.....	II
ملخص	
REMERCIEMENTS.....	IV
SOMMAIRE.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES SYMBOLES ET DES ABRÉVIATIONS.....	XIII
INTRODUCTION.....	2
<b>PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE .....</b>	<b>8</b>
1.1 Situation géographique.....	8
1.2 Facteurs écologiques.....	10
1.3 Synthèse bioclimatique de la région de Biskra .....	13
1.4 Patrimoine agricole .....	16
<b>CHAPITRE 2 : LE PALMIER DATTIER .....</b>	<b>18</b>
2.1 Taxonomie.....	18
2.2 Origine et aire géographique actuelle du palmier dattier .....	18
2.3 Morphologie.....	19
2.4 La composition de la datte.....	26
2.5 Classification des dattes .....	26
2.6 Les variétés du dattier étudiées.....	27
2.7 Exigences écologiques du dattier .....	28
2.8 Les principaux ravageurs du dattier et la datte .....	31
<b>CHAPITRE 3: LA PYRALE DES DATTES.....</b>	<b>34</b>
3.1 Systématique.....	34
3.2 Plantes hôtes.....	35
3.3 Morphologie et description.....	35
3.4 Cycle biologique .....	36
3.5 Nombre de générations .....	38
3.6 Dégâts .....	39
3.7 Méthodes de luttés contre la pyrale des dattes.....	40
3.8 La lutte biotechnique.....	43
<b>CHAPITRE 4:INTERACTIONPLANTEHÔTE-INSECTEPHYTOPHAGE .....</b>	<b>49</b>
4.1 Introduction.....	49
4.2 Médiateurs chimiques (sémio-chimiques).....	50
4.3 Implications des médiateurs chimiques dans les systèmes de défense .....	53
4.4 Stratégie de résistance des insectes face aux composés secondaires .....	58
4.5 Structures réceptrices chez les insectes.....	59
<b>PARTIE II : EXPÉRIMENTATION.....</b>	<b>62</b>
<b>CHAPITRE 5 : MATÉRIELS ETMÉTHODES .....</b>	<b>63</b>
5.1 Présentation des sites d'études.....	63

5.2 Étude de la biodynamique de la pyrale des dattes en fonction des paramétrées écologiques.....	65
5.3 Echantillonnage .....	70
5.4 Calculs des taux d'infestation .....	73
5.5 Analyses biochimiques .....	74
5.6 Indice de qualité « r » .....	77
5.7 Approche au monitoring de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller par le recours aux moyens biologiques .....	77
5.8 Dispositif expérimental et analyse statistique .....	80
<b>CHAPITRE 6 : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>82</b>
6.1 Étude de la bio écologie de la pyrale des dattes.....	82
6.2 Analyse des taux d'infestation .....	87
6.3 Analyse des résultats du pH et de l'humidité .....	93
6.4 Détermination des teneurs en sucres .....	96
6.5 Détermination des teneurs en acides organiques.....	110
6.6 Interaction entre l'infestation de l' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> et les caractéristiques biochimiques des dattes.....	123
6.7 Approche au monitoring de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller par le recours aux moyens biologiques .....	147
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>155</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>161</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>176</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1: La carte de la wilaya de Biskra (D.P.A.T.) .....	9
Figure 1-2 : Précipitations moyennes durant la période 1997 – 2017. ....	11
Figure 1-3 : Températures moyennes, minima et maxima (1997 à 2017).....	12
Figure 1-4: Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra pour la période 1997 à 2017. ....	14
Figure 1-5 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'Emberger.....	15
Figure 2-1: Figuration schématique du palmier dattier [45].....	19
Figure 2-2: Une palme [49] .....	21
Figure 2-3: inflorescences et fleurs du dattier [45] .....	22
Figure 2-4: Une date et son noyau [49].....	23
Figure 2-5: l'évolution de la datte en fonction du stade de maturation .....	24
Figure 2-6 : Développement des stades phénologiques des dattes(en haut Deglet Nour site Sidi Okba, en bas Ghars site Ourelal) .....	25
Figure 4-1 : Relations plantes-insectes : rôle des médiateurs chimiques.....	52
Figure 4-2 : Attractivité des parasitoïdes par les odeurs émises par des feuilles de maïs .....	56
Figure 4-3 : Rôle de l'acide jasmonique dans les réactions de défense induites des plantes. ....	57
Figure 4-4 : Organes sensoriels gustatifs et olfactifs présents sur la capsule céphalique de larves de lépidoptères.....	61
Figure 4-5 : Antenne du papillon de nuit mâle observée en microscopie électronique à balayage .....	61
Figure 5-1: Sites expérimentales,« A »Ourelal,« B »SIDI OKBA.....	63
Figure 5-2 : Site d'Ourelal .....	64
Figure 5-3 : Site de Sidi Okba .....	65
Figure 5-4 : Pièges AA TRAP EC installé sur un palmier .....	66
Figure 5-5 : Structure de la phéromone sexuelle synthétique de la pyrale.....	66
Figure 5-6 : Installation des outils de suivi de la biodynamique,.....	67
Figure 5-7 : Acquisition des données du capteur Log32 .....	69
Figure 5-8 : Choix des 5 pieds des échantillons Deglet Nour, station Ourelal..	71
Figure 5-9 : Choix des 5 pieds des échantillons Ghars, de la station de Sidi Okba .....	71
Figure 5-10 : Collecte d'échantillons de Deglet Nour, stade : Khalal.....	72
Figure 5-11 : Emballage , et conservation des échantillons des dattes.....	73



Figure 5-12 : contrôle des dattes échantillonnées.....	74
Figure 5-13 : Pulverisation du BT.....	78
Figure 6-1 : Fluctuation des relevés mensuels des : nombre de males capturés, températures (minimales , moyennes et maximales), et l'Humidité sur une période de deux ans sur le site de Sidi Okba .....	83
Figure 6-2 : Fluctuation des relevés mensuels des : nombre de males capturés, températures (minimales, moyennes et maximales), et l'Humidité sur une période de deux ans sur le site de Ourelal .....	83
Figure 6-3 : Comparaison entre les taux de ponte sur les différentes variétés en fonction des stades phénologiques .....	87
Figure 6-4 : Evolution des taux d'infestation (larves) des trois variétés par rapport aux stades phénologiques .....	90
Figure 6-5 : Histogrammes des teneurs en eau H % .....	94
Figure 6-6 : Histogrammes des taux d'acidité "pH" .....	95
Figure 6-7 : Chromatogramme des sucres du Deglet Nour de Sidi Okba .....	97
Figure 6-9 : Chromatogramme des sucres du Mech Degla de Ourelal .....	97
Figure 6-10 : Chromatogramme des sucres du Mech Degla de Sidi Okba .....	98
Figure 6-11 : Chromatogramme des sucres du Ghars de Sidi Okba.....	98
Figure 6-12 : Chromatogramme des sucres du Ghars d'Ourelal.....	98
Figure 6-13 : Droite de calibration du saccharose.....	99
Figure 6-14 : Droite de calibration du fructose .....	99
Figure 6-15 : Droite de calibration du glucose.....	99
Figure 6-16 : Histogrammes des teneur en fructose .....	100
Figure 6-17 : Histogrammes des teneurs en glucose.....	102
Figure 6-18 : Histogrammes des teneurs en Saccharose .....	103
Figure 6-19: Histogrammes des teneurs en sucres totaux.....	104
Figure 6-20 : Histogrammes des teneurs en sucres réducteurs.....	105
Figure 6-21 : Histogrammes des valeurs d'indice de qualité "r" .....	106
Figure 6-22 : Histogrammes des valeurs du rapport G/F .....	108
Figure 6-23: Chromatogramme des acides organique du D Nour de S Okba.....	111
Figure 6-24 : Chromatogramme des acides organique du D Nour d'Ourelal.....	111
Figure 6-25 : Chromatogramme des acides organique du M Degla d'Ourelal.....	112
Figure 6-26 : Chromatogramme des acides organique du M D de S Okba.....	112
Figure 6-27 : Chromatogramme des acides organique du Ghars de S Okba .....	112
Figure 6-28 : Chromatogramme des acides organique du Ghars d'Ourelal .....	112
Figure 6-29 : Courbe de calibration de l'acide oxalique.....	113
Figure 6-30 : Courbe de calibration de l'acide ascorbique .....	113

Figure 6-31 ; Courbe de calibration de l'acide malique .....	113
Figure 6-32 ; courbe de calibration de l'acide tartrique.....	114
Figure 6-33 ; courbe de calibration de l'acide fumarique.....	114
Figure 6-34 : courbe de calibration de l'acide citrique .....	114
Figure 6-34 : Histogrammes des teneurs en acide citrique .....	115
Figure 6-35 : Histogrammes des teneurs en acide fumarique.....	116
Figure 6-36 : Histogrammes des teneurs en acide malique .....	117
Figure 6-37 : Histogrammes des teneurs en acide oxalique .....	118
Figure 6-38 ; Histogrammes des teneurs en acide tartrique .....	120
Figure 6-39 : Cercle corrélation des variables.....	124
Figure 6-40 : projection des variable biochimique des datte avec le taux d'infestation et les différents cultivars étudié, sur ACP.....	127
Figure 6-41 : Adulte piégés par les pièges a phéromones installés dans les deux sites d'étude .....	148
Figure 6-42 : Evolution du taux (%) d'infestation de la pyrale à Ain Bennaoui	148
Figure 6-43 : Evolution des infestations (nombre d'Œuf) de la pyrale dans le site d'Ain Bennaoui .....	149
Figure 6-44 : Evolution du taux (%) d'infestation de la pyrale à Sidi Okba .....	151
Figure 6-45 : Evolution des infestations (Œuf et Larve) de la pyrale dans le site de Sidi Okba.....	151

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra de 1997 à 2017[1].	11
Tableau 1.2 : Températures moyennes, minima et maxima de la période 1997 à 2017[1].	12
Tableau 2.1 : Description des trois variétés de dattes étudiées [51]	27
Tableau 4.1 : Types de médiateurs chimiques inter-spécifiques [111]	52
Tableau 6.1 : analyse de la variance du variable taux de ponte	88
Tableau 6.2: analyse de la variance du taux d'infestation (larves)	91
Tableau 6.3 : Analyse de la variance du variable H%	94
Tableau 6.4: Analyse de la variance du variable pH	96
Tableau 6.5 : Analyse de la variance du Fructose	101
Tableau 6.6 : Analyse de la variance du Glucose	102
Tableau 6.7 ; Analyse de la variance du Saccharose	103
Tableau 6.8 : Analyse de la variance des sucres totaux	104
Tableau 6.9 : Analyse de la variance des sucres réducteurs	105
Tableau 6.10 : Analyse de la variance de l'index « r »	107
Tableau 6.11 : Analyse de la variance du rapport G/F	108
Tableau 6.12 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide citrique	115
Tableau 6.13 : Analyse de la variance des variations des teneurs en Acide fumarique	116
Tableau 6.14 : Analyse de la variance des variations des teneurs en Acide Malique	118
Tableau 6.15 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide oxalique	119
Tableau 6.16 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide Tartrique	120
Tableau 6.17 : Matrice de corrélation	128
Tableau 6.18 : Comparaison de la combinaison des teneurs sucres-eau des dattes avec le miel	140
Tableau 6.22 : Groupes homogènes (Newman-keuls) de Sidi Okba, à 95% de confiance	152

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABRÉVIATIONS

ACP	:Analyse en Composantes Principales
ADN	: Acide désoxyribonucléique
ANOVA	: l'analyse de la variance (analysis of variance)
ARN	: Acide ribonucléique
BtK	:Bacillus thuringiensis Kurstaki
DAD	: Diode Array Detector Détecteurs à barrette de diodes
DDL	: Degré de liberté
D.P.A.T.	: La Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire
EAG	: Electro-Antenno-Graphe
F	: Test Fisher
g	: Gramme
GC	: Chromatographe en phase gazeuse (CPG)
HPLC	: La chromatographie liquide à haute performance
I.N.P.V.	: Institut national de la protection des végétaux
I.N.R.A.A.	: Institut national de recherche agronomique d'Algérie
Km	: Kilomètre
m	: Mètre
MF	: Matière fraîche
mg	: Milligramme
min	: Minute
ml	: Millilitre
mm	: Millimètre
MS	: Spectromètre de masse
MS	: Matière sèche
°C	: Degrés Celsius
Pr	: Probabilité d'erreur
Qx	: Quintaux
RID	: Détecteur d'indice de réfraction (Réfractiv Index Detector)
T°Max	: Températures moyennes mensuelle des maxima
T°Min	: Températures moyennes mensuelle des minima
T°Moy	: Températures moyennes mensuelles
TIS	: Technique des insectes stérile
Tr / mn	: Tours / minutes
U.M.H.	: Université Miguel Hernández, Orihuela, Elche, Espagne
µg	: Microgrammes (=10 <sup>-6</sup> grammes)
µl	: Microlitre

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Le palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L) est l'arbre providence des régions sahariennes. Il est bien adapté aux conditions du milieu aride (écologiques et pédoclimatiques) et constitue la principale richesse des Oasis. Il représente une source d'alimentation pour les populations du sud. Il procure, grâce à la commercialisation aux échelles nationale et internationale de son fruit, un revenu régulier pour les phœniciculteurs. Il offre des emplois directs et indirects et crée sous son couvert un microclimat favorable au développement de nombreuses cultures sous-jacentes; ce qui assure la sauvegarde de la biodiversité des zones arides et le ralentissement de la désertification ; il assure aussi une certaine stabilité pour les populations qui vivent dans les oasis.

Une évolution remarquable du nombre des palmiers et de la production passant de la campagne agricole (1992/1993) de 1547183 palmiers productifs dont la production 656055 Qx à la campagne agricole (2013/2014) de 3894898 palmiers productifs dont la production 3770396 Qx. C'est durant trois événements successivement, soit, en 1983 avant le démarrage de la mise en valeur dans le cadre de l'APFA en 1999 soit à la veille de la mise en place du PNDA et en 2003 soit près 4 années d'exécutions du PNDA. La wilaya de Biskra est la première région phœnicicole avec 25,6% de la superficie totale, 23,1% du nombre total de palmiers dattiers, 37% de la production nationale de dattes, à une époque où, la promotion des exportations hors hydrocarbures relève des priorités de l'Etat, la situation des exportations de la datte ne reflète pas les dispositifs d'encouragement mis en place. Tous les plans engagés par le Gouvernement pour relancer cette activité n'ont pas abouti à des résultats probants [1]

Selon les statistiques récentes disponibles, la phœniciculture occupe une superficie évaluée à près de 164 000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18 millions palmiers et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 790.000 tonnes par an. Du point du vue production mondiale, l'Algérie occupe la 4eme place du classement avec des productions de 644741,00 T (2010), 724894,00 T (2011), 789357,00 T (2012), 848199,00 T (2013) [2].

La datte est un produit à haute valeur alimentaire, il représente le pilier de l'économie régionale. La commercialisation des dattes à l'échelle nationale et internationale est confrontée à certaines contraintes dont la détérioration de la qualité du fruit par certains bio agresseurs telle que la cochenille blanche du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ), le boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*) et la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller). Cette dernière considérée à l'heure actuelle comme un danger permanent pour la phœniciculture algérienne, et elle est classé sur la liste A des organismes nuisibles dont la lutte est obligatoire (décret exécutif N° 95-387 du 28 novembre 1995).

Cet insecte est un ravageur bien connu de la datte en Algérie [3] et[4], il reste parmi les bioagresseurs les plus redoutables de la palmeraie algérienne. En effet, il attaque aussi bien la production pendante que les dattes stockées [5] et [6]. Les pertes qu'il cause sont considérables et peuvent atteindre 20 à 30 % de la production des dattes dans le bassin méditerranéen [7] et [8]. La pyrale des dattes est devenue donc une vraie menace économique pour la filière datte [9].

Les dattes ne deviennent pas infestées jusqu'à ce qu'elles commencent à mûrir [3], [4], les larves issues des œufs pondus par ce petit papillon pénètrent dans les dattes en rampant sous le calice et déprécient considérablement leur qualité et leur valeur marchande [10]. Certains stimuli olfactifs pourraient attirer les larves vers le calice [11].

Les dommages causés par l'infestation des dattes empêchent toute consommation en frais ainsi que toute opportunité de conservation [7]. La polyphagie de cette espèce, sa large répartition dans l'espace et sur des hôtes variés rendent difficile la mise au point d'une stratégie de lutte efficace capable de limiter l'ampleur de ses dégâts.

En Algérie, deux zones de multiplication d'*Ectomyelois ceratoniae* ont été signalées. La première, s'étend sur toute la bande littorale ; soit 1000 km de long sur 40 à 80 km de large. La seconde englobe l'ensemble des oasis du Sud Algérien (Oued Righ et les Zibans) [10].

Les études menées en Algérie sur les problèmes liés aux attaques de la pyrale des dattes ont constitué le point de départ de tous les travaux réalisés à travers le monde. D'après LE BERRE [12], les premiers travaux sur *Ectomyelois ceratoniae* remonte à 1949, la date où LEPIGRE a publié une mise au point sur les procédés de la lutte applicable contre les vers des dattes. En 1950, LEPIGRE entreprend une autre étude, qui à lui permis de confirmer que les dattes dans la palmeraie et dans les entrepôts sont attaquées par la même espèce. C'est à partir de ces constatations qu'il a pu comprendre le cycle de vie de ce ravageur et il a pu relancer l'idée de traiter directement sur pied contre le ver de la datte. Par la suite, la pyrale des dattes a bénéficié des travaux de LE BERRE[10] et DOUMANDJI [13]; DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE[14]; DOUMANDJI-MITICHE[15]; DOUMANDJI [16]; DOUMANDJI-MITICHE [17], et IDDER[18]–[22]. Ces auteurs ont abordé d'autres aspects, en particulier, ses parasitoïdes et ses prédateurs, son écologie et sa démographie. Plus récemment, dans le cadre d'un programme de lutte par le biais de la technique des insectes stérile (TIS), qui a été lancé par l'INPV (Algérie) en 1999, DRIDI [17], a procédé à des lâchers dans la région de Biskra.

A travers le monde, beaucoup de travaux sont également entrepris, en particulier, sur les aspects éco-biologique d'*Ectomyelois ceratoniae*. A

titre d'exemple, en France, en 1973, les ravages de cette pyrale sur les caroubes ont retenu l'attention des chercheurs de l'I.N.R.A., notamment ceux du centre Antibes. En Palestine, GOTHILF [23] a mené une étude sur la lutte biologique en utilisant un Braconidae, *Phanerotoma flavistacea*. En Tunisie, les travaux de DHOUIBI[24]–[27] ont porté également sur la bioécologie de la pyrale des dattes et les méthodes de lutte alternatives. Les mêmes aspects ont été abordés aux Etats-Unis par WARNER [28] et [29], NAY [30]–[33], BAKER [34], [35], et ALLARD [36], et en Irak par AL-IZZ *et al.* [37].

Le progrès qu'a connu la lutte contre les ravageurs d'une façon générale a engendré la naissance de l'écologie chimique, fondée essentiellement sur les substances allélochimiques végétales, connue pour agir sur les bioagresseurs dans le cadre des relations plantes-insectes. En Palestine, lors d'une étude sur la relation entre *E. ceratoniae* et les stades phénologiques de diverses plantes hôtes, GOTHILF [23] a rendu compte que les femelles présentent une préférence d'oviposition sur les gousses du caroubier infectées par le champignon *Phomopsis*. En 1975, GOTHILF *et al.* [38] ont mis en évidence l'impact des chaînes alcooliques courtes (alcools simples) sur l'attraction des femelles de cette pyrale au moment de l'oviposition. Aux Etats-Unis, en 1994, COSSE *et al.* [36] ont démontré de leur part que les femelles d'*E. Ceratoniae*, en phase d'oviposition sont attirées par des substances émises par certains cultivars de dattes.

La plupart des travaux réalisés sur les interactions *Ectomyeloid ceratoniae* - plantes hôtes, notamment, le palmier dattier, sont focalisés sur les relations ravageur-plante hôte en décrivant principalement les stratégies d'attaque développées par le ravageur au cours de son cycle de vie en réponse aux besoins biologiques (nutrition et oviposition). En revanche, peu de choses sont connues sur les facteurs et les mécanismes comportementaux, physiologiques et/ou chimiques sous-tendant cette interaction. Le facteur cultivar joue un rôle qui peut être

important dans l'écologie de la pyrale des dattes, par conséquent, sur le niveau des attaques [39]. Il sera donc très intéressant d'étudier les différents aspects de l'influence du facteur variétal, car ce trait comportemental peut contribuer à maîtriser ce ravageur clé de la datte en perspective.

Dans ce contexte, et pour optimiser les connaissances sur les facteurs agissants sur le choix et la préférence variétale chez l'*Ectomyelois ceratoniae*, en vue d'élaborer un programme de lutte spécifique et efficace, notre travail a été basé sur les axes suivants :

(i) Le premier est d'étudier quelques aspects bioécologiques de ce ravageur qui vont nous aider à définir le moment opportun et le moyen de lutte le plus efficace tout en préservant notre environnement, tel la bioécologie, et le suivi du taux d'infestation d'*Ectomyelois ceratoniae* au champ, afin d'approfondir les connaissances sur la relation entre le développement de la pyrale des dattes et sa plante hôte par le biais de l'étude de l'évolution des populations ;

(ii) En deuxième lieu de réaliser un screening biochimiques des cultivars choisis pour établir les relations entre la pyrale des dattes et les caractéristiques biochimiques des fruits, afin de dégager les composées et/ou molécules suspect d'avoir une actions sémio chimique sur la pyrale.

(iii) En fin nous avons essayé d'élaborer sur la base des résultats obtenus un programme de lutte biologique à l'aide d'un biopesticide à base d'une bactérie (*Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki*) au niveau de la palmeraie afin de réduire les attaques de ce ravageur.

# **PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE**

# **CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE**

Dans ce chapitre, nous allons traiter les caractéristiques de la région des Ziban, particulièrement sa situation géographique et les facteurs édaphiques, climatiques et biologiques qui caractérisent la région de Biskra.

## 1.1 Situation géographique

Du mot arabe qui signifie ensemble d'Oasis, pluriel de Zab, Biskra est une région agricole dynamique caractérisée par un piémont divisée en deux compartiments de part et d'autre de la ville de Biskra [40].

Le Zab El-Biskri (oasis de Biskra) : c'est le centre du Ziban.

Le Zab Chergui (Zab oriental): Chetma, Sidi Khelil, Droh, seriana, Garta, Sidi Okba, Ain Naga, Sidi Salah, Zeribet el-Oued, Liana, Khanga Sidi Nadji, Badès, Zeribet Hamed, El-Feidh, Sidi Mohamed Moussa, El-Haouch. L'ensemble du Zab Chergui comprend ainsi le territoire situé entre les pentes méridionales de l'Aurès et le chott Melghir, à l'ouest de Biskra.

Le Zab Guebli (Zab méridional): Oumach, Mlili, Bigou, Ourlal, Ben Thiou, Saira, Lioua, oulad djelal, et Sidi Khaled. Ces oasis sont toutes situées dans la vallée de l'Oued Djedi[40].

Le Zab Dahraoui (Zab septentrional): est séparé du Zab Guebli par une bande de sable et de marécages, et comprend : Bou Chagroune, Lichana, Zaatcha, Farfar, Tolga, et Bordj, Foughala, El Amri.

La région de Biskra est située à l'est de l'Algérie, au sud des monts des Aurès, la wilaya de Biskra apparaît comme un véritable espace tampon entre le Nord et le Sud. Sa superficie est de 21671 km<sup>2</sup>[40], et son altitude est 128m au-dessus de la mer.

D'après FARHI [40], à sa sortie, le lit de l'oued de Biskra assez fortement encaissé jusqu'à Saada (20 km de Biskra) se développe un peu en amont de son confluent avec l'oued Djedi. C'est dans cette région que s'étendent les Djelfs de Saada irrigués par l'eau des crues au moyen d'un barrage (on appelle Djelfs les terrains qui ne peuvent être arrosés que par l'eau des crues). L'oued de Biskra va se perdre ensuite dans le chott Malhir.

La wilaya de Biskra est limité par :

- ▶ Au Nord : Wilaya de Batna et M'sila.
- ▶ Au Sud : Wilaya de Ouargla et El-Oued.
- ▶ A l'Est : Wilaya de Khenchela.
- ▶ A l'Ouest : Wilaya de Djelfa.

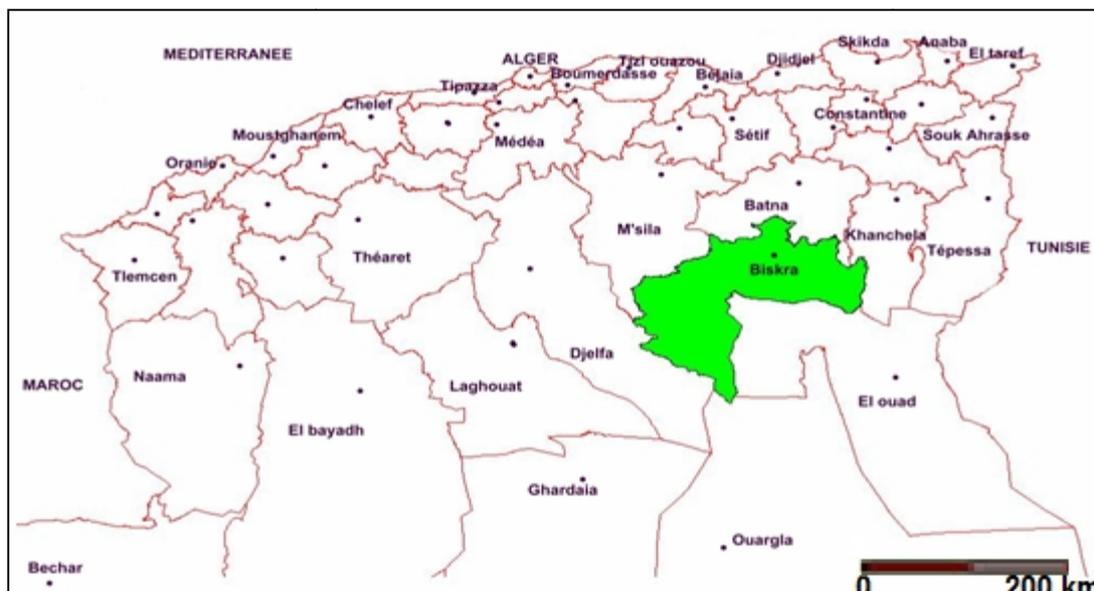


Figure 1-1: La carte de la wilaya de Biskra (D.P.A.T.)

## 1.2 Facteurs écologiques

### 1.2.1 Relief

Le relief de la wilaya de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géomorphologiques :

- Les montagnes : superficie très limitée situées au nord de la région, dénudées de toutes végétations naturelles à cause de la faiblesse de la pluviométrie, dont les plus importants sont : le mont de M'lili (1496m), Houja (1070m) , et Tekiout (1942m) ;
- Les plateaux : à l'Ouest ils s'étendent du Nord au Sud englobant presque toute la daïra d'Ouled djellal et une partie de Tolga.
- Les plaines : sur l'axe d'El Outaya à Doucen est se développent vers l'Est et couvrant la quasi-totalité des daïrate d'El Outaya et sidi Okba et la commune de Doucen.
- Les bas-fonds : situés au Sud-Est de la wilaya, ils constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au-dessous de celui de la mer [40].

### 1.2.2 Données climatiques

Le climat de Biskra est un climat saharien, sec en été et froid en hiver. La pluviométrie est en moyenne entre 120 et 150 mm/an. La température moyenne sur toute l'année est de 22,5 °C.

Les données climatiques sont non seulement des éléments décisifs du milieu physique mais elles ont aussi des répercussions profondes sur les êtres vivants animaux et végétaux [40]. Les facteurs climatiques de la région de Biskra retenus sont les précipitations et la température.

### 1.2.3 Pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale [40].

La région des Ziban se caractérise par une très faible pluviométrie, variant entre 0 et 200 mm par an. Les pluies tombent d'une manière irrégulière et peuvent être torrentielles.

Tableau 1.1: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Biskra de 1997 à 2017[1].

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
P	38,42	20,81	8,78	11,13	10,46	0,23	0,05	0,55	19,88	12,97	20,11	9,63

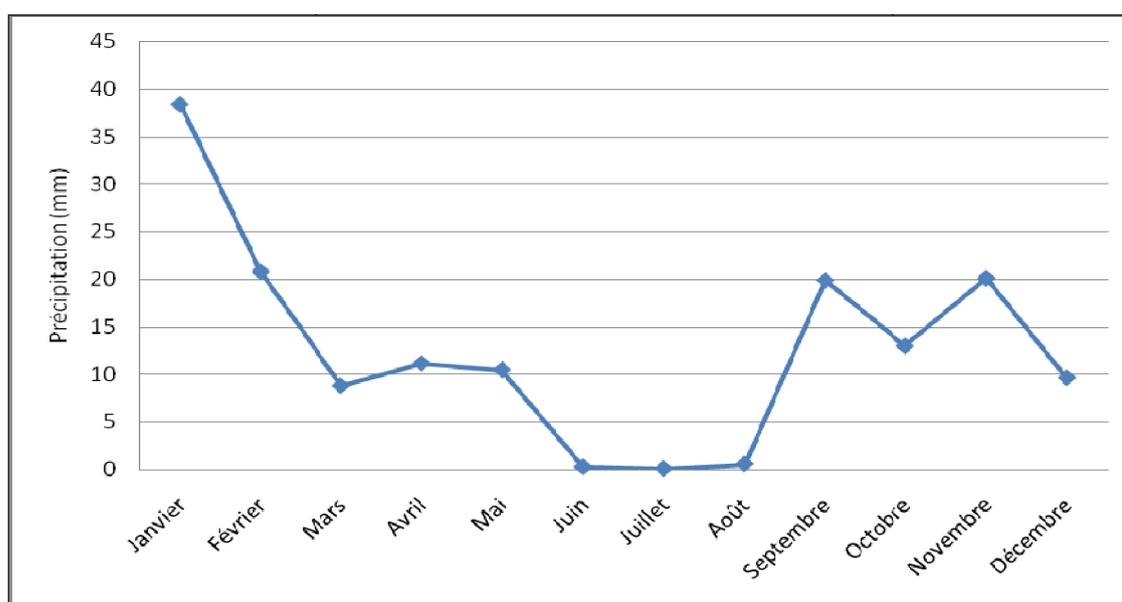


Figure 1-2 : Précipitations moyennes durant la période 1997 – 2017[1].

#### 1.2.4 Température

La température est un facteur écologique capital. Elle agit sur la répartition géographique des espèces animales [40].

La région de Biskra se caractérise par une forte température (moyenne annuelle : 22.59°C), avec de fortes variations saisonnières.

Dans le cas présent la région d'étude est soumise à l'influence thermique du désert.

Le Tableau 1.2 rassemble les valeurs des températures moyennes mensuelles respectivement de l'année 1997 à 2017 de la région de Biskra (Figure 1-3).

Tableau 1.2 : Températures moyennes, minima et maxima de la période 1997 à 2017[1].

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyen
T° moy	10,59	12,48	17,42	22,49	27,53	31,44	33,78	33,89	27,77	24,02	16,78	12,89	22,59
T° min	5,97	7,62	11,50	16,27	21,33	24,68	27,94	27,73	21,86	17,94	11,89	8,83	16,96
T° max	15,70	17,89	23,50	28,60	33,82	37,81	40,93	40,10	33,23	30,36	22,52	17,79	28,52

T° max: Températures moyennes mensuelle des maxima, T° min: Températures moyennes mensuelle des minima, T° moy : Températures moyennes mensuelles.

Durant la période de 1997 à 2017, les températures moyennes minimales mensuelles sont les plus basses durant le mois de janvier 5,97°C, alors que le mois le plus chaud de l'année, est généralement le mois de juillet la température peut atteindre jusqu'à 27,94°C.

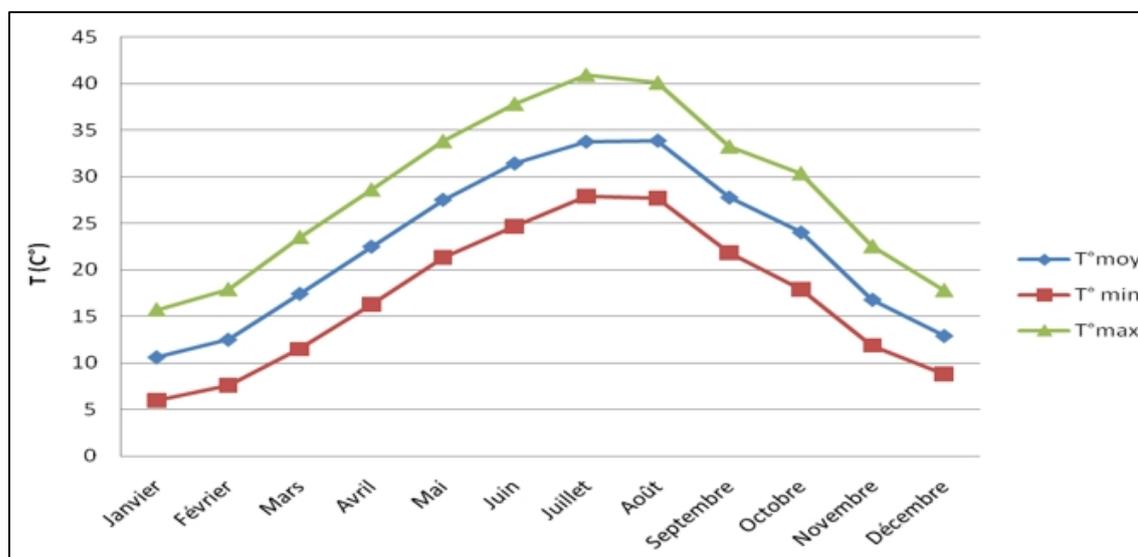


Figure 1-3 : Températures moyennes, minima et maxima de la période 1997 à 2017[1].

Pour les températures moyennes maximales mensuelles, on remarque qu'elles sont plus faibles durant le mois de janvier de l'année 1997 jusqu'à l'année 2017 avec une température moyenne de 15,70°C.

Par contre, le mois le plus chaud de l'année est juillet, où elle atteint 40,93°C (Tableau 1.2).

Concernant les températures moyennes mensuelles de la période 1997 jusqu'à l'année 2017, on constate qu'elles sont plus basses durant le mois de janvier (10,59°C). En été, les températures moyennes mensuelles sont plus élevées, durant le mois d'Aout avec 33,89°C (Tableau 1.2).

### 1.3 Synthèse bioclimatique de la région de Biskra

La synthèse des données climatiques est représentée par le diagramme ombrothermique de Gaussen et par le climagramme d'Emberger.

#### 1.3.1 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de calculer la durée de la saison sèche et de la saison humide. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.

En effet le climat est sec quand la courbe des précipitations descend au-dessous de celle des températures. Il est humide dans le cas contraire [40]. D'après le diagramme ombrothermique de Gaussen appliqué à la région d'étude sur 20 ans, la période sèche s'étale sur onze mois, quant à la période humide, elle est réduite en hiver à un seule mois qui est Janvier (Figure 1-4).

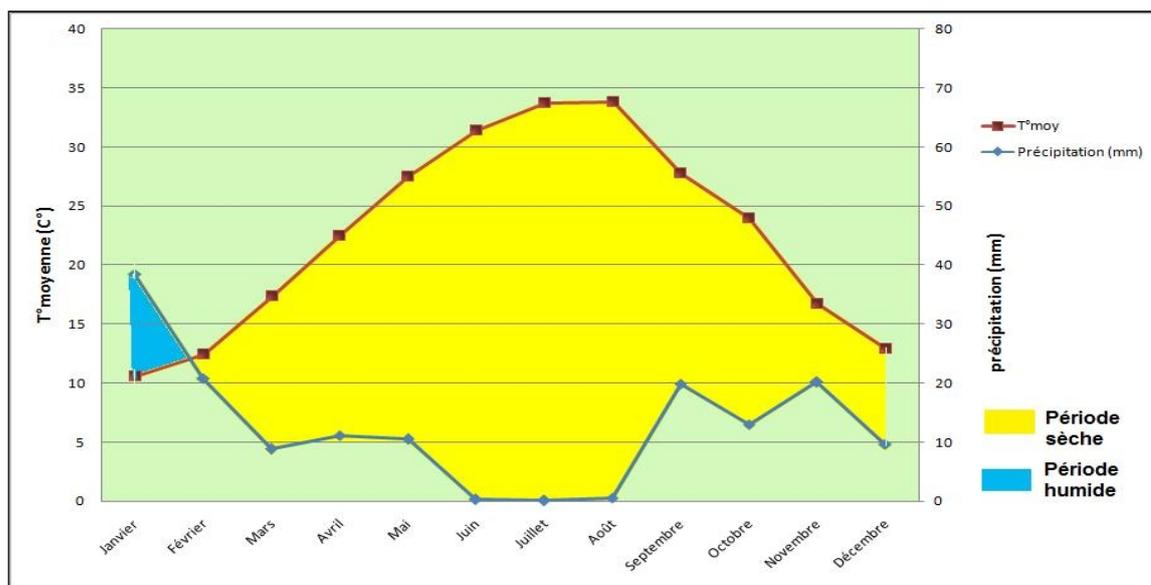


Figure 1-4: Diagramme Ombrothermique de Gausson de la région de Biskra pour la période 1997 à 2017.

### 1.3.2 Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) d'Emberger correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations ( $P$  en mm) et, pour les températures, d'une part de la « moyenne des minimas du mois le plus froid » ( $m$ ), d'autre part de la « moyenne des maximas du mois le plus chaud » ( $M$ ).

Ces deux valeurs thermiques extrêmes permettent d'évaluer la « température moyenne »,  $(M + m)/2$ , et « l'amplitude thermique extrême moyenne » ( $M - m$ ). Cette dernière, traduisant la continentalité d'une station, intégrerait approximativement l'évapotranspiration. Ce quotient ne tient pas compte de la valeur absolue de  $m$ , variable discriminante dans les régions concernées puisqu'elle conditionne la durée et le degré de la période des gelées, Emberger propose, alors l'établissement d'un « climagramme » comportant  $m$  en abscisse et  $Q_2$  en ordonnée. Dans un deuxième temps, celui-ci est subdivisé en zones correspondant à divers étages bioclimatiques méditerranéens selon un gradient d'aridité.

Stewart [40] a adapté pour l'Algérie, une formule qui assimile la moyenne des températures,  $(M + m)/2$ , à une constante ( $k = 3,43$ ), qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{M - m}$$

D'après les données climatiques de la région de Biskra en 1997 – 2017

Région	P (MM)	M	m	$Q_2$	Etage
Biskra	153.01	40.93	5.97	15.01	Saharien à hiver tempéré

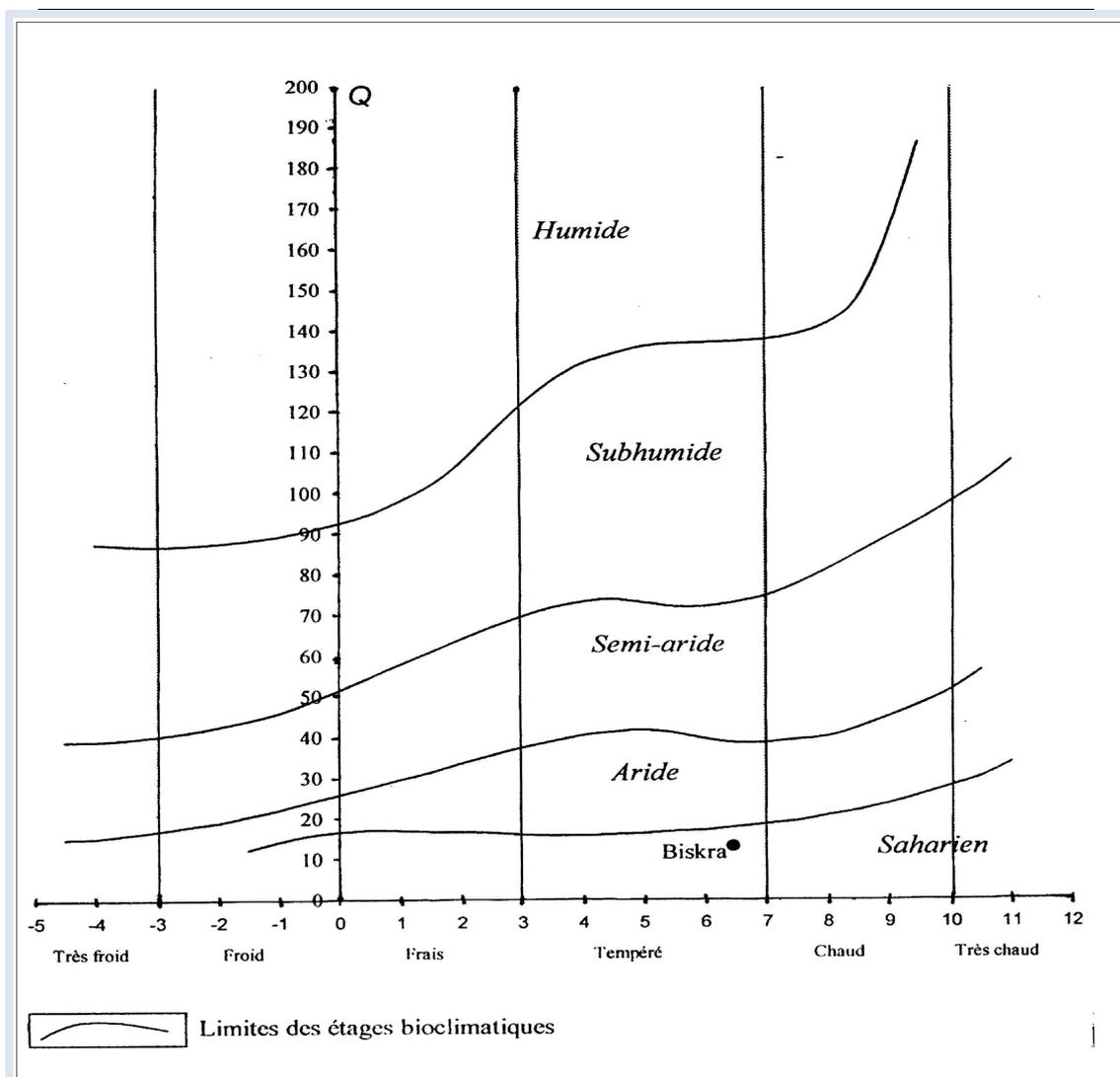


Figure 1-5 : Localisation de la région de Biskra sur le climagramme d'Emberger

#### 1.4 Patrimoine agricole

Les principales cultures pratiquées dans la région de Biskra sont la culture du palmier dattier, les cultures sous abris serres et l'arboriculture fruitière, les grandes cultures et les cultures industrielles.

Une des caractéristiques majeures de l'agriculture saharienne, est la culture du palmier dattier, centrée autour de la micro société que représente l'oasis.

La phœniciculture par la place qu'elle occupe constitue l'ossature de l'économie de la région, elle permet non seulement la production dattière source de revenus appréciable pour les populations oasiennes en particulier et saharienne en général, elle joue aussi le rôle de couvert végétal pour beaucoup d'espèces cultivées en intercalaire (arbres fruitiers, cultures maraîchères). Le patrimoine phœnicicole de la wilaya de Biskra est composé d'une gamme de 120 cultivars. La région des Ziban est une grande productrice de dattes de l'excellente variété Deglet Nour qui jouit d'une renommée mondiale [40].

Depuis presque deux décennies, cette filière a enregistré un développement considérable dans la région, ce qui a permis à la wilaya de devenir le premier pôle dans le pays en matière de cultures protégées (cultures sous serres). Elle occupe en même temps une place très avancée en production de primeurs de plein champ (fève, petit pois, melon, pastèque etc.).

Les arbres fruitiers les plus importants dans la région sont l'abricotier, le figuier, l'olivier, le grenadier, le pommier et les agrumes composés par des orangers et des citronniers [41].

Les productions des céréales et des fourrages sont souvent instables d'une année à une autre à cause des calamités naturelles (sécheresse, inondation et irrégularité des crues surtout aux stades végétatifs critiques).

Les cultures industrielles caractérisent les exploitations du Zab chergui (axe Sidi Okba – Z'ribet El Oued) où les cultures de tabac à priser et du henné sont les plus déterminantes, [40].

La longue histoire de culture oasienne est donc à l'origine d'une diversité génétique exceptionnelle, de savoir et savoir-faire dans la conduite du palmier dattier, des autres cultures sous-jacentes et des animaux [42].

Selon VILADERBO [43], la nature particulière du palmier dattier, ses exigences climatiques, indispensables à sa croissance, font de l'environnement de la palmeraie un biotope extrêmement spécial, peu favorable au développement des insectes en général. Il en résulte que la plupart des déprédateurs du dattier ou de la datte sur pied ne s'attaquent qu'à cette seule plante.

De même des études menées au niveau des palmeraies des Ziban ont montré les attaques de plusieurs ravageurs qui sont respectivement le foreur des rachis des palmes du palmier, *Apate monachus* (Fabricius, 1775)[44], *Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti, 1868 [44], *Ectomyelois ceratoniae* Zeller et *Carpophilus hemipterus* Leach sur les dattes tombées au sol ou en voie de dépérissement. De même il a été noté la présence des parasites d'*Ectomyelois ceratoniae* tels que *Habrobracon hebetor* et *Phanerotoma flavitestacea* [44]. En fin DHOUIBI et al. [27], ont signalé que l'acarien boufaroua *Oligonychus afrasiaticus* (Mc Gregor, 1939) migre vers d'autres plantes-hôtes où il se maintient jusqu'à l'année suivante. Les sites d'hivernation sont constitués essentiellement de déchets de dattes, et particulièrement des dattes non fécondées, et le chiendent, une étude détaillée sur le palmier dattier et ces principaux ennemis précités dans le chapitre suivant.

## **CHAPITRE 2 : LE PALMIER DATTIER**

### 2.1 Taxonomie

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L. 1734), qualifié de « prince du monde végétal » par LINNE, doit son nom au fait que Phoenix signifie, chez les Grecs de l'antiquité, arbre des phéniciens, et dactylifera dérive de dactylos c'est-à-dire doigt, allusion à la forme du fruit[45]; [45]. Le dattier est une Monocotylédone dioïque de la famille des Palmaceae, sous famille ou tribu des coryphinées dans la classification de MARITUS et BLUME [45].

*Phoenix dactylifera* L. a 36 chromosomes ( $n = 18$ ;  $2n = 36$ ), mais des cas de polyploïdie, d'aneuploïdie et d'euploïdie ont été signalés avec des variétés de date irakiennes (Sayer: 32, 34, 36 et 64 et Khasab: 32 et 36) [46].

### 2.2 Origine et aire géographique actuelle du palmier dattier

#### 2.2.1 L'origine

Certains pensent que le palmier dattier cultivé provient de Phoenix existant encore dans le voisinage de son aire de dispersion primitive, (le sud-ouest asiatique ou l'Afrique nord-orientale), à partir de laquelle il se serait répandu. D'autres supposent qu'il a pu naître d'une ou plusieurs formes sauvages distribuées dans son aire actuelle de dispersion et plus ou moins passées dans les formes cultivées [46].

#### 2.2.2 Répartition géographique

Le dattier étant une plante xérophile, il ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds et son aire de culture s'étale dans l'hémisphère Nord entre les parallèles 9° (Cameroun) et 39 ° (Elche en Espagne), ou il bénéficie d'une situation particulière lui

permettant de mûrir ses fruits [46]. Les zones les plus favorables sont comprises entre le 24° et 34° de latitude Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte, Irak,...etc.). Aux Etats-Unis la culture s'étend du 33° au 35° parallèle[46].

En Algérie mis à part les palmiers éparpillés sur le littoral comme arbres d'ornement, la zone de culture se situe dans les régions présahariennes et sahariennes, notamment dans l'Est du pays.

## 2.3 Morphologie

### 2.3.1 Le système racinaire

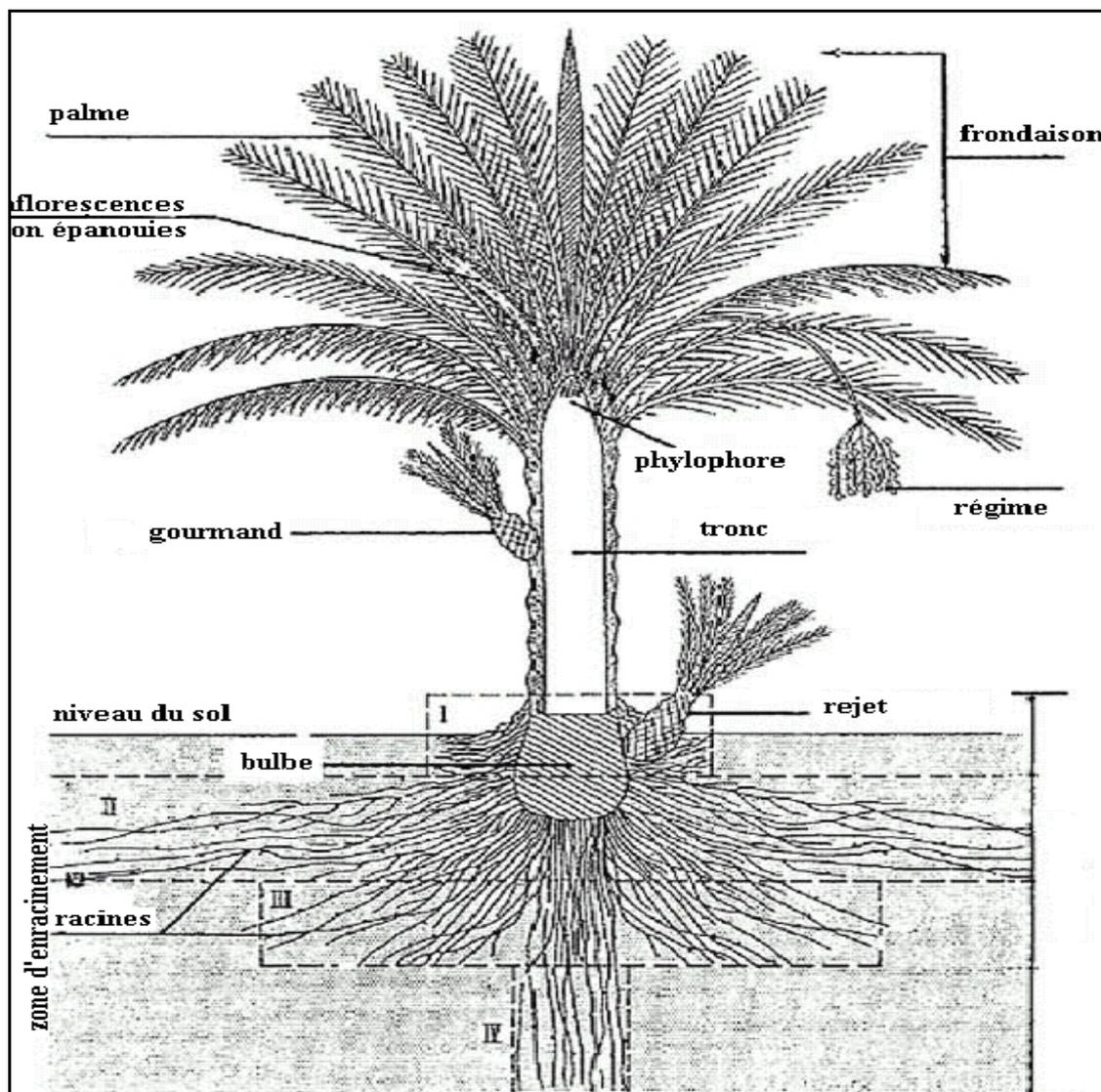


Figure 2-1: Figuration schématique du palmier dattier [45]

Le système racinaire du palmier dattier est du type fascicule, très développé. On peut distinguer 4 zones d'enracinement : Zone I à racines respiratoires, Zone II à racines de nutrition, Zone III à racines d'absorption et Zone IV des racines à géotropisme positif qui peuvent être plus ou moins longue selon la profondeur du niveau phréatique[45], [47] (Figure 2-1).Le développement des racines est fonction : De la nature du sol, du mode de culture, de la profondeur de la nappe phréatique, et du cultivar ou varié

### 2.3.2 Le stipe (tronc)

Le palmier dattier est une plante arborescente à tronc monopodique de forme généralement cylindrique ou parfois tronconique (le Ghars), ce tronc recouvert par les bases des palmes porte le nom du stipe qui peut atteindre 30 à 40 m [48].

A l'aisselle de chaque palme se trouve un bourgeon axillaire (adventif) qui en se développant peut donner naissance à une inflorescence (dans la partie coronaire), à un rejet (dans la partie basale), ou à un gourmand dans la partie moyenne et sous coronaire. L'aptitude d'émission des rejets est une caractéristique variétale (ex. Rhars : 4-5 ; Deglet Nour : 10 – 15) [47].

### 2.3.3 La couronne ou frondaison

Les palmes s'insèrent sur des cercles concentriques, des plus âgées vers les moins âgées.

### 2.3.4 Les palmes (feuilles)

Les palmes (Djerid) sont des feuilles « composées pennées » insérées en hélices très rapprochées sur le stipe. Elles comportent : Une gaine pétiolaire (Cornaf) enfuie dans un feutrage dense (Lif), un pétiole (rachis), semi-cylindrique, épineux vers la base (Chouque/Sreb) et dur et des folioles (Saaf), ces folioles ont un épiderme recouvert d'un enduit cireux. Les palmes sont issues du bourgeon terminal. Les jeunes feuilles

présentent un limbe entier à nervation pennée qui se déchire par la suite en folioles.

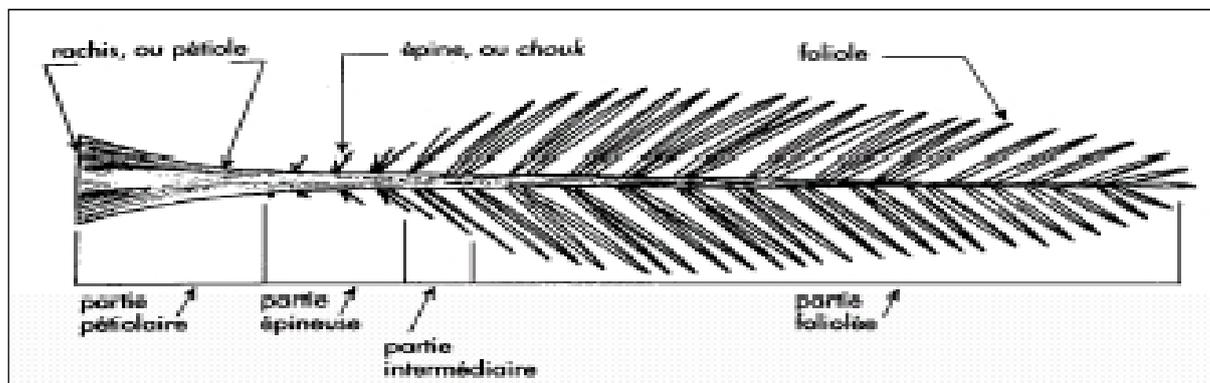


Figure 2-2: Une palme [49]

On utilise fréquemment les caractères des palmes pour différencier les variétés ; parmi les plus stables de ces caractéristiques on cite la disposition des folioles et des épines sur le rachis et les angles entre folioles, et entre folioles et rachis. Les autres caractères (proportion entre segments à épines et à folioles, disposition des palmes sur le tronc « phyllotaxie »...etc.) sont trop fluctuants, notamment en fonction des conditions du milieu [45].

### 2.3.5 Les inflorescences

Le palmier dattier est une plante dioïque, dont les inflorescences sont des grappes d'épis (spadice ou régimes). Les fleurs sont sessiles et insérées sur un axe charnu ramifié, le tout est entouré d'une gaine : la spathe (talla). Chaque spadice ne comporte que des fleurs de même sexe. Ces inflorescences naissent à partir des bourgeons floraux situés à l'aisselle des feuilles dans la région coronaire du stipe.

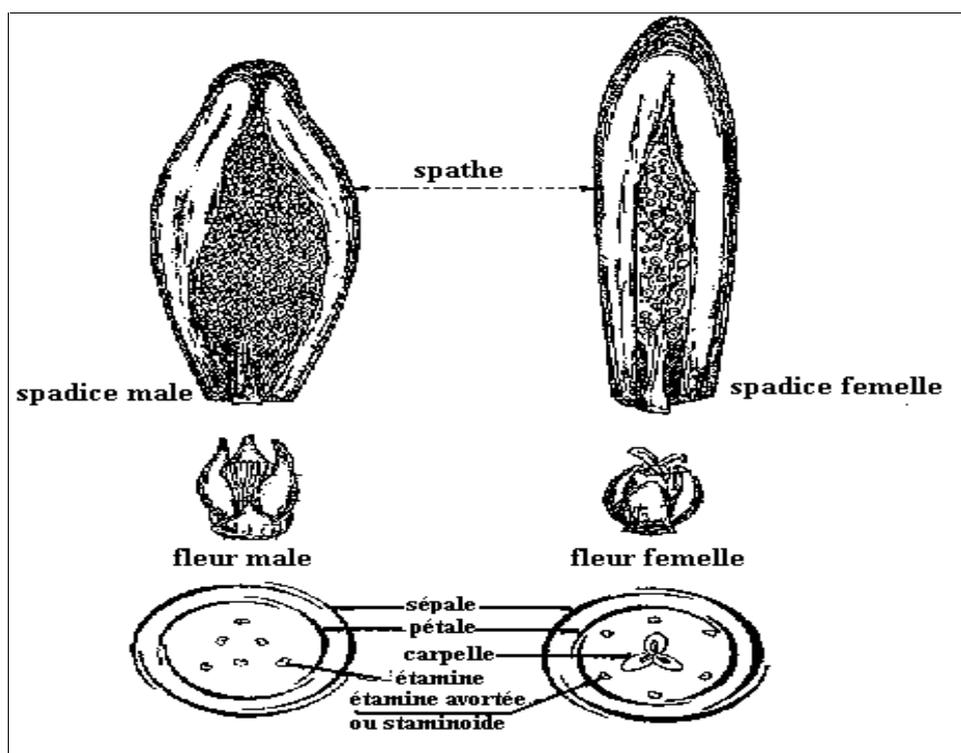


Figure 2-3: inflorescences et fleurs du dattier [45]

### 2.3.6 Les inflorescences males

Les fleurs males sont blanc ivoire, d'une forme légèrement allongée. La corolle est composée de trois pétales légèrement allongés et pointus, et de trois étamines remplies de pollen. Le calice, en forme de cupule, comporte trois sépales soudés. Lorsque la fleur male est épanouie, elle exhale une odeur caractéristique.

### 2.3.7 Les inflorescences femelles

Les fleurs femelles ont une couleur entre ivoire (Deglet Noir). Elles sentent à maturité la pâte à pain. La fleur femelle est globuleuse, d'un diamètre de 3-4 mm. La corolle est constituée de trois pétales ovales et arrondis et de trois étamines avortées ou staminodes. Le calice est en forme de cupule ou cupuliforme. Il comporte trois sépales soudés. Le gynécée est formé de trois carpelles indépendants comportant chacun un ovule.

### 2.3.8 Le fruit (la graine)

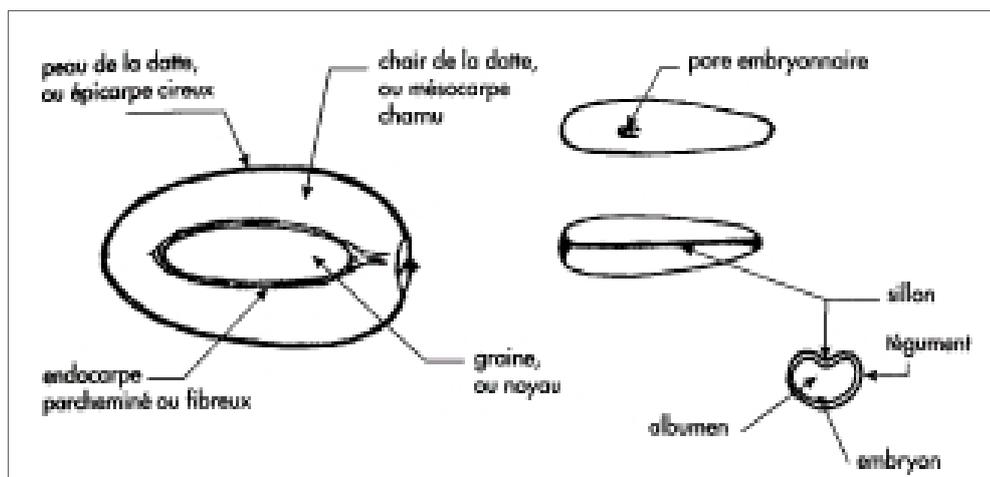


Figure 2-4: Une date et son noyau [49]

La date est une baie contenant une seule graine « noyau », elle est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin épicarpe cireux. Le noyau est entouré d'un endocarpe membraneux. Il est de forme allongée, plus ou moins volumineuse et dure, avec un sillon ventral. Selon la variété, les conditions environnementales, et les soins techniques donnés (fertilisation, pollinisation, amincissant...) [46]. Entre nouaison et le stade final, on distingue cinq stades intermédiaires, qui sont suivant l'ordre chronologique de ces stades nommés : Loulou, Blah (Khalal), Besser, Rutab et Tamar.

Au cours du processus de développement, la taille, le poids, les teneurs en sucres et en tanins, la couleur du fruit se modifient. Ces modifications sont illustrées dans le graphe suivant :

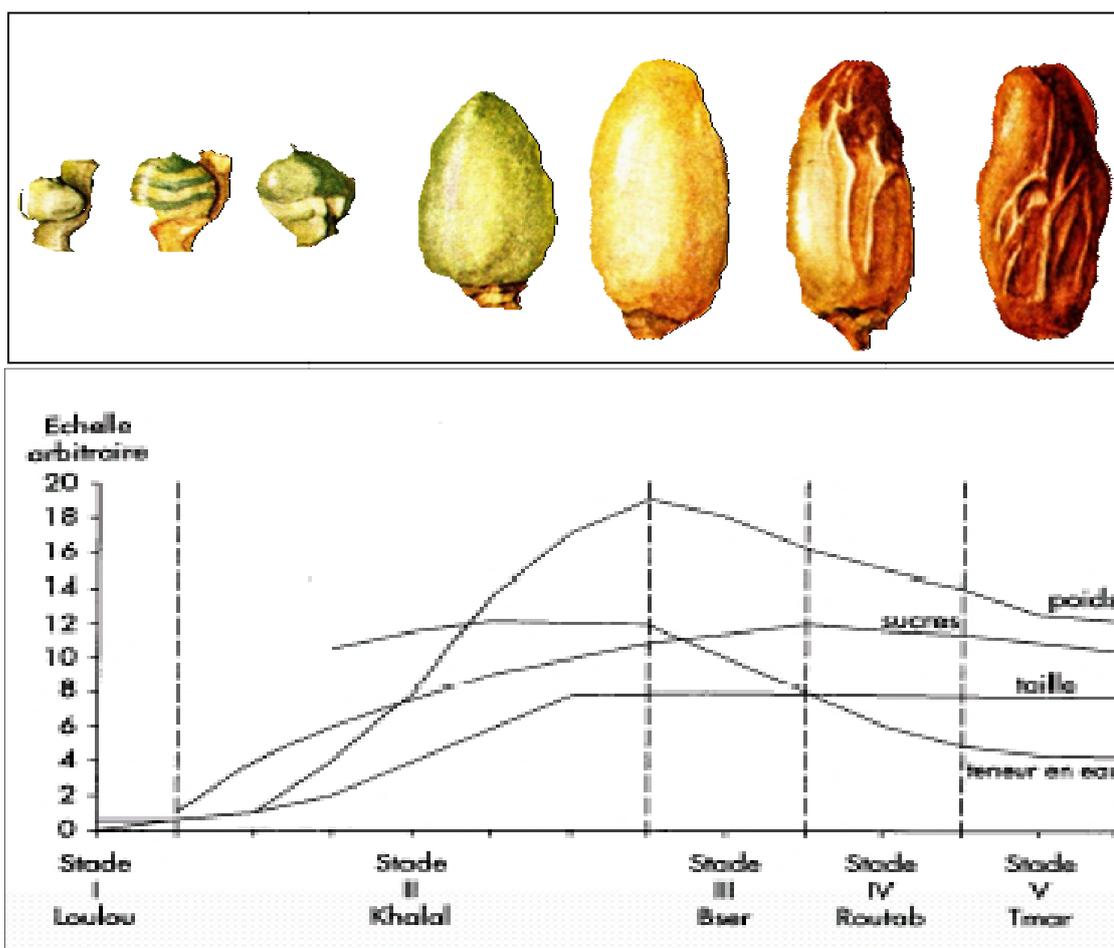


Figure 2-5: l'évolution de la datte en fonction du stade de maturation, du stade I au stade V [49]

- **Stade Loulou:** Il commence après la fécondation. Les dattes ont alors une croissance lente, une couleur verte et une forme sphérique. Il dure 4 à 5 semaines.

- **Stade Khalal:** C'est un stade de sept semaines environ. Il se caractérise par une croissance rapide en poids et en volume. Les fruits ont une couleur vert vif et un goût âpre à cause de la présence de tanins.

- **Stade Besser:** Il se caractérise par une accumulation de sucres se traduisant par un goût sucré du fruit. La datte vire du vert au jaune ou rouge selon les cultivars. Son poids n'augmente que faiblement, et diminue même à la fin du stade qui dure 3 à 5 semaines.

- **Stade Rutab (Mertouba):** Chez certains cultivars le stade Mertouba correspond à la datte mûre. Le poids et la teneur en eau

diminuent, et la couleur devient brune au cours des 2 à 4 semaines de cette phase.

- **Stade Tamar:** C'est le dernier stade correspondant à la maturation de la datte. La teneur en eau continue à diminuer et la couleur devient plus foncée, surtout chez les dattes molles et demi-molles. Pour les variétés sèches, la couleur du fruit reste toutefois claire.



Figure 2-6 : Développement des stades phénologiques des dattes(en haut Deglet Nour site Sidi Okba, en bas Ghars site Ourelal) (Originale)

Le poids, les dimensions, la forme et la couleur de la datte varient en fonction des cultivars et des conditions de culture. La consistance constitue aussi une caractéristique du cultivar car la datte peut être molle, demi-molle ou sèche [49]. La chaire de la datte mûre est composée en majorité de sucres soit 70% à 75% du poids sec sans la graine. Il s'agit du saccharose, du glucose, du galactose, du xylose, etc. Le taux d'humidité du fruit est inférieur à 40% au stade de maturité, quelle que soit la consistance (molle, demi- molle).

BENMEHCENE[50], rapporte que la datte est riche en vitamine A, moyennement riche en vitamine B1, B2, B7, et pauvre en vitamine C.

Elle contient des éléments minéraux, surtout du potassium, mais aussi du phosphore, du calcium et du fer.

#### 2.4 La composition de la datte

La proportion du noyau par rapport à la datte constitue une caractéristique variétale ; une donnée d'appréciation des qualités commerciales ; Un critère de sélection pour le prospecteur. Ce rapport dépend du cultivar, mais aussi des conditions de culture.

Les constituants de la chair sont déterminés par des analyses : Eau ; Sucres (glucose, fructose, saccharose) ; Cellulose ; Eléments minéraux (N, P, K, Cu, Mg) ; Et autres (tannins, vitamines, produits aromatiques, acides aminés...) La datte est riche en éléments minéraux et en vitamines (B, PP et A) La valeur énergétique de la datte est au moyen 300 calorie par 100 grammes. Sa valeur énergétique, son apport en éléments minéraux et en vitamines font de la datte un aliment d'un grand intérêt nutritif[49].

#### 2.5 Classification des dattes

D'après MAATALLAH [51], il y a trois types de classification :

- La classification commerciale
- La classification selon la consistance de la datte
- La classification de point de vue biochimique

La classification la plus répandue est celle ayant trait à la consistance de la datte. On trouve trois grandes catégories qui sont :

- Dattes molles (Ghars).
- Dattes demi molles (Deglet Nour).
- Dattes sèches (Mech Degla).

## 2.6 Les variétés du dattier étudiées

Les cultivars de palmier dattier retenus pour notre étude sont ; Deglet Nour, Ghars et Mech Degla. Les trois variétés sont décrites par BELGUEDJ [51] dans le Tableau 6.1

Tableau 2.1 : Description des trois variétés de dattes étudiées [51]

Variétés	Deglet Nour	Ghars	Mech Degla
<b>Caractéristiques du cultivar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nom vernaculaire : Deglet Nour</li> <li>- Sens du nom : doigts de la lumière</li> <li>- Importance et répartition : réparti dans toutes les palmeraies du sud est algérien</li> <li>- Date de maturité : octobre – novembre</li> <li>- Date de récolte : novembre - décembre</li> <li>- Utilisation : fraîche et conservée</li> <li>- Mode de conservation : Pilée</li> <li>- Appréciation : dattes excellentes au goût exquis</li> <li>- Commercialisation : très importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nom vernaculaire : Ghars</li> <li>- Sens du nom : Pâteux et collant</li> <li>- Importance et répartition : abondant dans les palmeraies du sud est algérien</li> <li>- Date de maturité : août – septembre</li> <li>- Date de récolte : septembre</li> <li>- Utilisation : fraîche et conservée, utilisée surtout en confiserie</li> <li>- Mode de conservation : Ecrasé et pilée</li> <li>- Appréciation : dattes excellentes</li> <li>- Commercialisation : importante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nom vernaculaire : Mech Degla</li> <li>- Sens du nom : dattes qui n'est pas Deglet Nour</li> <li>- Importance et répartition : abondant</li> <li>- Date de maturité : octobre</li> <li>- Date de récolte : octobre - novembre</li> <li>- Utilisation : fraîche et conservée</li> <li>- Mode de conservation : En sacs ou régimes</li> <li>- Appréciation : dattes excellentes très digestibles</li> <li>- Commercialisation : très importante surtout au nord du pays</li> </ul>
<b>Caractéristiques morphologiques des organes végétatifs</b>	<p>Le stipe ; élancé et de forme cylindrique, parfois vigoureux, très garni de liff.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les palmes ; très longues, souples, flexibles et courbées surtout à partir de la couronne moyenne, couleur vert clair avec nuance jaunâtre. La longueur moyenne d'une palme de la couronne moyenne est de 4.5m, celle de la partie épineuse est de 1.25m.</li> <li>-Les folioles sont très longues et peu larges, souples et ployées vers le bas, disposées 2 par 2 et de 3 bien espacées tout le long du rachis.</li> </ul>	<p>Le stipe ; de forme cylindrique, de grand diamètre et portant beaucoup de liff.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les palmes : peu nombreuses plus d'une cinquantaine, d'une couleur vert prononcé. L'envergure de la palme est de 400 cm en moyenne.</li> <li>-Les folioles sont abondantes de l'ordre de 200 mais ont des dimensions réduites, elles sont rigides, flexibles et disposées deux par deux</li> <li>-Les épines sont fines et flexibles, disposées par</li> </ul>	<p>Le stipe ; gros diamètre de forme cylindrique, parfois élancé et portant beaucoup de liff.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les palmes ; sont seulement 57 palmes en moyenne à garnir ce cultivar, de couleur vert foncé et sont relativement longues, dépassant les 500 cm avec des larges pétioles.</li> <li>-Les folioles sont en nombre de 141 en moyenne, alternées une par une.</li> <li>-Les épines, au nombre de 29 en moyenne, sont rigides et longues.</li> </ul>

	-Les épines assez longues et assez fortes, leur base est toujours jaunâtre. Elles forment après une dizaine d'épines solitaires, des groupes de 2 et peu de groupes de 3 assez espacés.	groupe de deux seulement et sont de 18 paires.	
<b>Caractéristiques morphologiques des organes de fructification</b>	de forme fuselée à ovoïde, légèrement aplatie du côté du périanthe, ses dimensions sont de l'ordre de 6 /1.8 cm et un poids moyen de 12 g.  L'épicarpe est lisse, brillant se plissant une fois la datte ramollit et un mésocarpe fin de texture fibreuse.	C'est une datte qui se caractérise par une consistance très molle à maturité complète, ses dimensions sont de l'ordre de 4 /1.8 cm et un poids moyen de 9 g.  L'épicarpe est vitreux, brillant, collé et légèrement plissé.  Le mésocarpe est charnu, de consistance molle et de texture fibreuse.	C'est la plus populaire des dattes sèches compte tenu de ses qualités gustative, sa facilité de conservation et ses multiples utilisations.  Elle est de forme sub-cylindrique, légèrement allongée et aplatie à la base, sa taille est de l'ordre de 3.5/1.8 cm et son poids moyen est de l'ordre de 6.5 cm.  A maturité elle est plutôt beige claire teinté d'un marron peu prononcé.  Son épicarpe est ridé, peu brillant et cassant. Le mésocarpe est peu charnu, de couleur blanche de consistance sèche et de texture farineuse.

## 2.7 Exigences écologiques du dattier

### 2.7.1 Exigences climatiques

Le palmier dattier est cultivé dans les zones arides et semi-arides, caractérisées par des températures élevées, une forte luminosité, une faiblesse voire absence de pluies et un faible taux hygrométrique.

### 2.7.2 Température

Le palmier dattier est une espèce thermophile (le zéro de végétation = 10°C). A partir de la température 32°C l'activité végétative se stabilise à l'optimum, puis décroît à partir de 38° a 40°C. La floraison

exige des températures élevées, le zéro de floraison est fonction de région et de variété, (ex. Elche Espagne : 17°C ; Oued Righ : 20°C). La sortie des inflorescences est plus ou moins étalée dans le temps selon les conditions climatiques, 30 à 50 jours.

La durée d'évolution de la datte varie selon les variétés et les régions de 100 à 200 jours, de mai octobre, Ex. 180 jours Pour la Deglet-Nour, et 150 jours pour le Ghars. Pour étudier cette période de fructification on utilise généralement un indice thermique appelé "chaleur de fructification"(exp. 792 à Elche (Espagne) et 1880 à Biskra) [51].

### 2.7.3 Pluviométrie

La pluviométrie des régions sahariennes est insignifiante pour assurer l'irrigation du palmier dattier, à titre d'exemple, à Biskra il ne tombe que 138 mm ce qui ne couvre pas les besoins du palmier (2370 mm). Cependant, les pluies qui interviennent durant les périodes de fécondation des fleurs et à la maturité des dattes peuvent être catastrophiques.

### 2.7.4 L'hygrométrie

Le palmier dattier est sensible à l'hygrométrie de l'air, surtout durant la floraison ou la maturité. Les meilleures dattes sont récoltées à une hygrométrie faible (40 à 45 °C).

### 2.7.5 Les vents

Le palmier dattier résiste bien aux vents qui sont souvent violents et chargés de sable. Cependant, ils peuvent causer des dégâts sur les fruits : chute, piquûre et sur les autres organes du palmier, la cassure des hampes florales et les palmes. Ou encore, le dessèchement des dattes quand il s'agit des vents chauds[52]. En outre, le bouferoua prolifère durant la période à vent chaud chargé de particules sableuses.

### 2.7.6 La luminosité

Le palmier dattier est également une plante héliophile. La lumière est nécessaire pour la photosynthèse particulièrement intense chez le palmier dattier.

### 2.7.7 Exigences édaphiques

Le palmier dattier est peut exigeant en matière de sol. Il a prouvé son adaptation a une large gamme de sol, depuis les sables purs dans le Souf, jusqu'aux alluvions fluviales (limon et argile) de Oued-djedi et Oued Biskra. Ces sols ont la caractéristique de posséder des traces d'humus et une forte minéralisation. Cependant le palmier préfère des sols profonds, assez légers et normalement humides. [51]

### 2.7.8 Exigences hydriques

Les besoins en eau du palmier dattier sont estimés à enivrent 20000m<sup>3</sup>/ha/an par l'irrigation par submersion. En cas d'une irrigation localisée, ces besoins sont réduits presque de moitié.

### 2.7.9 Exigences en éléments fertilisants

Les besoins nutritifs du dattier sont variables avec l'âge, le stade végétatif, et la richesse du sol en éléments nutritifs. Pour les palmiers en pleine production, on préconise : 100 Kg de fumier, 500 g/an d'azote, 80 g/an de phosphore et 900 g/an de potassium [49].

Bien que le palmier soit l'espèce la mieux indiquée pour les conditions sahariennes, sa culture rencontre des difficultés liées au climat (année trop chaude, année pluvieuse, vent de sable, la nature des sols et des eaux d'irrigation (salinité), et aux questions phytosanitaire (myelois, bayoud, boufaroua,...etc.)

## 2.8 Les principaux ravageurs du dattier et la datte

### 2.8.1 Boufaroua

Est l'un des principaux ravageurs du palmier dattier, il peut déprécier toute une récolte, c'est un acarien tétranyque : *Oligonychus afrasiaticus* (Mc Gregor), de couleur rouge à rougeâtre et de 0.3 à 0.4mm.

Cet acarien pond ses œufs sur la datte, dès l'éclosion les larves se nourrissent de sa chair en suçant son jus.

Durant toute son activité, l'acarien se nourrit des dattes et rarement sur feuilles [53].

On reconnaît les dattes attaquées aux soies blanches ou grisâtres qui recouvrent tout le régime. De plus l'épicarpe du fruit encore non mûr est détruit et devient rougeâtre (dureté de l'épiderme), les fruits attaqués restent secs, devenant ainsi impropres à la commercialisation. Ses dégâts sont plus importants durant les années sèches et surtout dans les palmeraies mal irrigués et peu soignés. En 1981, les dommages causés à l'échelle nationale ont été estimés par les services de la protection des végétaux entre 30 et 70 % de la production dattière [53], [54].

La lutte contre ce parasite s'effectue par l'épandage du soufre et la chaux sur les régimes [55].

### 2.8.2 La cochenille blanche du dattier

La cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozzeti) est parmi les ravageurs qui s'attaquent aux palmiers dattiers et à leurs productions. Elle est présente dans toutes les régions de cultures du dattier.

Cet insecte s'attaque aux palmes qui se recouvrent d'une couche blanche. Il se nourrit de la sève et injecte une toxine qui altère le

métabolisme, en plus l'encroûtement des feuilles diminue la respiration et la photosynthèse [39]. Il se trouve aussi sur les feuilles dont le développement est arrêté. La cochenille peut entraîner une réduction de plus de la moitié de la production dattière, et rend les fruits inconsommables [55].

Vu que l'oasis est un milieu dont l'équilibre écologique est fragile. La lutte biologique y est donc particulièrement appropriée. La lutte biologique contre *Parlatoria blanchardi* Targ à l'aide de coccinelles exotiques mise au point par l'INRA d'Antibes est un bon exemple qui reste à étendre à d'autres ravageurs de la palmeraie [55].

### 2.8.3 L'apate monachus

Ce grand Bostrychide est une espèce xylophage, l'*Apate monachus* Fab est répandue dans les Oasis de Oued Rhir, Souf et Ziban, il s'attaque à divers essences ligneuses et fréquemment au palmier dattier [56], [57].

Espèce de grande taille, l'adulte et de 10 à 20 mm de long, la forme du corps est cylindrique, de couleur entièrement noir ou brun très foncé [57]. Ils apparaissent pendant le mois de Mars et Avril pour attaquer les palmes vertes voisines en y creusant des galeries pour s'alimenter d'abord puis se reproduire dans le bois mort, l'insecte peut forer plusieurs galeries pendant la période printanière et estivale [56].

TIRICHINE[56], signale qu'il est possible de rencontrer deux individus dans une seule galerie creusée par l'un deux.

L'attaque se manifeste au niveau de la couronne moyenne des palmes de l'arbre, adulte et la larve creuse des galeries obliques sur le rachis des palmes de 6 à 15 cm de long et de 0,6 à 0,8cm de diamètre.

Le stade ultime des dégâts peut entraver la vie normale du palmier, par diminution de la photosynthèse au niveau des palmes

attaquées, provoquant ainsi un déséquilibre physiologique qui aboutit un affaiblissement général de l'arbre [56].

#### 2.8.4 La pyrale des dattes

*Ectomyelois ceratoniae* Zeller est un ravageur de plein champ et de stockage, ce micro lépidoptère appartient à la famille des pyralidés, il est sans conteste le plus important déprédateur de palmier dattier en Algérie.

GOTHILF [38], BAKER [34], DHOUIBI [5], et KHOUALDIA[58], rapportent que les adultes de cette pyrale pondent sur les dattes en début de maturation et les chenilles se développent dans les fruits provoquant parfois une perte de production de l'ordre de 30 %, il se multiplie également dans les entrepôts de stockage des dattes avant la commercialisation.

L'infestation des dattes au champ et dans les aires de stockage déprécie énormément la qualité marchande des dattes et risque de compromettre les exportations notamment celles de la variété de Deglet Nour [58]. Une étude détaillée de cette pyrale fera l'objet du chapitre suivant.

## **CHAPITRE 3: LA PYRALE DES DATTES**

La pyrale des dattes est citée pour la première fois en tant que parasite de datte par DELASSUS et PASQUIER en 1931 au cours de leur présence à Biskra. L'apparition de la pyrale des dattes à Biskra est liée à l'implantation de Deglet Nour et avec l'augmentation de nombre de palmiers de cette variété [12].

Selon DOUMANDJI [59], *Ectomyelois ceratoniae* à deux zones de multiplications en Algérie. La première, une bordure littorale de 40 à 80 km de large, s'allongeant sur près de 1000 Km, la seconde constitué par l'ensemble des Oasis.

### 3.1 Systématique

La taxonomie de la pyrale des dattes se base essentiellement sur les critères morphologiques des adultes [60],[16] ;

Embranchement	: Arthropoda
Sous embranchement	: Mandibulata
Classe	: Insecta
Sous classe	: Ptérygota
Division	: Exopterygota
Ordre	: Lepidoptera
Famille	: Pyralidae
Sous famille	: Phycitinae
Genre	: Ectomyelois
Espèce	: <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller, 183

### 3.2 Plantes hôtes

L'*E.Ceratoniae* Zeller est un ravageur très polyphage recensé en Algérie sur 32 plantes hôtes ; grenadier, palmier dattier, figuier, caroubier...etc. [17] et [61].

Cependant WERTHEIMER [4], mentionne que dans la zone des Oasis de palmier dattier, la pyrale est un parasite spécifique des dattes, et essentiellement des dattes mûres et mûrissantes.

### 3.3 Morphologie et description

*Ectomyelois ceratoniae* est un lépidoptère connu par son extrême polychromie, ainsi les différents stades de développement se présentent comme suit :

Les œufs sont de forme ovale ne dépassant guère 0,56 mm, ils sont de couleur claire à la ponte et acquièrent au fil des heures la couleur rose s'ils sont fertiles [5], [4], et [12].

Tandis que, les larves d'*Ectomyelois ceratoniae* sont des larves éruciformes, leur corps est constitué de 12 segments en plus du segment céphalique [4], [26]. Sa croissance se fait par mues successives au cours desquelles la longueur des chenilles passe de 1 mm à 18 mm et la largeur de 0,1 à 3 mm. [16], [62], et [19]. La larve est polyphage, on distingue 5 stades larvaires de couleur rose qui se différencient les uns des autres par la taille [62] (Figure 3.1 b).

Le BERRE [12] mentionne que la chrysalide d'*Ectomyelois ceratoniae* ne présente pas des caractères particuliers (Figure 3.1 c). La durée de vie de chrysalide est indéterminée [3]. Elle mesure 9 à 11mm [62], [63]. Alors que l'adulte est de couleur gris clair, la longueur du corps varie de 6 à 12 mm. Les ailes antérieures sont grises pales avec deux lignes claires bordées d'écaillés noirâtres tandis que les ailes postérieures sont homochromes et plus claires, bordées d'une frange soyeuse [62], [63]. La longueur du corps, mesuré de la tête à l'extrémité

de l'abdomen varié de 6 à 14 mm, avec pour valeur moyenne 9,32 mm pour les mâles et 10.35 mm pour les femelles, dont l'envergure varierait de 24 à 26 mm. Les ailes sont bordées de longues soies claires à leur partie postérieure.[62], [64].

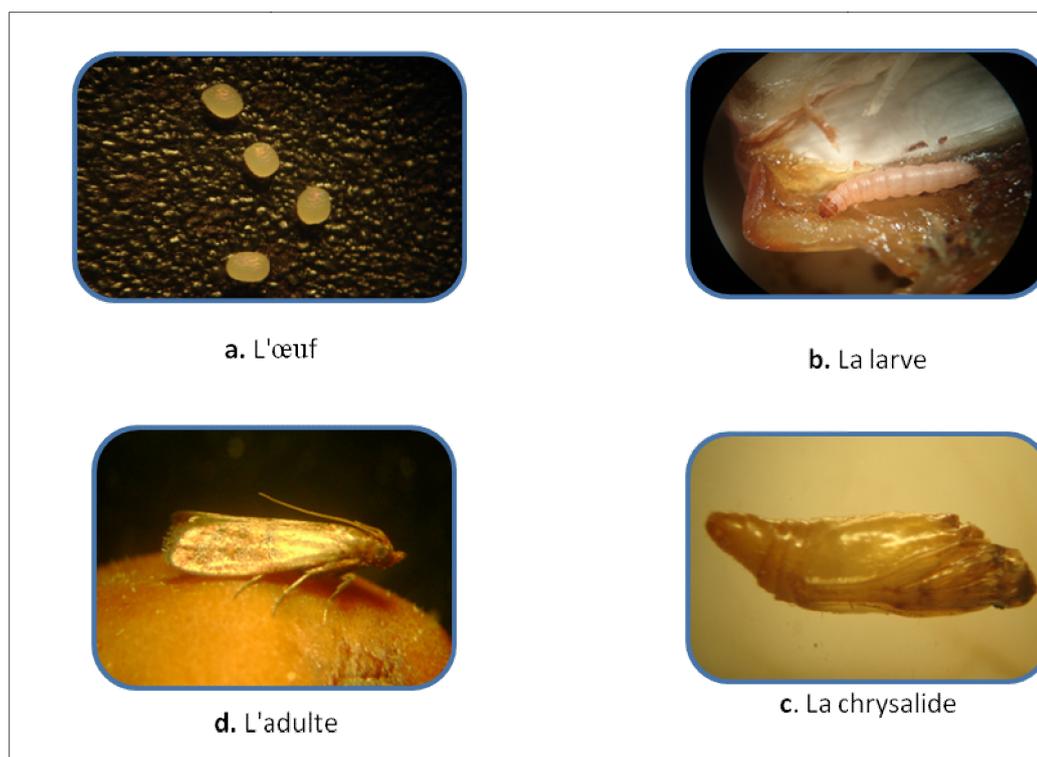


Figure 3.1 : Stades de développement d'*Ectomyelois ceratoniae* [80]

### 3.4 Cycle biologique

Comme tous les membres de son groupe entomologique, le *pyralidae* Myelois passe successivement par les stades d'œuf, chenille, chrysalide et adulte ailé [4].

Le BERRE [12], signale que dans la palmeraie où s'accomplit le cycle biologique annuel d'*Ectomyelois ceratoniae* dont les chenilles peuvent s'alimenter grâce aux dattes sur pied depuis la nouaison jusqu'à la cueillette. Outre ces chenilles entrent dans la datte juste après éclosion et creuse une galerie jusqu'à la cavité du noyau[39]. Ces chenilles évoluent lentement à l'intérieur des fruits, d'autant plus

lentement que la température est plus basse, chaque ver passe dans le même fruit l'automne et l'hiver et se nymphose au printemps[4].

En Algérie l'apparition des premiers adultes aura lieu entre les derniers jours de Mars et 15 Avril [4]. Vers le mois de Décembre correspondant à la fois à la fin de la récolte des dattes et aux conditions défavorables au développement ; les chenilles évoluent lentement à l'intérieur des fruits, d'autant plus lentement que la température est plus basse. Chaque vers passe dans le même fruit l'automne et hiver et se nymphose au printemps [4].

Selon DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI [14], la durée de vie de la chenille varié de 1 à 8 mois. Lorsqu'elle atteint sa taille maximale, le fruit dans lequel elle se trouve très est attaqué, sa pulpe est remplacée par des excréments, des fils de soie et des capsules, reliquats des différentes mues.

La chenille de dernier stade tisse un cocon soyeux et elle se transforme en nymphe qui présente toujours la tête tournée vers l'orifice qui se situé au niveau du pédoncule operculé par la soie. Ainsi, au moment de l'émergence le papillon n'aura à fournir qu'un léger effort pour s'échapper [3].

GOUTHILF [23], signale que les émergences des adultes ont lieu dans la première partie de la nuit.

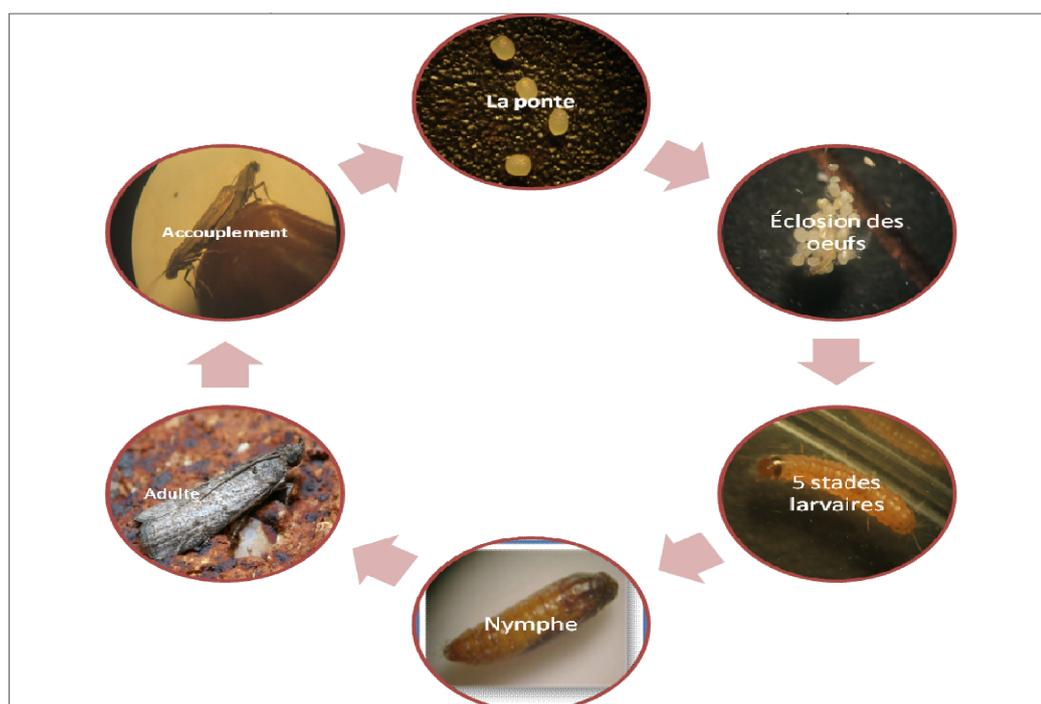


Figure 3.2: Cycle biologique de pyrale des dattes [80]

### 3.5 Nombre de générations

WERTHEIMER [4], montre que trois générations importantes se succèdent au cours de l'année et qu'une quatrième génération existe parfois.

Les adultes de la première génération proviennent des larves qui se sont développées dans les dattes restées au cours de l'hiver dans la palmeraie après la récolte. La phase larvaire qui s'étend de Septembre à Mars-Avril est particulièrement longue en raison de climat relativement froid de l'hiver saharien. L'émergence des adultes de première génération se fait lorsque la température moyenne dépasse 15°C. La période de vol s'étale sur les mois Avril, Mai et Juin.

Les œufs éclosent 3 à 4 jours après la ponte et les chenilles de cette génération se développent plus rapidement que les précédentes, en liaison avec l'élévation de température.

Les adultes de la deuxième génération apparaissent dès le mois de Juillet et ce vol se poursuit pendant le mois d'Août. Les chenilles

peuvent déjà se développer dans les nouvelles dattes dont certaines sont à un stade avancé de maturité.

Les adultes de la troisième génération qui proviennent de ces chenilles sont les principaux responsables de la contamination de la récolte pendante. Ce vol s'étale en effet sur les mois de Septembre, Octobre et Novembre, époque où la plus part des variétés des dattes sont mûres et pas encore cueillies.

Une quatrième génération d'importance numérique réduite prolongerait parfois l'action et la génération précédente.

Il apparait que sur les trois générations principales de larves d'*Ectomyelois ceratoniae*, les deux dernières sont déjà à même de s'alimenter avec les dattes de la nouvelle récolte. La nourriture des larves de la première génération, problème longtemps débattu, est largement fournie par les dattes oubliées de la récolte précédente, par des déchets organiques variés et par les autres fruits qui arrivent à maturité au printemps et ou début de l'été [12].

### 3.6 Dégâts

L'*Ectomyelois ceratoniae* constitue l'un des principaux déprédateurs qui occasionne des dégâts considérables sur les dattes. Selon WERTHEIMER [4] et LEPIGRE [3] le pourcentage d'attaque est de 8 à 10 % et peut atteindre 30 % au Nord de l'Algérie, mais cette proportion peut être plus élevée jusqu'à 80%, [45]. Il est extrêmement rare de trouver dans la même datte deux larves d'*Ectomyelois ceratoniae*[12],[65].

D'après DOUMANDJI-MITICHE [17], le pourcentage d'attaque peut aller jusqu'à 96% dans les palmeraies de Sud Algérien. A Ouargla, le même auteur a estimé en 1985 les dégâts provoqués par ce déprédateur sont de 42,5% de fruits attaqués au sol et qui augmente au niveau des lieux de stockages et cela jusqu'à 64,7%. Certains auteurs indiquent que le taux d'attaque peut aller de 4,4 à 23,8 % sur les dattes

de la variété Deglet Nour. [66]–[69] Ce taux d'infestation varie de 10 à 40 % sur la variété Deglet Nour des Etats Unis [30], [32], [29], et [28].



Figure 3.3 : Dégâts d'*Ectomyelois ceratoniae* sur Deglet Nour [80]

### 3.7 Méthodes de lutttes contre la pyrale des dattes

Les méthodes de lutte préconisées contre la pyrale des dattes sont :

#### 3.7.1 La lutte prophylactique

Elle permet de réduire remarquablement le niveau de population d'*Ectomyelois ceratoniae* dans les palmeraies, elle consiste à :

- Maintenir la palmeraie en parfait état de propreté et ramassage de tout les débris et le reste de récolte ;
- Tailler les djrids, cornafs et les régimes non récoltés afin d'éliminer les sources de réinfestation ;
- Ramasser et détruire les dattes tombées et délaissées par terre, ainsi que celles retenues au niveau de stipe, du cœur et de la frondaison ;
- Désinfecter les locaux de manipulation et de stockage ainsi que le traitement du matériel de tri après récolte ;
- Détruire les sites d'hibernation du ravageur ;

➤ L'ensachage des régimes permet de réduire les dégâts de la pyrale sur les dattes, il est conseillé d'utiliser un film de polyéthylène ou des sacs en mousselines à maille très fine pour protéger les régimes de Deglet Nour et pour empêcher les pontes d'*Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes au début maturité [58].

### 3.7.2 La lutte chimique

La lutte chimique contre ce ravageur n'a pas pour but de réduire les populations du ravageur vivant sur dattier seulement, il s'agit d'assurer une couverture des arbres (fruit) par un insecticide afin d'intoxiquer les œufs et les jeunes larves qui sont visées peu après l'éclosion, ce sont surtout les larves par l'action de contact du dépôt insecticide, lorsqu'elles explorent le fruit avant d'y pénétrer, il peut y avoir également intoxication par ingestion quand les larves effectuent des morsures exploratrices superficielles sur les fruits [3], [28], et [70].

Trois traitements sont recommandés en vu de lutter contre cet important déprédateur. Ils doivent être réalisés dès que les premières dattes commencent à virer et renouveler à intervalle de 15 jours correspond au stade Besser [70].

Pour un traitement fiable et homogène, il est conseillé de traiter l'ensemble des régimes et le cœur de palmier, comme il faut se conformer scrupuleusement aux stades de traitement afin d'assurer un délai suffisant avant récolte.

Les travaux portants sur l'utilisation de l'arme chimique montre que les insecticides semblent être d'un emploi difficile dans la mesure où l'application d'insecticide sur dattier n'a guère donné des résultats satisfaisants compte tenu du comportement particulier de l'insecte, son développement endophyte ne facilite pas le contact insecte–produit chimique [27].

### 3.7.3 Lutte biologique

Elle se base essentiellement sur l'utilisation des parasites entomophages, dont les principaux parasites de la pyrale des dattes sont :

### 3.7.4 Parasites Ovo – Larvaires

BILIOTTI et DAUMAL [71], montrent que, seuls les *Phanerotoma* ont donnés des résultats encourageants, difficile à généraliser. Le parasitisme dû à *Phanerotoma plannifons* Nees et *Phanerotoma flavestacea* Fisch étaient plus important (10 à 35% de parasitisme pour les dattes d'exportation et 23% pour les dattes écartées aux moments de tri), parmi ces deux entomophages le choix de la plupart des chercheurs s'est porté sur *Phanerotoma flavestacea* à cause de la bonne relation écologique entre l'hôte et le parasite (coïncidence régulière des éclosions d'adulte de l'hôte et de parasite).

*Phanerotoma flavestacea* est un hyménoptère Braconidae de la sous famille de Cheloninae, l'espèce a été décrite par Fischer en 1959. Elle semble répandue dans tout le bassin méditerranéen. Le représentant du genre vivent aux dépens de lépidoptère et appartiennent au groupe des parasites ovo-larvaire (ponte dans l'œuf de l'hôte et développement dans sa larve).

### 3.7.5 Parasite des œufs

La perspective de l'emploi des trichogrammes dans la lutte biologique des ravageurs est prouvée par des nombreux chercheurs [18]; [19] et [72].

De grands espoirs sont fondés sur le recours aux espèces qui s'attaquent aux œufs car diverses particularités confèrent aux Trichogrammes un exceptionnel intérêt. Outre leur potentiel biotique élevé, leur faible taille, inférieure au millimètre permet d'obtenir un nombre considérable d'individu à partir d'installations de volume modeste. Mais leur principale supériorité sur les autres entomophages

réside dans le fait qu'ils parasitent les œufs et arrêtent immédiatement les pullulations de leurs hôtes phytophages avant même que ces derniers n'aient commencé à exercer leurs méfaits[17];[19]; [26] et [70],

Le genre *Trichogramma* appartient à l'ordre des Hyménoptères, la sous famille des Chalcidoidea, insectes à métamorphoses complètes [19]; [26]; [70], [73]–[79].

Le genre *Trichogramma* est considéré comme un agent biologique non polluant et non toxique ni pour l'homme, ni pour les animaux ni pour les insectes auxiliaires. Sa rapidité de développement qui est de 8 à 10 jours, sa capacité de trouver des hôtes à parasiter et la prédominance des femelles chez ces espèces explique leur efficacité.[18]; [65]; [72]; [80]–[87]

Ces trichogrammes pondent leurs œufs dans les œufs d'*Ectomyelois ceratoniae* et tout le développement embryonnaire, larvaire et nymphal se fait dans l'œuf-hôte [73]–[75], [75]–[79].

### 3.7.6 Parasites larvaires (*Bracon hebetor* Say)

La femelle parasite dépose plusieurs œufs sur l'insecte – hôte et tout le développement larvaire du parasite se déroule sur le cours de l'hôte, à la fin de son développement, la larve parasite quitte le dépouille larvaire pour construire son cocon de nymphose loin de l'hôte [70], [88], [88]–[91].

## 3.8 La lutte biotechnique

### 3.8.1 Lutte par confusion sexuelle

La lutte par confusion consiste à diffuser en permanence l'attractif sexuel synthétique d'un ravageur dans la culture à protéger. Les mâles ne sont plus capables de localiser les femelles pour les féconder [92] et[93].

D'après AUDEMARD [94], les mécanismes de comportement affectés par la diffusion d'attractif et conduisant à une réduction des accouplements ne sont pas très bien connus.

La lutte par confusion intervient sur le comportement de l'insecte. C'est en cela qu'elle différenciée de la lutte biologique qui est basée sur l'utilisation d'agents biocides.

C'est une lutte rattachée aux moyens biotechniques n'intervenant pas comme biocide à un stade de développement de l'insecte mais agissant sur un processus vital, elle présente un caractère essentiellement préventif car son action ne s'exerce pas sur le stade nuisible de l'insecte mais uniquement sur la reproduction [95].

La lutte par confusion implique l'utilisation des phéromones sexuelles synthétiques, pour le cas de *Ectomyelois ceratoniae*, la lutte est réalisée par la diffusion de phéromone spécifique à ce dernier où son action s'exerce sur les mâles de la population visée, une fois les phéromones sont placées dans les palmeraies, les mâles existant vont être attiré et confondu par les diffuseurs et s'orientant vers les pièges [77].

### 3.8.2 La lutte autocide

« L'insecte lui-même peut être utilisé comme facteur de sa propre destruction », la lutte autocide consiste à l'introduction naturelle des mâles stériles dans une population en nombre supérieur à celui des mâles normaux, d'où ces mâles entrent en compétition avec les mâles normaux [78], [86] et [90].

DRIDI *et al.*[64], rapporte que le recours à l'utilisation de la technique des insectes stériles (TIS) permettra d'une part la réduction à un niveau très tolérable des infestations du ravageur sur datte et d'autre part la préservation de la micro faune utile.

Afin de réaliser ce principe, des études et des expériences ont été mises en œuvre par l'INPV dans le but de lutter contre le ver de la datte.

Le programme a été mis en application à partir du janvier 1999, il a permis de mettre au point la technique d'élevage et de production de la pyrale de la datte aux conditions contrôlées.

La technique d'insectes stériles consiste aux lâchers inondatifs des mâles d'*Ectomyelois ceratoniae* issus d'élevage en masse dont la fertilité a été préalablement annihilée par irradiation (à l'aide du cobalt 60 à une dose de 250 GY, 48 heures avant l'émergence des adultes) afin qu'ils empêchent leurs congénères de se reproduire.

Les évaluations des lâchers au niveau des palmeraies des Ziban ; Ouargla, Oued Souf et Ghardaïa ont révélés une réduction significative des infestations de ver de la datte [64].

### 3.8.3 Les Bio – Pesticides

#### 3.8.4 Définition

Les bio pesticides peuvent se définir au sens large comme des pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire, organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie. Sous ce vocable, les biopesticides comprennent les agents de contrôle des insectes (auxiliaires) comme les arthropodes entomophages (ex. trichogrammes), les champignons hyphomycètes pathogènes pour les lépidoptères ou coléoptères (ex. *Beauveria*), les *baculovirus* responsables des polyédroses nucléaires ou des granuloses chez les lépidoptères, les bactéries (*Bacillus*), etc... [78], [83], [89], et [96].

### 3.8.5 Historique du biopesticide à base de Bt (*Bacillus thuringiensis*)

Le Bt est le biopesticide le plus utilisé dans le monde. Il représente en effet à lui seul 90 % du marché mondial des biopesticides. Le premier produit commercial contenant du Bt a été lancé en France dès 1938 [97]. Depuis 1956, l'INRA, l'Institut Pasteur se sont associés pour développer des recherches fondamentales et appliquées sur cette bactérie qui ont conduit, en 1972, à l'homologation en forêt d'une préparation commerciale, la Bactospéine. Dès lors, les premiers traitements microbiologiques à base de BtK contre les chenilles défoliatrices des forêts ont commencé. Cette lutte s'est développée avec des formulations poudre mouillable, puis depuis 1985 avec des préparations concentrées liquides utilisables en pulvérisation ultra-bas-volume (entre 2 et 5l/ha). La qualité de ces nouvelles spécialités commerciales a amélioré l'efficacité des traitements à base de BtK et a redonné ainsi un nouvel essor à cette arme biologique contre les chenilles défoliatrices de forêts.

De nos jours, 30 000 à 40 000 hectares de forêts sont traités chaque année en France contre la processionnaire du pin, la processionnaire du chêne, le Bombyx disparate, les géométrides, avec différents types d'insecticides à base de Bt. Ces traitements se font généralement sur les trois premiers stades larvaires [26], [27], [27], [92], [95], et [96].

### 3.8.6 Le *Bacillus thuringiensis*

Le bacille de Thuringe, *Bacillus thuringiensis* (Bt), est une bactérie Gram-positive en forme de bâtonnet de la famille des Bacillaceae. Isolée pour la première fois au début du vingtième siècle à partir de vers à soie infectés au Japon, on lui associe rapidement des propriétés entomopathogènes. Son nom provient de sa description en 1911 par BERLINER en Thuringe (Allemagne), chez l'insecte *Anagasta kuehniella* (lépidoptère). Il s'agit d'une bactérie ubiquiste de notre environnement, elle est présente dans le sol à l'état naturel dans le monde entier, ainsi que fréquemment au niveau des feuilles de

nombreux végétaux [78], [85], et [90], même si on l'isole majoritairement au niveau de cadavres d'insectes. On compte aujourd'hui près de soixante-dix sous-espèces identifiées par leur sérotype flagellaire.

### 3.8.7 Mode d'action

Les bactéries produisent des cristaux protéiques composés d'une ou plusieurs toxines présentant des propriétés insecticides. Ces toxines sont nommées protéines d-endotoxines (640 à 1200 acides aminés). Chacune possède un spectre d'insectes cibles spécifiques. Les bactéries peuvent produire une à cinq d-endotoxines distinctes et des souches différentes de bactéries peuvent produire la même toxine. La variabilité de Bt est très grande mais chaque souche est spécifique et active sur un nombre limité d'espèces.

Après avoir été ingéré par l'insecte, le cristal est dissout ; puis il est partiellement digéré, et la toxine se fixe sur des récepteurs spécifiques de l'intestin moyen. Elle y forme des pores transmembranaires conduisant à un influx d'électrolytes et d'eau aboutissant à la lyse des cellules épithéliales.

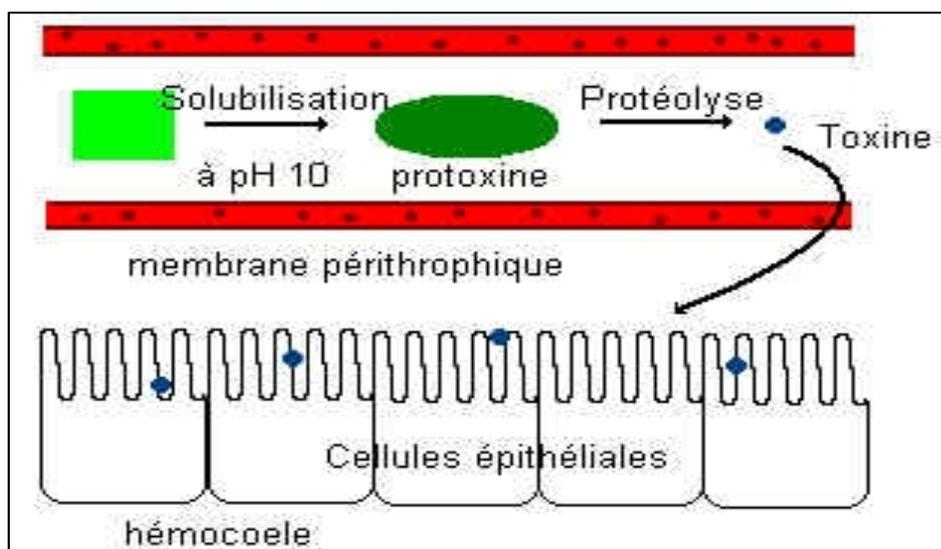


FIGURE 3.4: MODE D'ACTION DE BACILLUS THURINGIENSIS

Cette destruction progressive des structures du tube digestif permet la germination des spores (ingérées avec le cristal) et la multiplication végétative des cellules bactériennes dans l'hémocoel. Ainsi, les tissus de l'insecte sont peu à peu envahis, si bien que la larve cesse de s'alimenter et finalement meurt [98], [99].

### 3.8.8 Avantages et inconvénients des biopesticides

L'utilisation des biopesticides en agriculture comporte des avantages et des inconvénients

#### ➤ Avantages

- ✓ Restreindre ou éliminer l'utilisation d'insecticides chimiques
- ✓ Moins toxique que les pesticides chimiques
- ✓ Diminuer les risques de développer de la résistance
- ✓ Plus grande spécificité d'action
- ✓ Ne prévoir aucun délai avant la récolte
- ✓ Offrir aux consommateurs des produits sains
- ✓ Dégradation rapide des biopesticides, diminuant les risques de pollution
- ✓ Maintenir la biodiversité des biotopes.

#### ➤ Inconvénients

- ✓ Lutte souvent faite en prévention et moins efficace lorsqu'elle est curative
- ✓ Effet moins drastique que les pesticides (plus d'applications)
- ✓ Seuil de tolérance très bas pour les ravageurs
- ✓ Activité restreinte lors d'une grande pression du ravageur
- ✓ Conditions d'entreposage des produits biologiques (demi-vie et température plus fraîche)
- ✓ Excellente connaissance dans la relation ; ravageur – plante hôte.

## **CHAPITRE 4:**

### **INTERACTION PLANTE HÔTE-INSECTE PHYTOPHAGE**

#### 4.1 Introduction

L'importance de la population d'une espèce en un lieu donné dépend tout d'abord de son aptitude à recevoir, de façon plus ou moins pertinente, les indications que lui fournit l'environnement en fonction des paramètres espace-temps, et à y répondre [100]. Cet auteur ajoute que cet organisme vivant doit recevoir au moment approprié et avec le plus de précision possible des informations sur le monde qui l'entoure.

Les substances naturelles produites par les organismes au niveau de leur métabolisme jouent un rôle prépondérant dans les nombreuses interactions existant entre les insectes et les plantes qui partagent un même milieu, tant au niveau interspécifique qu'intra-spécifique. Les insectes phytophages sont les plus importants des consommateurs primaires de substances végétales. La nutrition fournie à ce bio-agresseur par la plante est nécessaire pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie [92].

La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives (protéines, acides aminés, glucides, lipides, vitamines, minéraux, eau, etc.) et ses composantes non nutritionnelles (composés allélochimiques) (phénols, polyphénols, monoterpènes, glucosinolates, alcaloïdes, etc.) [101].

La communication chimique intra-spécifique chez les insectes phytophages est fortement influencée par la chimie des plantes hôtes. Les effets de ces dernières sur la sécrétion hormonale des insectes par exemple sont très variés. Ils se manifestent aux niveaux de la biosynthèse et de l'émission des phéromones ou lors de la réponse chez les individus récepteurs. Les composés chimiques des plantes

peuvent être séquestrés au cours des stades larvaires des insectes pour la production ultérieure de phéromones par les adultes ou être acquis par les adultes comme les précurseurs directs de leur biosynthèse [102]. L'auteur ajoute que la production ou l'émission des phéromones peut être provoquée ou stimulée par les médiateurs chimiques des plantes-hôtes. Dans de nombreux cas, il a été établi que des odeurs végétales augmentent fortement l'attractivité de la phéromone de certains insectes [75], [103], [85], [90], [104], et [105].

Il est donc important de bien connaître l'insecte, afin de mieux comprendre son interaction avec l'écosystème et ainsi être plus apte à contrôler ses populations par l'intervention directe et/ou indirecte lorsque celui-ci est nuisible [106] et [107].

#### 4.2 Médiateurs chimiques (sémio-chimiques)

Le terme de sémio-chimiques (d'origine grec dérivé du « semeion » qui signifie signal ou signe) ; désigne les substances actives dans les relations entre les organismes vivants en agissant sur leur comportement ou/et leur physiologie [103], [108], [109].

La recherche de la plante hôte par les insectes est un comportement largement guidé par des substances phytochimiques volatiles [103], [104]. La sélection de l'hôte est déterminée par la présence des composés attractants dans la plante hôte et les composés repoussants chez la plante non-hôte. L'insecte exploite ces signaux volatiles pour localiser la source d'aliment qui lui convient et le site de la reproduction adéquat [92].

D'après STREBLER [100], ces médiateurs chimiques perçus par les insectes interviennent dans le choix d'un lieu de séjour, dans la prospection alimentaire en vue d'une prise de nourriture immédiate ou différée et dans la recherche d'un partenaire sexuel convenable.

#### 4.2.1 Types de médiateurs chimiques

D'après BOURGEOIS [110], la majorité des substances sémi-chimiques qui peuvent être émises par la plante ou l'insecte sont des mélanges chimiques complexes qui provoquent des comportements adaptatifs. Selon leur source et leur utilité, ces substances (stimuli) sont groupées en substances allélochimiques et en phéromones

#### 4.2.2 Substances allélochimiques

Ce sont des substances qui interviennent dans les interactions interspécifiques et elles se répartissent en allomones, kairomones et synomones (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

D'après STREBLER [100], les allomones sont des substances produites ou acquises par un organisme et qui induisent chez l'espèce réceptrice une réponse comportementale ou physiologique favorable à l'émetteur et non au récepteur. STREBLER [100] ajoute que ces allomones peuvent être répartis en substances défensives (répulsives, dissuasives, antiphagostimulantes, toxines et venins) et en substances attractives (attirer les proies ou bien des organismes assurant la protection).

Tandis que, les kairomones sont des composés qui présentent un avantage au récepteur [100]. Elle oriente le phytophage ou l'ennemi naturel vers une source d'alimentation et elle peut intervenir également comme avertisseur de danger (odeurs de prédateurs).

Par contre, les synomones sont des médiateurs chimiques bénéfiques à l'émetteur et au récepteur [111].

Tableau 4.1 : Types de médiateurs chimiques inter-spécifiques [111]

Type d'allélochimique	Bénéficiaire du signal		Exemples
	Emetteur	Récepteur	
allomones	+	-	Substance toxique d'une proie contre un prédateur
kairomones	-	+	Substance attractive d'une proie pour un prédateur
synomones	+	+	Substance attractive d'une plante pour un prédateur

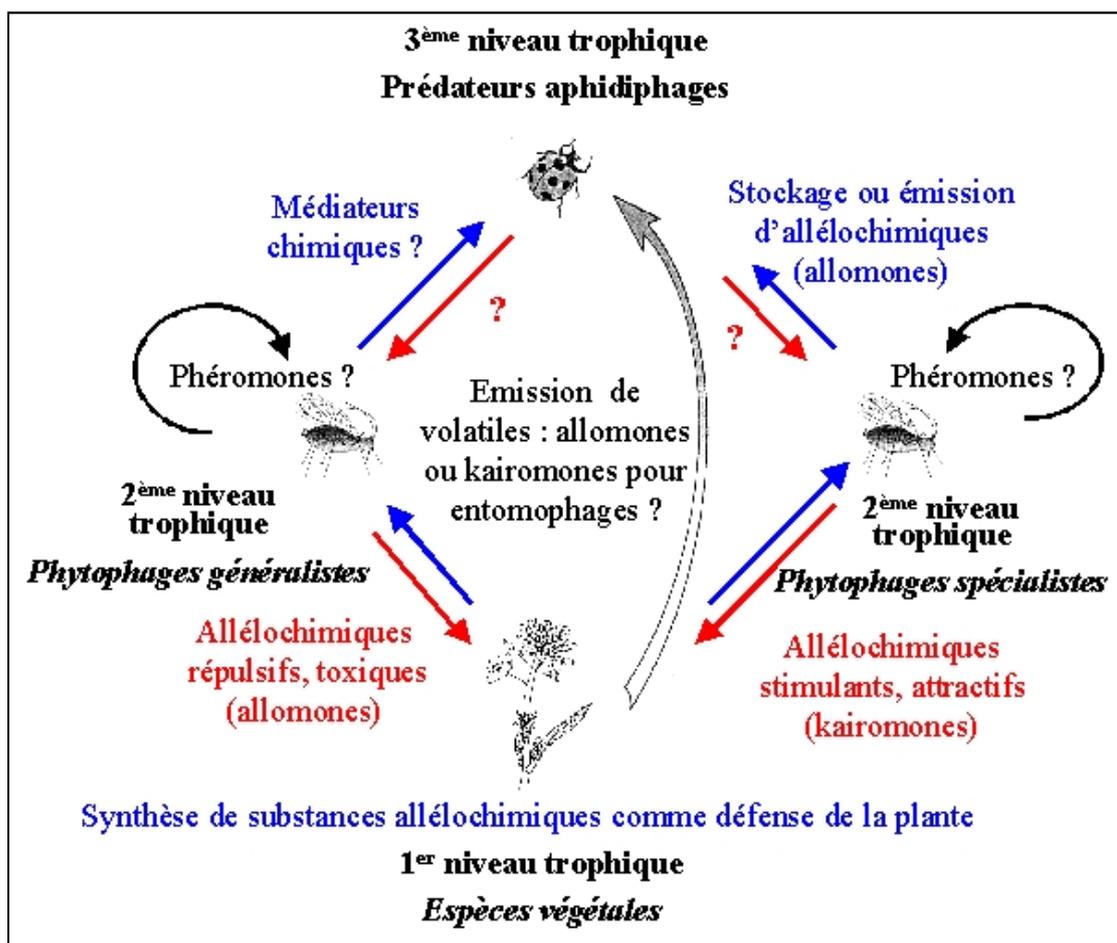


Figure 4-1 : Relations plantes-insectes : rôle des médiateurs chimiques [111]

#### 4.2.3 Les Phéromones

KARLSON et LÜSCHER [111] ont classé les phéromones comme les substances les plus importantes dans le monde des signaux environnementaux.

Les phéromones possèdent une action intra-spécifique. Elles

agissent comme de simples stimuli comportementaux, en induisant une réaction réversible, telles que les phéromones sexuelles [100]. Elles peuvent intervenir comme des phéromones d'alarme ; cas du farnésène émis par les cornicules de pucerons avertissant les individus d'une même espèce d'un danger éminent. La vie des insectes sociaux est en grande partie dépendante des phéromones sociales, de reconnaissances ou de marquage d'un territoire ou d'une piste et de la phéromone de désignation de la nourriture en permettant la survie des différents individus de la colonie [100].

#### 4.3 Implications des médiateurs chimiques dans les systèmes de défense

La plupart des composés secondaires émis par les plantes agissent sur le comportement d'un grand nombre d'insectes phytophages par des processus de répulsion ou d'anti-appétence [103]. Ils agissent comme un système de défense constitutive directe, permettant aux plantes de réduire les dégâts occasionnés par les bioagresseurs [112]. Parmi ces substances, il y a la nicotine, produite par les plantes du genre *Nicotiana*, qui est un analogue de l'acétylcholine et sa liaison sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholinestérase va provoquer des troubles irréversibles sur le système nerveux central des insectes [112].

Le mode d'action de ces composés végétaux peut s'exercer également sur le métabolisme des organismes. En effet, la roténone, composé secondaire extrait des plantes de la famille des papilionacées tel *Lonchocarpus nicou*, agit sur les mécanismes de la respiration cellulaire. Elle inhibe les oxydations cellulaires en interrompant le transfert d'électrons dans la chaîne respiratoire, portant atteinte au métabolisme énergétique mitochondrial et ainsi à la production d'ATP [112].

Par ailleurs, des substances produites par certaines plantes vont pouvoir agir sur d'autres processus physiologiques plus spécifiques à l'égard des insectes. Ainsi, l'azadirachtine, isolée d'une plante de la famille des méliacées,

le neem, *Azadirachta indica* agit en tant qu'inhibiteur de croissance.

Son action sur la synthèse d'ecdystéroïdes par inhibition de l'hormone protothoracicotrope conduit à un blocage de la mue des insectes et interrompre ainsi leur cycle reproductif [112].

#### 4.3.1 Spécificité de la réponse des plantes

Les plantes répondent aux divers stress par la mise en place de systèmes de défense agissant directement ou indirectement sur leurs bio-agresseurs. Dans certains cas cette réponse semble parfaitement adaptée aux attaques des insectes phytophages. Ainsi, les réponses de la plante à des blessures mécaniques ou à l'attaque d'un herbivore peuvent être différentes qualitativement ou quantitativement [112]. La différence qualitative se traduit par la production de composés de nature différente selon le traitement infligé à la plante, tandis que, la différence quantitative se manifeste par la sécrétion de substances identiques mais à des proportions variables [112].

TURLINGS *et al.* [113]; TURLINGS *et al.* [114]; TURLINGS *et al.* [115], dans leurs études sur *Spodoptera exigua*, ravageur du maïs, ont montré que cette plante émet de fortes quantités de sesquiterpènes quelques heures après le début de l'attaque, alors que de très faibles quantités sont émises suite à des coupures mécaniques (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Lorsque des régurgitations larvaires sont rajoutées à ces coupures, il y a de nouveau une forte émission de sesquiterpènes particulièrement attractifs pour le parasitoïde *Cotesia marginiventris*. D'après MATTIACCI *et al.* [116]; ALBORN *et al.* [117], des sécrétions salivaires des insectes herbivores mises en œuvre lors de la prise alimentaire sont responsables de la spécificité de la réponse des plantes.

En effet, la N-(17hydroxylinolenoyl)-L-glutamine, (volicitine) présente dans les régurgitations larvaires de *Spodoptera exigua* déclenche l'émission

d'un spectre de composés volatils spécifique de l'attaque de l'herbivore, lorsqu'elle est ajoutée aux blessures [116], [117].

La réponse de la plante (maïs) aux attaques peut être également spécifique à l'espèce déprédatrice et même au stade larvaire attaquant la plante. Ainsi, des plants de tabac attaqués par des chenilles de *Heliothis virescens* ou de *H. zea* émettent un spectre de composés volatils qui diffère par les concentrations en  $\beta$ -ocimène ou en  $\beta$  caryophylène [118].

La réponse mise en place est également différente selon le mode de nutrition du phytophage et donc du type de dégât infligé à la plante. Les attaques de chenilles défoliatrices (*Helicoverpa zea*), de mineuses (*Liriomyza trifolii*) ou d'acariens (*Aculops lycopersici*) sur tomate conduisent à différentes concentrations de polyphénol oxydase, de peroxydase, de lipoxygénase ou d'inhibiteurs de protéases dans les feuilles de la plante [118].

Les plants de maïs infestés par des jeunes larves de *Pseudaletia separata* (stade 1 à 3) émettent un spectre volatil différent de celui émet lors de l'attaque par des larves plus âgées (stade 4 à 6). Cette différence de composition de bouquet volatil représente un signal fiable pour le parasitoïde *Cotesia kariyai* qui ne parasite que les jeunes larves [118].

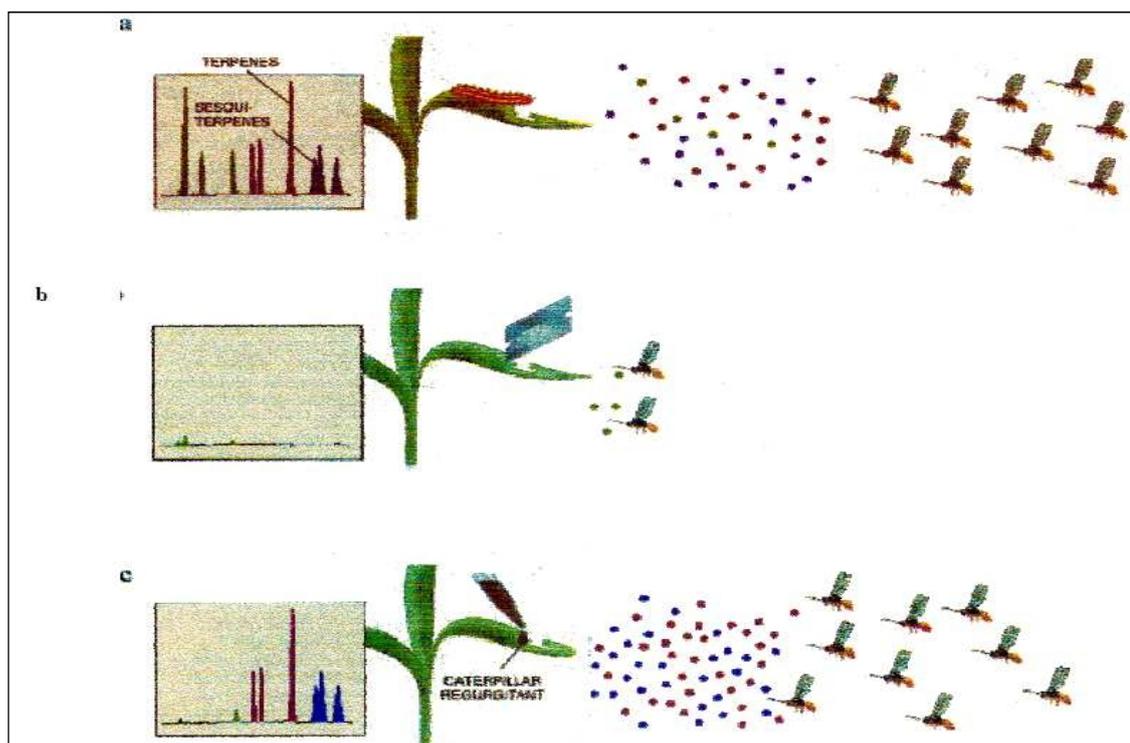


Figure 4-2 : Attractivité des parasitoïdes par les odeurs émises par des feuilles de maïs [115]. a: attaquées par une chenille hôte, b: brisées mécaniquement, c: brisées mécaniquement + régurgitations de chenilles

#### 4.3.2 Mécanismes biochimiques des systèmes de défense induite

FARMER et RYAN [118]; HOWE *et al.* [119], ont mis en évidence le rôle de l'acide jasmonique lors de la mise en place de la réponse physiologique de la plante à l'attaque d'un phytophage. BALDWIN [120]; BALDWIN [121]; JOHNSON *et al.*[122], ajoutent que l'acide jasmonique active les gènes codant pour des composés secondaires agissant directement sur le phytophage ; tels que les inhibiteurs de protéases ou la nicotine (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Par ailleurs, Cette molécule ne peut pas à elle toute seule expliquer la spécificité de la réponse des plantes à l'attaque d'un herbivore ; ceci est démontré par les travaux de SCHMELZ *et al.* [123] sur les larves de *Spodoptera exigua* ravageur du maïs. Sur cette plante, l'attaque du phytophage induit non seulement l'accumulation de l'acide jasmonique mais elle déclenche en plus l'augmentation de la concentration d'éthylène. Dans ce système, l'acide jasmonique et l'éthylène agissent donc en synergie pour

l'induction des substances volatiles attractives pour les parasitoïdes [123].

La voie de biosynthèse octadécanoïque mettant en jeu l'acide jasmonique est donc très importante dans la réponse des plantes aux attaques des insectes. Toutefois d'autres phytohormones peuvent jouer un rôle dans les systèmes de défense des plantes ; c'est le cas de l'acide salicylique [92] et l'acide abscissique. En plus de son rôle dans le processus dans la résistance aux stress hydrique, l'acide abscissique peut également avoir un rôle dans les systèmes de défenses des plantes. En effet, des blessures occasionnées sur des plants de tomates ou de pommes de terre, induisent une augmentation de la concentration en acide abscissique qui va déclencher la biosynthèse systémique d'inhibiteurs de protéases [124].

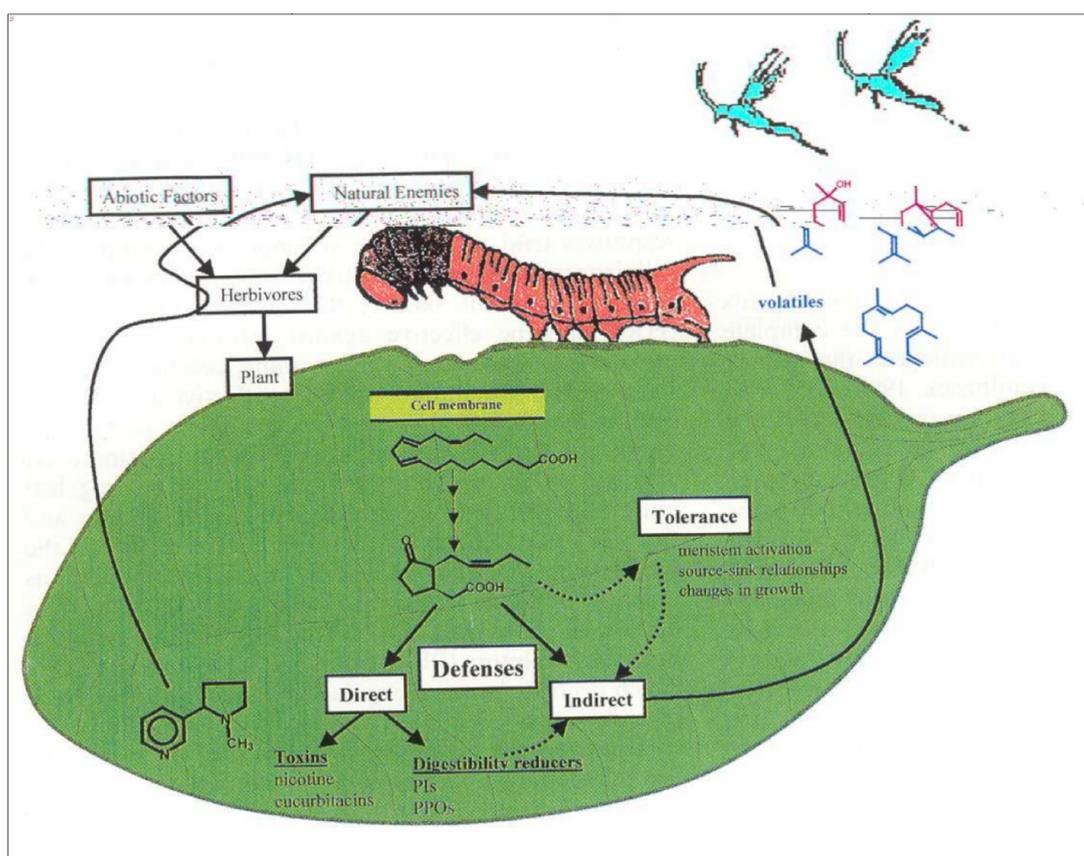


Figure 4-3 : Rôle de l'acide jasmonique dans les réactions de défense induites des plantes [121].

#### 4.4 Stratégie de résistance des insectes face aux composés secondaires

D'après HARTMANN [124], environ 100 000 structures chimiques appartenant au métabolisme secondaire des plantes étaient identifiées. Ces composés sont généralement très semblables au sein d'une même famille végétale mais leurs proportions peuvent différer selon les espèces. C'est le cas de la glucosinolate produite par les Crucifères mais avec des concentrations différentes en fonction des espèces [124].

Dans la nature, les insectes monophages ou oligophages sont très nombreux par rapport aux insectes polyphages [103]; [92]. Ces auteurs ont signalé également que moins de 10 % des espèces d'insectes phytophages se nourrissent aux dépens de plus de 3 familles botaniques et plus de 80 % se nourrissent sur une seule famille végétale. BERENBAUM [125], a remarqué que les espèces végétales appartenant à la famille des Rutacées produisent des métabolites secondaires désignés par les furanocoumarines. Ces substances sont particulièrement toxiques aux Lépidoptères polyphages et provoquent une mortalité très importante chez *Spodoptera frugiperda* et *Heliothis virescens*. En revanche, *Papilio polyxenes*, lépidoptère spécialiste des Rutacées peut se développer aux dépens de ces végétaux sans mortalité particulière [125].

D'après KRIEGER *et al.* [126], et BRATTSTEN [127], le mode de résistance probablement le plus régulièrement rencontré chez les insectes phytophages est de nature biochimique ; les molécules toxiques étant rendues inefficaces par des transformations enzymatiques nécessitant la mise en place de systèmes de détoxication.

De leur part, SLANSKY et FEENY [128]; LOUDA et MOLE [129]; RENWICK *et al.* [130]; GIAMOUSTARIS et MITHEN [131]; RENWICK et LOPEZ [132] ont noté que la plupart des espèces d'insectes spécialistes ont été amenés à utiliser ces métabolites secondaires des plantes à leur profit, notamment, comme signaux informatifs pour la recherche et la reconnaissance de leur plantes hôtes. Ainsi les glucosinolates et leurs composés de dégradation (les isothiocyanates) produits par la famille des Crucifères

sont des composés secondaires toxiques vis-à-vis d'un très large spectre d'organismes [129], pourtant, ces substances sont utilisées par les insectes spécialistes de cette famille (*Lepidoptera : Pieridae*) en tant que signaux pour la découverte de la plante hôte et comme stimulants du comportement de ponte et d'alimentation.

#### 4.5 Structures réceptrices chez les insectes

Tous les organismes vivants doivent s'adapter à leur milieu environnant afin d'y évoluer et de s'y reproduire, ou tout simplement d'y survivre. Pour analyser le milieu qui les entoure, tous les animaux possèdent des facultés sensorielles qui leurs permettent de communiquer avec lui.

D'après PICIMBON [133], l'olfaction et le goût jouent un rôle vital chez les insectes. Ils recourent à des signaux chimiques dans la détection des sites de nourriture et d'oviposition, dans l'établissement de relations interindividuelles, sociales, sexuelles, et dans l'appréhension du danger.

Pour répondre à la diversité des métabolites secondaires existants dans le milieu environnant, les insectes ont développé un système chimiosensoriel olfactif (à distance) et gustatif (de contact).

Les antennes des insectes constituent un organe sensoriel important, siège de nombreuses fonctions, telles que la gustation, l'orientation, le toucher, et également siège essentiel de la réception du message olfactif. Les antennes sont des organes mobiles, pourvues de soies innervées de formes variées appelées sensilles et qui sont d'origine tégumentaire (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.a**).

La détection des molécules odorantes chez les insectes met en jeu les antennes et les sensilles. D'après PICIMBON [133], ces sensilles sont des micro-organes sensoriels véritablement programmés pour l'olfaction. Ils recouvrent les branches antennaires par milliers et

fonctionnent comme des micro-capteurs périphériques des molécules odorantes de l'air environnant (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.****Erreur ! Source du renvoi introuvable.**b). Il existe différents types sensillaires mais tous ont une architecture commune. Ils sont formés de pores tubulaires qui connectent le milieu extérieur à la lumière sensillaire renfermant les dendrites des neurones sensoriels (2 à 3 cellules sensorielles par sensille). En coupe transversale, les pores cuticulaires et l'entrée des molécules odorantes sont séparés des cellules nerveuses cibles par un fluide aqueux protecteur (la lymphe sensillaire). Cette lymphe, équivalent chez les insectes du mucus nasal des mammifères, constitue une véritable barrière pour les molécules odorantes très hydrophobes [133].

D'après STREBLER [100], il existe différents types de sensilles selon leur fonction et le mode de développement de l'insecte. Deux caractères principaux sont dégagés, la présence d'une structure articulaire et de perforation cuticulaire, indique respectivement une mécano-réceptrice et ou une fonction dans la chimio-réception. Une classification basée sur ces éléments permet de distinguer les types sensillaire suivants :

- les sensilles possédant des pores dans les parois de l'appareil cuticulaire, elles ont typiquement une fonction olfactive.,

- Les sensilles qui possèdent un pore terminal caractérisent généralement les sensilles gustatives dont ce dernier peut être remplacé par système de pores ;

- Les sensilles sans perforations cuticulaires sont observées dans les sensilles mécano réceptrices ou sensible à la température et l'humidité.

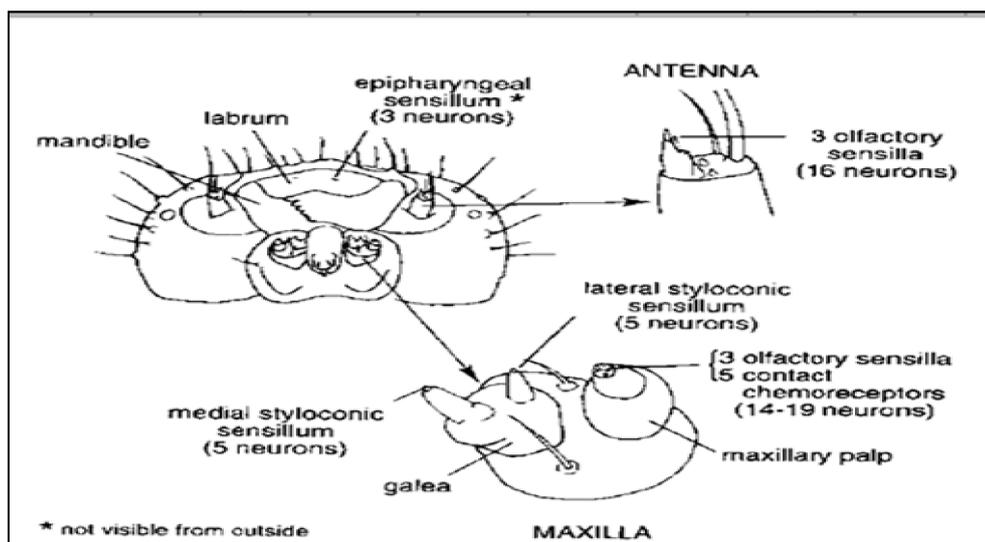


Figure 4-4 : Organes sensoriels gustatifs et olfactifs présents sur la capsule céphalique de larves de lépidoptères [134]

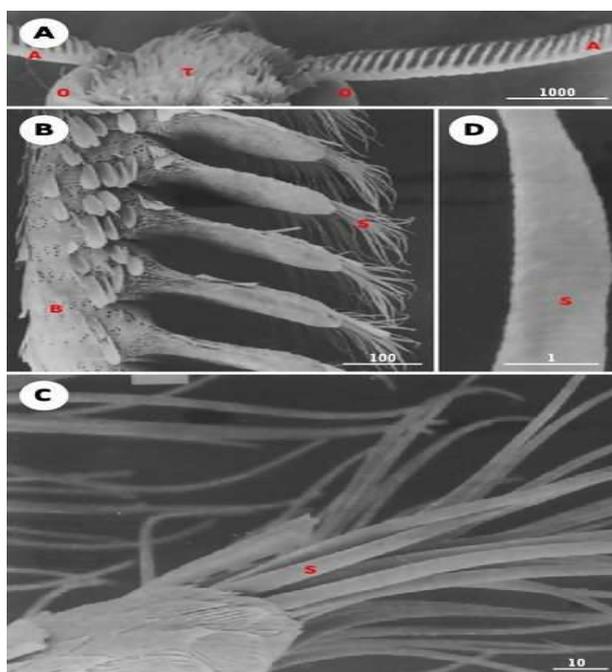


Figure 4-5 : Antenne du papillon de nuit mâle observée en microscopie électronique à balayage [103]

**A.** Aspect général des antennes (x 50, 1000 µm); **B.** Organisation de l'antenne (x 360, 10 µm); **C.** Vue rapprochée des sensilles olfactives à l'extrémité d'une branche antennaire (x 50, 10 µm). **D.** très fort grossissement d'une sensille olfactive, siège des dendrites des neurones sensoriels (x 50000, 1 µm)

## **PARTIE II : EXPÉRIIMENTATION**

## CHAPITRE 5 : MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 5.1 Présentation des sites d'études

Le choix des sites d'étude est motivé par les conditions favorables à la réalisation de l'étude, Mais surtout sur la base du mode de conduite, car l'un des deux sites choisis, qui est le site D'Ourelal avait pratiquement une conduite Biologique, alors que le deuxième site de SIDI OKBA pratique des fois des traitements chimiques, et surtout ceux qui sont destinés pour la lutte contre la pyrale des dattes.

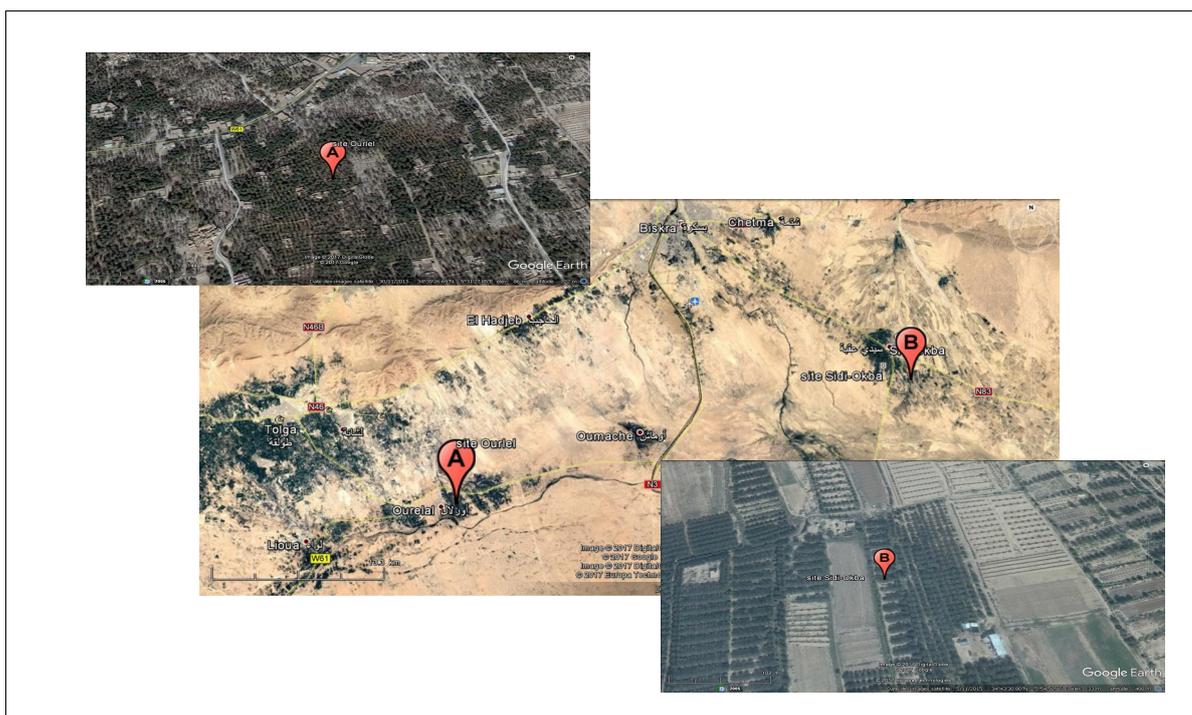


Figure 0-1: Sites expérimentales, « A » Ourelal, « B » SIDI OKBA.

#### 5.1.1 Présentation du site d'Ourelal

Le site d'Ourelal situé à (34° 34'N; 5° 22' E), est une palmeraie privée, ayant une superficie de 4,2 ha dont 3 ha destinée totalement à la culture du

palmier dattier avec un nombre total de palmier de 380 dont 280 palmiers productifs de la variété Deglet Nour, 30 palmiers de Mech Degla, et 25 pieds de Ghars. Le site d'étude présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ subit les vents chauds ;
- ✓ bien entretenu ;
- ✓ maturité précoce des dattes ;
- ✓ mené en monoculture.

Il est à préciser que cette palmeraie ne reçoit aucun traitement phytosanitaire, de même aucune culture intercalaire n'y est pratiquée.



Figure 0-2 : Site d'Ourelal (Originale)

### 5.1.2 Présentation du site de Sidi Okba

Le site de Sidi Okbaest aussi, une palmeraie privée ,situé a( $34^{\circ} 41' N$  ;  $6^{\circ} 30' E$ ), ayant une superficie de 3,4 ha destinée à la culture du palmier dattier avec un nombre total de palmier de 300 dont 250 palmiers productifs de la variété Deglet Nour, 10 palmiers de Mech Degla , et 5 pieds de Ghars.Présentant les caractéristiques suivantes :

- ✓ subit les vents chauds;
- ✓ moyennement entretenue;

- ✓ maturité précoce des dates;
- ✓ mené en polycultures.

Notant la présence des cultures intercalaires, et de quelques arbres de figuier et grenadier (Figure 0-3).



Figure 0-3 : Site de Sidi Okba (Originale)

## 5.2 Étude de la biodynamique de la pyrale des dattes en fonction des paramétrées écologiques.

### 5.2.1 Suivie de la fluctuation de la dynamique de population par les pièges à phéromones sexuelles.

Afin de suivre la fluctuation de la dynamique de la population, on a utilisé des pièges à phéromones sexuelles (AA TRAP Delta) identifiées pour l'*Ectomyelois ceratoniae* (Figure 0-5). Cette Phéromone sexuelle synthétique des lépidoptères été largement utilisé pour la surveillance du calendrier de pulvérisation, et le contrôle des différentes méthodes de lutte (par exemple attirer et tuer, piégeage de masse, et la perturbation de l'accouplement), [86], [135].



Figure 0-4 : Pièges AA TRAP EC installé sur un palmier (Originale)

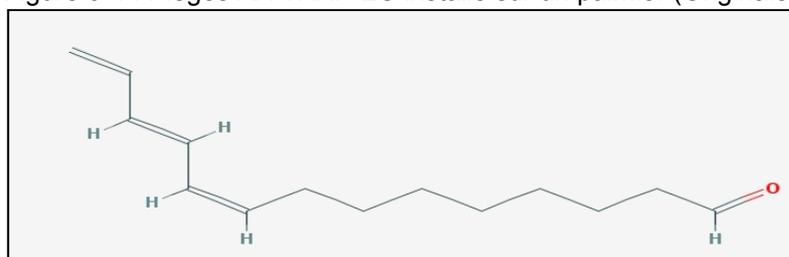


Figure 0-5 : Structure de la phéromone sexuelle synthétique de la pyrale des dattes

CHARMILLOT [136], note que le piégeage est un moyen d'avertissement couramment utilisé pour estimer les populations des ravageurs et de déterminer le moment optimal pour les interventions.

L'utilisation des pièges attractifs sexuels donne de bonnes indications sur l'époque d'apparition des papillons et l'importance de la population du ravageur[86] et [135].

Le piège à phéromone est un instrument utile pour la détection de la présence du ravageur, renseigne sur l'importance de l'attaque et à déterminer le moment propice du déclenchement des traitements. [137]. La phéromone est un signal échangé entre les individus de la même espèce et qui influe sur son comportement. La phéromone contenue dans une capsule attire les mâles du ravageur. Ces derniers volent autour de la capsule enfin épuisé il finit par tomber piéger sur le fond englué du piège (

Figure 0-4).

Le piégeage a pour but de déterminer :

- ✓ Le nombre des générations de l'Ectomyelois ceratoniae durant l'année ;
- ✓ Les pics de vol des papillons ;
- ✓ La génération responsable de la contamination de la récolte en tenant en compte les différents stades phénologiques du palmier et de la datte ;
- ✓ Le moment opportun du traitement in situ.

La fréquence des émergences des adultes des différentes générations est déterminée grâce à l'utilisation des phéromones sexuelles type Russell IPM composé d'une plaque engluée sur laquelle est placée la capsule de phéromone lesquelles sont placées à l'intérieur du piège delta AA TRAP dans le site on a placé deux pièges accrochés sur un palmier dattier (Figure 0-6) et les lectures des captures des pièges sont hebdomadaires. Le changement des phéromones est selon l'indication du fabricant chaque 4 semaine en hiver, et chaque 2 semaine en été. L'emplacement des pièges est débuté du mois de Janvier 2013 jusqu'à la fin du mois de Décembre 2015.



Figure 0-6 : Installation des outils de suivi de la biodynamique,  
A : piège AA TRAP, B : enregistreur de température et d'humidité log 32. (Originale)

### 5.2.2 Suivi de du micro climat dans les palmerais

Le climat est le facteur essentiel responsable de la répartition, le développement et lapullulation des arthropodes. Les conditions climatiques (la température, les précipitations atmosphériques, la concentration en CO<sub>2</sub>, l'humidité atmosphérique, le vent, la photopériode, le clair de lune ...etc.) sont les facteurs qui ont le plus d'influence sur l'histoire de vie des insectes [138]–[140]. Ces facteurs exercent une action cinétique directe sur les grandes fonctions physiologiques, la fécondité, le développement, la survie et les réactions comportementales des insectes [141]. Certains facteurs tels que la photopériode et la température exercent également un contrôle sur l'activité endocrinienne et peuvent, ainsi, indirectement, modifier la fécondité, le mode et le rythme de reproduction, la vitesse de développement [139], [141]. Bien qu'encore mal connus et très peu étudiés, les effets directs des précipitations et du CO<sub>2</sub> semblent mineurs [142], par contre, leurs effets indirects ont été plus largement décrits et semblent plus importants pour les insectes [143].

Or, la température est le principal facteur météorologique qui influe sur les fluctuations et l'évolution des insectes. Elle est manifestement le facteur le plus critique pour les insectes phytophages, elle agit directement sur leur physiologie et leur comportement, mais aussi indirectement par l'intermédiaire de leur plante hôte ou de leurs prédateurs [142]. Une élévation de la température entraîne une augmentation de l'activité métabolique qui se traduit par un accroissement de la vitesse de déplacement, de développement et dans certains cas, le développement d'un plus grand nombre de générations par année [144]–[148], et l'abondance de leurs populations [149]. L'ambiguïté qui règne autour du rôle exact de la température sur la biologie des insectes, nous a poussés à étudier l'importance de ce facteur sur la fluctuation de la population d'Ectomyelois ceratoniae.

La température peut être décrite par des fonctions spécifiques associées à la survie, au développement, et à la reproduction des

individus, ces fonctions peuvent également être utilisées afin de prédire le développement des populations et les interactions entre espèces au sein d'une communauté, [149].

Pour avoir une idée très claire sur les changements de ces facteurs très importants qui sont la température et l'humidité de l'aire, nous avons installé, des capteurs de type DATALOG 32, sur les deux sites d'expérimentation.

Ces capteurs disposent d'un connecteur USB pouvant se relier directement à un ordinateur à l'instar d'une clé USB, il dispose d'une mémoire de 64000 points de mesure et de deux Led d'état, la configuration du capteur se fait par ordinateur mené d'un pilote, et d'un logiciel spécifique au capteur, dans notre cas on a programmé 64000 point de mesure , avec un intervalle de mesure d'une heure (Figure 0-7), ce qui nous a permis de laisser ces capteurs sur les sites expérimentaux plus de 5 mois, pour les récupérer afin de les vider et de les replacer une nouvelle fois.

La récupération des données peuvent se faire, sous forme de graphe, ou un fichier Micro Soft XL (Figure 0-7).

Pour avoir une haute fidélité des données, les capteurs sont placés juste à coté des régimes (Figure 0-6), afin de nous donner les valeurs de température et de l'humidité les plus proches de climat de la microsphère qui alentour la date.

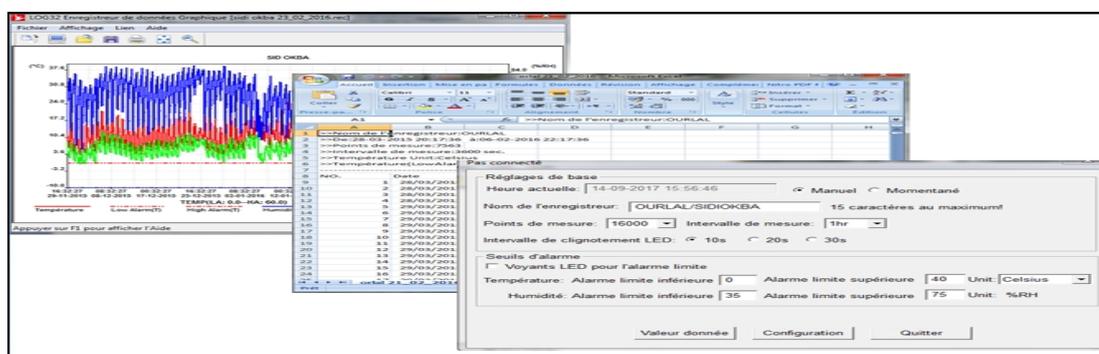


Figure 0-7 : Acquisition des données du capteur Log32 (Originale)

### 5.3 Echantillonnage

Notre choix des pieds étudiés a été basé sur des critères de vigueur et de taille. Nous avons retenu des pieds vigoureux ayant une hauteur comprise entre 3 et 4 m. Ces pieds ont été repérés à l'aide de plaques signalétiques numérotées. De chaque cultivar ainsi retenu un échantillonnage des dattes a été effectué aux trois stades phénologiques du fruit. C'est-à-dire au stade grossissement du fruit connu couramment sous le nom Besser, stade début de maturité « Rutab » et au stade maturité des fruits « Tamar ».

Nous avons retenu dans chaque parcelle d'étude 5 pieds de chaque cultivar. A chaque échantillonnage, 100 dattes sont prélevées par arbre sur 4 régimes d'orientations différentes selon les 4 points cardinaux par rapport au tronc du palmier dattier.

Vue le nombre élevé de pieds de Deglet Nour, et leurs répartition régulières dans l'espace, nous avons choisi des pieds qui sont positionnés en diagonale pour contrarier les gradients de fertilité et/ou d'irrigation (Figure **0-8**), mais pour le Ghars et la Mech Degla, les pieds sont positionnés aléatoirement (Figure **0-9**).

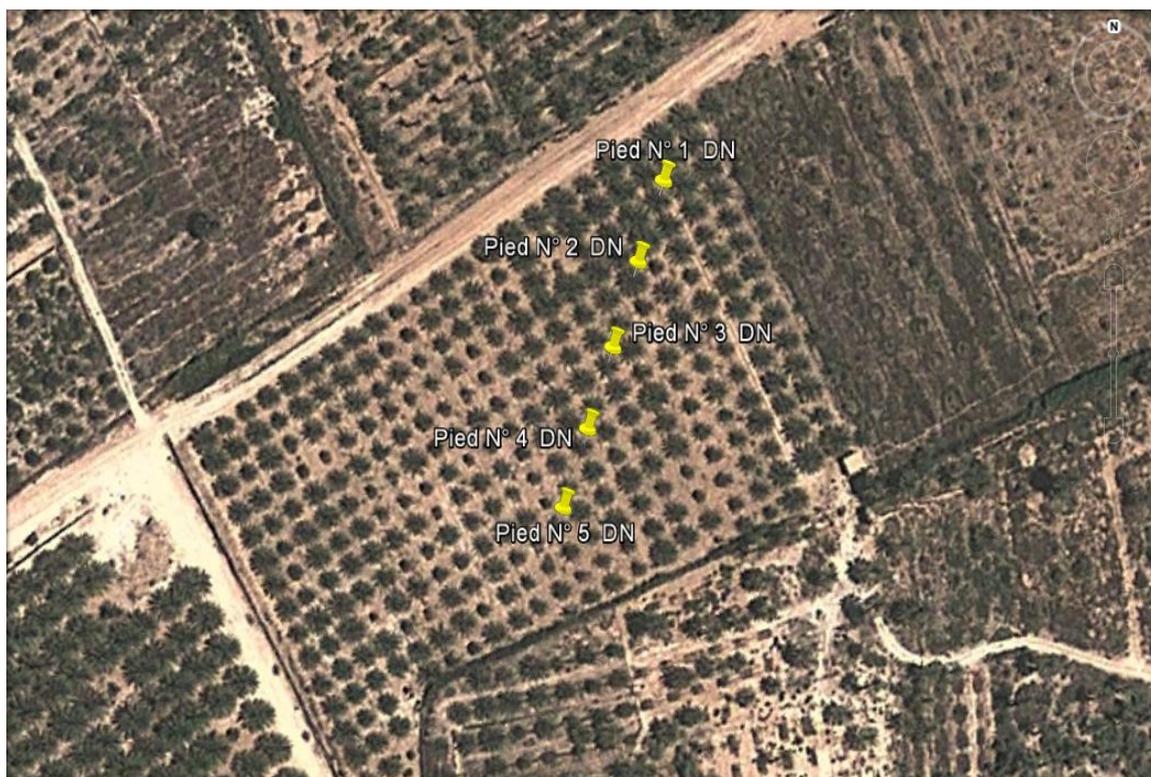


Figure 0-8 : Choix des 5 pieds des échantillons Deglet Nour, station Ourelal (Google Earth)

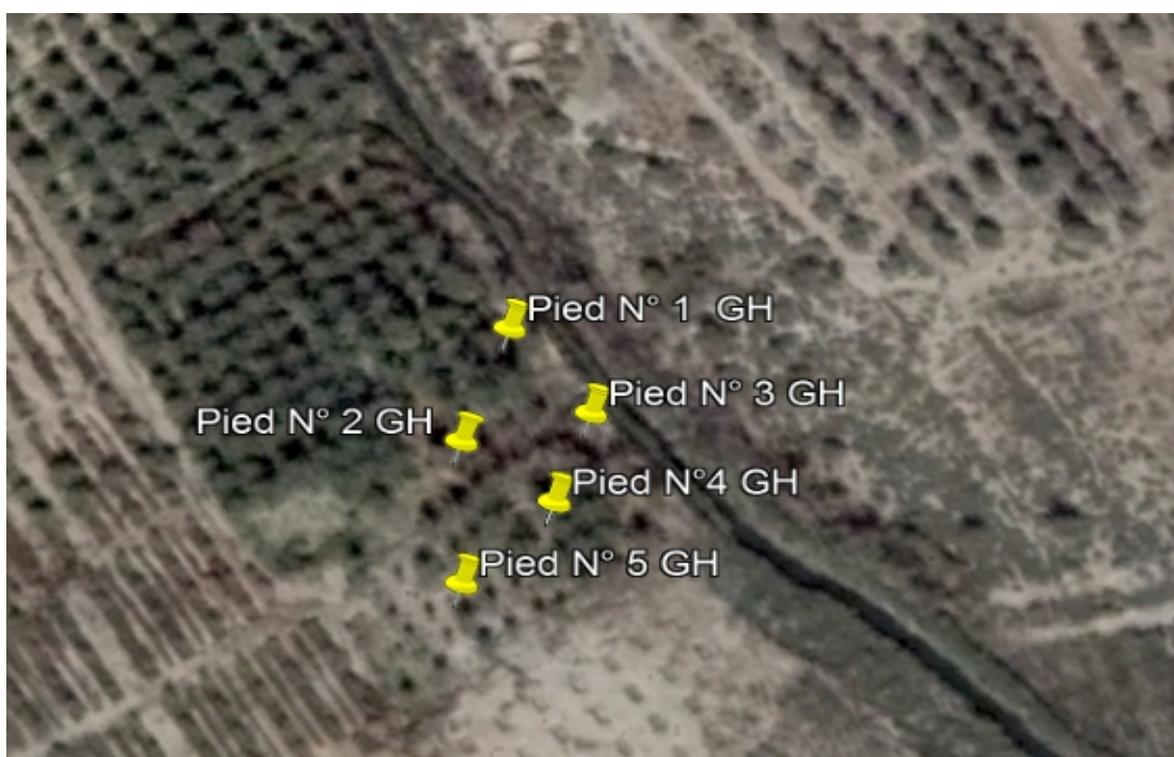


Figure 0-9 : Choix des 5 pieds des échantillons Ghars, de la station de Sidi Okba (Google Earth)

Les échantillons sont placés dans des sacs en papier Kraft. Sur chaque échantillon est noté toutes les informations. Une fois récolté, selon les parcelles d'étude dans la station, l'ensemble des échantillons est transporté au laboratoire le même jour.



Figure 0-10 : Collecte d'échantillons de Deglet Nour, stade : Khalal (Originale)

Ensuite, au laboratoire, les échantillons collectés, sont emballés dans des sacs spéciaux pour conservation sous vide, à l'aide d'une machine spéciale (Figure 0-11), pour que les échantillons puissent être conservés le plus longtemps possible.

En plus ce procédé de conservation sous vide constitue une solution au phénomène de brunissement des fruits en général et pour les dattes en particulier. Sachons que l'oxydation du fruit se fait au contact des phénols avec les enzymes et ainsi l'oxydation s'opère au contact de l'air. Pour empêcher le dit brunissement, il faut soutirer l'air responsable du processus, en empêchant, par conséquent, l'action des enzymes favorisant et/ou accélérant l'oxydation, sans faire recours aux ajouts d'antioxydant.



Figure 0-11 : Emballage sous vide, et conservation des échantillons des dattes(Originale)

#### 5.4 Calculs des taux d'infestation

Le contrôle des dattes échantillonnées a été effectué sous loupe binoculaire, le dénombrement des œufs pondus sur chaque variété est noté. Parallèlement l'évaluation du taux d'infestation est réalisée par le comptage des larves et chrysalides présentés à l'intérieur des dattes.



Figure 0-12 : contrôle des dattes échantillonnées (Originale)

Le pourcentage d'infestation des fruits à chacun de leurs stades phénologiques est calculé. Il s'agit du pourcentage de dattes renfermant au moins une larve de pyrale pour chaque arbre étudié. Les résultats obtenus sont rapportés par cultivar de palmier dattier dans chaque parcelle étudiée. Pour cela on a fait appel aux formules de calcul se rapportant au taux d'infestation pour chaque pied échantillonné et au taux d'infestation moyen pour chaque cultivar dans la même parcelle [17].

Taux d'infestation pour chaque pied échantillonné

$$\text{Taux d'infestation (\%)} = \frac{\text{Nombre de dattes infestées}}{\text{Nombre de dattes échantillonnées}} \times 100$$

[17]

## 5.5 Analyses biochimiques

### 5.5.1 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée sur une partie aliquote de 5g d'échantillon broyé et étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve réglée à une température de  $103 \pm 2$  °C, jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les différentes étapes du protocole suivi sont décrites ci-dessous [149]:

- ✓ sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à  $103 \pm 2$  °C ;
- ✓ tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur ;
- ✓ peser dans chaque capsule 5 g d'échantillon préalablement broyé et le placer dans une étuve réglée à  $103 \pm 2$  °C pendant 3 heures;
- ✓ retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement, les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn) pour éviter la caramélisation.

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M1 - M2)}{p} \times 100$$

Soit :

H% : Humidité.

M1: Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g.

M2 : Masse de l'ensemble après séchage en g.

P: Masse de la prise d'essai en g.

### 5.5.2 Détermination du pH

Détermination en unité de pH, de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de pulpe de datte broyée. Les différentes étapes du protocole suivi sont comme suit :

- ✓ Couper en petits morceaux une partie de l'échantillon, puis, éliminer les noyaux et les loges carpellaires ;
- ✓ Placer le produit dans un bécher et y ajouter trois fois son volume d'eau distillée ;
- ✓ Chauffer au bain-marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps avec une baguette de verre. Ensuite, broyer le mélange obtenu dans un mortier et procéder à la détermination du pH en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

### 5.5.3 Détermination des teneurs en sucres et acides organiques

La détermination de la teneur en sucres et des acides organiques a été effectuée au niveau du laboratoire de technologie alimentaire de l'Université Miguel Hernandez, a Elche (Espagne), suivant le protocole suivant :

### 5.5.4 Préparation d'eau

L'eau utilisée, dans les échantillons et dans la phase de dilution lors des analyses chromatographiques, est une eau ultra pure préalablement préparée en utilisant un appareil de purification Millipore Simplicity (Millipore S.A.S, France).

### 5.5.5 Préparation des extraits

Nous avons analysées trois variétés de dattes (Mech Degla, Ghars et Deglet Nour) de deux zones (Sidi Okba et Ourelal), sur les trois derniers stades phénologiques, à savoir les stades: Besser, Rutab, et Tamar.

L'extraction des sucres et acides organiques passe par les mêmes étapes[150]–[156], qui sont les suivants :

- a- Additionnement de l'eau ultra pure aux dattes broyées (1/10) (3g/30ml) ;
- b- Homogénéisation de la solution à l'aide d'homogénéisateur (2mn, 7000t) ;
- c- Agitation par un agitateur pendant 1heure ;
- d- Traitement de l'homogénat par l'ultrason pendant 10mn ;
- e- Centrifugation pendant 15mn à température de -4°C (9000t/mn) ;
- f- Récupération de surnagent et filtration par des filtres seringue 0,2µm ;
- g- Conservation des extraits à -20°C jusqu'à la lecture par HPLC.

### 5.5.6 Analyses Chromatographiques

10 µl d'extrait ont été injectés dans le système chromatographe. La séparation a été réalisée sur une colonne Supercolgel–C610 H, 6% Crosslinked, avec une taille de particule de 9µm, de longueur 300 mm

X 4,6 mm I.D (Sigma-Aldrich) et de type inverse (silice greffée). La phase d'élution a été obtenue par l'emploi de l'eau ultra pure et l'acide phosphorique H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (1%) avec un débit de 1 ml/min, et une température de 30 C°.

Les mêmes échantillons, portés par la même phase mobile sont passés par un détecteur réfractomètre (RI Detectors K-2301) pour analyser les sucres, puis par un détecteur DAD (Diode Array Detector) pour les acides organiques (Figure ci-dessus).

### 5.6 Indice de qualité « r »

En 1961, Munier [45], définit un indice « r » de qualité ou de dureté : il est égale au rapport de la teneur en sucres sur la teneur en eau des dattes

$$r = \frac{\text{teneur en sucres}}{\text{teneur en eau}}$$

Le calcul de cet indice permet d'estimer le degré de stabilité du fruit, et selon REYNES et al. [170], on a la classification suivante :

- ✓ Dattes molle  $r < 2$
- ✓ Dattes demi-molle  $2 < r < 3.5$
- ✓ Dattes sèches  $r > 3.5$
- ✓ Pour  $r=2$  la stabilité du fruit est optimale et son aptitude à la conservation est très appréciable

### 5.7 Approche au monitoring de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae*

#### Zeller par le recours aux moyens biologiques

A la lumière des résultats constatés, et après les suivis et l'étude de la biodynamique de la population de la pyrale des dattes, et l'analyse de la fluctuation du taux d'infestation en fonction du temps et des différents stades phénologiques des différents cultivars étudiés, nous avons élaboré cet essai, en utilisant un produit pesticide biologique qui

est le BT, tout en appliquant des traitement dans des période précis de l'apparition des premiers larves et adultes obtenu par l'étude de la Biodynamique de l'insecte.

#### 5.7.1 Présentation des sites d'étude et conditions expérimentales

Sur la base des conditions favorables à la réalisation de l'étude, deux sites ont été choisis :

Le site d'Ain Ben Naoui qui est une palmeraie appartenant à l'institut technologique de développement de l'agriculture saharienne (I.T.D.A.S), destinée à la culture du palmier dattier avec un nombre total de palmier de 1645 dont 1262 palmiers productifs de la variété Deglet Nour. Et le site de Sidi Okba qui est une palmeraie privée conduite en polyculture. Déjà décrite.

#### 5.7.2 Matériel utilisé

#### 5.7.3 Pièges AA TRAP EC (Déjà décrits en dessus.)

#### 5.7.4 Le matériel du traitement

Le traitement des dattes dans les sites de Sidi Okba et Ain Ben Naoui est réalisé par un pulvérisateur à gros débit monté sur camion tout terrain adapté aux structures du terrain et du palmier dattier (Figure 0-13).



Figure 0-13 : Pulvérisation du BT [79]

### 5.7.5 Produits de traitement et dose appliquée

Le *Bacillus thuringiensis* est une bactérie qui agit sur les larves d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller par ingestion avant leur pénétration dans les dattes[62].

Le Dipel 8L est utilisé en UBV (Ultra Bas Volume) à la dose de 1,5 l/ ha de formulation pure non diluée, sur les stades L1 (juste après l'éclosion et avant la pénétration dans le fruit).

### 5.7.6 Méthode d'étude

Afin d'évaluer l'efficacité du Dipel 8L contre la pyrale des dattes, deux applications ont concerné les deux sites espacés de 10 jours afin de couvrir la période des attaques de la pyrale.

Dans les deux sites d'étude, nous avons partagé les palmiers à traiter en 6 blocs, où chaque bloc contient 20 palmiers, dont deux blocs témoin.

Pour chaque traitement un premier échantillonnage s'effectue avant le traitement pour les deux blocs témoin et traité et un deuxième échantillonnage aura lieu après quelques jours (7 à 10 jours) du traitement, l'échantillonnage est composé de 200 dattes prélevées de chaque bloc.

Le traitement au terrain est réalisé par un appareil de traitement à gros débit monté sur un camion tout terrain appartenant à l'institut national de la protection des végétaux, le produit utilisé est le Dipel 8L à un volume de bouillie de 1,5 litres/200 litres eau/ hectare.

Le comptage des dattes échantillonnées, se fait au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire, sous laquelle on examine la présence des œufs sur le péricarpe de la datte et on examine les larves à

l'intérieur des dattes. La présence de ces dernières nous permet d'évaluer le taux d'infestation.

### 5.8 Dispositif expérimental et analyse statistique

Afin de ressortir tous effets possible d'interaction de la pyrale des dattes avec la plante haute (palmier dattier), à travers le suivis de la fluctuation des taux d'infestation (larves et œuf), et des différents variables biochimiques, nous avons appliqué un dispositif expérimental multifactoriel à trois facteurs avec trois répétitions. Les facteurs avec ces différentes variantes, sont comme suit :

- a) L'étude de l'effet variétal (cultivar), on comparant trois variétés :
  - Cultivar Deglet Nour
  - Cultivar Ghars
  - Cultivar Mech Degla
  
- b) L'étude de l'effet de la maturation des dattes, par le suivi de trois stades de maturation :
  - Stade Besser
  - Stade Rutab
  - Stade Tamar
  
- c) L'étude de l'effet de station, avec la comparaison entre deux sites :
  - Site de Sidi Okba
  - Site d'Ourelal

Dans les cas ou l'analyse de la variance ANOVA montre l'existence de signification dans les effets des facteurs cités en dessus , sur les variables étudiés, et pour mieux éclaircir la distinction entre les résultats, nous avons approfondi l'analyse statistique par l'application du test Newman et Keuls pour ressortir les groupes homogènes classés par les plus petites différences significative PPDS.

En second lieu, et afin de présenter au mieux les interactions pouvant exister entre les différentes variables étudiées, nous avons opté pour une analyse en composantes principales (ACP) qui est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter, sous une forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données. Elle ne peut s'appliquer qu'à un tableau de variables quantitatives ou pouvant être considérées comme telles. Ce tableau doit être constitué, en lignes, par des individus sur lesquels sont mesurées des variables quantitatives disposées en colonnes [157]–[159]. Le type d'ACP utilisé est en fonction des variables étudiées. BRIERE [160]rapporte que dans le cas où les variables étudiées sont de nature différentes (comme notre cas) il est préférable, pour ne pas fausser l'analyse, que les variables soient normées, c'est à dire de travailler sur des variables centrées réduites (de variance unité). Dans ce cas les vecteurs-variables sont de norme égale à 1, et par conséquent leurs projections sont situées à l'intérieur d'un cercle de corrélation. Ce type d'ACP est appelé Analyse en Composantes Principales Normées. En ce qui concerne les données d'infestation de l'approche au monitoring de la pyrale des dattes, ils ont été analysés par ANOVA suivant un dispositif expérimental de blocs, a deux facteurs, dans le premier facteur est la date d'échantillonnage avec deux modalités : après le premier traitement, et après le deuxième traitement, et le deuxième facteur est le type de traitement, aussi avec deux niveaux : traité, et non traité (Témoins).

Les analyses de la variance ANOVA et de l'ACP ont été réalisées en utilisant le logiciel XLSTAT ver.2017 Démos.

## CHAPITRE 6 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 6.1 Étude de la bio écologie de la pyrale des dattes

La dynamique saisonnière des espèces caractérisées par de longs cycles de vie, soit les espèces univoltins et celles dont le développement se prolonge sur plus d'une année, en particulier lorsque les activités saisonnières sont modulées par la photopériode, devrait être peu affectée par les changements climatiques. Lorsque les facteurs qui régulent les activités saisonnières des insectes, tel la diapause, sont multiples (température, photopériode, humidité, effet maternel et autres) et interagissent entre eux, l'impact des changements climatiques devrait être moindre à court et moyen terme[161].

#### 6.1.1 Dynamique des populations en fonction des paramètres écologiques

Les résultats du suivi de la dynamique des populations de la pyrale des dattes par l'utilisation de la phéromone dans les deux palmeraies, plus les données climatiques enregistrées, durant la période de l'étude est représenté dans les graphes suivants (Figure 6-1, et Figure 6-2)

La lecture des courbes montrent qu'elles prennent presque la même allure mais diffèrent entre elles par l'effectif moyen marqué au niveau des pics de vol de la pyrale entre les deux sites d'études d'une part, et d'une année à une autre d'autres part.

Les pics de vol de la population d'*Ectomyelois ceratoniae* notés dans les deux parcelles nous informent sur les périodes de vols des adultes et sur l'activité maximale de chaque génération du bioagresseur

et qui sont liées probablement aux stades phénologiques et aux facteurs climatiques.

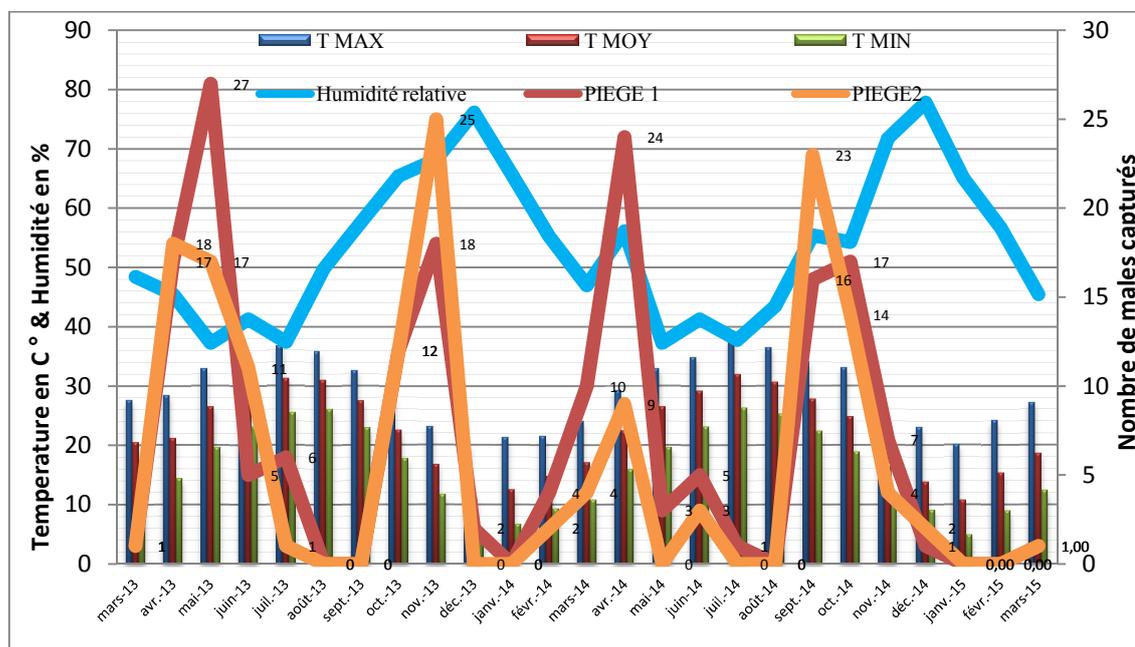


Figure 6-1 : Fluctuation des relevés mensuels des : nombre de males capturés, températures (minimales, moyennes et maximales), et l'Humidité sur une période de deux ans sur le site de Sidi Okba

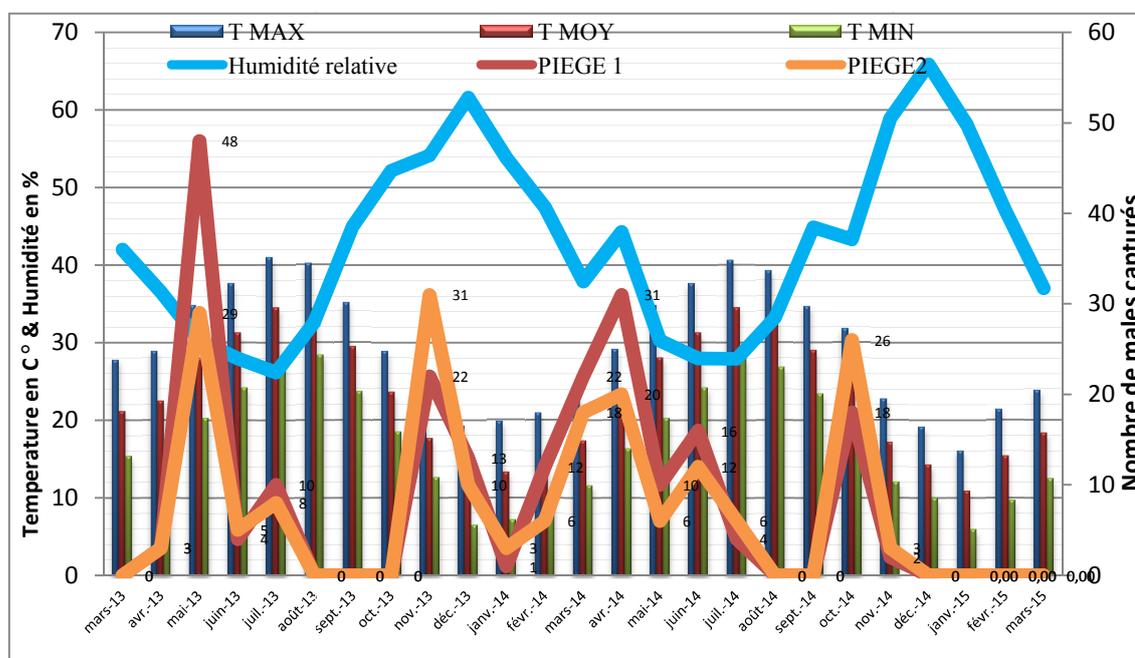


Figure 6-2 : Fluctuation des relevés mensuels des : nombre de males capturés, températures (minimales, moyennes et maximales), et l'Humidité sur une période de deux ans sur le site de Ourelal

Les résultats du suivi des relevés hebdomadaires des pièges à phéromones pour les mâles d'*Ectomyelois ceratoniae* durant les années 2013, 2014, et 2015, sur les sites : Sidi Okba , et Ourelal montrent toujours la présence de trois grands pics de vol au moment de la maturité des dattes.

Comme on a remarqué que la première génération commence à apparaitre du mois de Mars ou le palmier est en phase de pollinisation, pour atteindre le premier pic constaté en mois de Avril/Mais, où on a compté 18 et 27 males capturés sur les deux pièges de Sidi Okba en premières année d'étude et 10 et 24 males capturés sur la deuxième année, pour les premiers pics du site Ourelal ils sont marqués par 29 et 48 individus pour les deux pièges installés en première année, et 22, 31 individus pour la deuxième année.

Après, on a constaté que ce premier pic est toujours suivi par un deuxième pic qui est moins accentué, en mois de Juin/ Juillet, qui marque les stades Loulou, Kimiri pour Deglet Nour et Besser (Khalal) pour le Ghars et le Mech Degla, car ces deux cultivars ont une maturation précoce par rapport au Deglet Nour, les relevés enregistrés à Sidi Okba avait une somme de 11 individus capturés pour Juin 2013, et 8 pour Juin 2014, alors que pour Ourelal on a compté 18 males capturés en Juillet 2013 et 28 en Juin 2014.

En fin, et en mois d'Octobre/Novembre, on constate le troisième et le plus grands des pics, qui coïncide avec la maturité des dattes, et ses individus sont les responsables de l'infestation des dattes sur terrain. Les relevés ont donné une somme des males capturés à Sidi Okba de 43 et 40 pour novembre 2013 et Octobre/Novembre 2014 respectivement, et sur Ourelal on a eu 53 individus en novembre 2013 et 44 individus en octobre 2014.

De mi-novembre jusqu'au fin Janvier, la courbe d'évolution d'émergence de la pyrale des dattes oscille entre les captures d'une

moyenne de 2 a 4 individus pour le site de Sidi Okba, mais elle s'annule pratiquement a Ourelal, sur cette même période de repos végétatif.

Les résultats obtenus, était très proche de ceux trouvés dans le monde, et en Algérie .D'après Wertheimer [4], le BERRE [12], DRIDI et al [64], MEHAOUA [162], BENSALAH [137], et HADJEB [163], la pyrale des dattes présentent 3 grandes générations par an en palmeraie dans la région de Biskra, dont la principale génération est celle qui évolue durant les mois de Septembre, Octobre et Novembre correspondant ainsi à la troisième génération. Cette dernière est responsable de la dépréciation des dattes et durant cette période les dégâts commencent à apparaitre sur les fruits.

WERTHEIMER [4] et Le BERRE [12], ont signalé que la première génération qui est issue des larves des dattes tombées au sol ou stockées de l'année précédente dans des abris de la palmeraie, quand les températures moyennes deviennent optimales pour l'éclosion des œufs et le développement des chenilles qui ont passée par une hibernation due au basses températures pendant l'hiver, où les vols des papillons semblent débuté de Mars à Mai.

Le BERRE [12], précise que La deuxième génération apparait à partir du mois de Juin et s'étale jusqu'au mois d'Août. Les adultes de cette génération sont issus des larves de la génération précédente, ainsi le déroulement de la deuxième génération est assez semblable à la génération précédente mais dont le vol est moins important.

Le vol des papillons de l'*Ectomyelois ceratoniae* diminue ensuite vers la mi-août, due probablement à l'élévation des températures et la faible humidité relative durant les mois de Juillet et Août avec respectivement une moyenne maximale de 36,70 °C et 35,37 °C. Doumandji [16] montre aussi que la température optimum pour les sorties imaginales est de 24 °C ou au-dessus. A 20 ou 30 % d'humidité de l'air, par un temps de sirocco, vent chaud et sec, les apparitions de papillon sont rares. LEBERRE [12], confirme aussi que les expériences

de laboratoire semblent montrer que la pyrale des dattes ne survit pas à des températures supérieures à 35° C en atmosphère sèche [12].

Le vol de la troisième génération commence vers la fin Août pour s'accroître durant les mois de Septembre et Octobre où la température moyenne ambiante oscille de 26.75°C à 23.05°C coïncidant aussi avec la maturité des premiers fruits de datte des variétés Ghars et Mech Degla. WERTHEIMER [4], montre que les papillons nés en Août pondent leurs œufs directement dans les régimes, et à partir de la fin de ce mois, les rigueurs thermiques de l'été saharien se relâchent et la croissance des chenilles est ralentie. Le même auteur a souligné aussi que les chenilles rentrent en nymphose à partir de fin d'août et le début de vol de troisième génération commence dans les derniers jours du mois. Les adultes de la troisième génération sont les principaux responsables de la contamination de la récolte pendante, car son vol coïncide avec la maturation de la plupart des variétés des dattes qui ne sont pas encore cueillies [12].

WERTHEIMER [4], a indiqué que le plus grand nombre des chenilles issues du troisième vol surprises par le rafraîchissement automnal ralentissent leurs activités biologiques et restent dans les fruits sans tenter de sortir, il n'est y a désormais d'autres vols jusqu'au printemps suivant. Il considère que les larves adultes de la troisième génération constituent la forme d'attente jusqu'au retour de la chaleur printanière (début de la première génération), en outre quelques individus seulement terminent cependant leur transformation en papillon dans les hangars des producteurs, et ont la possibilité de retourner en palmeraie.

Les graphes des Figure 6-1, et Figure 6-2, montrent aussi, clairement l'évolution des populations de la pyrale en fonction des conditions climatiques. Les populations de la pyrale évoluent d'une manière proportionnelle aux conditions climatiques qui semblent influent d'une manière très étroite sur la dynamique des populations de

la pyrale. Cette évolution est variable selon les années, selon les conditions climatiques et selon l'état phytosanitaire de la palmeraie. BALACHOWSKY [164] et DOUMANDJI [16], affirment que le nombre de génération d'*Ectomyelois ceratoniae* varie d'un pays à l'autre et dans une même localité d'une plante-hôte à une autre. Également, DHOUBI [11], a signalé que dans l'oasis tunisienne l'apparition des premiers adultes est précoce et le facteur responsable de ce décalage est la température. DOUMANDJI [16], a souligné aussi que les chenilles restent actifs durant l'hiver, mais leur développement est très ralenti. Selon le même auteur, la ponte doit débuter avec une température de 17,5°C, et l'accouplement à plus de 19°C.

## 6.2 Analyse des taux d'infestation

### 6.2.1 Etude de taux de ponte sur Deglet Nour, Ghars et Mech Degla par rapport aux stades phénologiques

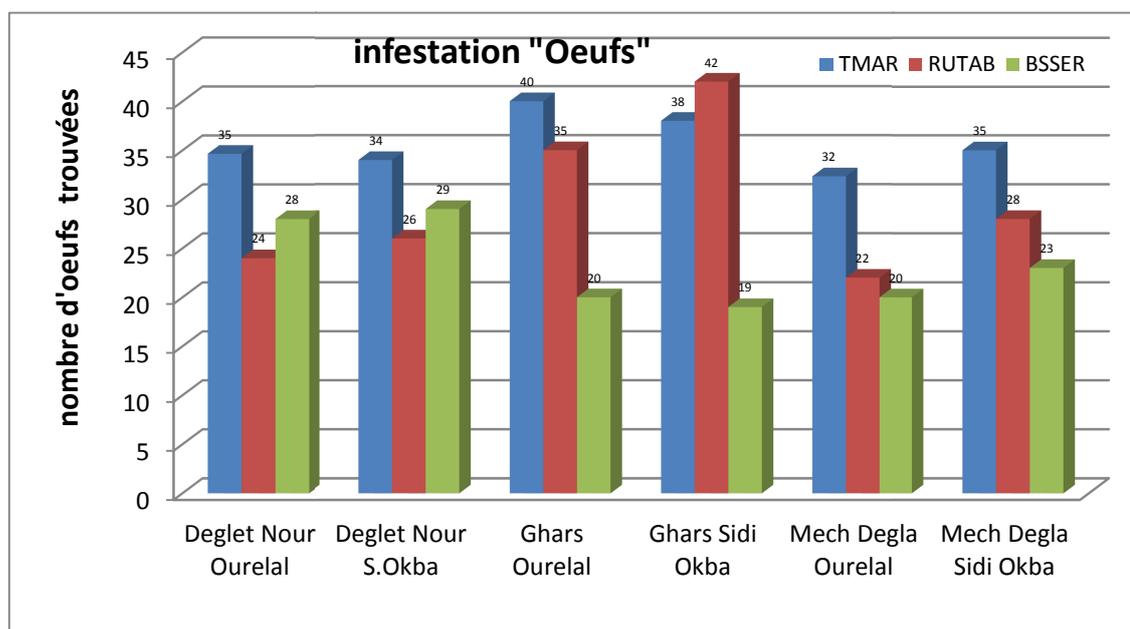


Figure 6-3 : Comparaison entre les taux de ponte sur les différentes variétés en fonction des stades phénologiques

On constate d'après les histogrammes illustrés sur la Figure 6-3 des variations plus ou moins accentuées entre les taux de ponte de la pyrale des dattes en fonction des variétés étudiées et des stades phénologiques, où nous notons que la pyrale commence à pondre ses

œufs au stade Besser du fruit sur les trois variétés. Un maximum enregistré chez les Rutabs du Ghars de Sidi Okba avec 42 œufs comptés, alors que ce taux oscille entre 22 et 28 œufs pour le même stade de Mech Degla de, 24 et 26 œufs pour les Rutabs de Deglet Nour cultivés a Ourelal et a Sidi Okba respectivement.

Tableau 6.1 : analyse de la variance du variable taux de ponte

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	3019,333	177,608	9,689	< 0.0001
Erreur	36	659,926	18,331		
Total corrigé	53	3679,259			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	37,722	A			
RUTAB	30,111	B			
BESSER	29,389	B			
GHARS	35,111	A			
DEGLET NOUR	29,759	B			
MECH DEGLA	28,352	B			
Modalité	Moyenne	Groupes			
SIDI OKBA	31,667	A			
OURELAL	30,481	A			

Le tableau d'analyse de la variance montre qu'il existe des différences hautement significatives, avec des probabilités associées  $p < 0.0001$  entre les taux de pontes sur les différents stades phénologiques, ou le stade Tamar avec une moyenne de 38 œufs comptés apparaît comme le plus attirant pour l'oviposition de la pyrale des dattes, de même, il y a des différences entre les cultivars dans le Ghars avec 35œufs pondus sur l'échantillon étudié est le plus réceptif, mais il n'y a pas de différences entre les deux stations, malgré que celle de Sidi Okba était traitée.

Nos résultats montrent qu'il existe une variation des taux de ponte de la pyrale des dattes chez les trois variétés de dattier en fonction des stades phénologiques, cette différence s'explique probablement par la relation qui existe entre la ponte et les stades phénologiques; en effet DJAZOULI *et al.*[165], ont montré que les substances extraites à partir des dattes ont permis d'avoir une certaine corrélation entre la fécondité des femelles de *E.Ceratoniae*, et les stades phénologiques, En général,

la fécondité totale moyenne des femelles augmente avec la dose des extraits actifs stimulateurs de ponte.

Notre échantillonnage des trois variétés des dattes au cours des trois derniers stades phénologiques a montré que la pyrale des dattes commence à pondre ses œufs en stade Besser du fruit pour les trois variétés. JUSTIN *et al*[30] et WARNER *et al*[29] ont rapporté que la ponte chez la variété Deglet Nour commence en stade grossissement (Besser) de fruit, en revanche DOUMANDJI-MITICHE [17], rapporte que les femelles d'*E.Ceratoniae* débutent leur ponte que sur les dattes mûres. Aussi, le taux de ponte important enregistré en stade Besser du fruit sur Deglet Nour est probablement en relation avec l'activité maximale d'émergence de la pyrale des dattes en mois de Septembre ; par contre, les variétés Ghars et Mech Degla présentent un nombre d'œufs faible parce que l'effectif des mâles présent en palmeraie et coïncidant avec le stade Besser est faible. L'augmentation du taux de ponte chez la variété Ghars au stade début maturité puis fin maturité est éventuellement liée à sa précocité par rapport aux autres variétés et coïncidant aussi avec l'activité maximale d'émergence des mâles et la présence des femelles en pleine fertilité ; ainsi il peut être lié au comportement de la pyrale en choisissant le substrat favorable de ponte avant l'émission des œufs. DHOUBI [11], signale que la capacité de reproduction de la pyrale des dattes dépend de certains facteurs, particulièrement la possibilité de s'accoupler, la longévité, et de la nature des substrats de ponte. Cependant, le taux de ponte faible chez la variété Deglet Nour en stades début et fin maturité est apparemment dû à la protection de cette variété par l'ensachage des régimes qui a probablement empêché la pyrale de pondre. D'autre part, il peut être lié à l'éclosion des œufs et la pénétration des larves L1 à l'intérieur des dattes. L'échantillonnage des dattes en stade fin maturité a montré un taux de ponte faible chez Mech Degla. Il est vraisemblable que cela est dû à la présence des œufs éclos sur les dattes qui ont été déjà pénétré à l'intérieur des dattes.

En conclusion, la pyrale des dattes pond sur les trois variétés, et au cours des trois stades phénologiques. Elle commence à pondre au stade Besser (grossissement) du fruit et le taux de ponte le plus élevé est enregistré chez les trois variétés en fonction des stades phénologiques est celui de la variété Ghars qui est dû à sa précocité d'une part, qui est également synchronisée avec l'activité maximale d'émergence de la pyrale des dattes en mois de Septembre, ou en fonction de la variété elle-même qui est attractive par sa constitution biochimique pour le dépôt des œufs.

#### 6.2.2 Etude de taux d'infestation (larves) sur Deglet Nour, Ghars et Mech Degla par rapport aux stades phénologiques

La Figure 6-4 montre les variations d'infestation des trois variétés par rapport aux stades phénologiques. Le stade Tamar semble le plus apprécié par les larves de la pyrale, d'autre part, nous notons qu'il n'y a pas d'infestation en stade Besser, les variétés Deglet Nour et Mech Degla sont infestées en stade début maturité (Rutab) avec 5 et 4% de dattes vireuses respectivement à Sidi Okba et Ourelal pour la Deglet Nour et 1 % enregistré dans les deux sites pour Mech Degla. Au stade fin maturité (Tamar), toutes les variétés sont infestées mais avec des variations ; le taux le plus élevé est noté pour Mech Degla avec 18% à Sidi Okba et 16% à Ourelal, par contre Deglet Nour et Ghars présentent des taux d'infestation proches.

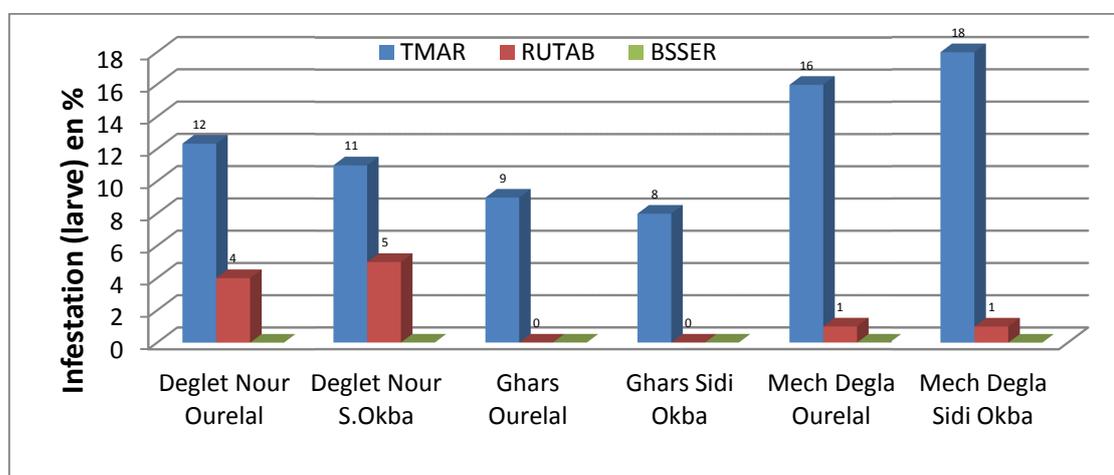


Figure 6-4 : Evolution des taux d'infestation (larves) des trois variétés par rapport aux stades phénologiques

Le Tableau 6.2: analyse de la variance du taux **d'infestation** montre des différences très hautement significatives avec  $p < 0.0001$ , ou le stade Tamar et le plus apprécié par les larves de la pyrale avec une moyenne de 13,407%, pour les cultivars on trouve la Mech Degla et la Deglet Nour en premier groupe Homogène A, comme on remarque aussi des différence entre les deux stations ou Sidi Okba et plus infecté.

Tableau 6.2: analyse de la variance du taux d'infestation (larves)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	9349,739	549,985	168,639	< 0.0001
Erreur	36	117,407	3,261		
Total corrigé	53	9467,146			

Modalité	Moyenne	Groupes
TAMAR	13,407	A
RUTAB	3,944	B
BESSER	0,000	C
MECH DEGLA	6,278	A
DEGLET NOUR	6,074	A
GHARS	3,000	B
SIDI OKBA	11,000	A
OURELAL	9,901	B

Le taux d'infestation au stade Besser est nul quelque soit la variété malgré la présence d'œufs, cela parait dû à la qualité de dattes à ce stade, la dureté de la pulpe, la présence du tanin, et la faible teneur en sucres qui empêche les larves néonates de poursuivre leur cycle de vie et meurent après éclosion.

Aussi, ces résultats peuvent être expliqués par l'intervention des facteurs climatiques surtout les pluies qui contribuent à lessiver les œufs des dattes, de même ces résultats sont confirmés par SAGGOU [68], qui rapporte qu'au stade Besser le taux d'infestation est nul quelque soit la variété et dans n'importe quel biotope. L'infestation de Deglet Nour qui débute dès le stade début maturité puis elle évolue au stade fin maturité est probablement liée avec l'activité maximale

d'émergence de la pyrale des dattes par un pic de vol enregistré au mois d'Octobre. Néanmoins, il paraît que la pyrale des dattes a trouvé un milieu nutritionnel favorable à l'intérieur des dattes pour son développement au stade début maturité, et cette évolution de taux en stade fin maturité semble être due à la maturité complète des dattes qui est suivie par un changement radical dans la constitution biochimique des dattes. De ce fait, MUNIER [45], montre qu'au stade Rutab, la teneur en eau diminue, l'amidon des cellules de la pulpe se transforme en sucre et les tanins qui donnent leur saveur âpre aux dattes migrent vers les cellules situées à la périphérie du mésocarpe et se fixent sous une forme insoluble, au stade début maturité, les fruits perdent beaucoup d'eau et deviennent de plus en plus concentrer en sucres.

La variété Ghars n'est attaquée qu'au stade Tamar, l'infestation de Ghars est vraisemblablement liée avec le taux de ponte marqué en stade début maturité et qui a contribué à l'infestation des dattes qui ont été réceptives à ce stade. DJEBLAHI et SERRAYE [166], signalent que dans la région de Biskra, l'infestation de la variété Ghars par la pyrale des dattes débute au stade Ghars (la maturation complète) en mois d'Octobre. Ainsi, l'étude du niveau d'infestation par la pyrale des dattes sur plusieurs variétés de datte dans la région d'Ouargla, a montré que la variété Ghars est la moins infestée [18]. En revanche, LE BERRE [12], précise que les dattes molles comme Ghars sont les plus infestées que les Demi-molle, elles-mêmes plus attaquées que les sèches. Il note aussi un niveau d'infestation de 8 % pour la variété Ghars, 7 % pour la variété Deglet Nour et 1,2 % pour Mech Degla.

Pour la variété Mech Degla, il est important de noter que le taux d'infestation semble être en relation avec le pic de vol enregistré au mois d'Octobre et qu'elle est tardive en maturité par rapport à Ghars dont la récolte est achevée. La Mech Degla est la plus infestée en palmeraie au stade fin maturité par rapport aux autres stades. Ce taux d'infestation est apparemment lié à la qualité des dattes de Mech Degla qui est classée dans la catégorie des dattes sèches et paraît favorable

au développement des chenilles de la pyrale des dattes. Sans négliger l'état de la parcelle, quand elle est mal entretenue, ainsi la présence des dattes délaissées, et des déchets qui peuvent constituer un foyer de pullulation, et c'est ce facteur qui a classé le site de Sidi Okba en premier avec une moyenne d'infestation de 11 %. SAGGOU [68], rajoute que l'état de la parcelle est un facteur déterminant pour les variations des taux d'infestation. DOUMANDJI [16] mentionne que la pyrale exige pour son développement des fruits plus ou moins mûrs et en voie de dessèchement, également DHOUIBI [62], indique que les chenilles frugivores de la pyrale des dattes vivent aux dépens des fruits secs et ceux proches de leur maturité. SAGGOU [68], IDDER *et al.*[19], précisent que le taux d'infestation par la pyrale des dattes est lié à la teneur en saccharose.

En conclusion, les variations de taux d'infestation sur les trois variétés en fonction des stades phénologiques sont dues à plusieurs facteurs fortement liés à la qualité nutritionnelle des dattes dont la constitution biochimique de chaque variété.

### 6.3 Analyse des résultats du pH et de l'humidité

#### 6.3.1 Etude de l'évolution de l'Humidité

D'après le graphe ci-dessus, on remarque que l'évolution de l'humidité sur les trois stades phénologiques, est très similaire pour les trois cultivars étudiés, et on constate que de le taux d'humidité est inversement proportionnel avec le développement de la datte, pour le stade bessa il oscille de 70% pour le Ghars de Ourelal au 55 ,32 % pour Mech Degla de Sidi Okba, ce dernier est le plus secs des cultivars étudiés à ce stade. Alors que pour le stade tamar généralement, la teneur en humidité enregistrée des différents cultivars étudiés était inférieure à 40%.

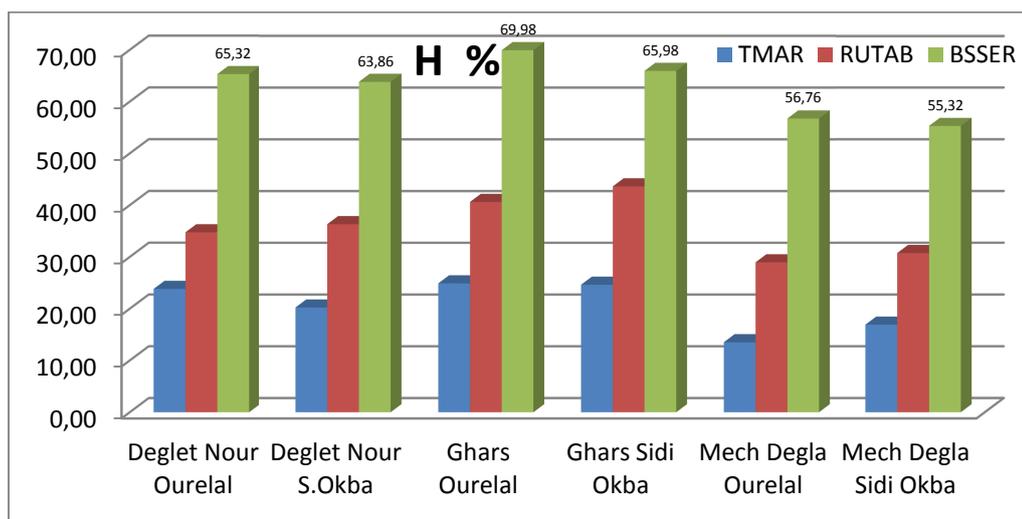


Figure 6-5 : Histogrammes des teneurs en eau H %

L'analyse de la variance montre qu'il y a des différences hautement significatives, avec  $P < 0.0001$ , entre les différents stades phénologiques des trois cultivars étudiés, ou la moyenne de l'humidité du Ghars était la plus élevée avec 43,359 %, et Mech Degla est la moins humide avec 36,225 %. Comme on constate qu'il y a même des différences entre les moyennes des deux sites étudiés, ou les dattes de Sidi Okba contient plus d'eau que celles de Ourelal.

Tableau 6.3 : Analyse de la variance du variable H%

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	18519,153	1089,362	299,26	< 0.0001
Erreur	36	131,047	3,640		
Total corrigé	53	18650,200			

Modalité	Moyenne	Groupes
BESSER	63,594	A
RUTAB	36,400	B
TAMAR	20,627	C
GHARS	43,359	A
DEGLET NOUR	41,037	B
MECH DEGLA	36,225	C
SIDI OKBA	42,912	A
OURELAL	37,502	B

L'eau est l'un des constituants essentiels de la datte. Il est d'une importance fondamentale pour la qualité des dates et influence la durée de conservation et de stockage [167]. Il semble que la variation de

l'humidité de la date dans les sites d'études dépend de plusieurs facteurs, du cultivar et de son habitat, de la gestion des cultures et surtout de la quantité de l'eau d'irrigation. Selon AMIRA et al. [168], l'humidité de la date présente une plus grande variabilité entre les stades de maturation que les cultivars.

### 6.3.2 Etude de l'évolution du pH

De même pour l'évolution l'acidité des dattes, exprimées par le pH, elle diminue au fur et à mesure du développement de la datté. Le pH des dattes des cultivars étudiés varie entre 4,67 pour Mech Degla au stade Besser de Ourelal à 6,86 pour Deglet Nour Ourelal stade Tamar qui est le plus neutre des échantillons étudiés (Figure 6-6).

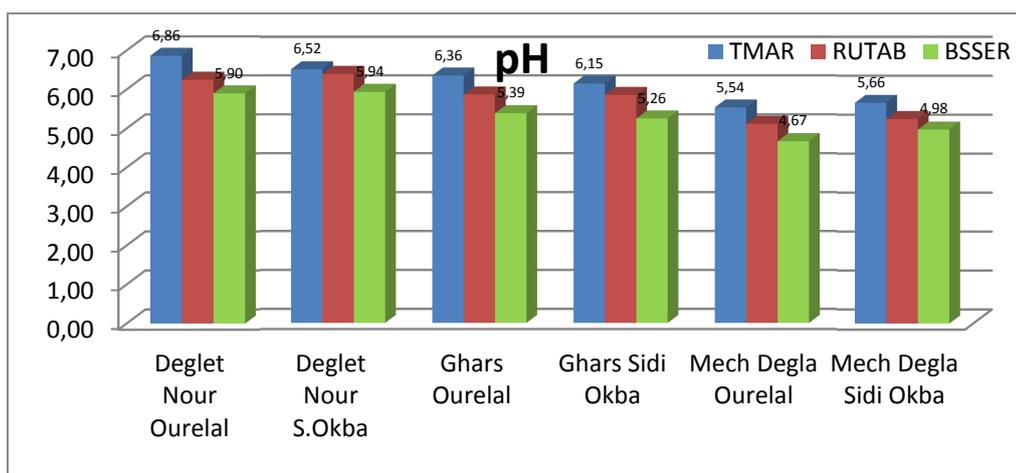


Figure 6-6 : Histogrammes des taux d'acidité "pH"

En outre, l'ANOVA a révélé une différence très significative ( $p=0,0001$ ) entre les valeurs de pH enregistrées parmi les cultivars étudiés, les différents stades phénologique, et même entre les deux stations d'études.

Tableau 6.4: Analyse de la variance du variable pH

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	17,509	1,030	73,060	< 0.0001
Erreur	36	0,508	0,014		
Total corrigé	53	18,017			

Modalité	Moyenne	Groupes
TAMAR	6,202	A
RUTAB	5,790	B
BESSER	5,324	C
DEGLET NOUR	6,040	A
MECH DEGLA	5,690	B
GHARS	5,586	C
SIDI OKBA	6,136	A
OURELAL	5,408	B

Nos résultats sont semblables à ceux trouvés dans la littérature. Effectivement, selon plusieurs auteurs (AL-BEKR [169]; REYNES et al., [170]), le pH des dates varie généralement entre 4,5 et 7,0. Selon AMIRA *et al.* [168], les valeurs de pH ont exprimé plus de 50% de la variabilité entre les stades de maturation.

#### 6.4 Détermination des teneurs en sucres

Les dattes sont considérées comme des fruits riches en sucres. Ceux-ci existent sous deux formes : saccharose et sucres réducteurs. Les sucres réducteurs principaux sont le fructose et le glucose mais les dattes contiennent d'autres sucres tels que l'arabinose, le galactose et autres [153], [171].

##### 6.4.1 Analyse qualitative des chromatogrammes

Après le passage des standards des sucres sur L'HPLC, et ensuite l'analyse des extraits des échantillons des dattes étudiés, on a eu les chromatogrammes suivants (Figure 6-7-Figure 6-11)

Les résultats obtenus montrent que les trios sucres ciblés, qui sont le glucose, le fructose et le saccharose existe pratiquement dans les

trois cultivars des deux sites d'étude, et sur les trois stades étudiés, à l'exception du cultivar Ghars qui est presque dépourvu du saccharose.

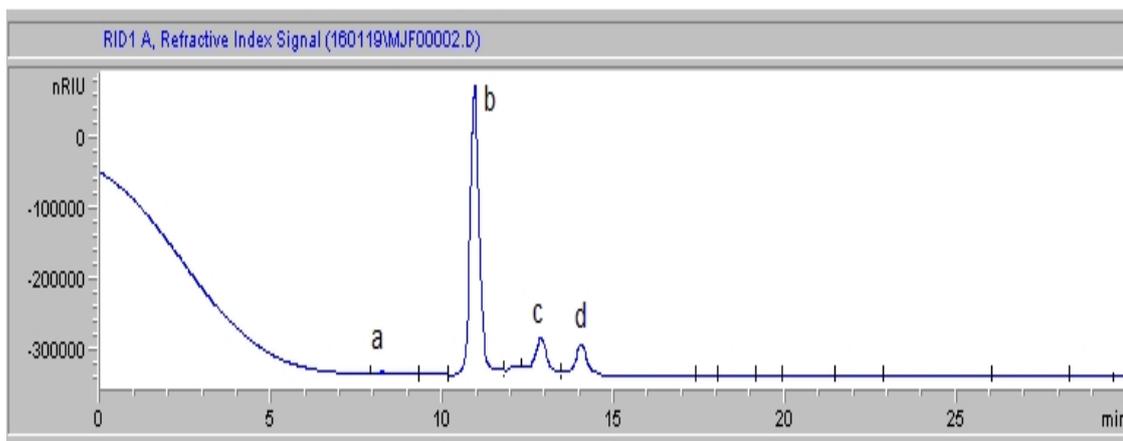


Figure 6-7 : Chromatogramme des sucres du Deglet Nour de Sidi Okba  
a : Inuline b : Saccharose c : Glucose d : Fructose

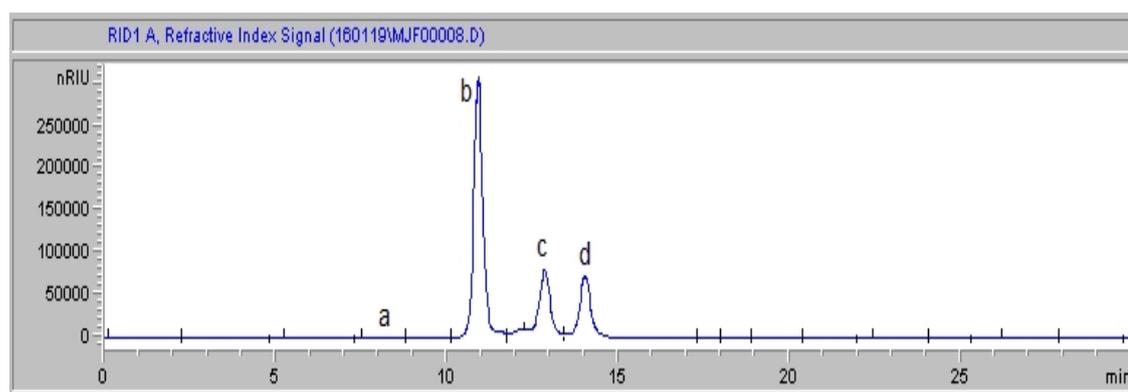


Figure 6.8 : Chromatogramme des sucres du Deglet Nour d'Ourelal  
a : Inuline b : Saccharose c : glucose d : Fructose

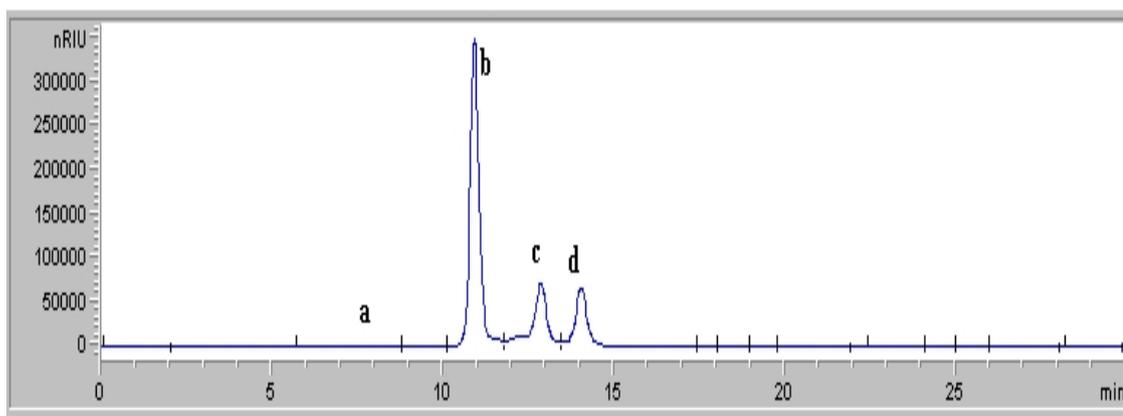


Figure 6-8 : Chromatogramme des sucres du Mech Degla deOurelal  
a : Inuline b : Saccharose c : glucose d : Fructose

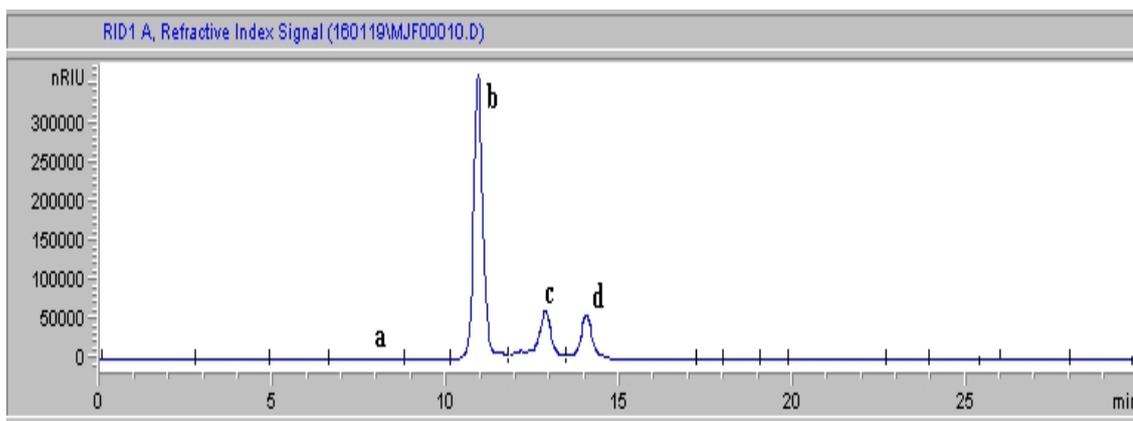


Figure 6-9 : Chromatogramme des sucres du Mech Degla de Sidi Okba  
a : Inuline b : Saccharose c : glucose d : Fructose

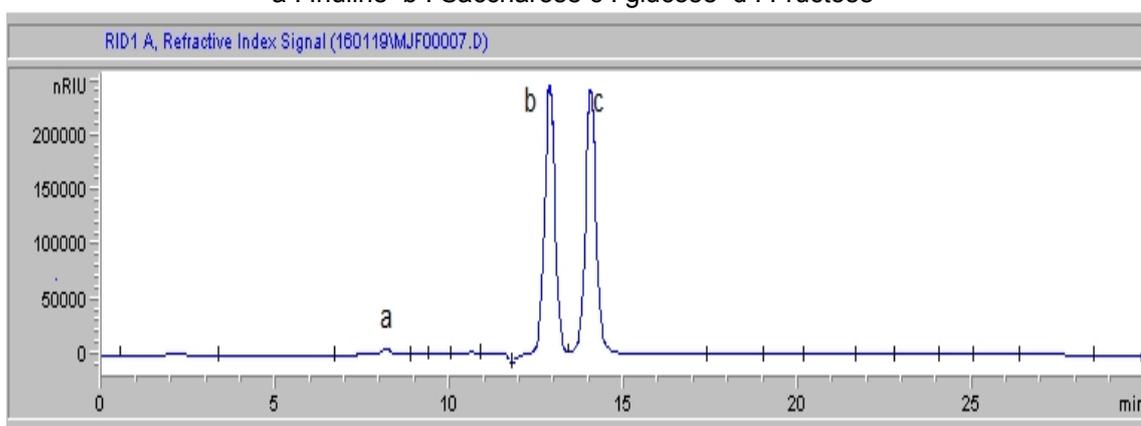


Figure 6-10 : Chromatogramme des sucres du Ghars de Sidi Okba  
a : Inuline b : glucose c : Fructose

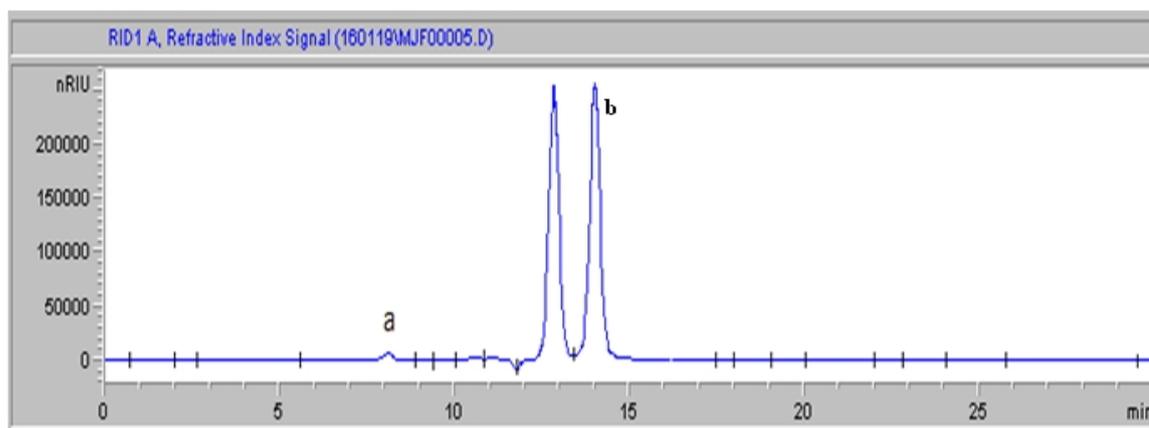


Figure 6-11 : Chromatogramme des sucres du Ghars d'Ourelal  
a : Inuline b : glucose c : Fructose

#### 6.4.2 Analyse quantitative

La quantification a été faite, par comparaison à celles des standards (méthode de l'étalon externe). L'intégrateur est calibré par

des solutions des standards externes formées de glucose (2%), fructose (2%) et saccharose (1%). Les courbes de calibrations suivants, sont rétablies sur les concentrations suivantes : 10, 20, 30, 40, et 50 mg/ml

### 6.4.3 Courbe de calibration des sucres

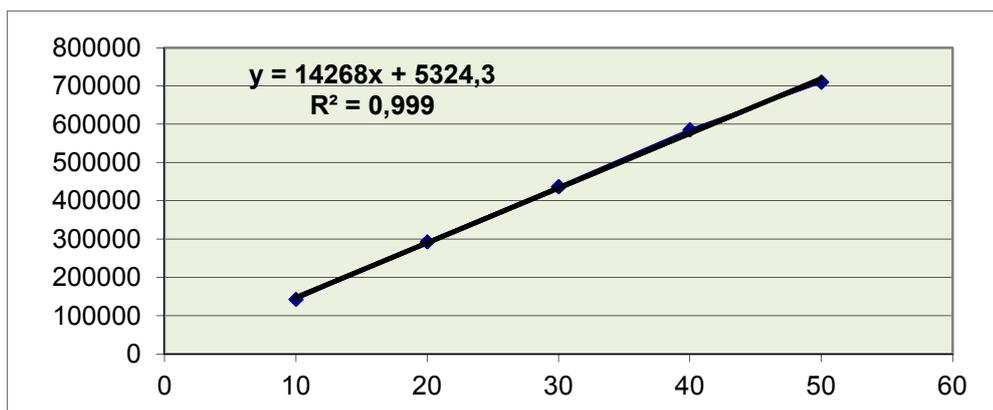


Figure 6-12 : Droite de calibration du saccharose

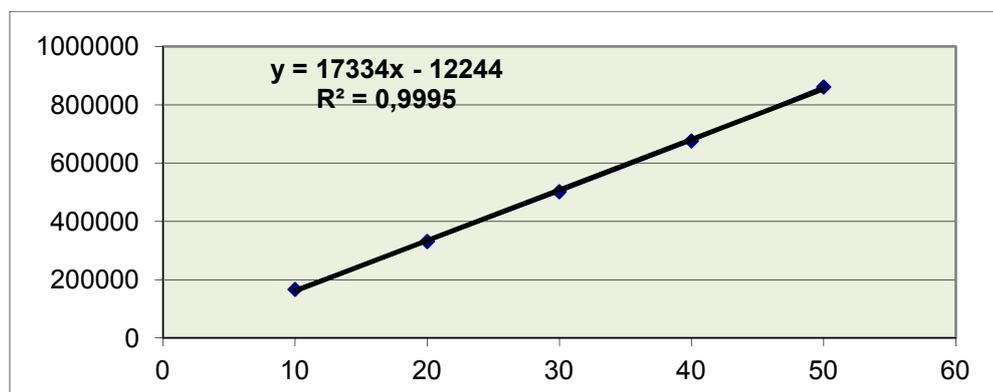


Figure 6-13 : Droite de calibration du fructose

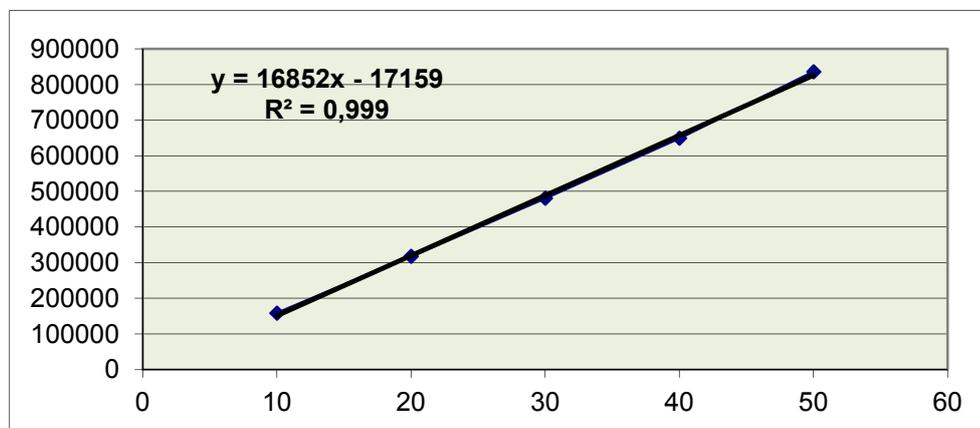


Figure 6-14 : Droite de calibration du glucose

Après l'extrapolation des équations des droites de calibration sur les échantillons étudiés, on a eu les résultats suivants :

#### 6.4.4 Composition en fructose

L'histogramme ci-dessus montre que les teneurs en fructose évoluent dans le sens de la maturité des dattes, d'autre part on constate que les concentrations de fructose enregistrées chez le cultivar Ghars dépassent nettement celles des deux autres cultivars, ces teneurs ont évolué (du stade Besser au stade Tamar) : de 9 à 28 g/100gMF pour le Ghars de Sidi Okba, et de 19 à 30 g/100gMF pour le Ghars de Ourelal le plus riche en Fructose des échantillons étudiés. Alors que les concentrations maximales de fructose, enregistrées chez les Tamars de Deglet Nour et de Mech Degla était inférieure à 10 g/100g de MF.

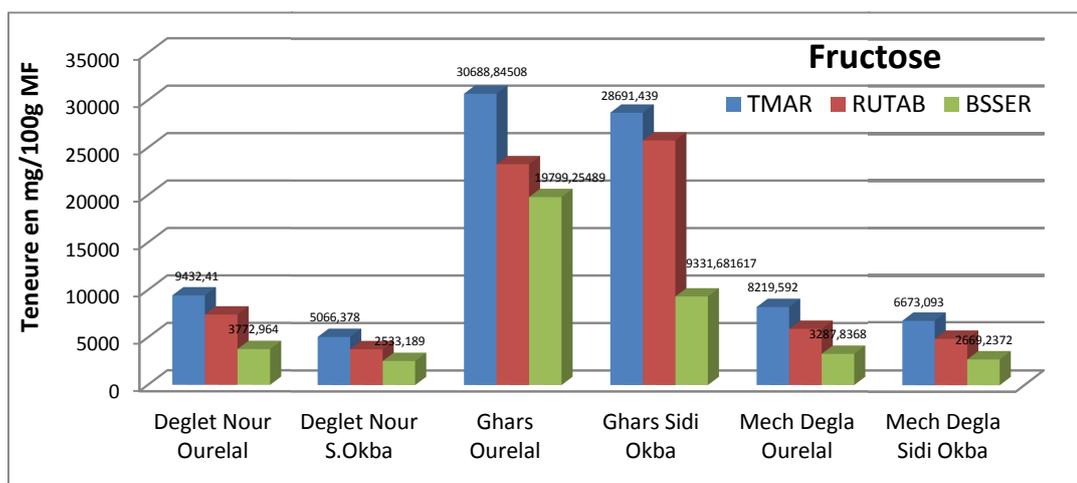


Figure 6-15 : Histogrammes des teneur en fructose

L'analyse de la variance des données des teneurs en fructose, illustrés sur le, montre qu'il y a des différences hautement significatives avec  $P < 0.0001$ , surtout entre les différents cultivars, ou on a marqué une nette distinction entre les trois cultivars étudiés avec trois groupes homogène A, B et C. Mais aussi, entre les stades phénologiques, ou le Ghars était classé dans un groupe A, très loin de la Deglet Nour et la Mech Degla qui ont été classés dans le

même groupe B. En fin l'ANOVA a révélé aussi des différences significatives même entre les sites expérimentales,

Où les moyennes des concentrations en Fructose marquées à Ourelal dépassent celles de Sidi Okba.

Tableau 6.5 : Analyse de la variance du Fructose

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	4802032758,535	282472515,208	2090,670	< 0.0001
Erreur	36	4863997,093	135111,030		
Total corrigé	53	4806896755,628			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	14824,042	A			
RUTAB	11792,960	B			
BESSER	6910,257	C			
GHARS	22962,662	A			
DEGLET NOUR	5285,017	B			
MECH DEGLA	5279,579	B			
OURELAL	12417,111	A			
SIDI OKBA	9934,394	B			

#### 6.4.5 Composition en glucose

Pour le glucose, la Figure 6.17 et Tableau 6.6, montrent des résultats très proches de ceux du fructose, car le Ghars est toujours en tête des groupes homogènes A avec une moyenne de 24174,886 mg/100 g MF, mais cette fois, et au contraire du ca de Fructose, on constate qu'il y a aussi une distinction entre les deux autres cultivars, ou la Deglet Nour avec une moyenne de 5107,151mg/100 g MF était classé en dernier group C. D'autre part, on remarque que la teneur en glucose est directement proportionnelle avec l'évolution de la maturité des dattes, comme on constate aussi, et selon le teste Newman & Keuls, que les dattes de Ourelal dépasse significativement, en matière de glucose celles de Sidi Okba.

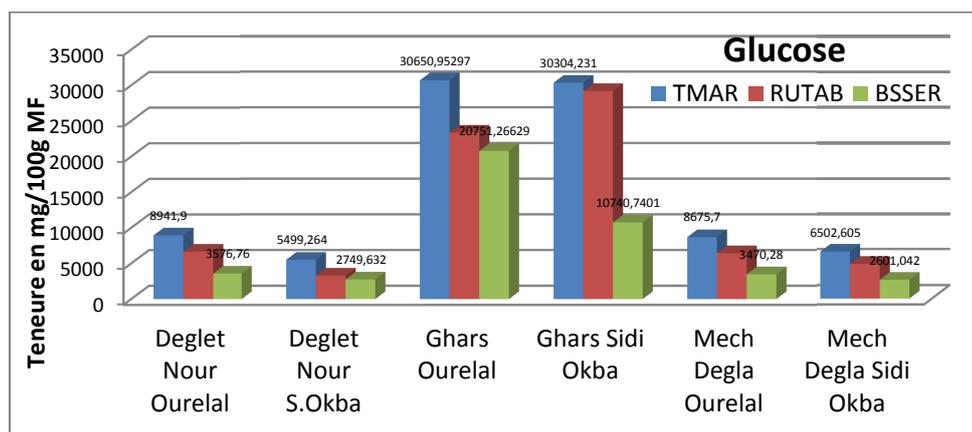


Figure 6-16 : Histogrammes des teneurs en glucose

Tableau 6.6 : Analyse de la variance du Glucose

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	5332206598,799	313659211,694	2513,269	< 0.0001
Erreur	36	4492846,079	124801,280		
Total corrigé	53	5336699444,878			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	15103,981	A			
RUTAB	12302,357	B			
BESSER	7329,493	C			
Modalité	Moyenne	Groupes			
GHARS	24174,886	A			
MECH DEGLA	5453,794	B			
DEGLET NOUR	5107,151	C			
Modalité	Moyenne	Groupes			
OURELAL	12503,099	A			
SIDI OKBA	10654,121	B			

#### 6.4.6 Composition en saccharose

D'après la figure ci-dessus, on voit que Ghars est presque dépourvue de saccharose sur tous les stades phénologiques, alors que sa teneur évolue proportionnellement avec la maturité des dattes pour Deglet Nour et Mech Degla, ces teneurs oscillent entre 6 à 7 g/100g de MF marqué, respectivement, chez les Besser de Deglet Nour et Mech Degla, et entre 53257.738 et 45636.557 mg/100g MF pour le stade Tamar.

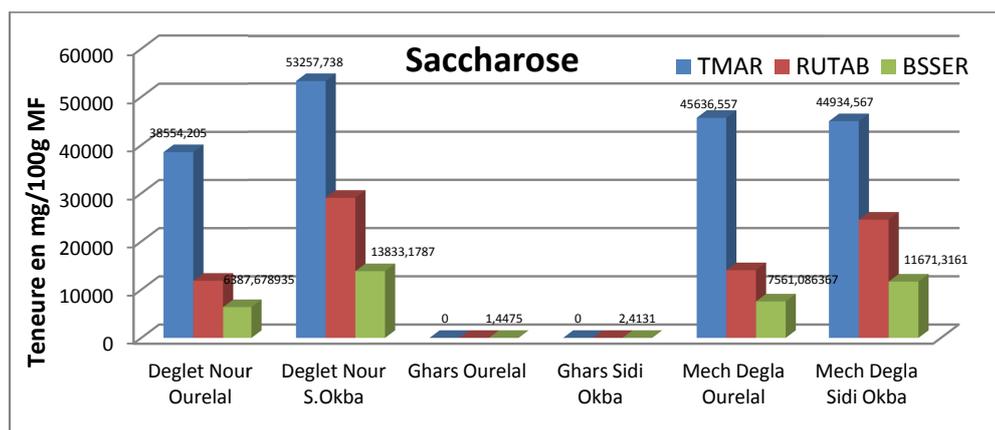


Figure 6-17 : Histogrammes des teneurs en Saccharose

Le Tableau 6.7 montre qu'il y a des différences hautement significatives entre les stades Besser, Rutab, et Tamar, comme il montre que la Deglet Nour Dépasse la Mech Degla, pour la station, cette fois en remarque que Sidi Okba est en tête.

Tableau 6.7 ; Analyse de la variance du Saccharose

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	16510335101,492	971196182,441	11223,078	< 0.000
Erreur	35	3028747,134	86535,632		
Total corrigé	52	16513363848,626			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	30438,243	A			
RUTAB	13237,847	B			
BESSER	6575,107	C			
Modalité	Moyenne	Groupes			
DEGLET NOUR	25491,974	A			
MECH DEGLA	24758,225	B			
GHARS	0,997	C			
Modalité	Moyenne	Groupes			
SIDI OKBA	19691,179	A			
OURELAL	13809,619	B			

Pour le cultivar Deglet-Nour, considéré comme la référence des dattes dites riches en saccharose, MUNIER [45] indique 95% des sucres totaux, dont 78% de saccharose et seulement 17% de sucres simples. Pour ce même cultivar, EL-BEKR [169] rapporte un taux en saccharose de 42,7%. Nos résultats se rapprochent beaucoup plus de ceux d'EL-BEKR [169] avec des teneurs en saccharose de 44,4%.

### 6.4.7 Composition en sucres totaux

Pour les sucres totaux en remarque, que les résultats sont très proches pour les trois cultivars, et l'évolution est toujours proportionnelles avec le stade phénologique.

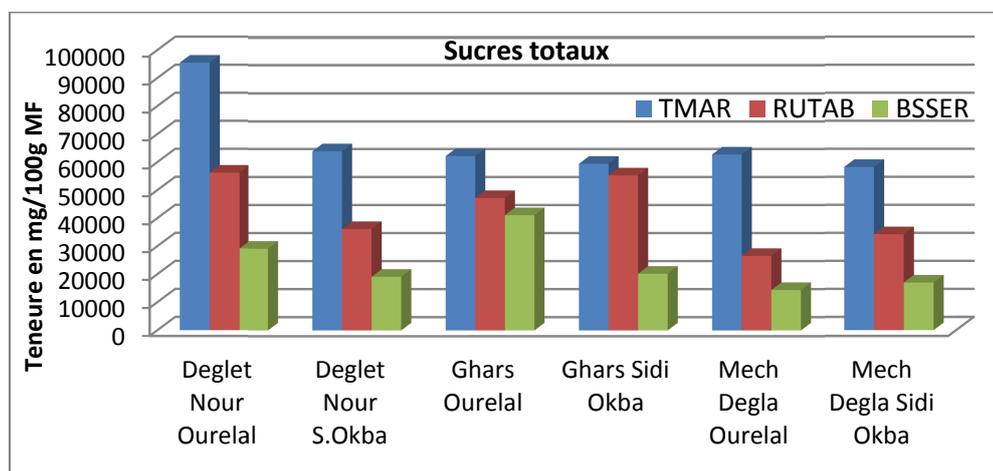


Figure 6-18: Histogrammes des teneurs en sucres totaux

Ce qui est approuvé par l'analyse de la variance, illustrée sur le tableau ci-dessous, qui classe le cultivar Ghars en premier groupe Homogène A avec une moyenne de 47138,434 mg/100 g MF, suivi par Deglet Nour et Mech Degla dans le groupe B avec les moyennes 35884,142 et 35491,598 mg/ 100 g MF. Comme on constate que les dattes de Sidi Okba classé en groupe A sont plus riche en sucres Totaux que celles d'Ourelal qui occupe la deuxième classe B.

Tableau 6.8 : Analyse de la variance des sucres totaux

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	17799810185,803	1047047657,988	1270,791	< 0.000
Erreur	36	29661626,779	823934,077		
Total corrigé	53	17829471812,581			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	60366,266	A			
RUTAB	37333,163	B			
BESSER	20814,746	C			
GHARS	47138,434	A			
DEGLET NOUR	35884,142	B			
MECH DEGLA	35491,598	B			
SIDI OKBA	40279,621	A			
OURELAL	38729,829	B			

#### 6.4.8 Composition en sucres réducteurs

Puisque les sucres réducteurs sont le glucose et le fructose, les résultats obtenus sont très similaires, à celles de ces deux sucres, mais avec des différences plus accentuées, puisque le Ghars est toujours en tête dans le groupe A avec une moyenne de 47137,548 mg/100g MF, et le Mech Degla et la Deglet Nour dans le Groupe B avec respectivement les moyennes 10733,373 et 10392,168 mg/100gMF.

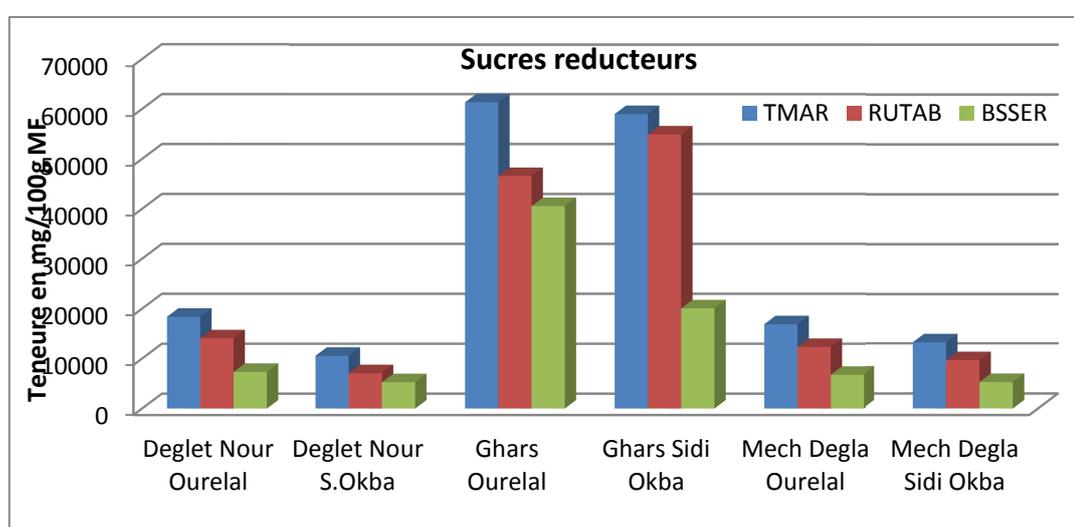


Figure 6-19 : Histogrammes des teneurs en sucres réducteurs

Tableau 6.9 : Analyse de la variance des sucres réducteurs

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	20219399624,57	1189376448,504	2466,837	< 0.0001
Erreur	36	17357269,607	482146,378		
Total corrigé	53	20236756894,18			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	29928,023	A			
RUTAB	24095,316	B			
BESSER	14239,749	C			
GHARS	47137,548	A			
MECH DEGLA	10733,373	B			
DEGLET NOUR	10392,168	B			
OURELAL	24920,210	A			
SIDI OKBA	20588,516	B			

#### 6.4.9 Evolution de l'indice de qualité « r »

Il existe une relation étroite entre la nature des sucres et le pourcentage d'humidité des dattes. Les dattes molles contiennent généralement des taux en sucres réducteurs plus élevés que leur taux en saccharose. Le cas est inverse pour les dattes sèches [169]. Le rapport du taux de sucres totaux sur le taux d'humidité dans les fruits a été utilisé comme indice de qualité pour la caractérisation des dattes.

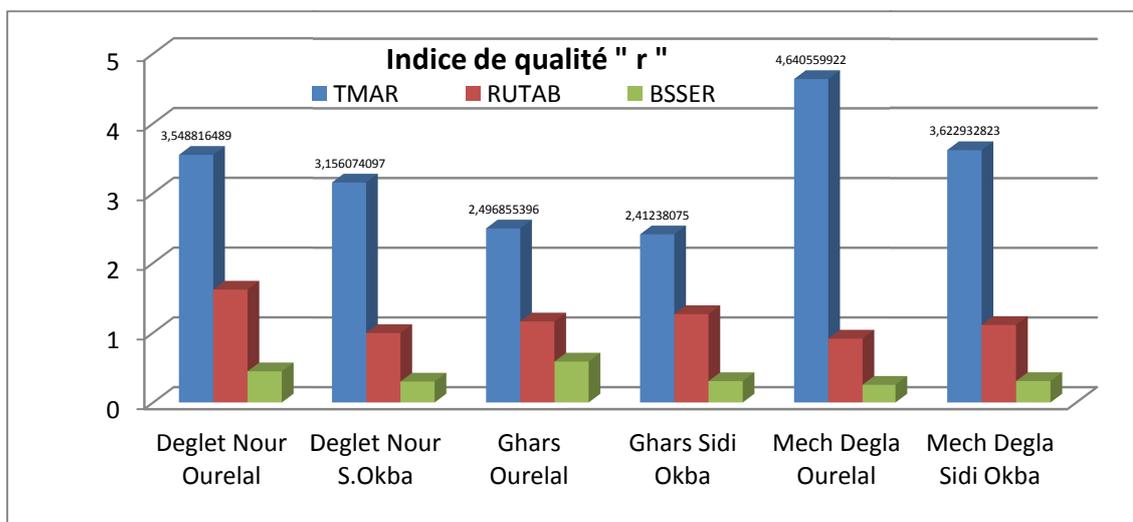


Figure 6-20 : Histogrammes des valeurs d'indice de qualité "r"

Puisque la teneur en eau diminue, et les quantités des sucres totaux augmentent, l'évolution de l'indice « r », comme c'est illustré sur la Figure 6-18 et aussi proportionnelle à celle du stade phénologique, pour tous les cultivars, mais avec des différences plus accentuées que ceux enregistrés dans l'évolution de l'humidité et des sucres totaux. Subséquemment, l'ANOVA (Tableau 6.10) montre une distinction très nette entre les indices de qualité des différents stades phénologiques, avec trois groupes homogènes classés dans le sens d'évolution de la maturité des dattes, d'autre part, on constate aussi, selon le test STUDENT NEWMEN & KEWLS (SNK), des différences hautement significatives entre les trois cultivars étudiés, où le Mech Degla, Deglet Nour, et le Ghars étaient classés en trois groupes homogènes A, B et C avec les moyennes 4.113, 3.247, et 2.452, respectivement. Ces valeurs sont en accord avec le classement élaboré par REYNES et al.

[170], qui ont qualifié les dattes ayant un  $R > 3,5$  de dattes sèches, celles ayant un  $2 < R < 3,5$  de demi-molles ou demi-sèches et les dattes ayant un  $R < 2$  de dattes molles.

Tableau 6.10 : Analyse de la variance de l'index « r »

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	85,509	5,030	918,206	< 0.0001
Erreur	36	0,197	0,005		
Total corrigé	53	85,706			

Modalité	Moyenne	Groupes	
TAMAR	3,077	A	
RUTAB	1,040		B
BESSER	0,335		C
MECH DEGLA	4,113	A	
DEGLET NOUR	3,247		B
GHARS	2,452		C
OURELAL	1,648	A	
SIDI OKBA	1,321		B

En fin, le test d'homogénéité montre aussi, qu'il y a une signification dans les différences entre les moyennes enregistrées dans les deux sites expérimentaux, dans le site Ourelal dépasse celui de Sidi Okba. Il nous semble que ce rapport « r » est variable, et dépend du taux d'humidité de la datte qui est en relation avec la dose de l'irrigation, la température ambiante, l'humidité de l'air, et la conduite du palmier.

#### 6.4.10 Evolution des valeurs du rapport G/F

Pour rapport de G/F, on voit qu'il est toujours proche de 1, et d'après le tableau ci-dessous on voit que ce taux est un peu réduit du 1 pour Deglet Nour qui fait une exception pour tous les autres cultivars

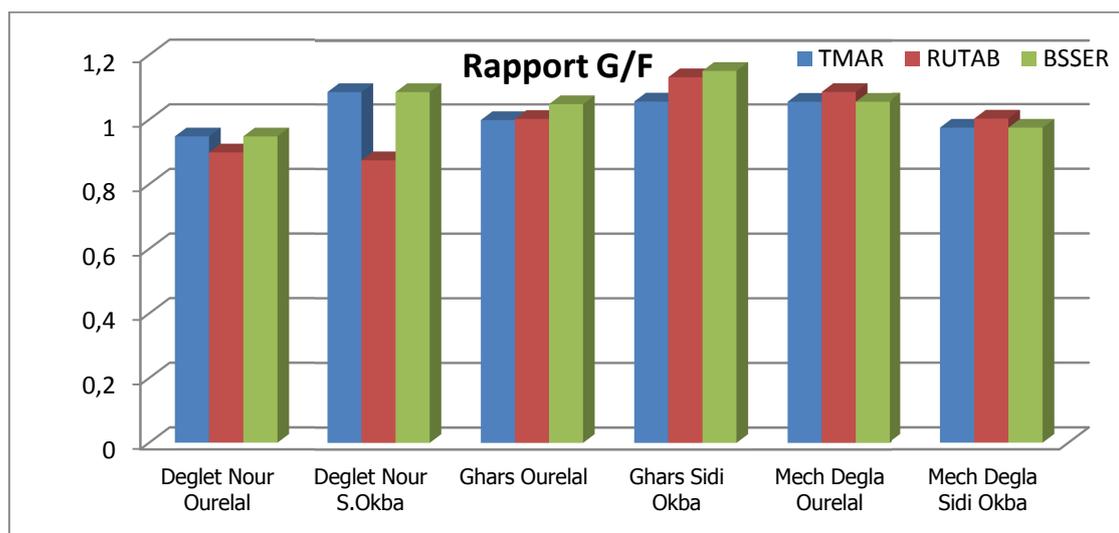


Figure 6-21 : Histogrammes des valeurs du rapport G/F

Tableau 6.11 : Analyse de la variance du rapport G/F

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	0,279	0,016	10,047	< 0.0001
Erreur	36	0,059	0,002		
Total corrigé	53	0,338			
Modalité	Moyenne	Groupes			
BESSER	1,045	A			
TAMAR	1,018	A	B		
RUTAB	1,011		B		
GHARS	1,063	A			
MECH DEGLA	1,030		B		
DEGLET NOUR	0,981			C	
SIDI OKBA	1,042	A			
OURELAL	1,007		B		

#### 6.4.11 Discussion

Le fruit de datte subit plusieurs changements internes et externes au cours de ses différents stades de croissance et de maturation. La qualité et la valeur nutritive des dates sont influencées par divers changements chimiques qui ont lieu au cours de ce processus de maturation [172]. En général, la maturation est un processus régulé génétiquement, dans lequel les changements moléculaires et biochimiques conduit à la modification physique du fruit, y compris des changements de couleurs, de ramollissement et la maturation d'un arôme et une saveur caractéristique [173].

Ainsi, l'absence de saccharose dans le cultivar Ghars peut être s'expliquer par les facteurs environnementaux et génétiques qui peuvent affecter la composition qualitative et quantitative en modifiant l'activité des enzymes impliquées dans les processus de synthèse et de répartition. En général, le saccharose subi une hydrolyse complète dans la réduction du sucre au stade Tamar. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés pour les variétés d'Emiraties. La teneur en sucres réducteurs dépend du cultivar et est étroitement liée à la texture. Les dates douces avec une forte humidité ont des quantités très faibles sur le saccharose. Pour les dates demi moles et sèches (Mech Degla et Deglet Nour), le saccharose s'est accumulé à la fin de la maturité, ce qui les a rendus savoureux [174].

La synthèse du glucose et du fructose est très symétrique, ou les teneurs de ces deux sucres sont très proche de 1 pour les trois cultivars, est pendant les trois stades phénologiques, comme le montre le

Tableau 6.11, il n'existe pas de différence significative entre les variétés pour le rapport glucose/fructose, rien que la teneur en glucose était toujours un peu plus élevée que la teneur en fructose dans toutes les variétés. En conséquence, les rapports glucose-fructose étaient  $\geq 1$ . Nos résultats sont en accord avec d'autres chercheurs. COGGINS et KNAPP (1969) ont trouvé un ratio de 1,00 aux premiers stades de développement des dates Deglet Nour atteignant 1,28 dans les fruits mûrs.

Deglet Nour, qui est le cultivar le plus répandu dans tous l'Algérie, est considéré comme le point de référence des dates riches en saccharose. Le fruit de ce cultivar représente 95% des sucres totaux, soit 78% de saccharose et 17% de sucres simples [28], [175], [176]. BELGUEDJ [177], a indiqué que la variété Deglet Nour contient 22,81% de sucre réducteur et 46,11% de saccharose par rapport aux sucres totaux, la variété Mech Degla contient 20% de sucre réducteur et

51,40% de saccharose, contrairement à la variété Ghars qui contient 80,68% de sucres réducteurs et 4,37% de saccharose. Cependant, Al-BEKR [169] a rapporté 43% de saccharose et 38% de sucre réducteur. Nos résultats sont beaucoup plus proches de ceux de ce dernier auteur que d'autres études, avec des teneurs en saccharose pochant de 44%. BELGUEDJ [177], a indiqué que la variété Deglet Nour contient 22,81% de sucre réducteur et 46,11% de saccharose par rapport aux sucres totaux, la variété Mech Degla contient 20% de sucre réducteur et 51,40% de saccharose, contrairement à la variété Ghars qui contient 80,68% de sucres réducteurs et 4,37% de saccharose. Il est à noter que les différences dans l'origine géographique des dates, même pour le même cultivar, peuvent être associées à de grandes différences dans la composition biochimique [168].

D'autre part l'influence du stade phénologique sur la composition chimique de plusieurs variétés de datte a été étudiée par ISMAIL *et al.* [178] Ils ont déterminé la composition chimique : les sucres, le glucose, le fructose et certains minéraux. Ils ont montré que les concentrations du glucose et le fructose augmentent rapidement avec la maturation, alors que les sucres totaux peuvent représenter plus de 50% du poids frais au stade Tamar, ces fruits peuvent contenir du potassium comme source minérale majeure.

### 6.5 Détermination des teneurs en acides organiques

Les acides organiques qui donnent aux fruits leur acidité caractéristique varient en combinaison et en concentrations entre les différentes espèces et cultivars. La propriété acide des acides organiques est due au groupe carboxyle (COOH) à l'état libre. Ces acides sont une source importante de saveur de fruit surtout en combinaison avec des sucres. La plupart des acides organiques sont probablement présents dans la vacuole de la cellule et ce sont des substrats respiratoires dans le fruit [179]–[183].

### 6.5.1 Analyse qualitative

Les mêmes extraits des dattes passés par le détecteur RID de l'HPLC pour l'analyse des sucres, sont passés par la suite sur un détecteur DAD relié au même appareil HPLC, pour l'analyse des acides organiques. Ainsi le passage des standards, nous a permis la détection des principaux acides organiques qui entre dans la composition de nos dattes. Ces acides sont désignés alphabétiquement dans les chromatogrammes comme suit :

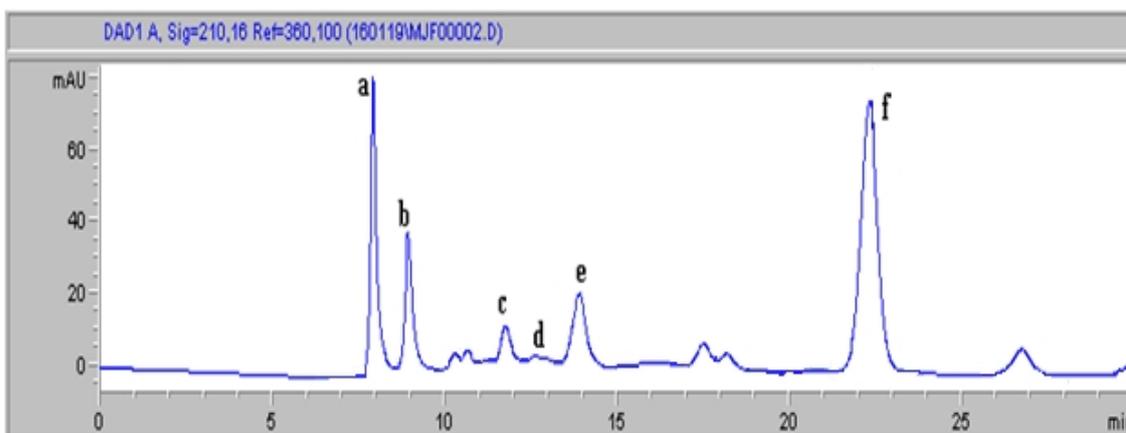


Figure 6-22: Chromatogramme des acides organique du Degle Nour de Sidi Okba  
a : acide phytique ; b : acide oxalique ; c : acide citrique ; d : acide tartrique ; e : acide malique ; f : acide fumarique.

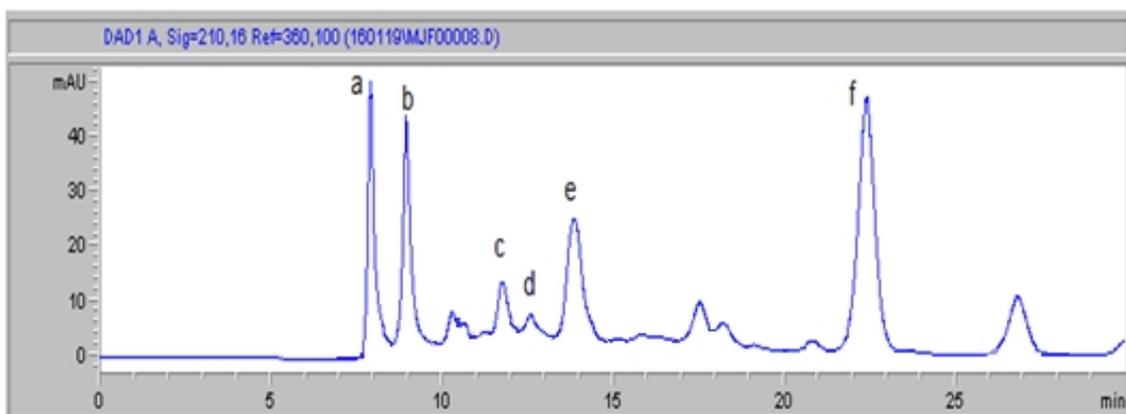


Figure 6-23 : Chromatogramme des acides organique du Deglet Nour d'Ourelal

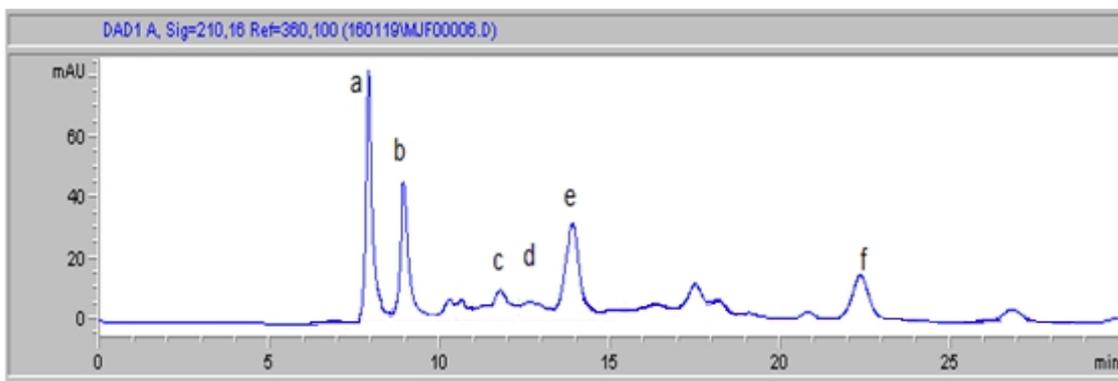


Figure 6-24 : Chromatogramme des acides organique du Mech Degla d'Ourelal

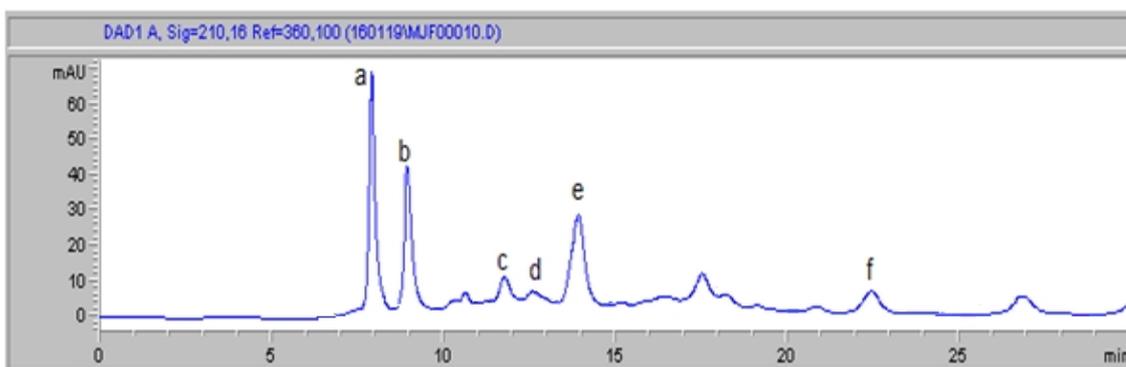


Figure 6-25 : Chromatogramme des acides organique du Mech Degla de Sidi Okba

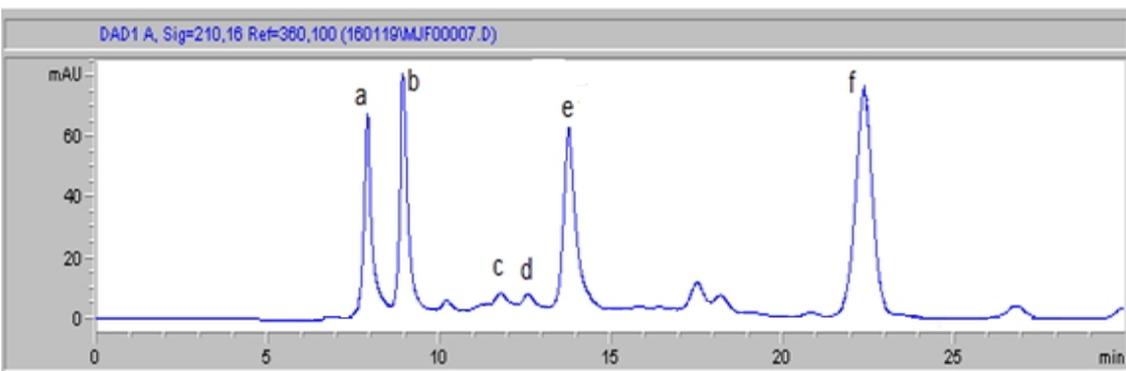


Figure 6-26 : Chromatogramme des acides organique du Ghars de Sidi Okba

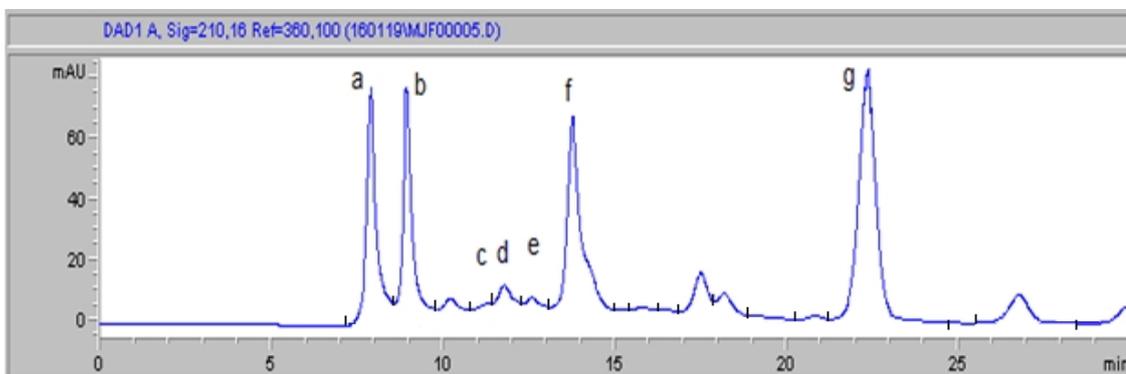


Figure 6-27 : Chromatogramme des acides organique du Ghars d'Ourelal  
 a : acide phytique ; b : acide oxalique ; c : acide citrique ; d : acide tartrique ; e : acide malique ; f : acide fumarique.

## 6.5.2 Analyse quantitative

### 6.5.3 Courbes de calibration des acides organique

Le passage des standards des acides détectés avec les concentrations : 1% ; 2% ; 3% ; 4% ; et 5%. Nous a permis d'établir les droites de calibration suivant :

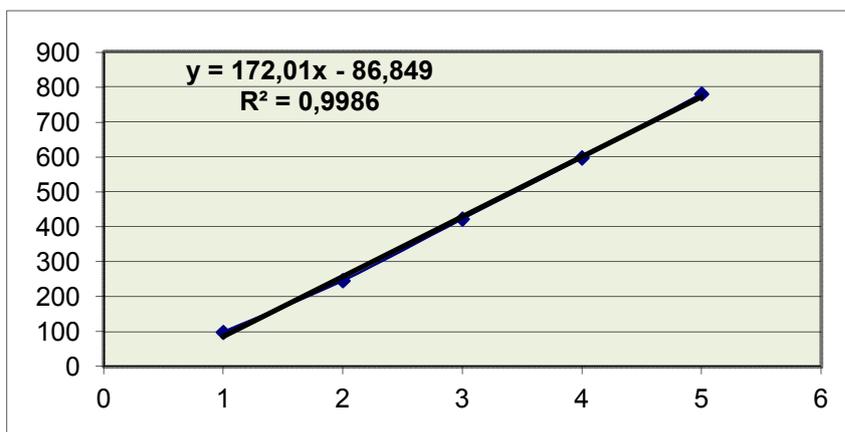


Figure 6-28 : Courbe de calibration de l'acide oxalique

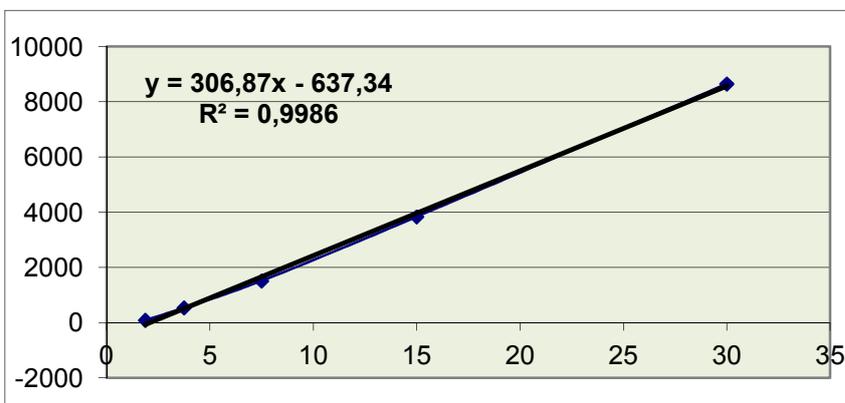


Figure 6-29 : Courbe de calibration de l'acide ascorbique

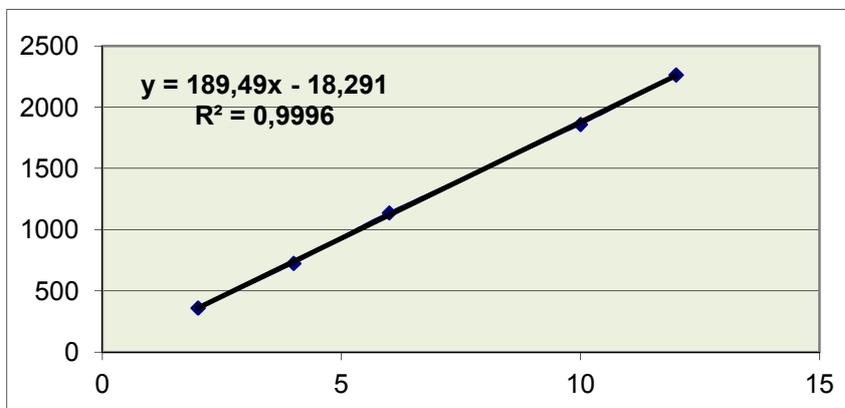


Figure 6-30 ; Courbe de calibration de l'acide malique

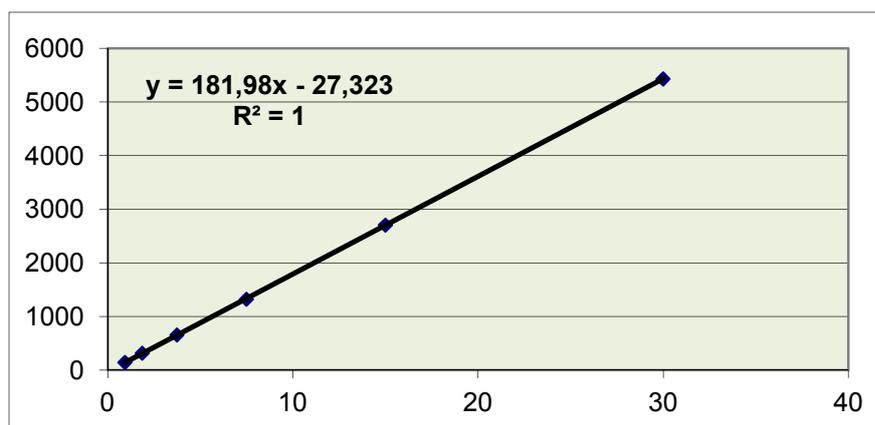


Figure 6-31 ; courbe de calibration de l'acide tartrique

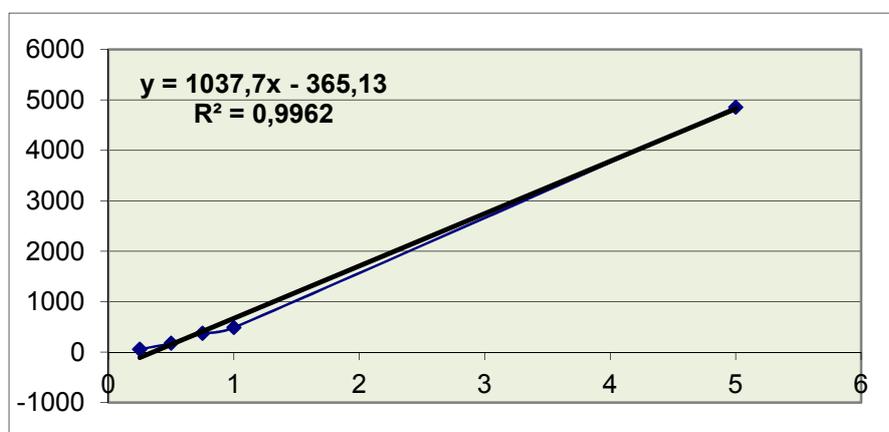


Figure 6-32 ; courbe de calibration de l'acide fumarique

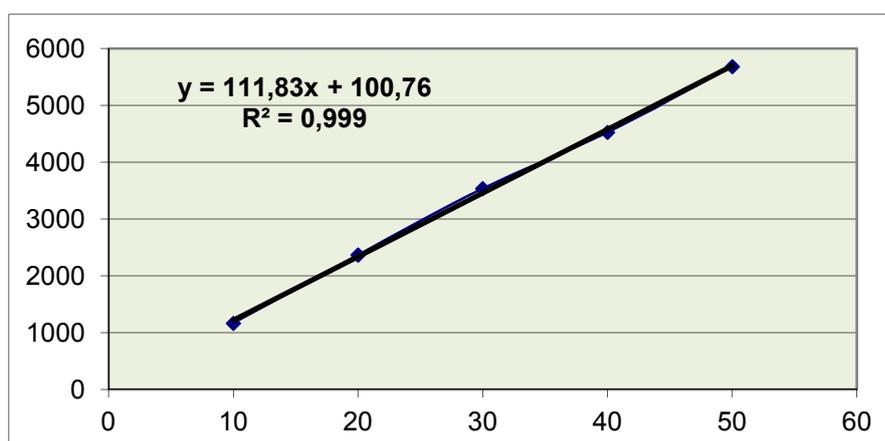


Figure 6-33 : courbe de calibration de l'acide citrique

Les résultats obtenus sont représentés par les histogrammes ci-dessous :

#### 6.5.4 Evolution de la composition en acides Citrique

Les résultats de l'acide citrique (Figure 6.34), montrent que l'évolution de ces teneurs est généralement proportionnelle avec l'évolution de la maturité des dattes, ces teneurs sont minimales en stades Rutab et Tamar, est rare en stade Besser, et oscillent entre 4 mg/100g MF pour le Besser de Mech Degla comme la valeur la plus faible, à un maximum de 72 mg/100g MF pour le Tamar Deglet Nour de Ourelal.

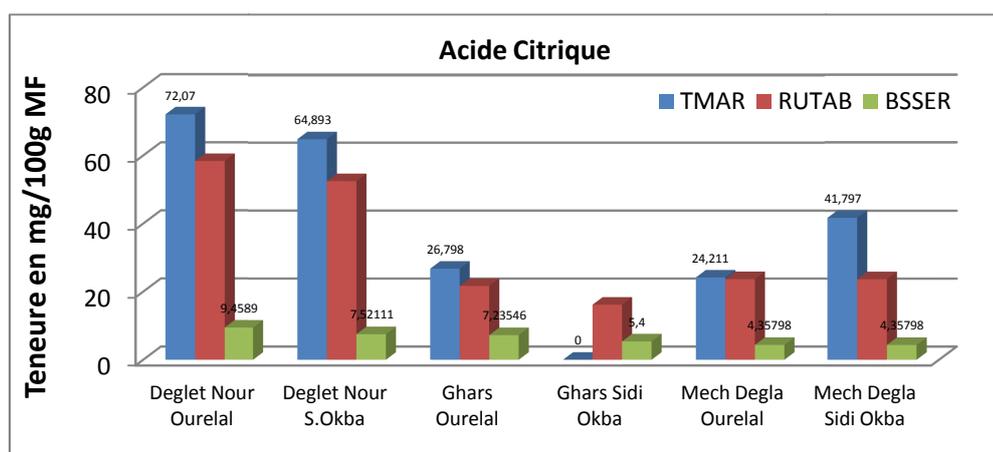


Figure 6-34 : Histogrammes des teneurs en acide citrique

Le test d'homogénéité des groupes Newman et keuls a donné des différences hautement significatives entre les modalités des trois facteurs étudiés, où le stade Tamar était le plus riche en acide citrique est classé en tête dans le groupe A, et même pour le cultivar Deglet Nour, comme on observe aussi une distinction entre les des deux sites d'étude, ou les moyennes des teneurs en acide citrique enregistrées à Ourelal dépassent celles de Sidi Okba.

Tableau 6.12 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide citrique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	25655,463	1509,145	23,010	< 0.0001
Erreur	36	2361,109	65,586		
Total corrigé	53	28016,572			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	38,427	A			
RUTAB	32,157	B			
BSSER	9,358	C			
D NOUR	44,567	A			
M DEGLA	22,806	B			
GHARS	12,569	C			
OURELAL	29,294	A			
SIDI OKBA	24,001	B			

### 6.5.5 Evolution de la composition en acides fumarique

Les valeurs de l'acide Fumarique sont considérables par rapport à celles de l'acide citrique, car elles atteignent les 348 mg/100g MF pour le Tamar Ghars de Ourelal, l'évolution des concentrations de l'acide Fumarique, est plus régulière avec le développement de la datte pour les trois cultivars étudiés, comme il est illustré sur la Figure 6-35.

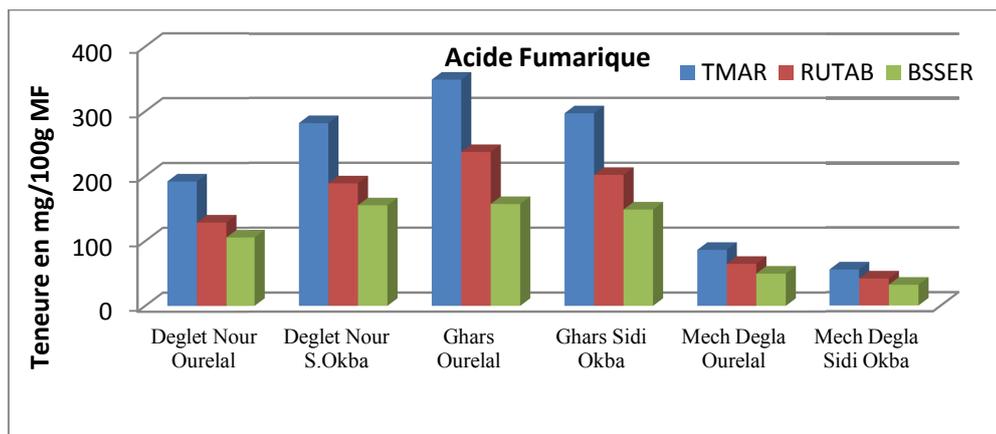


Figure 6-35 : Histogrammes des teneurs en acide fumarique

L'analyse ANOVA des variations des concentrations de l'acide fumarique, entre les différentes variantes, des trois facteurs étudiés, à savoir : le cultivar, le stade phénologiques, et la station d'étude, a donné des résultats très hautement significative pour le model global, avec  $p < 0.0001$

Tableau 6.13 : Analyse de la variance des variations des teneurs en Acide fumarique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	437482,495	25734,264	87,798	< 0.0001
Erreur	36	10551,834	293,106		
Total corrigé	53	448034,329			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	206,538	A			
RUTAB	141,226	B			
BSSER	107,493	C			
GHARS	228,393	A			
DEGLET NOUR	173,493	B			
MECH DEGLA	53,371	C			
Modalité	Moyenne	Groupes			
SIDI OKBA	154,849	A			
OURELAL	148,656	A			

Pour le stade phénologiques on constate qu'il y a une liaison directement proportionnelle entre l'évolution de la datte et le cumul de l'acide fumarique, ou les Tamar des trois cultivars était toujours les plus riches de cet acide. D'autre part, et entre les cultivars, le Ghars était toujours le plus riche en acide fumarique, ou les teneurs de ces trois stades phénologiques dépasse toujours les autres cultivars étudié, en contre partie le cultivar Mech Degla présente toujours les valeurs les plus faibles. En ce qui concerne, les moyenne des deux stations, ils ont étaient très proche, ce qui nie l'effet de la station sur le cumul de l'acide fumarique.

#### 6.5.6 Evolution de la composition en acides Malique

Les analyses ont révélés que l'acide malique est l'acide organique majeur qui existe dans les trois cultivars étudiés, car sa teneur atteindre 1.5g/100 g MF enregistré chez le Besser du Ghars de Ourelal, mais son évolution est inversement proportionnelles avec le développement de la maturité des dattes, car le stade Besser présente les valeurs les plus élevées de l'acide malique, qui se dégrade au fur et a mesure le développement de la datte, ou les teneurs dans le stade Tamar des trois cultivars étaient les moins riche en acide malique, et oscille entre 934 mg/100gMF dans le Tamar du Ghars de Ourelal, et 308 mg/100gMF du Tamar de Deglet Nour de Sidi Okba qui est le minimum enregistré.

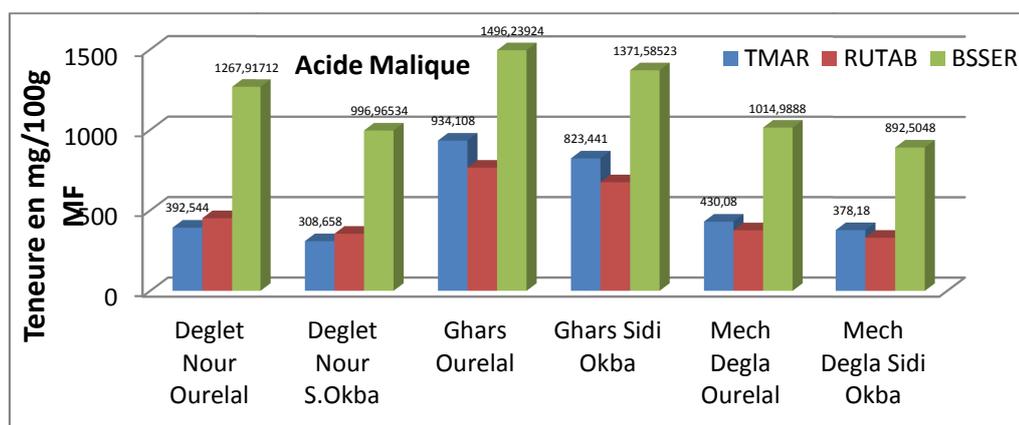


Figure 6-36 : Histogrammes des teneurs en acide malique

L'analyse de la variance du variable acide malique (Tableau 6.14), montre qu'il n'y a pas de signification dans l'évolution des valeurs des trois cultivars

étudiés, ni dans l'espace (entre les deux stations), ni dans le temps entre les deux dernier stades phénologiques (Rutab et Tamar) à l'exception du stade Besser qui présente les valeurs les plus élevés, ce qu'il a placé dans un groupe homogène distinct A.

Tableau 6.14 : Analyse de la variance des variations des teneurs en Acide Malique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	32830286,510	1931193,324	1,600	0,116
Erreur	36	43456289,182	1207119,144		
Total corrigé	53	76286575,692			
Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
BSSER	1542,157	A			
TAMAR	540,370	B			
RUTAB	488,207	B			
GHARS	999,901	A			
MECH DEGLA	967,284	A			
DEGLET NOUR	603,550	A			
OURELAL	1078,845	A			
SIDI OKBA	634,978	A			

### 6.5.7 Evolution de la composition en acides oxalique

L'acide oxalique est le deuxième acide organique le plus abondant, dans les dattes étudiées, après l'acide malique, ces teneurs varient entre 263 mg/100gMF comme minimum enregistré dans le Besser du Mech Degla de sidi Okba, et un maximum de 778 mg/100 g MF dans les Tamar du Ghars de Sidi Okba. D'après les histogrammes de la Figure 6-37, on constate que la synthèse de cet acide augmente régulièrement avec la maturation des trois cultivars étudiés.

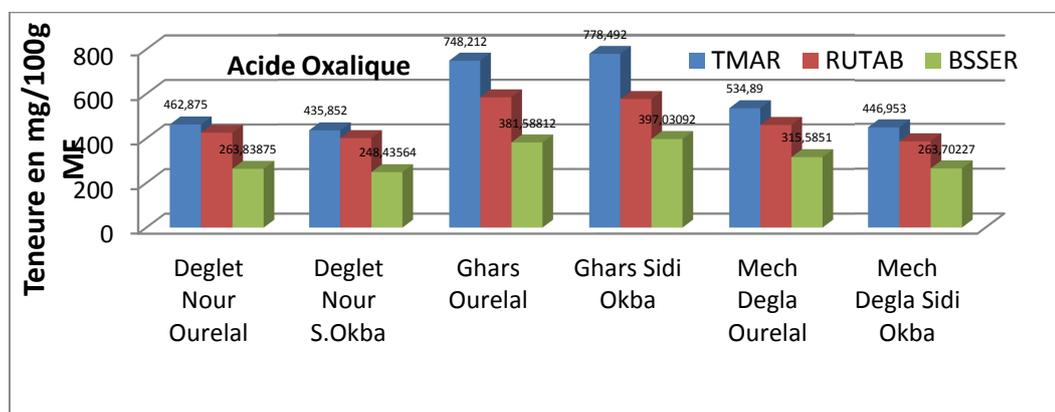


Figure 6-37 : Histogrammes des teneurs en acide oxalique

L'ANOVA des résultats des analyses de l'acide oxalique révèle des différences très hautement significatives, avec une probabilité d'erreur inférieure à 0.0001, ces différences sont dues essentiellement aux variations liées au stade phénologiques qu'ils ont des valeurs très différenciées d'un stade à un autre, qui fait que les trois stades phénologiques étudiés sont classés en trois groupes homogènes A, B, et C, pour les stades Tamar, Rutab, et Besser, respectivement, dans le sens décroissant.

Tableau 6.15 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide oxalique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	1102181,663	64834,215	17,206	< 0.0001
Erreur	36	135648,590	3768,016		
Total corrigé	53	1237830,252			
Modalité	Moyenne	Groupes			
TAMAR	574,323	A			
RUTAB	471,191	B			
BSSER	315,199	C			
GHARS	569,397	A			
MECH DEGLA	404,709	B			
DEGLET NOUR	386,605	B			
OURELAL	458,908	A			
SIDI OKBA	448,233	A			

### 6.5.8 Evolution de la composition en acides tartrique

Les histogrammes illustrés sur la Figure **6-38**, montre que les quantités d'acide tartrique, synthétisées au cours du développement des trois cultivars étudiés, sont minimes, et proche de celles enregistrées pour l'acide citrique. Son évolution est régulière au fur et à mesure le développement de la maturation des dattes, avec des teneurs plus au moins accentués pour le dernier stade de fin maturation (Tamar) des variétés étudiées, ou le Tamar du Mech degla de Ourelal a marqué la plus faible valeur, proche de 47.75 g/100 g MF, alors que le Tamar le plus riche en acide Tartrique était, toujours, celui de Mech Degla de Sidi Okba, avec 62.28 g/100 g MF.

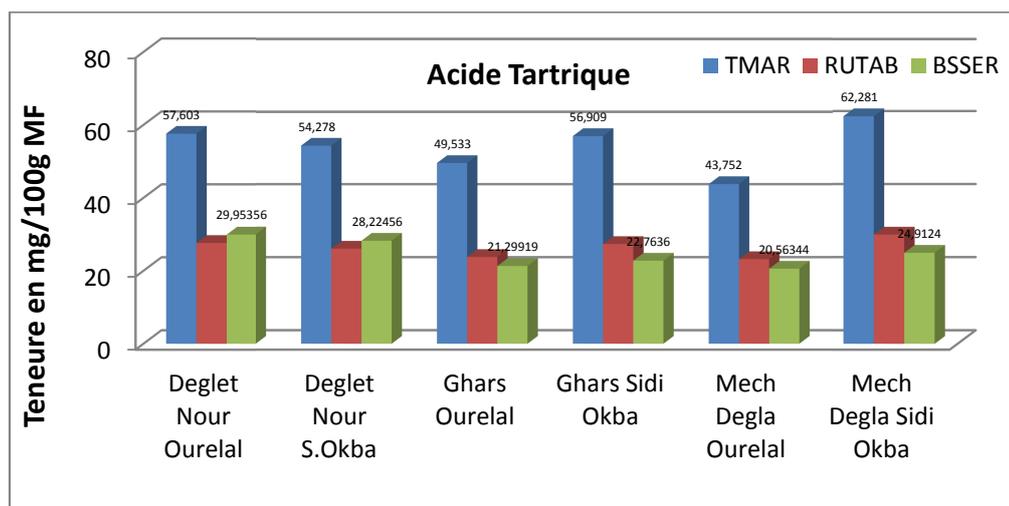


Figure 6-38 ; Histogrammes des teneurs en acide tartrique

La Figure 6-38 montre que les résultats des analyses de l'acide tartrique enregistrés entre les variantes des trois facteurs étudiés, étaient très proches, et l'ANOVA n'a montré aucune signification, que ce soit dans l'espace entre les deux stations d'étude, ou à travers le temps par l'évolution des stades phénologiques, ou par l'effet génétique sur les trois cultivars étudiés, à l'exception de l'accentuation relative des teneurs, constaté en stade de fin maturation (Tamar), qui fait que ce dernier était distingué par le test Newman & Keuls, en le classant dans le premier groupe homogène « A ».

Tableau 6.16 : Analyse de la variance des variations des teneurs en acide Tartrique

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	17	22028,729	1295,808	1,699	0,089
Erreur	36	27450,483	762,513		
Total corrigé	53	49479,212			

Modalité	Moyenne	Groupes
TAMAR	54,166	A
RUTAB	36,636	B
BSSER	24,408	B

Modalité	Moyenne	Groupes
MECH DEGLA	44,829	A
DEGLET		
NOUR	37,563	A
GHARS	32,818	A

Modalité	Moyenne	Groupes
SIDI OKBA	43,600	A
OURELAL	33,207	A

### 6.5.9 Discussion

Comme le montre les histogrammes de l'évolution des teneurs en acides organiques des trois cultivars étudiés (Deglet Nour, Ghars, et Mech Degla), à travers les trois derniers stades phénologiques (Besser, Rutab, et Tamar), dans les deux sites d'expérimentation (Sidi Okba, et Ourelal), les trois acides organiques majeurs étaient respectivement par ordre décroissant de concentration : le malique, l'oxalique, et le fumarique, les acides organiques mineurs détectés étaient l'acide tartrique et l'acide citrique, plus d'autres acides qu'ils ont été détectés mais à des concentrations négligeables, tels que l'acide lactique, l'acide phytique etc. La teneur en acides organiques, à l'exception de l'acide malique, augmentée dans tous les cultivars pendant la maturation des fruits, l'acide tartrique a considérablement changé au cours de la dernière étape de la maturation des fruits plutôt que d'autres acides organiques. Le schéma général des changements d'acide organique était similaire dans les trois cultivars, sauf dans certains cas. Aucune différence significative n'a été observée entre les cultivars en termes de concentration d'acides organiques majeurs, sauf pour le Ghars qui dépasse les deux autres variétés par sa teneur en acide oxalique. Pour les variations observées au cours du développement des dattes, nous avons constaté que la synthèse et l'accumulation des acides organiques est directement proportionnel avec le développement de la datte, ou le stade de fin maturité (Tamar) était toujours le plus riche en acides organiques, sauf pour l'acide malique, qui était inversement lié au stade phénologique, où le stade Besser des trois cultivars étudiés était le plus riche par cet acide. Pour les deux autres acides mineurs (citrique et tartrique), les teneurs marquées avaient une grande variabilité entre les cultivars et les stades de maturation, cela est dû probablement à l'effet accentué d'erreur sur l'analyse des quantités très minimes (traces) de ces acides.

A ce propos, il convient de noter qu'il n'y a pas beaucoup de travaux disponibles, que ce soit à l'échelle nationale ou même dans le

monde, sur les acides organiques individuels et leur taux d'accumulation pendant le développement des dattes. Des résultats similaires ont été signalés par MORTAZAVI [184], il a signalé que l'acide malique était l'acide prédominant et qu'il diminuait lors du développement de la datte (cultivar Barhee), alors que la concentration des autres acides organiques augmentait. D'autres parts nos résultats étaient partiellement en accord avec les acides rapportés par AL-FARSI *et al.* [185] pour trois cultivars dattes omanais au stade tamar. Ils ont identifié six acides organiques, parmi lesquels l'acide malique était prédominant, suivis par des quantités moindres d'acide succinique, d'acide iso-butyrique, d'acide citrique, d'acide oxalique et d'acide formique. En revanche, ERASMUS [186], a montré que l'acide malique, l'acide succinique et l'acide acétique ont été déterminés comme étant des acides organiques prédominants aux stades Kimri, Khalal (Besser) et Rutab respectivement, dans les dattes 'Barhee' cultivées à l'Iran, alors que l'acide citrique, l'acide shikimique et l'acide ascorbique ont été détectés à des concentrations négligeables à tous les stades de développement, il faut noter que ce même auteur [186] a expliqué les fortes teneurs en acide acétique par l'effet de fermentation sur ses dattes, qu'ils ont été laissés dans l'air ambiant, pour compléter la maturation, et en raison de la forte concentration en sucres et de la teneur en eau des dattes Barhee aux derniers stades de développement, les bactéries acétiques utilisent le glucose pour produire de l'acide gluconique et de l'éthanol pour produire de l'acide acétique [187]. Et c'est cet effet de mode de conservation (à l'air libre) qui déclenche souvent des processus de fermentation, qui est à l'origine des différences enregistrées par MORTAZAVI *et al.* [184], sur des dattes Barhee d'origine Iranienne, cet auteur a rapporté que la concentration en acide malique présentait des variations fluctuantes en fonction des stades phénologiques, et ses teneurs sont passées de 13,11 méq / 100 g MF au début kimri à 2,03 méq / 100 g MF au début Besser, puis ont augmenté à 8,87 méq / 100 g MF au stade tamar. Ce même auteur a marqué aussi que l'acide succinique était l'acide

organique principal au stade khalal (11,91 méq / 100 g MF) puis a diminué à 10,11 et 8,12 méq / 100 g MF dans les stades du Rutab et du tamar respectivement, et que l'acide succinique était l'autre acide organique majeur trouvé dans les trois derniers stades étudiés et il a atteint une concentration maximale de 11,91 méq / 100 g MF au stade khalal tardif. De même pour la concentration d'acide acétique qui a augmenté rapidement à partir du premier stade khalal avec le temps jusqu'à un maximum de 45,61 méq / 100 g MF au stade tamar.

Notons bien que les différences observées peuvent être dues aux conditions de culture, au type de sol ou à la méthode utilisée pour l'analyse.

## 6.6 Interaction entre l'infestation de l'*Ectomyelois ceratoniae* et les caractéristiques biochimiques des dattes

### 6.6.1 Interactions *Ectomyelois* / composition biochimique des dattes

Afin d'appréhender toute d'interaction insecte-plante hôte probable, qui peut relier l'*Ectomyelois ceratoniae* a la composition biochimique des dattes. Et pour une meilleure visualisation des variances dues à la fluctuation des teneurs des différents composés biochimiques dépistés sur les trois cultivars de différentes consistances, étudiés dans l'espace (deux stations), et dans le temps (trois stades de maturation). Nous avons appliqué une analyse en composante principale sur la totalité de notre jeu de données, formé par l'addition des observations des différentes infestations de la pyrale dans la nature, à l'ensemble des variables biochimiques étudiés.

### 6.6.2 Projection des variables et des individus

L'information de l'ACP était projetée sur une trame factorielle bidimensionnelle. Le choix des deux axes de l'intrigue était basé sur les composants principaux les plus pertinents. Ceux-ci concernent les axes F1 et F2, qui donnent spécifiquement les pourcentages d'inertie les plus élevés avec

respectivement 40.32% et 30,22%, donnant au total 70.54% d'inertie, ce qui reflète une qualité de représentation très acceptable des variables étudiés sur notre carte de projection.

Le cercle des vecteurs des valeurs propres de l'ACP (Figure 6.40), montre que sur la première composante principale (F1), les sucres totaux et l'indice r (STT/H) sont les contributeurs les plus importants dans le côté positif, alors que la teneur en eau H% contribue le plus dans le côté négatif de ce même axe F1, ce qui va expliquer l'attraction des échantillons des dattes riche en sucres totaux vers la droite, tandis que les échantillons contenant plus d'humidité graviteront sur l'hémisphère gauche de notre carte ACP.

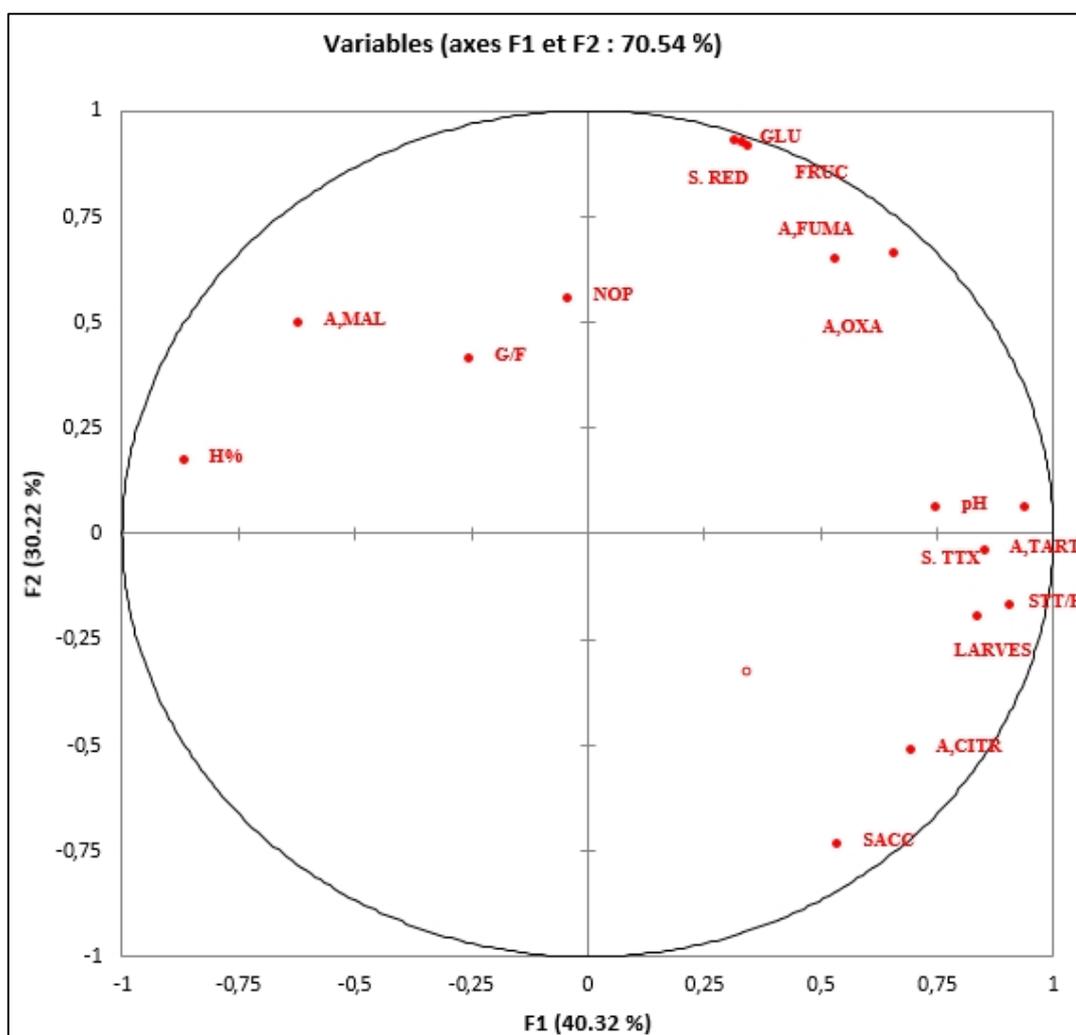


Figure 6-39 : Cercle corrélation des variables

Pour la deuxième dimension F2, on constate qu'elle est totalement pondérée dans les deux sens par les variations des différents sucres, où l'ensemble des sucres réducteurs, le glucose, et le fructose, contribue presque avec la moitié de l'inertie de cet axe F2 dans la direction positive, avec respectivement les contributions de : 16.54, 16.72, et 16.30%, alors que le saccharose est le majeur contributeur dans la partie négative de notre deuxième composantes principale F2, c'est-à-dire, nous aurons deux pôles autour de lesquels graviteront les dattes riche en sucres réducteurs en haut, et celles riche en saccharose en bas de notre projection ACP.

En effet, le premier rôle de l'ACP est de réduire les dimensions d'un jeu de données multivariées à seulement deux composantes principales, qui peuvent être visualisées graphiquement, en perdant le moins possible d'information. Comme il peut être simplement interprété comme suit [188] :

- Les variables positivement corrélées sont regroupées ;
- Les variables négativement corrélées sont positionnées sur les côtés opposés de l'origine du graphique (quadrants opposés) ;
- La distance entre les variables et l'origine mesure la qualité de représentation des variables. Les variables qui sont loin de l'origine sont bien représentées par l'ACP ;
- Un individu qui se trouve du même côté d'une variable donnée a une valeur élevée pour cette variable;
- Un individu qui se trouve sur le côté opposé d'une variable donnée à une faible valeur pour cette variable.

Ainsi, la superposition des projections à la fois des variables de la composition biochimique des dattes et des cultivars sur l'aire 1-2 de l'ACP nous permettre la discrimination entre les taux d'infestation des cultivars et l'identification des variables impliquées.

Sur la base de ce qui précède, nous avons pu former, trois groupes, classés selon l'ordre d'importance, comme suit :

Un premier groupe (ellipse rouge), qui se situe dans la partie positive de l'axe F1, et négative de l'axe F2 à l'exception de deux variables qui sont le pH et les sucres totaux qui dépassent légèrement l'axe F1 pour se positionner dans la partie positive de l'axe F2 (Figure 6-40). Ce groupe comprend les Tamars et les Rutabs du cultivar Deglet Nour des deux sites Sidi Okba et Ourelal, plus les Tamars de Mech Degla des deux sites aussi. Comme on trouve à côté de ces individus (observations) des variables très pondérant sur l'inertie de notre carte ACP, à savoir : Les sucres totaux ; l'indice de qualité r ; le saccharose ; le pH ; l'acides citrique ; l'acide Tartrique ; et surtout le taux d'infestation par les larves. Ce qui confirme que le développement des larves de la pyrale des dattes a une préférence vers les dattes mûrs et riche en saccharose, avec des pH plus ou moins doux, et il n'est pas relié directement à l'humidité H% mais beaucoup plus au rapport des sucres par rapport à l'humidité.

Le deuxième groupe (ellipse bleu), qui se situe dans le quart positive des deux composantes F1 et F2, sauf la variable du nombre d'œufs pondus et le rapport G/F, qui décale un peu vers le côté négatif du F1 (Figure 6-40), ce groupe comprend les deux derniers stades de maturation (Besser et Tamar) des échantillons du cultivars Ghars issus des deux stations d'étude, à côté des sucres réducteurs, le rapport G/F, et les acides malique, oxalique, et fumarique, et surtout, ce qui est le plus important pour notre étude c'est le taux de ponte de la pyrale, et cela veut dire qu'il y a une attraction plus ou moins forte de l'oviposition de la pyrale vis-à-vis ces stade phénologique du Ghars.

Et enfin un troisième groupe (ellipse vert), moins important que les deux autres groupes, déjà décrit au-dessus, en qualité de nombre de variables inclus. Ce groupe occupe la partie gauche du plan de projection Bi-Plot de notre ACP. Les variations au sein de ce groupe sont interprétées par la première composante principale F1, car ce groupe est à mi-partie dans le quart positif de la composante F2, où on trouve les Bessers des deux sites expérimentaux du cultivars Ghars,



### 6.6.3 Analyse de la corrélation

La matrice de corrélation montre qu'il y a des corrélations significatives à 5% entre plusieurs paramètres, dont les plus importants pour nous, c'est celles qui relient le taux d'infestation par les larves, ou on remarque que ce taux est positivement et fortement lié avec l'indice de qualité  $r$  qui est le rapport des sucres totaux sur l'humidité (STT/H) (0.916), les sucres totaux (0.717), le saccharose (0.666), l'acide tartrique (0.874), et l'acide citrique (0.504), en revanche, ce taux d'infestation est négativement lié avec l'humidité (-0.788) et l'acide malique (-0.496). D'autre part, on constate que le nombre d'œuf pondus est indépendant de tous les variables étudiés. Aussi on remarque que le saccharose est corrélé négativement avec les sucres réducteurs (-0.522), le glucose (-0.526), le fructose (-0.517), l'acide malique (-0.713), et l'humidité (-0.629), comme on remarque que l'indice «  $r$  », l'acide citrique, et l'acide tartrique sont positivement corrélés avec le saccharose, par les coefficients de corrélation suivants 0.693, 0.683, et 0.565, respectivement.

Tableau 6.17 : Matrice de corrélation

Variable	GLU	FRUC	SACC	S. TTX	S. RED	G/F	STT/H	A,OXA	A,MAL	A,CITR	TARTR	FUM	NOP	LARVES	pH	H%
GLU	<b>1</b>	<b>0,997</b>	<b>-0,526</b>	0,390	<b>0,999</b>	0,287	0,141	<b>0,838</b>	0,243	-0,245	0,189	<b>0,700</b>	0,399	0,077	0,239	-0,125
FRUC	<b>0,997</b>	<b>1</b>	<b>-0,517</b>	0,414	<b>0,999</b>	0,226	0,160	<b>0,850</b>	0,230	-0,213	0,210	<b>0,715</b>	0,393	0,101	0,270	-0,148
INUL	-0,169	-0,137	0,141	<b>0,505</b>	-0,154	<b>-0,513</b>	0,271	-0,092	-0,177	<b>0,566</b>	0,204	0,011	-0,245	0,145	<b>0,509</b>	-0,106
SACC	<b>-0,526</b>	<b>-0,517</b>	<b>1</b>	0,433	<b>-0,522</b>	-0,212	<b>0,693</b>	-0,152	<b>-0,713</b>	<b>0,689</b>	<b>0,565</b>	-0,174	-0,384	<b>0,666</b>	0,288	<b>-0,629</b>
S. TTX	0,390	0,414	0,433	<b>1</b>	0,402	-0,211	<b>0,864</b>	<b>0,602</b>	<b>-0,474</b>	<b>0,665</b>	<b>0,765</b>	<b>0,511</b>	-0,087	<b>0,717</b>	<b>0,744</b>	<b>-0,709</b>
S. RED	<b>0,999</b>	<b>0,999</b>	<b>-0,522</b>	0,402	<b>1</b>	0,258	0,151	<b>0,844</b>	0,237	-0,230	0,199	<b>0,708</b>	0,396	0,089	0,254	-0,136
G/F	0,287	0,226	-0,212	-0,211	0,258	<b>1</b>	-0,115	0,132	0,308	<b>-0,492</b>	-0,111	0,095	0,099	-0,227	-0,375	0,192
STT/H	0,141	0,160	<b>0,693</b>	<b>0,864</b>	0,151	-0,115	<b>1</b>	<b>0,504</b>	<b>-0,579</b>	<b>0,583</b>	<b>0,850</b>	0,267	-0,218	<b>0,916</b>	<b>0,513</b>	<b>-0,845</b>
A,OXA	<b>0,838</b>	<b>0,850</b>	-0,152	<b>0,602</b>	<b>0,844</b>	0,132	<b>0,504</b>	<b>1</b>	-0,198	0,067	<b>0,494</b>	<b>0,696</b>	0,234	0,456	0,388	<b>-0,598</b>
A,MAL	0,243	0,230	<b>-0,713</b>	<b>-0,474</b>	0,237	0,308	<b>-0,579</b>	-0,198	<b>1</b>	<b>-0,720</b>	-0,419	0,058	0,168	<b>-0,496</b>	-0,337	<b>0,838</b>
A,CITR	-0,245	-0,213	<b>0,689</b>	<b>0,665</b>	-0,230	<b>-0,492</b>	<b>0,583</b>	0,067	<b>-0,720</b>	<b>1</b>	0,460	0,198	-0,326	<b>0,504</b>	<b>0,683</b>	<b>-0,605</b>
A,TARTR	0,189	0,210	<b>0,565</b>	<b>0,765</b>	0,199	-0,111	<b>0,850</b>	<b>0,494</b>	-0,419	0,460	<b>1</b>	0,396	0,054	<b>0,874</b>	<b>0,575</b>	<b>-0,730</b>
A,FUM	<b>0,700</b>	<b>0,715</b>	-0,174	<b>0,511</b>	<b>0,708</b>	0,095	0,267	<b>0,696</b>	0,058	0,198	0,396	<b>1</b>	0,431	0,223	<b>0,718</b>	-0,229
NOP	0,399	0,393	-0,384	-0,087	0,396	0,099	-0,218	0,234	0,168	-0,326	0,054	0,431	<b>1</b>	-0,202	0,193	0,115
LARVE	0,077	0,101	<b>0,666</b>	<b>0,717</b>	0,089	-0,227	<b>0,916</b>	0,456	<b>-0,496</b>	<b>0,504</b>	<b>0,874</b>	0,223	-0,202	<b>1</b>	0,460	<b>-0,788</b>
pH	0,239	0,270	0,288	<b>0,744</b>	0,254	-0,375	<b>0,513</b>	0,388	-0,337	<b>0,683</b>	<b>0,575</b>	<b>0,718</b>	0,193	0,460	<b>1</b>	-0,422
H%	-0,125	-0,148	<b>-0,629</b>	<b>-0,709</b>	-0,136	0,192	<b>-0,845</b>	<b>-0,598</b>	<b>0,838</b>	<b>-0,605</b>	<b>-0,730</b>	-0,229	0,115	<b>-0,788</b>	-0,422	<b>1</b>

### 6.6.1 Discussion

L'analyse en composantes principales (ACP), de notre table de données multivariées contenant les différents cultivars de dattes échantillonnées sur différents stades phénologiques et sur deux sites différents, pour donner au total 18 individus décrits par plusieurs variables biochimiques dont : les sucres ; les acides organiques ; la teneur en eau ; le pH ; plus les taux d'infestation larvaire et les nombres d'œufs, nous a permis d'extraire et de visualiser les informations importantes contenues dans notre jeu de données multivariées, et de synthétiser cette information, en ciblant beaucoup plus la relation insecte-plante hôte, en seulement deux composantes principales sélectionnées.

Une première composante principale (F1), qui avec 40.32%, présente la majorité d'inertie trouvée dans notre ensemble de données, l'axe de cette composante, comme elle est déjà décrite dans la partie présentation des résultats du cercle de corrélation, en allant en même temps, dans le sens du cumule de l'ensemble des sucres synthétisés (sucres totaux), et dans le sens décroissant de la teneur en eau (H%), cet axe est par excellence, un axe : indice de qualité (r), équivaut au rapport des sucres totaux sur la teneur en eau, on trouve que cet axe isole la teneur en eau H%, l'acide malique, le rapport G/F, et le nombre d'œufs pondus dans sa partie négative de l'ensemble du reste des variables qui sont projetés sur sa partie positive, cela est dû essentiellement aux fortes corrélations négatives qui relient surtout la teneur en eau et l'acide malique avec presque tout le reste des autres variables. La cause de ces corrélations négatives est le processus d'évolutions inversé de ces variables opposés, au cours de la maturation des dattes, car durant leur maturation, les dattes perdent de l'eau et de l'acidité, pendant que leurs teneurs en sucres augmentent. D'autre part, et vu que l'évolution de l'indice de qualité (r) est la principale caractéristique biochimique de la maturation des dattes en général, on peut dire que cet axe F1 est aussi un axe : Maturation, et on peut vérifier sa par le classement parfait des trois stades phénologiques des trois cultivars étudiés dans le sens de cette composante principale,

qui tiennent les Bessers vers le négatif, les Rutabs vers le milieu, et les Tamars vers le positif (Figure 6-40).

La deuxième composante principale F2, avec 30,22% d'inertie, est la deuxième plus importante parmi les facteurs proposés, choisie pour conserver le maximum d'inertie avec le minimum de facteurs (deux facteurs). L'axe F2 avec la pondération très fortes des sucres réducteurs au positif, et le saccharose au négatif, due comme prévu, à la forte corrélation négative entre le saccharose et les sucres réducteurs qui peuvent provenir de l'effet l'invertase qui est une glycoside hydrolase qui catalyse l'hydrolyse du saccharose en fructose et en glucose; ce mélange est appelé sucre inverti, d'où le nom de l'enzyme.

Ainsi, on peut dire que cet axe F1 est un axe : Qualité de sucre, il oppose les trois stades de maturations, issu des deux sites, du cultivar Ghars, qui est riche en sucres réducteurs pauvre en saccharose aux deux autres cultivars Mech Degla et Deglet Nour avec toutes ces 12 variantes. Sous un autre angle de vue, on constate que cet axe F2 isole le cultivar Ghars avec toutes ces variantes dans sa partie positive, alors que tout le reste des variantes des deux autres cultivars sont dans la partie négative, d'où on peut dire que cet axe est aussi un axe : Consistance, à cause de cette ségrégation entre les dattes molles, et celles demi molles et sèches.

La synthèse de cette analyse montre que la variance due à la fluctuation des teneurs des différents sucres dépistés sur trois cultivars de différentes consistances, étudiés dans l'espace (stations), et dans le temps (maturation), a joué un rôle primordial dans l'inertie totale de notre jeu de données des différentes variables biochimiques, de notre analyse ACP. En effet, les contributions maximales enregistrées par les sucres totaux, les sucres réducteurs, et le saccharose ont permis aux sucres de coloniser trois points cardinaux (respectivement la droite, le haut, et le bas) sur les quatre directions formées par les deux composantes principales F1 et F2, choisies pour visualiser l'information sur notre projection ACP.

En effet, Les sucres jouent des rôles multiples dans tous les aspects de la vie végétale, ils sont nécessaires à la production d'énergie et d'intermédiaires métaboliques, les sucres comme le ribose et désoxyribose font partie de la structure de l'ADN et de l'ARN, les polysaccharides sont des éléments structuraux majeurs des parois végétales et de la glycosylation, qui est nécessaire au bon fonctionnement de nombreuses protéines et lipides[189].

En plus de leurs rôles typiques en tant que sources de carbone et d'énergie, les sucres comme le glucose, le fructose et le saccharose sont de plus en plus reconnus comme des molécules de signalisation ayant des effets profonds sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes, car des recherches très récentes publiés par JANSSON [190] dans son livre «Progress in Botany», dévoile un nouveau concept connu sous le nom de d'immunité sucrée ou « Sweet Immunity », qui repose sur l'accumulation de preuves que les sucres endogènes pourraient agir comme des molécules de signalisation activées par l'exposition au stress et ainsi déclencher une amplification plus rapide et plus robuste de la défense, l'immunité, et la tolérance au stress. Ce même auteur [190], confirme que les sucres tels que le glucose, le fructose et le saccharose ont acquis des fonctions régulatrices importantes dans l'évolution, et sont de plus en plus reconnus comme molécules de signalisation dans les plantes contrôlant l'expression des gènes liés au métabolisme végétal, à la résistance, au stress, et au développement.

Toutes les plantes contiennent des hydrates de carbone et des acides aminés en tant que métabolites primaires résultant de leur activité photosynthétique. Il existe de nombreuses preuves que la plupart des insectes herbivores, sinon tous, utilisent des hydrates de carbone, en particulier comme stimulants alimentaires. En effet, Le rôle des phagostimulants dans le comportement alimentaire des insectes phytophages est l'objet d'une étude intensive. Divers groupes de composés tels que des sucres, des acides aminés, des vitamines, etc.,

se sont avérés provoquer une réponse d'alimentation chez les insectes [104]. Les glucides historiquement appelés hydrates de carbone (ou carbohydrates) sont des nutriments importants pour les insectes phytophages. Chez les plantes, elles peuvent se présenter sous la forme d'amidons (polymères de glucose), de fructosanes (polymères de fructose), et d'autres sucres. Les sucres sont de la plus grande importance et sont des phagostimulants universels [104]. Parmi Les glucides, un large éventail d'insectes a montré une réponse intensive pour le saccharose [92], [191]–[193]. Autres sucres, par exemple, le fructose, le glucose, le maltose et le raffinose étaient aussi efficaces comme stimulants alimentaires [191]. Parmi les alcools polyvalents l'inositol expose la stimulation de l'alimentation pour certaines espèces d'insectes [194], [195].

Chez la plupart des espèces étudiées, le saccharose disaccharide et ses monosaccharides constitutifs, le fructose et le glucose, sont les stimulants les plus puissants. Ces sucres sont présents à des concentrations assez élevées (2-10% en poids sec) dans les feuilles vertes, et encore plus élevées dans les fruits et le nectar des fleurs (jusqu'à 0,25 mol/l) [192]. Ils stimulent généralement l'alimentation d'une manière dépendante de la dose. Naturellement, ils sont également des nutriments importants nécessaires pour synthétiser les tissus corporels et servir de sources d'énergie [92]. Car la collecte des aliments nécessite une énorme dépense d'énergie. Un bourdon pesant 500mg dépense jusqu'à 600J par heure, ce qui équivaut à l'énergie liée à 40mg de glucose. L'activité de vol représente de loin la plus grande part de la consommation d'énergie [92].

Sur notre étude, le groupe le plus important, qui est le premier groupe (ellipse rouge, Figure 6-40) révèle une certaine préférence des larves de la pyrale des dattes pour se nourrir des dattes demi-molle à sèche, en fin de stade de maturation. Ces dattes présentent les pH les plus doux, les indices de qualité les plus élevés, et elles sont riche en sucres totaux, et surtout en saccharose, qui est considéré par

BERNAYS *et al.* [104] comme le principal sucre phagostimulant dans les plantes.

En revanche, et dans la partie opposée (positive) de l'axe consistance F2 on trouve le deuxième groupe (ellipse bleu, Figure **6-40**), qui comprend les dattes Besser et Tamar du cultivar Ghars. La principale caractéristique de ces dattes est la forte teneur en sucres réducteurs, dont le glucose et le fructose. En second lieu ces dattes on présenté des concentrations relativement élevées des acides oxalique et fumarique, par rapport aux deux autres variétés. En fin, et ce qui est le plus important, c'est les taux d'infestation larvaire du Ghars, qui sont moins élevés, par rapport la Deglet Nour et la Mech Degla. Notons que l'infestation dans ce deuxième groupe touche seulement les dattes Tamar et non les Rutab de cette variété Ghars.

En effet, plusieurs travaux ont étaient menés dans le même contexte que le nôtre, on cite :SAGGOU [68],IDDER-IGHILI HAKIMA [21],IDDER *et al.* [18],YAAKOUB [196], IDDER [19],HADJEB [79],YAAKOUB *et al.* [197],ZOUIOUECHE [76], IDDER*et al.*[20], et AYOUB [163], tous ces travaux ont eu pratiquement la même conclusion : « l'Ectomyelois ceratoniae a une préférence au saccharose par rapport aux sucres réducteurs ». Cette constatation parait très en concordance avec nos résultats, surtout lorsque on observe notre projection ACP, qui isole le Ghars du Mech Degla et la Deglet Nour les plus infestés par les larves de la pyrale des dattes. Mais il faut noter que cette séparation n'est pas due réellement a ces différences des taux d'infestation larvaire, car la position du Ghars sur la carte ACP, est directement, et seulement, lié aux fortes teneurs en sucres réducteurs, qui présente la principale composante dans ce sens positif de l'axe F1, car même si on suppose que statistiquement le Ghars était plus infesté que les deux autres variétés, ses variantes (Tamar et Besser) seraient toujours isolées du reste des autres individus et variables, et seront toujours projetés dans le même aire de la carte ACP. Ce qui nous a poussés à revoir l'idée de la préférence des larves de la pyrale de

saccharose par rapport aux sucres réducteurs, surtout, en sachant que les variétés les plus infestées contiennent aussi des sucres réducteurs, et que le fructose et le glucose sont aussi classés comme des phagostimulant très puissant pour plusieurs espèces [92].

Afin de ressortir tout type d'interactions insecte-plante hôte probables, nous avons décortiqué ce phénomène de préférence des larves de la pyrale, des dattes demi moles et sèches riche en saccharose, par rapport aux dattes moles riche en sucres réducteurs, en l'entamant à travers plusieurs facettes, dont : la biochimique ; et la physicochimique.

D'abord, en choisissant sa plante hôte, un insecte peut utiliser plusieurs types de sens, dont: l'odorat ; le goût ; la vision ; et le toucher. Probablement, tous ces sens sont utilisés par la plupart des insectes à un stade quelconque du processus de sélection de l'hôte, bien qu'à un moment donné, un seul sens puisse prédominer. Dans notre cas c'est, beaucoup plus, le gout.

Le sens du goût chez les insectes est plus adéquatement appelé "chimiorécepteur", car il diffère à certains égards de la perception commune du goût chez les vertébrés. Chez les insectes, ils se produisent en dehors de la bouche et sont souvent présents sur les pieds, l'ovipositeur, et d'autres parties du corps. En outre, les insectes peuvent percevoir des produits chimiques sur des surfaces sèches, comme la surface d'une feuille.

Les chimiorécepteurs de contact ont la forme de poils ou de petits cônes de cuticules avec un seul pore à l'extrémité (**Erreur ! Source du envoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Généralement, il y a quatre ou six cellules sensorielles associées à chaque poil. Chacune des cellules sensorielles est sensible à une gamme différente de produits chimiques. Habituellement, une cellule réagit aux sucres, une aux sels minéraux, une aux composés dissuasifs sur le plan comportemental et une à l'eau ou aux acides aminés. Cela

n'implique pas nécessairement que les cellules répondent uniquement à ces groupes de produits chimiques, mais qu'elles sont plus sensibles à ces groupes et sont donc plus susceptibles d'être activement stimulées par le composé approprié [198], [88].

Des études comportementales, y compris des expériences d'ablation et des examens histologiques, ont révélé que tous les chémorécepteurs externes des chenilles sont situés dans les antennes, les maxillaires et l'épipharynx.

Chez les larves lépidoptères, aucune espèce n'a de système récepteur identique [95] et [134]. Apparemment, chaque espèce a développé une configuration chimiosensorielle (physiologiquement) unique, adaptée à la reconnaissance de sa gamme spécifique de plantes hôtes dans son biotope particulier [92].

Dans un chapitre intitulé : « Qu'est-ce qui fait manger une chenille? Le code sensoriel sous-jacent au comportement alimentaire », du livre : « Le rôle de l'expérience dans la sélection de l'hôte des insectes phytophages », publié en 1979, SCHOONHOYEN [92] confirme que, certains types de ces cellules sensorielles sont d'occurrence générale, par exemple, la cellule de saccharose, tandis que d'autres ont été trouvés seulement dans certaines espèces d'insectes, et que beaucoup de chenilles, mais pas toutes, ont une ou plusieurs cellules qui réagissent au saccharose et à d'autres glucides. Cependant, toutes les cellules de saccharose de différentes espèces d'insectes ne possèdent pas des spectres de réaction identiques. En plus, ce même auteur a rapporté que, certaines espèces ont, en plus d'un récepteur de sucre à large spectre, un type de cellule qui répond, par exemple, seulement au glucose et au fructose.

En 1994 BERNAYS & CHAPMAN [103], on se basant sur des essais sur les mouches, on pu expliquer ce phénomène, par la découverte de l'existence des protéines récepteurs spécifiques dans la membrane dendritique de ces poils chimiorécepteurs. Ces protéines s'associent à des molécules ayant un potentiel stimulant. Ces molécules ont des configurations moléculaires spécifiques, de sorte que seules les molécules ayant ces configurations sont capables d'initier un potentiel de récepteur. Ils ont découvert que dans les

cellules sensibles aux sucres des mouches, existent trois types de protéine accepteurs qui interagissent avec différents types de molécules de "sucre", l'un d'entre eux est appelé site de pyranose car il réagit avec le glucose et l'arabinose et d'autres sucres de pyranose qui ont un cycle à six atomes. Le saccharose, qui est un phagostimulant majeur pour les insectes phytophages, réagit également avec le site pyranose. Une seconde classe de molécules réceptrices réagit avec les sucres furanosés avec un cycle à cinq atomes, comme le fructose et le galactose. Ce sont les sites de furanose. La troisième classe de site réagit avec les anions carboxylates d'acides aminés. Avec la possibilité qu'il existe même un quatrième type de site accepteur qui réagit avec des molécules ayant d'autres caractéristiques.

Par la suite, en 2005, LOON & DICKE [92], on pu montrer qu'il y a des cas où deux composés stimulent la même cellule, et en combinaison, ces composés provoquent une réaction accrue par rapport à la réponse à l'un ou l'autre composé seul. Ces deux chercheurs se sont appuyés sur des épreuves sur les neurones gustatifs maxillaires des chenilles *Dendrolimus pini*, qui sont sensibles à un certain nombre de glucides. Lorsque ces neurones sont stimulés par un mélange de glucose et d'inositol, une réaction beaucoup plus forte est provoquée que lorsque l'un ou l'autre composé est appliqué seul.

En s'adossant, d'un côté sur ce qui précède comme argumentation, et de l'autre côté sur les travaux faits sur l'élevage des larves de la pyrale des dattes sur les mêmes cultivars qui font notre sujet d'étude, tel que le travail de HADJEB [79], qui a montré que sous conditions optimales d'élevage en laboratoire, l'étude de la durée des différents stades de développement de la pyrale prouve que *Ectomyelois ceratoniae* marque la durée des stades larvaires les plus longues sur les dattes de la variété Ghars avec une durée moyenne du cycle complet de 51,01 jours, et elle est plus courte chez la variété Mech Degla avec 41,60 jours qui est très proche à la variété Deglet Nour avec 42,30 jours. D'autre part les mesures (poids et taille) effectuées sur les différents stades larvaires élevés dans les trois variétés de dattes montrent que chaque stade larvaire est caractérisé par sa taille et son poids qui augmentent d'un stade à un autre. Où il y avait des stades où les larves

élevées sur le Ghars dépassaient celles élevés sur le Mech Degla en poids et en taille, comme le cas de L5. Cette étude révèle que les larves de la pyrale montrent une assimilation un peut lente du Ghars par rapport au Deglet Nour et Mech Degla, mais cette assimilation est quand même, relativement, très notables, surtout si on compare les tendances du métabolisme (taille et poids) de ces larves élevées sur les trois cultivars étudiés. Ce que nous pouvons conclure est que le glucose et le fructose peuvent seules (en absence du saccharose) stimuler les larves de la pyrale.

Ainsi, on peut expliquer ce phénomène d'engouement des larves de l'*Ectomyelois ceratoniae*, vers les dattes riche en saccharose par rapport a celles riche en sucres réducteurs, a travers le processus physiologique de perception du goût, on supposant l'existence des récepteurs pyranose et furanose. On peut dire que l'existence simultanée du saccharose a coté du glucose et du fructose, dans la Deglet Nour et la Mech Degla, fait que d'une part, les récepteurs pyranose et furanose sont stimulés respectivement par le glucose et du fructose, et d'autre part l'existence du saccharose crée un grand effet additif sur les récepteurs pyranose, qui va donner une stimulation plus importante au larves de la pyrale, par rapport a celle créée seulement par le glucose et le fructose dans le Ghars. C'est-à-dire que l'attraction de la pyrale dépend aussi bien de la qualité des sucres, que de leur quantité, a cause du rôle important de l'effet additif des ces sucres, autrement dit l'effet de la teneur en sucres totaux. Ce qui était très clairement illustré par la projection ACP, ou les sucres totaux présentaient essentiellement le coté positif de la première composante principale F1.

D'autre parts, on aperçoit qu'au cours du processus de la maturation, les dattes perdent de l'acidité, convertissent les sucres, et perdent de l'humidité pour atteindre des seuils inférieur a 25 %, ce qui leurs donne une qualité remarquable d'autoconservation. Cette qualité est généralement inversement proportionnelle avec la teneur en eau, ou on trouve que les dattes moles fraiches sont plus fréquemment infectées par les moisissures et les champignons, ou subit des fermentations lors du stockage. Ce qui est tout à fait

naturel, car ces microorganismes trouvent plus d'eau pour leur activités, dans les dattes moles, que dans les dattes demi moles et sèches.

Dans ce contexte, NAY et PERRING [31], ont mené des essais d'élevage de la pyrale, sous conditions optimales au laboratoire, sur des supports à différentes humidités contrôlées de dattes Deglet Nour. Ces chercheurs ont pu montrer qu'il y a une relation significative entre la teneur en humidité des fruits et la mortalité et le développement de la pyrale de dattes. Ils déclarent que la mortalité de la pyrale augmente lorsque la teneur en humidité des fruits diminue. Et que les niveaux d'humidité des dattes auxquels les larves ont été élevées n'affectent pas la longévité des adultes de l'un ou l'autre sexe.

Cependant le Ghars fait une grande exception de cette règle, a cause de ces qualités extra ordinaire d'autoconservation, se qui est d'ailleurs l'origine de sont intérêt commerciale, surtout sous forme ancienne de conservation connue sous le nom de Btana, ou les dattes Ghars sont directement empilées, entassées puis pressées jusqu'à expulsion de l'air. Ces dattes se conservent bien sans changement de leur humidité. Et peuvent résister plusieurs mois, voire plusieurs années.

En effet, dans les situations où la teneur en eau est adéquate, l'activité de l'eau ( $a_w$ ) peut être inappropriée dans un régime alimentaire [199], [84]. Le terme  $a_w$  est un concept thermodynamique indiquant la disponibilité de l'eau présente dans un matériau donné. L'activité de l'eau est une mesure du potentiel de déplacement de l'eau d'une région à l'autre. Un gel composé de 5% d'agent gélifiant carraghénane et 95% d'eau a une activité d'eau proche de 1,00, mais 5% de sels et 95% d'eau peuvent avoir une activité d'eau inférieure à 0,80 (selon le sel utilisé; à une activité de l'eau beaucoup plus faible qu'un poids égal de KCl, par exemple) [199]. Cette différence dans l'activité de l'eau résulte du fait que le carraghénane ne lie pas l'eau à peu près dans la même mesure que les sels. Malgré le fait que les deux solutions ont des quantités égales de solides et d'eau, l'eau dans la solution de sel est beaucoup moins mobile et moins disponible pour

l'absorption et pour soutenir les processus de la vie. Cette indisponibilité de l'eau (qui est évidente pour toute personne qui boit de l'eau de mer) affecte les insectes cibles et les contaminants microbiens.

De même pour les sucres qui sont eux aussi des excellent conservateurs traditionnels, connue depuis l'antiquité. Grâce à leur habilité à absorber l'eau, le sucre élimine l'humidité des microorganismes. En effet, ce pouvoir conservateur des sucres est due à ces caractéristiques hygroscopiques lui permet de fixer l'eau autour de lui. Chaque molécule de sucre est capable de fixer 6 molécules d'eau. Une fois fixée, l'eau n'est plus libre donc la valeur  $a_w$  baisse. Ainsi, Les microbes n'ont donc plus assez d'eau libre pour se développer. L'addition de sucres peut conduire à des valeurs d' $a_w$  inférieures à 0,80, mais une pasteurisation peut réduire encore les valeurs d' $a_w$  à l'ordre de 0,6. De telles valeurs d' $a_w$  ne sont possibles qu'en utilisant les sucres[199].

En réalité, le produit naturel le plus fameux par cet effet conservateur des sucres est le miel, qui, a cause de ses concentrations en sucres, et ses teneurs faibles en eau, est devenu contrairement à la plupart des aliments, un produit non périssable qui peut devenir quasiment éternel, et peut se conserver des centaines d'années. Cet effet conservateur est dû essentiellement à la combinaison des teneurs spécifiques de l'eau avec celles de certains sucres. Cependant si on compare les combinaisons des teneurs en sucres avec l'eau, de nos cultivars étudiés en stade Tamar avec celles du Miel (Tableau 6.18) on constate que les concentrations marquées chez le Ghars est remarquablement très proche de celles du miel, ce qui explique probablement les caractéristiques d'autoconservation chez le Ghars, et d'autre part l'appellation de l'extrait (sirop) des dattes Ghars par : « Miel de Datte » qui a même des caractéristiques physiques très proche de celle du Miel, notamment la viscosité.

Tableau 6.18 : Comparaison de la combinaison des teneurs sucres-eau des dattes avec le miel

Composition	Deglet Nour	Mech Degla	Ghars	Miel [200]
Glucose	7 %	7 %	30 %	31 %
Fructose	8 %	7 %	30 %	38 %
Saccharose	46 %	45 %	1 %	3 %
Sucres totaux	60 %	60 %	61 %	78 %
Teneur en eau	22 %	15 %	24 %	18 %

Ainsi, on peut dire que la relation de corrélation positive entre le développement de la pyrale et le taux d'humidité déclarée par NAY et PERRING[31], décrite au dessus, n'est pas extrapolable, dans les conditions naturelles, et notamment entre les différents cultivars, car on a pu démontrer, que la disponibilité de l'eau, source de vie, pour les microorganismes et le insectes, est beaucoup plus reliée à la nature propre du produit, qu'à la teneur en eau de ce produit.

En effet, à notre connaissance il n'y a pas eu d'études sur l'activité d'eau des cultivars Algériens. Cependant HASNAOUI et al. [202] a mené un travail sur la caractérisation physicochimique, dont la mesure de l'activité d'eau de quelques cultivars de dattes moles marocaines, y compris des échantillons de Deglet Nour. Cet auteur a enregistré une  $a_w=0.75$  pour Deglet Nour, alors que pour la variété Boufeggous Gharas, qui présente des caractéristiques biochimiques très proche du Ghars, car cette variété est presque dépourvu du saccharose, comme elle contient 30% de Glucose, 30% de fructose, et 30% d'humidité, cette variété a marqué une valeur d'activité d'eau remarquable, et qui était la plus faible avec  $a_w=0.55$ .

Subséquentement, il semble que le Ghars malgré qu'il présente le taux d'humidité relative le plus élevé par rapport aux deux autres cultivars, n'empêche que la disponibilité de l'eau dans ce cultivars peut être moindre, c'est-à-dire que l'assimilation de la pyrale sera plus difficile pour les molécules d'eau, entravée surtout par le glucose et le fructose, qui présentent sous ses formes libres, des pouvoirs extraordinaire de réduction de l'activité de l'eau  $a_w$ , car chaque

molécule de ces sucre est capable de fixer 6 molécules d'eau. Au contraire de la forme relié de ces sucres qui est le saccharose, ou ce pouvoir fixateur d'eau est très réduit par rapport au glucose et le fructose libres, puisque un morceau de sucre (saccharose) à 0,5% d'humidité, est très « humide » dans le sens que son eau est disponible, pour une fermentation par exemple, car son activité de l'eau est voisine de 1, alors qu'une solution saturée de lévulose à 20°C, contenant 21,2 % d'eau est très hygroscopique car son activité de l'eau est de 0,63 seulement, et ne peut se fermenter [199].

Ce qui précède comme argumentation, nous permet, d'expliquer ce phénomène de préférence de *Ectomyelois ceratoniae* vers les dattes riche en saccharose, par la nature physicochimique des dattes, qui contrôle l'activité de l'eau, et fait que l'eau est plus disponible, ainsi facilement assimilable par la pyrale dans les dattes riches en saccharose comme la Deglet Nour et la Mech Degla, au contraire des dattes moles riche en sucres réducteurs tel que le Ghars , où l'eau est plus retenues par les molécules de glucose et de fructoses libres.

D'autre part, on pense que la consistance molle du Ghars, due aussi a cette combine sucres-eau, qui lui donne un aspect gluant, qui peut présenter une entrave mécanique du mouvement des larves, soit, en les piégeant a l'extérieur de la datte, et en les empêchant ainsi d'accéder à l'intérieur du fruit à la fin du calice, ou ces larves seront plus exposées au ennemies naturels, soit, et même si larves arrivent a affranchir la barrière de la calice, cet aspect collant ne les permettant pas une prise de nourriture suffisante, ce qui leurs induit un faible développement, par rapport à la Mech Degla et la Deglet Nour.

Ainsi, on peut expliquer aussi, la projection du taux d'infestation exprimés par le nombre d'œufs pondus, a coté des Rutabs et des Tamars du cultivars Ghars sur l'ACP, qui parait au premier vue paradoxale, car ces deux derniers stades phénologiques du Ghars ont marqué les nombres d'œufs posés les plus élevés, et parallèlement les taux d'infestation larvaires les plus faibles, a cause

de cet aspect gluant de la datte Ghars, qui peut entraver les larves néonates, et les empêcher d'entrer à l'intérieur de la datte.

Cependant, pour l'indépendance totale de ce nombre d'œuf pondus de tous les variables étudiés, illustrée par la matrice de corrélation (La matrice de corrélation montre qu'il y a des corrélations significatives à 5% entre plusieurs paramètres, dont les plus importants pour nous, c'est celles qui relient le taux d'infestation par les larves, ou on remarque que ce taux est positivement et fortement lié avec l'indice de qualité  $r$  qui est le rapport des sucres totaux sur l'humidité (STT/H) (0.916), les sucres totaux (0.717), le saccharose (0.666), l'acide tartrique (0.874), et l'acide citrique (0.504), en revanche, ce taux d'infestation est négativement lié avec l'humidité (-0.788) et l'acide malique (-0.496). D'autre part, on constate que le nombre d'œuf pondus est indépendant de tous les variables étudiés. Aussi on remarque que le saccharose est corrélé négativement avec les sucres réducteurs (-0.522), le glucose (-0.526), le fructose (-0.517), l'acide malique (-0.713), et l'humidité (-0.629), comme on remarque que l'indice «  $r$  », l'acide citrique, et l'acide tartrique sont positivement corrélés avec le saccharose, par les coefficients de corrélation suivants 0.693, 0.683, et 0.565, respectivement.

Tableau 6.17), qui révèle que le choix d'oviposition de la pyrale n'est pas relié à la consistance biochimique des dattes, ce résultat paraît tout à fait naturel, car l'oviposition des insectes en général, était toujours guidée plutôt par les produits volatils, comme c'est confirmé par la quasi-totalité des recherches menées dans ce domaine [77] ; [84] ; [88] ; [91] ; [103] ; [106] ; [134] ; [201], en ce qui concerne l'oviposition de la pyrale des dattes, les recherches ont été commencées depuis les années soixante, par les travaux de GOTHILF [23] qui a rapporté que les femelles d'*Ectomyelois ceratoniae* pondent des œufs beaucoup plus sur des fruits de caroube infestés de champignons que sur des fruits indemnes. En 1975 ce même auteur [38], arrive à l'aide d'un modèle parmi les premiers des chromatographes en phase gazeuse (GLC) à identifier les produits volatils émis par ces fruits de caroube infestés par les champignons, et après plusieurs tests, il déclare que l'oviposition de la pyrale est stimulée par les alcools à courte chaîne tel que : l'éthanol, le propanol, et le butanol. Après,

en 1988 WARNER [29] viens confirmer que les femelles d'*Ectomyelois ceratoniae* préfère pondent ces œufs sur de dattes a maturation complète, ou encore sur des dattes non mûres mais précédemment infestées par des insectes ou infectées par des champignons, bien que cet auteur n'avait pas comparé les produits volatiles émis, entre les dattes indemnes, et celles infestées par champignons.

C'était en 1994 que ALLARD COSSE [36] arrive a identifier quatre composés volatils émis par des fruits infestés de *Phoenix dactylifera* L, a l'aide de gros matériels et des nouvelles technique tel que le couplage entre la chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse, et couplée aussi a l'électroantennographie qui donne le GC-MS-EAG, ce matériel peut séparer, identifier et quantifier tous les molécules volatiles d'un produit donné, puis il mesure l'intensité de la réaction d'un insecte vis-à-vis chaque une de ces molécules. Ces composés étaient l'hexanoate d'éthyle, l'éthanol, l'acétaldéhyde et le 2-phényléthanol. Par la suite, des essais biologiques en soufflerie ont pu montrer que l'hexanoate d'éthyle est un stimulant olfactif dominant et un attractif pour les femelles de la pyrale, et représentait un nouveau composé en ce qui concerne les attractifs de l'hôte vers les lépidoptères identifiés précédemment.

Dans ce même contexte, et en vu de comparaison de la réaction olfactive de la pyrale des dattes vis-à-vis nos trois cultivars étudiés dont la Deglet Nour, le Ghars, et la Mech Degla (ou Degla Beida), des essais olfactométriques ont montré que les odeurs émis par Deglet Nour exercent plus d'attractivité sur les Larves d'*Ectomyelois ceratoniae* [79], et de même sur ses adultes [197]. Cependant nos résultats montre que le Ghars marque plus d'œufs pondus que sur la Deglet Nour et la Mech Degla, et surtout en stade Rutab, cela est probablement dû à la maturation rapide chez le Ghars, qui fait que sous condition naturelles, ces stades du Ghars seront plus exposés a l'infestation, car ils se coïncident avec le deuxième pics de vol de la pyrale dans les champs. D'autre part, on peut expliquer aussi ce phénomène par l'effet sémi chimique, car COSSE et al [36] rapportent que des infestations précoces depuis le stade de grossissement des fruits, et des taux d'infestation plus élevés de certaines

variétés de dattes pourrait être due à une variabilité des substances volatiles émises, exerçant des effets plus ou moins accentués d'attractivité ou de répulsion, et que de telles substances pourraient non seulement provenir des fruits, mais aussi d'organismes associés.

En effet cette attractivité de l'oviposition de la pyrale vers le Ghars, semble être accentuée à cause de l'interaction d'un autre facteur, qui est le processus d'abscission naturelle des dattes en stades Kimiri et Besser, ou naturellement de nombreux dattes tombent sur le sol. NAY et PERRING [30] ont estimé qu'entre 34 000 et 205 000 dattes tombantes par 0,4 ha peuvent être tombées et coincées en régimes en une année avec une forte abscission, en Californie, USA.

Ces dattes piégées entre, et à l'intérieur des régimes, ou entre les cornafs, seront rapidement infestées par les champignons à cause de ces fortes teneurs en eau, ce qui va accélérer le processus de fermentation, qui va aboutir à leur rôle à l'émission des substances volatiles responsables de l'attraction des femelles de la pyrale des dattes, car il semble que l'infestation fongique des dattes améliore la concentration des produits volatiles des fruits d'une manière similaire aux concentrations trouvées pendant la période de maturation [36]

On note que pour la Deglet Nour ce processus d'abscission est beaucoup plus réduit par rapport au Ghars, à cause des pratiques des soins de la récolte exercés vu l'importance économique de la Deglet Nour, tel que la limitation et le ciselage. En réalité ces pratiques ont pour but, soit de maintenir une production annuelle régulière par l'élimination de certains régimes (la limitation), soit d'améliorer la taille et la qualité organoleptique des fruits par la réduction du nombre de dattes par régime, par la taille et/ou la limitation des pédicelles (le ciselage). Rien que, indirectement ces pratiques peuvent également minimiser l'abscission des dattes, et limiter les moisissures et les fermentations par la bonne aération des régimes de la Deglet Nour, au contraire de ce qui se passe dans les régimes du Ghars, sur lequel on n'applique pas ces pratiques, où en aura subséquemment une forte abscission avec moins d'aération, ce qui peut considérablement augmenter le nombre des dattes piégées puis infestées,

entre les pédicelles des régimes du Ghars, ainsi les taux des produits volatils émis par ces dattes seront augmenté, est ce qui explique probablement la forte attraction des femelles de la pyrale vers des régimes du Ghars pour leur oviposition, par rapport au autres cultivars dans la nature.

En ce qui concerne l'interaction de l'infestation de la pyrale avec l'évolution des teneurs en acides organiques dans les dattes, il s'avère que le seul résultat palpable, c'est la corrélation négative enregistrée entre l'infestation larvaire et l'acide malique, vue ses teneurs considérables, au contraires des autres acides qui ont marqué des corrélations positives avec l'infestation larvaire, comme l'acide citrique, et l'acide tartrique, rien que ces résultats ne sont pas tenus en considération a cause de ses concentrations très minimales. Il parait alors que la première source d'acidité, surtout dans les premiers stades de maturation de nos trois cultivars de dattes étudiés, est l'acide malique, cet acide marque les plus fortes concentrations en stade bessa, qui semble exclure la moindre détection des larves de la pyrale a cause de cette acidité, qui est très connue comme inhibitrice de croissance des insectes et des microorganismes.

En effet, beaucoup d'acides organiques sont certifiés à l'heure actuelle, comme des additifs naturels autorisés pour maintenir la qualité et augmenter la durée de conservation des produits biologiques. Dont des agents de conservation tels que l'acide citrique, l'acide ascorbique, l'acide tartrique et le sel peuvent être utilisés[135].

Concernant les effets inhibiteurs sur la pyrale, RANJBAR [203] a montré dans une étude de l'utilisation des inhibiteurs de croissance de la pyrale, un effet inhibiteur très important de l'acide citrique. L'acide citrique est une molécule de liaison spécifique aux acides aminés dans le site actif des enzymes notamment, l'histidine, ce qui rend inaccessible l'activité enzymatique, impliquant ainsi une diminution significativement de l'activité protéolytique dans l'intestin moyen de *Ectomyelois ceratoniae*.

Cet effet de l'acide citrique vient s'ajouter aux effets inhibiteurs d'autres composés déjà approuvés auparavant, tels que les polyphénols simples et les

tanins solubles et insolubles identifiés en petites quantités aux dates de Deglet Nour. AL-IZZI *et al.* [37]; [204], ont constaté que des niveaux élevés d'acide tannique ralentissaient le développement larvaire de la larve de la pyrale,

Par ailleurs, concernant l'interaction olfactif de la pyrale vers les acides organique, ALLARD [36], a signalé l'existence de l'acide acétique parmi les composés volatils émis par des dattes infestées, cependant cet acide acétique, n'a montré aucune réaction de la pyrale sur le EAG,

L'analyse ANOVA de la majorité des variables étudiés, ainsi que l'ACP ont montré qu'il n'y avait pas des différences significative entre les résultats enregistrés dans les deux sites d'études à savoir : le site de Sidi Okba ; et celui de Ourelal, car ces résultats étaient toujours très proches, malgré l'application des traitements chimiques dans le site de Sidi Okba, et on a même vu que l'infestation larvaire de ce dernier a dépassé des fois légèrement celle du site Ourelal. On pense que cela est dû essentiellement à l'état de la palmeraie, quant elle est mal entretenue, ainsi à la présence des dattes délaissées, et des déchets qui peuvent constituer un foyer de pullulation, C'est alors l'état d'entretien de la palmeraie qui a pu influencer sur le taux d'infestation, et subséquemment en a eu ce rabattement de l'effet du traitement chimique sur l'infestation des deux sites d'études, qui était inconstable pratiquement sur tous les variables étudiés.

NAY *et al.* [30] ont mené un essai comparatif de l'effet de l'entretien et le nettoyage, surtout par l'élimination des dattes tombée et/ou infestée, dans cinq palmerais au sud de la Californie, et sur des intervalles d'échantillonnage de 5 semaines exercés sur deux ans, ces chercheurs ont constaté des réductions considérables de l'infestation larvaire de *Ectomyelois ceratoniae* dans les palmerais nettoyés, ces réductions ont atteint 60% en première année, et ont dépassé 75% après la deuxième année successive de cette pratique de nettoyage.

D'autre part, Le taux d'infestation des dattes par *E. ceratoniae* est souvent plus élevé en palmerais à plantations irrégulières qu'en palmerais à plantations régulières [66]; [69]; [205]. Car la densité importante des arbres

constituerait un facteur favorable à la propagation du ravageur, comme la présence d'autres plantes hôte comme le grenadier, le figuier, etc., pouvant aussi contribuer à cette propagation. Ainsi l'assainissement des palmeraies pourrait avoir un impact sur la réduction de l'utilisation des pesticides [31].

Ce qui approuve que l'état de la palmerai est un facteur déterminant pour les variations des taux d'infestation. Car l'absence d'entretien pourrait être favorable à la pyrale en offrant des refuges tels que les dattes tombées au sol, sur les cornafs (bases des palmes coupées) ou sur la couronne foliaire, et de même pour l'existence des diverses plantes hôtes de la pyrale en plus des palmiers dattiers.

## 6.7 Approche au monitoring de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller par le recours aux moyens biologiques

### 6.7.1 Dynamique de population de la pyrale des dattes

Le suivi des captures de la pyrale des dattes par les pièges à phéromone nous a permis de suivre l'évolution la dynamique des populations durant onze mois (Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril et Mai). La Figure **6-41** montre une augmentation de l'effectif de la pyrale qui débute du mois de Juillet jusqu'au mois d'Octobre où il atteint son maximum avec 52 individus dans le site d'Ain Ben Naoui, et 90 adultes à Sidi Okba, ensuite il diminue pour atteindre un minimum dans le mois de Décembre avec 0 individu à Ain Bennaoui, et 2 à Sidi Okba.

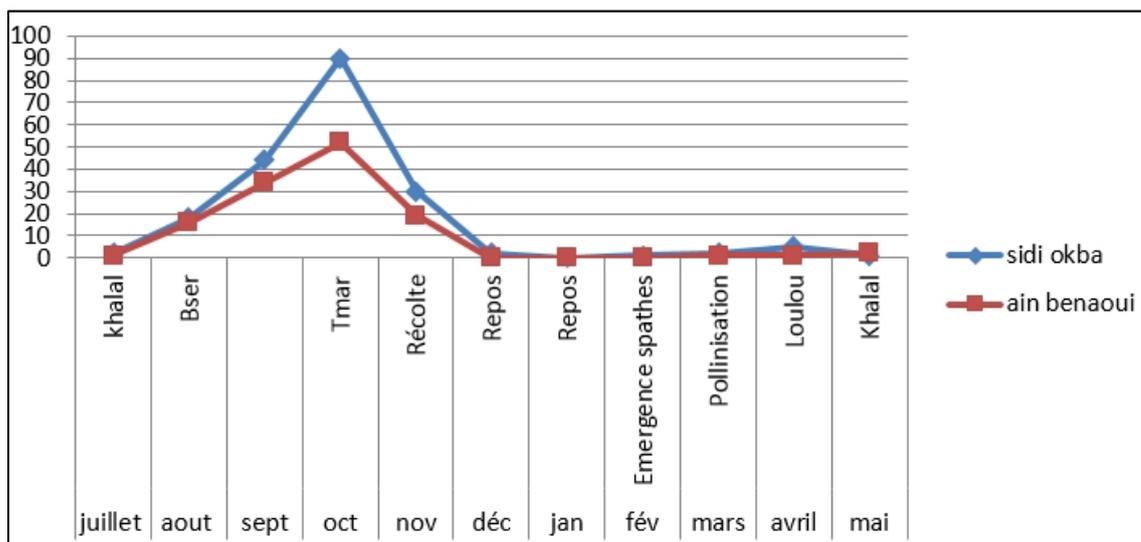


Figure 6-41 : Adulte piégés par les pièges a phéromones installés dans les deux sites d'étude

### 6.7.2 Contrôle des traitements

Le niveau d'infestation par l'*Ectomyelois ceratoniae* est évalué à partir des larves (vivantes et/ou mortes) présentes dans les dattes. Cette infestation dépend de la maturité des dattes dont le taux est nul (Figure 6-42) lorsque les dattes sont en stade datte vert (khalal), ce stade semble non réceptif aux larves L1 d'*Ectomyelois cératonaie*.

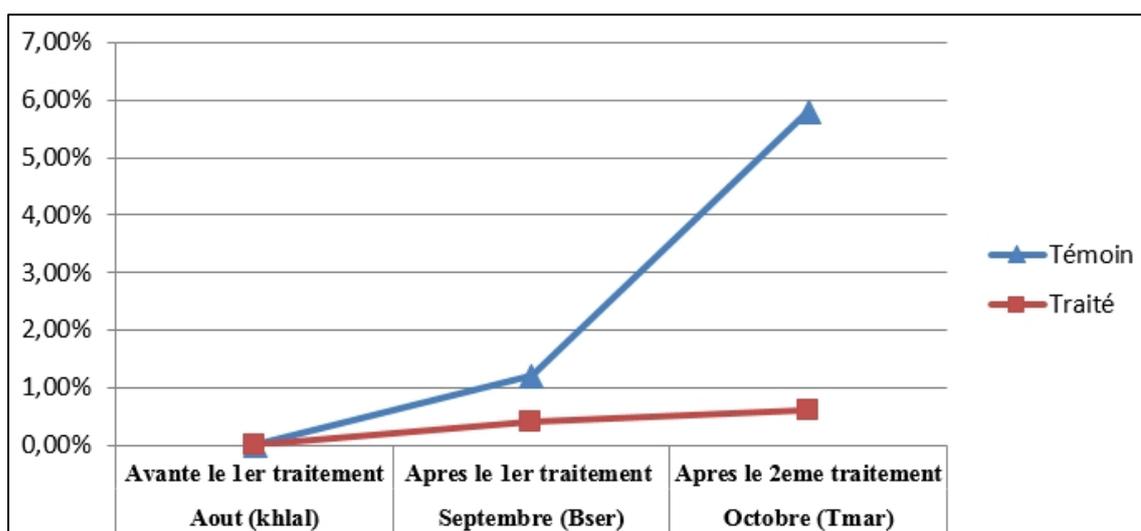


Figure 6-42 : Evolution du taux (%) d'infestation de la pyrale à Ain Bennaoui

La Figure 6-42, montre que dans le site d'Ain Bennaoui, le niveau d'infestation avant le premier traitement est nul dans les deux blocs témoin et traité, par contre on constate qu'il atteint 1,2 % après le premier traitement du bloc témoin (non traité), ce taux diminue jusqu'à 0,4 % après la réalisation du premier traitement dans les blocs traités. La courbe de la Figure 6-42 montre aussi qu'après la réalisation du deuxième traitement le niveau d'infestation dans le bloc témoin a augmenté jusque 5,8 % par contre on observe un niveau d'infestation très faible (0,6 %) dans les blocs traités après l'application du deuxième traitement.

L'augmentation du niveau d'infestation à 1,2% est due à la ponte de ce ravageur sur les dattes au stade Besser. Puis le développement des larves, ce qui est manifesté par les nombres élevés des œufs pondus, et les larves vivantes. Par contre le traitement à base de BtK a permis de rabattre le nombre des œufs et larves, et de réduire par conséquent l'infestation des dattes à 0,4 % dans les blocs traités. D'autre part la présence des œufs sur les dattes nous informe sur le début des pontes des femelles d'*Ectomyelois ceratoniae*.

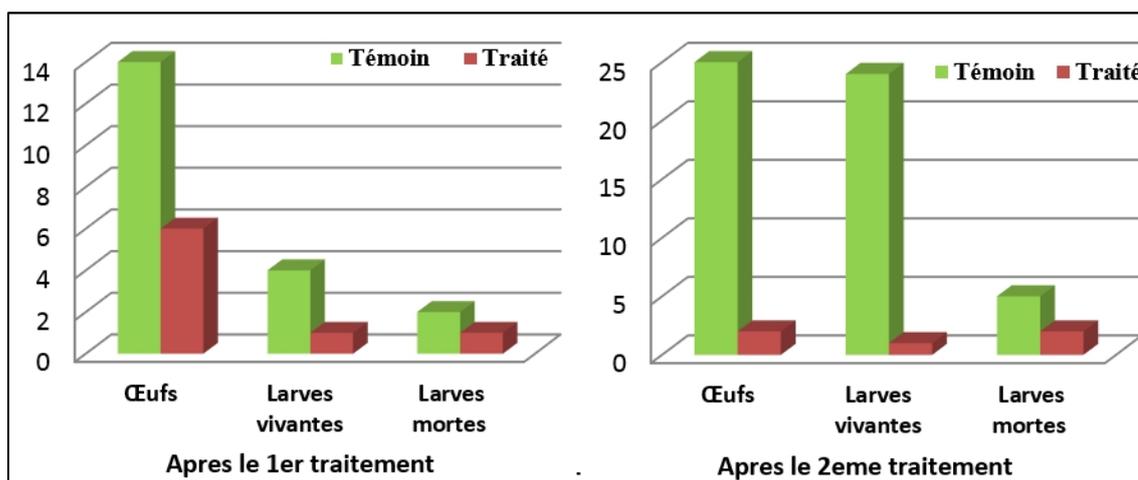


Figure 6-43 : Evolution des infestations (nombre d'œuf) de la pyrale dans le site d'Ain Bennaoui

L'analyse de la variance des données du site d'Ain Bennaoui (Tableau 6.19) a montré des différences hautement significatives avec  $p < 0.0001$  entre les blocs traités et non traité (témoins) du suivi des œufs, larves vivantes, et du taux d'infestation. Pour les larves morte on

a remarqué toujours qu'il y a une signification mais avec moins d'écart entre les traitements avec  $p = 0,029$ .

Tableau 6.19 : ANOVA a deux facteurs, du site d'Ain Bennaoui, avec à 95% de confiance

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Œufs	3	926,250	308,750	176,429	< 0.0001
Erreur	8	14,000	1,750		
Larves vivantes	3	1107,000	369,000	246,000	< 0.0001
Erreur	8	12,000	1,500		
Larves mortes	3	27,000	9,000	5,143	0,029
Erreur	8	14,000	1,750		
Taux d'infestation	3	0,006	0,002	178,182	< 0.0001
Erreur	8	0,000	0,000		

D'autre part, on constate aussi qu'il y a des différences significatives dans l'évolution des différents types d'infestation entre les données observées après le premier traitement et ceux observées après le deuxième traitement, comme il montre le test des groupes homogènes Newman-Keuls (Tableau 6.)

Où on constate qu'il y a une évolution d'accroissement pour les blocs non traités (témoins), par contre cette évolution est toujours décroissante pour les blocs traités par le BtK (Figure 6-42), ou le bloc traité après le deuxième traitement, est toujours classé en dernier groupe avec les moyennes les plus faibles, ce qui reflète l'effet du BtK.

Tableau 6.20 : Groupes homogènes (Newman-Keuls) d'Ain Bennaoui, avec à 95% de confiance

Date d'échantillonnage	Traitement	Œufs	Larves vivantes	Larves mortes	Taux d'infestation
Après le 1er traitement	Témoin	14 <b>B</b>	4 <b>B</b>	<b>2AB</b>	1.20 % <b>B</b>
	Traité	06 <b>C</b>	1 <b>C</b>	<b>2B</b>	0.40 % <b>C</b>
Après le 2ème traitement	Témoin	25 <b>A</b>	24 <b>A</b>	<b>5A</b>	5.80 % <b>A</b>
	Traité	02 <b>D</b>	1 <b>C</b>	<b>1AB</b>	0.60 % <b>B C</b>

A, B, C et D sont les groupes Homogènes du test Newman et Keuls à  $P=0.05$

L'élévation significative du niveau d'infestation à 6,4 % dans les blocs témoins, est due à la présence des dattes mûres et des températures ( $24^{\circ}\text{C}$ ) qui sont favorables aux développements de la pyrale, et le stade (tamar) qui semble le plus propice pour la pullulation d'*Ectomyelois ceratoniae*, par conséquent le deuxième traitement a permis de diminuer significativement l'infestation jusqu'à 0,4 %.

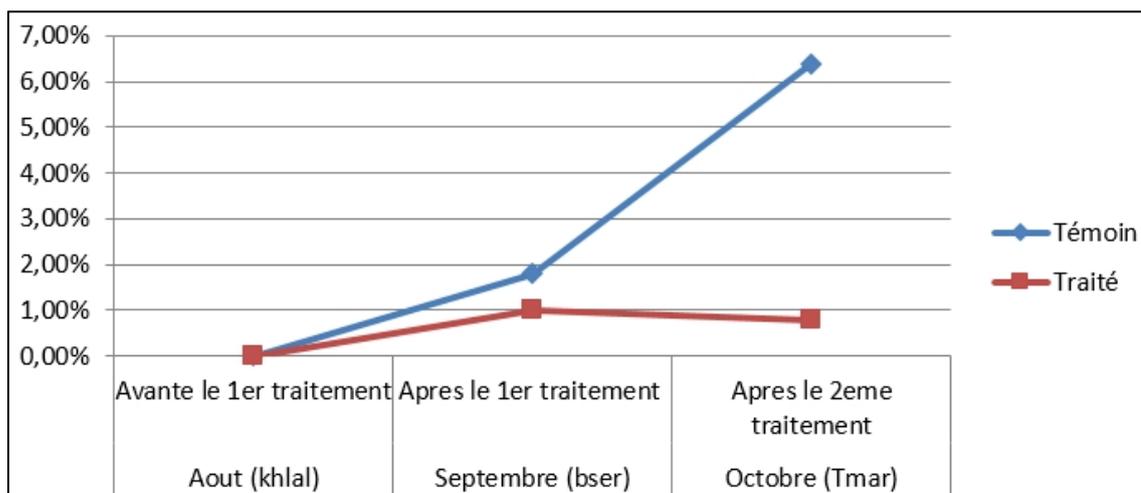


Figure 6-44 : Evolution du taux (%) d'infestation de la pyrale à Sidi Okba

Les Figure **6-44** et 6-45, montrent qu'au niveau du site Sidi Okba le taux d'infestation est toujours nul avant le premier traitement pour le bloc témoin ou les blocs traités, puis on observe une augmentation du taux d'infestation à 1,8% dans le bloc témoin, alors que pour le bloc traité on constate 1 % d'infestation composé de 2 larves vivante et 3 larves mortes. Après le deuxième traitement. On enregistre une élévation du taux d'infestation au niveau du site témoin à 5,8%, due essentiellement au nombre très élevés des larves vivantes qui est à 28 larves. D'autre part, le site traité présente toujours un taux d'infestation faible avec 0,6%, dans les deux tiers sont des larves mortes.

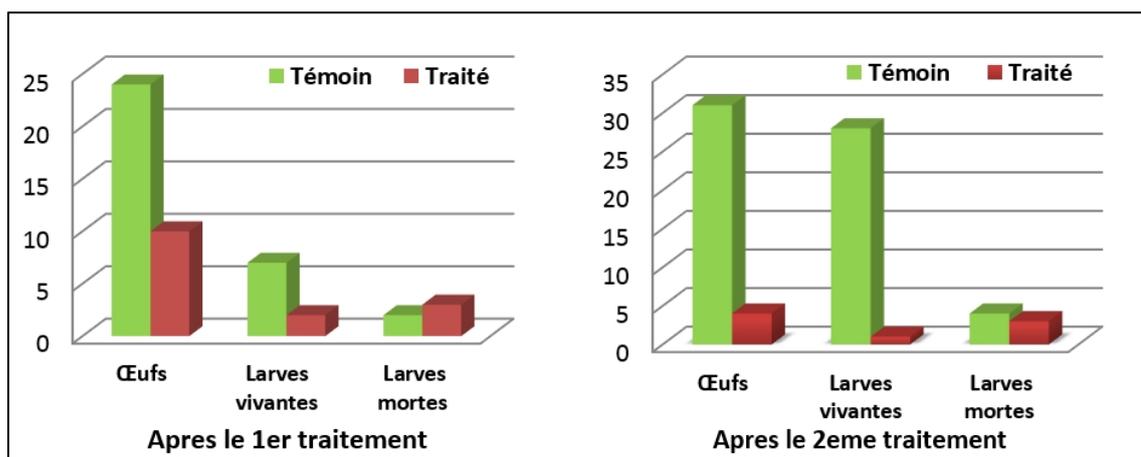


Figure 6-45 : Evolution des infestations (Œuf et Larve) de la pyrale dans le site de Sidi Okba

Pour le site Sidi Okba les résultats du traitement des données par l'ANOVA (Tableau 6.) étaient très similaires à celles d'Ain Bennaoui, ou cette analyse a révélé des différences hautement significatives avec  $p < 0.0001$  pour les trois variables œufs, larve vivantes, et taux d'infestation %, alors que pour le variable larves mortes il n'y a pas de signification avec  $p = 0,133$ , car les observations enregistrées étaient très proches.

Tableau 6.21 : ANOVA a deux facteurs, avec un intervalle de confiance à 95%, du site Sidi Okba.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Œufs	3	1388,250	462,750	185,100	$< 0.0001$
Erreur	8	20,000	2,500		
Larves vivantes	3	1431,000	477,000	190,800	$< 0.0001$
Erreur	8	20,000	2,500		
Larves mortes	3	6,250	2,083	2,500	0,133
Erreur	8	6,667	0,833		
Taux d'infestation	3	0,006	0,002	124,788	$< 0.0001$
Erreur	8	0,000	0,000		

De même pour le teste des groupes homogènes SNK (Tableau 6.19) montre des distinctions entre groupes des différents traitements (traité et non traité), ou on constate que les moyennes des blocs non traité (témoins) dépassent toujours ceux des blocs traités par le BtK, et ils sont classés dans des groupes homogènes différents.

Tableau 6.19 : Groupes homogènes (Newman-keuls) de Sidi Okba, à 95% de confiance

Date d'échantillonnage	Traitement	Œufs	Larves vivantes	Larves mortes	Taux d'infestation
Après le 1er traitement	Témoin	24 <b>B</b>	7 <b>B</b>	2 <b>A</b>	1.80 % <b>B</b>
	Traité	10 <b>C</b>	2 <b>C</b>	3 <b>A</b>	1.00 % <b>C</b>
Après le 2eme traitement	Témoin	31 <b>A</b>	28 <b>A</b>	4 <b>A</b>	6.40 % <b>A</b>
	Traité	4 <b>D</b>	1 <b>C</b>	3 <b>A</b>	0.80 % <b>C</b>

A, B, C et D sont les groupes Homogènes du Test SNK a  $P=0.05$

D'autres part on remarque toujours des différences significatives entre les moyennes des deux échantillons étudiés : après le premiers traitement de BtK, et celui d'après le deuxième traitement, on constate que les moyennes marquées dans le bloc témoin après le deuxième traitement est toujours classées en groupes d'en tête « A » (Tableau 6.19) avec les moyenne les plus élevée : 31,28,4,et 6.4% pour les

variables : œufs, larves vivantes , larves mortes , et taux % d'infestation respectivement , et cela est du au conditions naturelles favorables au prolifération de la pyrale des dattes, alors que les moyennes des blocs traité par le BtK après le deuxième traitement étaient toujours très minimales, et les moins faibles, subséquemment elles sont toujours classées en derniers groupes pour les quatre variables étudiées, avec le recensement de 4,1, 3, et 0.8% pour : œufs, larves vivantes , larves mortes , et taux % d'infestation respectivement ,et cela semble fortement lié à l'effet du traitement par le *Bacillus thuringiensis* BtK.

### 6.7.3 Discussion

D'après les résultats de notre suivi on peut voir la présence de trois générations d'*Ectomyelois ceratoniae* qui se succèdent dans l'année. Les captures des mâles durant les mois de Juillet et Août indiquent l'effectif de la deuxième génération, aussi l'augmentation de la population de la pyrale des dattes en palmeraie durant le mois de Septembre correspond à la présence des dattes en début maturité et mûres au mois d'Octobre ce qui constitue les conditions favorables de développement de ce ravageur, c'est la troisième génération, le pic se situe au mois d'Octobre manifestant ainsi l'activité maximale des émergences de cette génération, sa régression est observée durant le mois de novembre, Décembre et Janvier cela est dû à l'absence des dattes en palmeraie après la récolte. Ce résultat est similaire à celui de BENSALAH [206], BALACHOWSKY [164], DOUMANDJI [59], et DHOUBI [26], qui ont remarqué la présence de trois générations importantes qui se succèdent au cours de l'année.

Le taux d'infestation nul avant et après le premier traitement. Ce résultat est expliqué par l'absence des dattes mûres dans la palmeraie, par contre les dattes existantes accrochées sur les palmiers sont au stade khlal. La diminution du taux d'infestation à 0,6 % est due à l'effet du BtK sur ces larves néonates avant la pénétration à l'intérieur des dattes.

FRANKANHUYZEN [89] indique que le *B. thuringiensis kurstaki* est efficace contre les chenilles de divers parasites de lépidoptères dans les arbres fruitiers et les cultures forestières. C'est l'une des meilleures souches sélectivement toxiques pour une grande variété de larves de lépidoptères. De même, ABDEL RAZEK [207] a utilisé des formulations de *B. thuringiensis* et var. *Indiana*, et var. *Morrisoni*, ces derniers se sont révélés efficaces par rapport à *Cadra cautella*. En outre, SAADAWI et al.[208], ont montré une hyper toxicité d'une souche de *B. thuringiensis var kurstaki* sur des larves d'insectes qui lui ont permis de confirmer que cette souche avait une hyperactivité. De même, KARDI et ROUICI[209], ont montré en laboratoire que la pulvérisation d'une suspension bactérienne de *B. Thuriengiensis* appliquée au milieu de culture artificiel pour la nourriture larvaire des larves néonates d'*E. Ceratoniae* provoque des pourcentages de mortalité d'environ 64% dans L3 et 40% dans les larves du stade 5 d'*E. Ceratoniae*.

De même, DHOUIBI[27], a noté que la mortalité parmi ce même parasite se produit à tous les stades larvaires, mais il est très important pour les jeunes stades et même les anciennes chenilles meurent quand elles ont reçu la dose létale, la chenille atteinte par *B. thuringiensis* arrête de manger en raison de métabolisme Une perturbation tout en provoquant un rétrécissement du corps des larves et cette bactérie a l'avantage d'être compatible avec les auxiliaires et d'autres agents biologiques. CHARLES [207], a rapporté que la toxine de *B. thuringiensis* a produit plusieurs effets importants, y compris la mort des larves avant la mue et la cessation de toute puissance après la mue.

## CONCLUSION

Les résultats du suivi de la dynamique des populations de la pyrale des dattes par les relevés hebdomadaires des pièges à phéromones pour les mâles d'*Ectomyelois ceratoniae*, plus les données climatiques enregistrées, durant trois années, sur les sites : Sidi Okba, et Ourelal, montrent que l'*Ectomyelois ceratonia* développe toujours un cycle biologique composé de trois grands pics de vol échelonnés, au moment de la maturité des dattes, dont :

La première génération commence à apparaître du mois de Mars ou le palmier est en phase de pollinisation, pour atteindre le premier pic constaté en mois de Avril/Mais ;

Après, on a constaté que ce premier pic est toujours suivi par un deuxième pic qui est moins accentué, en mois de Juin/ Juillet, qui marque les stades Loulou, Kimiri pour Deglet Nour et Besser (Khalal) pour le Ghars et le Mech Degla, car ces deux cultivars ont une maturation précoce par rapport au Deglet Nour ;

Par la suite, et en mois d'Octobre/Novembre, on constate le troisième et le plus grands des pics, qui coïncide avec la maturité des dattes, et ces individus sont les premiers responsables de l'infestation des dattes sur terrain;

En fin, de mi Décembre jusqu'au fin Février, la courbe d'évolution d'émergence de la pyrale des dattes se rabatte presque a zéro, pendant cette période de repos végétatif. Ou on a marqué un effectif réduit de la pyrale dans la palmeraie, qui est issu probablement des dattes tombées et des déchets de la saison précédente, ou du stock de dattes constitué dans la palmeraie même.

Notons que les fluctuations des captures sur les trois ans d'études, avaient presque la même allure dans les deux sites d'étude, mais différent entre elles par l'effectif moyen marqué au niveau des pics

de vol, ainsi les variations enregistrées d'une année à une autre. En revanche la fluctuation des populations est fortement influencée par les conditions climatiques surtout la température et l'humidité. Notamment par les températures basses inférieures à 15°C qui semblent défavorables à l'activité de ce redoutable ravageur.

Parallèlement le suivi des taux de ponte, et l'infestation larvaire de l'*Ectomyelois ceratoniae* sur les dattes des trois cultivars étudiées à savoir : le Deglet Nour ; le Mech Degla ; et le Ghars, dans les deux palmeraies sites d'étude, révèle que :

La pyrale des dattes pond ces œufs sur les trois variétés, et au cours des trois stades phénologiques. Elle commence à pondre au stade Besser (grossissement) du fruit. En fonction des stades phénologiques, les taux de ponte les plus élevés, étaient ceux du stade Tamar (fin de maturité) pour les trois variétés. Alors qu'en fonction de cultivar, le Ghars était le plus attractif pour la pyrale, qui a posé les nombres les plus élevés de ses œufs sur les Rutabs de ce cultivar. Ce qui est dû essentiellement à la précocité de la maturité, qui fait coïncider les dattes Ghars en pleine maturité avec l'activité maximale d'émergence de la pyrale des dattes en mois de septembre. Comme, ça peut être encore, en fonction de la variété elle-même qui est attractive par sa constitution biochimique pour le dépôt des œufs.

Egalement, le stade Tamar était aussi, le plus apprécié par les larves de la pyrale. Cependant notre suivi semble exclure la moindre détection des larves dans les dattes Besser des trois variétés étudiées, et indique donc un réel phénomène biologique. Nous notons que les variétés Deglet Nour et Mech Degla sont infesté en stade début maturité (Rutab), alors que le Ghars n'est infesté qu'au stade Tamar.

Alors, il s'est avéré que les variations de taux d'infestation sur les trois variétés en fonction des stades phénologiques sont dues à plusieurs facteurs fortement liés à la qualité nutritionnelle des dattes dont la constitution biochimique de chaque variété.

Ainsi, nous avons entamé un screening biochimique de l'ensemble des échantillons des dattes obtenus dans notre expérimentation, pour dépister essentiellement l'évolution de : l'humidité ; le pH ; les sucres et leurs combinaisons ; et les acides organiques. Ce screening a révélé que :

Les principaux sucres identifiés sur les trois cultivars étudiés étaient le glucose, le fructose, et le saccharose, à l'exception du Ghars qui était presque dépourvu du saccharose. Cette absence de saccharose dans le Ghars, est due essentiellement aux facteurs environnementaux et génétiques. En revanche, on a marqué que les teneurs des sucres totaux étaient plus ou moins proches dans l'évolution des trois cultivars, car l'absence du saccharose dans le Ghars était substituée par les fortes teneurs des sucres réducteurs de ce cultivar. De même les rapports G/F qui étaient toujours très proches de 1, reflètent que l'évolution de la synthèse de glucose et de fructose se fait d'une manière très similaire. D'autre part les principaux acides organiques identifiés étaient l'acide fumarique, l'acide oxalique, et l'acide malique, ce dernier paraît le premier responsable de l'acidité des dattes.

Les changements biochimiques qui ont accompagné le processus de la maturation des dattes, peuvent se résumer dans : la perte de l'acidité ; la conversion des sucres réducteurs en saccharose ; et la perte de l'humidité pour atteindre des seuils inférieurs à 25 %. Ce qui leur donne une qualité remarquable d'autoconservation. Cependant, cela n'est pas suffisant pour mettre les dattes à l'abri des infestations de la pyrale, bien au contraire il s'est avéré que les dattes mures sont beaucoup plus attractives aux bioressources.

Par la suite, et afin de ressortir toute d'interaction insecte-plante hôte probable, qui peut relier l'*Ectomyelois ceratoniae* à la composition biochimique des dattes. Et pour une meilleure visualisation des variances dues à la fluctuation des teneurs des différents composés

biochimiques dépistés sur les trois cultivars de différentes consistances, étudiés dans l'espace (deux stations), et dans le temps (trois stades de maturation). Nous avons appliqué une analyse en composante principale sur la totalité de notre jeu de données, formé par l'addition des observations des différentes infestations de la pyrale dans la nature, à l'ensemble des variables biochimiques étudiés.

L'illustration de notre table de données par ACP a montré que le développement des larves de la pyrale des dattes a été beaucoup plus attiré vers des dattes en pleine maturité, riche en saccharose, avec des pH plus ou moins doux. Comme on a pu constater que cette infestation larvaire n'était pas reliée directement à l'humidité H%, mais plutôt à l'activité d'eau, reflété par le rapport des sucres sur l'humidité, connu sous le nom d'indice de qualité « r »,

Nous pensons que le phénomène d'engouement des larves de l'*Ectomyelois ceratoniae*, vers les dattes riches en saccharose comme la Deglet Nour, et la Mech Degla, par rapport à celles riches en sucres réducteurs comme le Ghars, ne s'agit pas d'une préférence proprement dite vers le saccharose, mais il s'agit plutôt de l'effet additif de la coexistence des sucres réducteurs à côté du saccharose, sur l'augmentation de la stimulation des larves de la pyrale, qui sont aussi simulées par l'existence seule des sucres réducteurs, mais avec moins d'intensité.

D'autre part, il semble que la consistance molle du Ghars, due aussi à cette combinaison sucres-eau, qui lui donne un aspect gluant, peut présenter une entrave mécanique du mouvement des larves, qui ne leur permet pas une prise de nourriture suffisante, ce qui leur induit un faible développement, par rapport à la Mech Degla et la Deglet Nour.

Cependant, nous avons constaté que le nombre d'œufs pondus était totalement indépendant de toutes les variables étudiées, c'est-à-dire que le choix d'oviposition de la pyrale n'est pas relié à la consistance

biochimique des dattes, ce résultat paraît tout à fait naturel, car en général, l'oviposition des insectes est beaucoup plus guidée par les composant volatils,

D'autre part, on a marqué que la première source d'acidité, surtout dans les premiers stades de maturation de nos trois cultivars de dattes étudiés, était l'acide malique, cet acide marque les plus fortes concentrations en stade bessa, qui semble exclure la moindre détection des larves de la pyrale à cause de cette acidité, qui est très connue comme inhibitrice de croissance des insectes et des microorganismes.

En somme, il semble que cette sélection d'alimentation permet au parasite d'atteindre les meilleures conditions pour le développement de sa progéniture, que ce soit dans le champ ou dans des lieux de stockage post-récolte.

Cette étude a fait ressortir aussi l'effet très pondérant de l'entretien et le bon assainissement des palmeraies. Nous avons approuvé que l'état de la palmeraie est un facteur déterminant pour les variations des taux d'infestation. Car l'absence d'entretien pourrait être favorable à la pyrale, en offrant des refuges tels que les dattes tombées au sol, sur les cornafes (bases des palmes coupées) ou sur la couronne foliaire, et de même pour l'existence des diverses plantes hôtes de la pyrale en plus des palmiers dattiers. Ainsi l'entretien des palmeraies et même les pratiques des soins de la récolte telle que la limitation du nombre de régimes, et le ciselage des pédicelles, paraissent d'une grande importance comme mesure prophylactique de lutte contre la pyrale des dattes.

En fin, les essais de lutte biologique à base de la bactérie *Bacillus thuringiensis* dans la palmeraie, qui sont élaborés à la lumière des résultats obtenus, dans les essais de suivi de biodynamique de la pyrale, et sur les relations entre la plante hôte et l'insecte, nous avons pu déterminer le début des vols des papillons, ainsi nous avons pu déterminer les pics de vols qui nous ont permis de déterminer le nombre des générations de *Ectomyelois ceratoniae* durant la période des

captures, en effet la troisième génération qui est responsable de la contamination des dattes et de la quasi-totalité des pertes, c'est la génération qui coïncide avec la maturité des dattes.

L'application de deux traitements par le Dipel 8L sur terrain a permis de réduire le niveau d'infestation à moins de 2 %.

Les résultats positifs relevés confirment le bien-fondé de la lutte biologique par le Bt K et encourageant sa poursuite par la mise en œuvre progressive d'un programme composé de plusieurs applications du traitement touchant toute les palmeraies.

Pour une lutte efficace contre la pyrale des dattes il devra y avoir recours au concept de la lutte intégrée qui nécessite la combinaison du traitement du Bt avec l'installation des pièges AA TRAP EC.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE

- [1] **D.S.A., 2015**– Direction des services agricoles. Service des statistiques. Evolution de la phœniciculture dans la wilaya de Biskra.
- [2] **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2014**–FAO Statistical Yearbook 2014- Asia and the Pacific Food and Agriculture.
- [3] **LEPIGRE A., 1963** – Essais de lutte sur l'arbre contre la pyrale des dattes (*Myelois ceratoniae* Zeller–(Pyralidae) *Annal. Epiphyties.* vol.14,no. 2, pp. 85-105.
- [4] **WERTHEIMER M., 1958** – Un des principaux parasites du palmier dattier algérien : le *Myelois décoloré.* *Fruits.* vol.13, no. 8, pp.109-123.
- [5] **DHOUBI, M.H. 1989**– Biologie et écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller. (Lepidoptera: Pyralidae) dans deux biotopes différents au sud de la Tunisie et recherches de méthodes alternatives de lutte. Doctorat d'état en sciences naturelles. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. 176 p.
- [6] **JARRAYA, A.,VINSON, G. 1980** – Contribution à l'étude de l'entomofaune du pistachier. IV.Observations biologiques et écologiques sur *Ectomyelois ceratoniae* Z. (Pyralidae). *Ann.INRAT*, vol. 53, pp. 1-42.
- [7] **FATNI A. 2011** – Traitement par la chaleur des dattes. *Direction Régionale Phyto-info Meknès- Tafilalet.* vol. 07, 2p.
- [8] **ABDELMOUTALEB M., 2008** – La campagne intensive de vulgarisation (CIV) pour la lutte contre le ver myelois ou la pyrale des dattes dans les wilayas de Biskra et d'El Oued, in revue, *Agriculture & développement, communication Vulgarisation.* Ed INVA, pp. 7-10.
- [9] **NOROUZI A, TALEBI A, FATHIPOUR A.Y., 2008** – Development and demographic parameters of the Carob moth *Apomyelois ceratoniae* on four diet regimes. *Bulletin of Insectology.* vol. 61, pp. 291-297.
- [10] **JOUVE P., LOUSSERT R., MOURADI H., 2006** – La lutte contre la dégradation des palmeraies dans les oasis de la région de Tata (Maroc). *Colloque international. Les Oasis : Services et bien- être humain face à la désertification.* Errachidia – Maroc. 6 p.
- [11] **DHOUBI M. H., 1982** – Bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae). *Ann. INRAT.* vol. 55, no. 4, pp. 22-48.
- [12] **LE BERRE M., 1978** – Mise au point sur le problème du ver de la datte *Myelois ceratoniae* Zeller. *Bull. agr. Sahar.*, vol. 1, no. 1, pp. 35-36.
- [13] **DOUMANDJI-MITICHE B., 1974** – Étude biologique des pyrales des dattes stockées : *Myelois phoenicis* Durrant, *Ephestia calidella* Guénée, *Plodia interpunctella* Hubner, (Pyralidae, Phycitinae) et d'un de leurs parasites *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera ).Thèse 3eme cycle, Univ. Paris VI, 95 p.

- [14] **DOUMANDJI S., DOUMANDJI-MITICHE B., 1976** – Ponte d'Ectomyelois ceratoniae Zell. Dans la Mitidja sur Acacia farnesiana. *Annales de l'Institut National Agronomique*, El-Harrach 6 (4) : 19-32.
- [15] **DOUMANDJI-MITICHE B., 1977** – Les pyrales des dattes stockées. *Annales de l'Institut National Agronomique*, El-Harrach, vol. 7, no. 1, pp : 31-58.
- [16] **DOUMANDJI S., 1981** –Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le nord de l'Algérie, Ectomyelois ceratoniaZeller (Lepidoptera, pyralidae). Thèse. Doct. D'état. Scien. Nature. *Université Pierre et Marie Curie*. Paris VI. 145 p.
- [17] **DOUMANDJI-MITICHE B., 1983** –Contribution à l'étude bioécologique des parasites prédateurs de la pyrale de caroube Ectomyelois ceratoniae en Algérie, en vue d'uneéventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse de doctorat d'état, Es, Sc., *Uni Pierre et Marie Curie*, Paris VI. 253p.
- [18] **IDDER M. A., IDDER-IGHILI H., SAGGOU H., PINTUREAU B., 2009**– Infestation rate and morphology of the carob moth, Ectomyelois ceratoniae (Zeller), on different varieties of the palm date, Phoenix dactylifera (L.), *Cah. Agric.*, vol. 18, no. 1, pp. 63–71.
- [19] **IDDERM.A., 2011**. Lutte biologique en palmeraies algériennes: Cas de cochenille blanche Parlatoria blanchardi, de la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae et du boufaroua Oligonychus afrasiaticus.thèse doctoratENSA, Algiers. 212 p.
- [20] **IDDER-IGHILI H., IDDER M. A., DOUMANDJI-MITICHE B., CHENCHOUNI H., 2015**– Modeling the effects of climate on date palm scale (Parlatoria blanchardi) population dynamics during different phenological stages of life history under hot arid conditions, *Int. J. Biometeorol.*, vol. 59, no. 10, pp. 1425–1436.
- [21] **IDDER-IGHILI Hakima, 2008**– Interactions entre la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et quelques cultivars de dattes dans les palmeraies de Ouargla (Sud-Est algérien), Mémoire Magistere, *Université kasdi Merbah* - Ouargla,175p.
- [22] **IDDER M. A., IGHILI H., MITICHE B., CHENCHOUNI H., 2015**– Influence of date fruit biochemical characteristics on damage rates caused by the carob moth (Ectomyelois ceratoniae) in Saharan oases of Algeria, *Sci. Hortic. (Amsterdam)*., vol. 190, pp. 57–63.
- [23] **GOTHILF S., 1969**– Natural enemies of the carob moth Ectomyelois ceratoniae (Zeller), *Entomophaga*, vol. 14, no. 2, pp. 195–202.
- [24] **MOHAMED HABIB DHOUBI, 1982**– Etude bioecologique d'ectomye/ois ceratoniae Zeller (Lepidoptera, P.vra/idae) dans les zones presahariennes de la Tunisie,Thèse Doctorat,*Univ. Pierre et Marie CURIE* - Paris 6 -, 327p.
- [25] **DHOUBI M. H., ABDERAHMANE C. T., 2002**– The effect of substerilizing doses of gamma radiation on the pupae of the carob moth Ectomyelois ceratoniae (Lepidoptera: Pyralidae), *Eval. Lepid. Popul.*

*Suppr. by Radiat. Induc. Steril.*, pp. 43–48.

- [26] **HABIB D. M., WIEM H., SANA T., ANIS Z., FOUED B. E. N. H., 2017**– Biocontrol of the Carob Moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera , Pyralidae) in Two Oases in the South of TUNISIA using Mating Disruption with SPLAT *ECO*, vol. 5, no. 5, pp. 825–830.
- [27] **DHOUBI M. H., HAWLITSKY N., ZAARAOUI H., KRISAANE T., CHEIKH T., CHERNI M., MOUSSA I. B., 2000**– Biological control against the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in oases and in packing houses in Tunisia, in *Area-Wide control of Fruit Flies and other Insect Pests*, pp. 229–236.
- [28] **WARNER R. L., BARNES M. M., LAIRD E. F., 1990**– Chemical control of a carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae), and various nitidulid beetles (Coleoptera) on ‘Deglet Noor’ dates in California, *J. Econ. Entomol.*, vol. 83, no. 6, pp. 2357–2361.
- [29] **WARNER R. L., BARNES M. M., LAIRD E. F., 1990**– reduction of insect infestation and fungal infection by cultural practice in date gardens, *Environ. Entomol.*, vol. 19, no. 5, pp. 1618–1623.
- [30] **NAY J. E., PERRING T. M., 2008**– Influence of host plant stages on carob moth (Lepidoptera: Pyralidae) development and fitness., *Environ. Entomol.*, vol. 37, no. 2, pp. 568–574.
- [31] **NAY J. E., PERRING T. M., 2006**– Effect of Fruit Moisture Content on Mortality, Development, and Fitness of the Carob Moth (Lepidoptera: Pyralidae), *Environ. Entomol.*, vol. 35, no. 2, pp. 237–244.
- [32] **NAY J. E., PERRING T. M., 2005**– Impact of ant predation and heat on carob moth (Lepidoptera: Pyralidae) mortality in California date gardens., *J. Econ. Entomol.*, vol. 98, no. 3, pp. 725–731.
- [33] **NAY J. E., BOYD E. A., PERRING T. M., 2006**– Reduction of carob moth in ‘Deglet Noor’ dates using a bunch cleaning tool, *Crop Prot.*, vol. 25, no. 8, pp. 758–765.
- [34] **BAKER T. C., FRANCKE W., LÖFSTEDT C., HANSSON B. S., DU J. W., PHELAN P. L., VETTER R. S., YOUNGMAN R., 1989** - Isolation, identification and synthesis of sex pheromone components of the carob moth, *ectomyelois ceratoniae*, *Tetrahedron Lett.*, vol. 30, no. 22, pp. 2901–2902.
- [35] **BAKER T. C., FRANCKE W., MILLAR J. G., LÖFSTEDT C., HANSSON B., DU J. W., PHELAN P. L., VETTER R. S., YOUNGMAN R., TODD J. L., 1991**– Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller), *J. Chem. Ecol.*, vol. 17, no. 10, pp. 1973–1988.
- [36] **COSSÉ A., ENDRIS J. J., MILLAR J. G., BAKER T. C., 1994**– Identification of volatile compounds from fungus-infected date fruit that stimulate upwind flight in female *Ectomyelois ceratoniae*, *Entomol. Exp. Appl.*, vol. 72, pp. 233–238.

- [37] **AL-IZZI M. A. J., AL-MALIKY S., JABBO N. F., 1987**– Culturing the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet, *Journal of Economic Entomology*, vol. 80, no. 1. pp. 277–280, 1987.
- [38] **GOTHILF S., LEVYE C., COOPER R., LAVIE D., 1975**– Oviposition stimulants of the moth *Ectomyelois ceratoniae*: The effect of short-chain alcohols, *J.Chem. Ecol.,Ecol.*, vol. 1, no. 4, pp. 457–464.
- [39] **VILADERBO A., 1975** – Enquête diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies du sud-est algérien. *Bull. Agro. Sahar.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–27.
- [40] **BELGUEDJ M., SALHI A., MATALLAH S., 2008** –Diagnostic rapide d'une région agricole dans le Sahara Algérien, Axes de recherche/développement prioritaires : cas de la région des Ziban (Biskra).Ed. *INRAA* Alger, 8p.
- [41] **ANONYME, 2006a**– Gestion participative de la lutte biologique contre les ravageurs du palmier dattier dans les oasis Algérienne. *Unité I.N.R.A de Biskra*, 53p.
- [42] **ANONYME, 2006** – Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement
- [43] **VILADERBO A., 1973** – Parasites et maladies. Chap. IV. Principaux parasites de la datte et du dattier. Service Entomologie – *Nématologie de l'I.F.A.C.*, pp. 67-95.
- [44] **BENSALAH M. K., 2000** – Biologie de l'Apate monachus Fab. Troisièmes journées techniques phytosanitaires,*I.N.P.V.*, pp. 47-52.
- [45] **MUNIER P., 1973** –le palmier dattier. G.P.*Maisonneuve et Larose*, Paris,221 p.
- [46] **ZAID A., 2002** – Date palm cultivation, *FAO, plant production and protection paper*. Rev. 1.156 p.
- [47] **AMORSI G., 1975** – le palmier dattier en Algérie. *Institut de Technologie d'Arboriculture de Tlemcen*, Tlemcen. 127 p
- [48] **BEN ABDALLAH A., 1990** – la phœniciculture . in Dollé V. , Toutain G. . Les systèmes agricoles oasiens . Montpellier : *Options méditerranéennes, série A. Zaragoza : Cheam lamz*, pp. 105-120.
- [49] **PEYRON G., 2000** –Cultiver le palmier dattier. Ed. *CIRAD*, France, 110p.
- [50] **BENMAHCENE S., 1998** – Contribution à l'amélioration des aspects de la conduite du palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.). Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, *INA El Harrach*, Alger, 173 p.
- [51] **MAATALLAH S., 1970** – Contribution à la valorisation de la datte Algérienne. Mémoire. Ing. *INA. El-Harrach*, 121p.
- [52] **TOUTAIN G., 1977** – Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Ed. *INRA. Paris*, 277 p.
- [53] **GUESSOUM M., 1985** – Approche d'une étude bioécologique de l'acarien

- Oligonychus afrasiticus Mc Gregor (Boufaroua) sur palmier dattier. 1ère journée d'étude sur la biologie des ennemis animaux des cultures, dégâts et moyens de lutte. *INA. El-Harrach*, 6 p.
- [54] **RACHEF S. A., 2001** – Rapport national, situation actuelle des ravageurs des cultures. *Atelier IPM Biskra, 2001 FAO/SNEA*, 9 p.
- [55] **BRUN J., 1990** – Equilibre écologique et lutte biologique. Les ravageurs du palmier dattier. Les moyens de lutte contre la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* TARG). Les systèmes agricoles oasiens. *Opt Med* : série A, vol. 11, pp. 271-274.
- [56] **TIRICHINE B., 1992** – Contribution à l'étude de la bio-écologie de l'Apate monachus Fab. (Coleoptera, Bostrychidae) mise au point des méthodes de lutte. Mémoire. Ing. *INA. El-Harrach*, 157 p.
- [57] **BALACHOWSKY A., MESNIL L., 1935** – Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. *Ed. Busson. Paris*, T. I, 627 p.
- [58] **KHOUALDIA O., 2003** – Les ravageurs du palmier dattier et de la datte dans les pays maghrébins : situation actuelle et perspectives. *Atelier sur la protection intégrée du palmier dattier dans les pays de L'Afrique du nord. Tunisie*. pp. 62-70.
- [59] **DOUMANDJI S. E., 1981** – Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans de l'Algérie *Ectomylois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). Thèse. Doct. d'état. *Univ. Pierre et Marie Curie. Paris VI*. 145p.
- [60] **GRASSE P.P., 1951** – Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. Insecte supérieurs et Hémiptéroïdes. *Ed. Masson et cie .paris*. T. X, fasc. II. pp. 978-1948.
- [61] **HARRAK H., BOUJNAH M., HAMOUDA A., 2003** – Caractérisations physiques et morphologiques des principales variétés de dattes marocaines. *Al Awania*, vol. 107, pp. 59–76.
- [62] **DHOUBI M. H., 1991** – Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. *ED. I.N.A.T. Tunis*, 63p.
- [63] **DHOUBI M. H., JARRAYA A., 1988** – Le ver des dattes, Carob moth : *Ectomylois ceratoniae*. Groupement interprofessionnel de la datte, *Document I.N.A.T.* 9P.
- [64] **DRIDI B., BAOUCHI H., BENSALAH K., ZITOUN A., 2001** – Présentation d'une nouvelle méthode biotechnique de lutte contre le ver de la datte *Ectomylois ceratoniae* Zeller dite technique des insectes stériles. *Journées Techniques phytosanitaire. Ed. I.N.P.V.* pp. 58-70.
- [65] **KSENTINI I., JARDAK T., ZEGHAL N., 2013** – A laboratory comparison of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as potential biocontrol agents for the carob moth, *Ectomylois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae)., *Biocontrol Sci. Technol.*, vol. 23, no. 4, pp. 465–469.
- [66] **HADAD L., 2000** – Quelques données sur la bio-écologie d'*Ectomylois ceratoniae* dans les régions de Touggourt et Ouargla en vue d'une éventuelle lutte contre ce déprédateur. Mémoire. Ing. *I. T.A. S. Ouargla*.

62p.

- [67] **IDDER A., 1984** – Inventaire des parasites d'Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies d'Ouargla et lâchers de Trichogramma embryophagum Hartig (Hymenoptera, Trichogrammatidae) contre cette pyrale. Mémoire. Ing. *INA. El-Harrach*, 63 p.
- [68] **SAGGOU H., 2001** – Relation entre les taux d'infestation par la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera – Pyralidae) et les différentes variétés de dattes dans la région d'Ouargla. Mémoire. Ing. *I.T.A.S. Ouargla*, 70 p.
- [69] **BEN ADOUNE H., 1987** - Etude bio-écologique d'Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) à Ghardaia. Mémoire. Ing. *Agro, INA. El-Harrach. Alger*. 53p.
- [70] **BLUMBERG D., 2008**– Date palm arthropod pests and their management in Israel, *Phytoparasitica*, vol. 36, no. 5, pp. 411–448.
- [71] **BILIOTTI E., DAUMAL J., 1969** - Biologie de Phanerotoma flavitestacea FISCHER (Hymenoptera, Braconidae). Mise au point d'un élevage permanent en vue de la lutte biologique contre Ectomyelois ceratoniae Zeller. *Annal. Zool. Ecol. Anim*, vol. 1, no. 4, pp. 379- 394.
- [72] **ILIES H., 2005**– Etude comparative entre quinze variétés de dattes et leurs taux d'infestation par Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) dans la région de Ouargla, Memoire Magistère, *Université Kasdi Merbah Ouargla*.178p.
- [73] **KISHANI-FARAHANI H., GOLDANSAZ S. H., SABAH Q., 2012**– A survey on the overwintering larval parasitoids of Ectomyelois ceratoniae in three regions in Iran, *Crop Prot.*, vol. 36, pp. 52–57.
- [74] **EL-SHAFIE H., 2012**– Review: List of arthropod pests and their natural enemies identified worldwide on date palm, Phoenix dactylifera L, *Agric. Biol. J. North Am.* pp. 75-89.
- [75] **MOZAFFARIAN F., SARAFRAZI A., GANBALANI G. N., 2007**– Host plant-associated population variation in the carob moth Ectomyelois ceratoniae in Iran: A geometric morphometric analysis suggests a nutritional basis, *J. Insect Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–11.
- [76] **ZOUIOUCHE F. Z. 2012**– Comportement de la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller, vis-à-vis de trois variétés de palmier dattier dans la région de Biskra, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach Alger.
- [77] **SOROKER V., HARARI A., FALEIRO J. R., 2015**– Sustainable Pest Management in Date Palm: Current Status and Emerging Challenges, pp. 315–346.
- [78] **DEMBILIO Ó., JAQUES J. A., 2015**– Biology and Management of Red Palm Weevil, in *Sustainable Pest Management in Date Palm: Current Status and Emerging Challenges*, pp. 13–37.
- [79] **HADJEB A., 2012**– Influence de la qualité nutritive de trois variétés de dattes sur le potentiel biologique de la Pyrale des dattes Ectomyelois

- ceratoniae (Zeller, 1839), Mémoire Magister, Université Mohamed Kheider Biskra, 143p.
- [80] **TAREK O. A., 2012**– Lutte intégrée contre la pyrale des datte Ectomyelois Ceratoniae Zeller par l'utilisation des pieges a phéromone sexuelle et Bacillus Thuringiensis var kurstaki dans la région de Biskra, Mémoire Master, Université Saad Dahleb de Blida, 121p.
- [81] **TOUFIK R., 2011**– La pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller, 1839 (Lepidoptera, Pyralidae) dans la région du Biskra: paramètres bioécologiques et essai d'une lutte biologique., Mémoire Magister, Université Mohamed Kheider Biskra, 131p.
- [82] **ZOUIOUECHE F. Z., 2012**– Comportement de la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller, vis-à-vis de trois variétés de palmier dattier dans la région de Biskra. Mémoire. Mag. *INA. El- Harrach*, 117p.
- [83] **BENSALAH M. K., 2015**– Evaluation des caractéristiques biologiques d'Ectomyelois ceratoniae ( Zeller , 1839 ) ( Lepidoptera , pyralidae ) dans les conditions naturelles et contrôlées . Stockage , conservation et lutte, Thèse Doctorat, Université Mohamed Kheider Biskra, 157p..
- [84] **CONWAY H., 2016** - Insect Diets: Science and Technology, 2nd Edition, *Oxford University Press*, vol. 62, no. 4. 473p.
- [85] **DESOUHANT E., 1997**– Stratégies de ponte et traits d'histoire de vie chez les insectes. Thèse Doctorat Université Claude Bernard, Lyon I, 321p.
- [86] **SOROKER V., HARARI A., FALEIRO J. R., 2015**– Sustainable Pest Management in Date Palm: Current Status and Emerging Challenges, *Springer*, 429p.
- [87] **IDDER M. A., IGHILI H., MITICHE B., CHENCHOUNI H., 2015**– Influence of date fruit biochemical characteristics on damage rates caused by the carob moth (Ectomyelois ceratoniae) in Saharan oases of Algeria, *Sci. Hortic. (Amsterdam)*., vol. 190, no. 6, October 2016, pp. 57–63.
- [88] **FUNDATION N., 1999**– Insect-Plant Interactions and Induced Plant Defence. *JOHN WILEY & SONS, LTD*. 292p.
- [89] **BISSAAD F. Z., BOUNACEUR F., DOUMANDJI-MITICHE B., 2016**– Effect of Bacillus Thuringiensis and dimilin on the date moth Ectomyelois Ceratoniae Zeller, *Agronomy*, vol. 61, pp. 208–213.
- [90] **MORLAND G., 2015**– The morphology and ecology of the Carob moth (Ectomyelois ceratoniae) (Zeller) in citrus orchards of the Western Cape, Thèse Doctorat, Stellenbosch University. South Africa, 123p.
- [91] **BLOMQUIST G. J., VOGT R., RICHARD G., 2003** - Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology: The Biosynthesis and Detection of Pheromones and Plant Volatiles. *Elsevier/Academic Press*, 745p.
- [92] **LOON L. M. S., VANDICKE M., 2005**– Insect-Plant Biology, Second edi. *New York, NY.*, 441p.
- [93] **CARLSSON M. A., HANSSON B. S., 2003**– Plasticity and coding

- mechanisms in the insect antennal lobe, in *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology*, pp. 699–728.
- [94] **AUDEMARD H., 1989**—La confusion sexuelle des mâles une nouvelle technique de lutte contre les lépidoptères nuisibles. *Phytoma* n°413, pp 26-29.
- [95] **SOROKER V., HARARI A., FALEIRO J. R., 2015**— The Role of Semiochemicals in Date Pest Management, in *Sustainable Pest Management in Date Palm: Current Status and Emerging Challenges*, pp. 315–346.
- [96] **DIHAZI A., JAITI F., JAOUA S., DRIOUICH A., 2012**— Plant Physiology and Biochemistry Use of two bacteria for biological control of bayoud disease caused by *Fusarium oxysporum* in date palm ( *Phoenix dactylifera* L ) seedlings, *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 55, pp. 7–15.
- [97] **NESTRE E.W., THOMASHOW L.S., METZ M., Gordon M., 2002**— 100 years of *Bacillus thuringiensis*: a critical scientific assessment. Report from the American Academy of Microbiology. (Disponible online : [www.asmusa.org](http://www.asmusa.org)).
- [98] **HARPAZ I., WYSOKI M., 1984**— Susceptibility of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, to *Bacillus thuringiensis*, *Phytoparasitica*, vol. 12, no. 3, pp. 189–191.
- [99] **SENTINI I. K., ARDAK T. J., EGHAL N. Z., 2010**— *Bacillus thuringiensis* , deltamethrin and spinosad side-effects on three *Trichogramma* species, *Bulletin of Insectology*, vol. 63, no. 1, pp. 31–37.
- [100] **STREBLER G., 1989**— Les médiateurs chimiques. Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Technique et documentation - Lavoisier, Paris - cedex, 246 p.
- [101] **OHGUSHI T., 1992** —Resource limitation on insect herbivore populations. Effects of resource distribution on animal- plant interactions. Ed. M.D. Hunter, Ohgushi and P.W. Price. *Academic Press Inc.*, pp. 199-241.
- [102] **AVAND-FAGHIH A., 2004**— Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charan\con *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790, Thèse Doctorat Institut National Agronomique Paris-Grignon. 324 p.
- [103] **COLWELL, R.K. 1985**—Community biology and sexual selection: lessons from hummingbird flower mites. In Diamond, J. and Case, T.J. (eds.) *Community Ecology*. Harper & Row, New York, pp. 406-424.
- [104] **BERNAYS E. A., CHAPMAN R., 1994**—Host-Plant Selecion by Phytophagous Insects. New York, NY: Chapman & Hal, 654p.
- [105] **YOUNGMAN R., TODD J. L., 1991**— Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *Ectomyelois Ceratoniae* (Zeller), *J. of Chemical Ecology*, vol. 17, no. 10.
- [106] **PETERSON J. K., ELSEY K. D., 1995**— Chemical factors involved in selection of host plant for oviposition by the pickleworm moth (Lepidoptera: Pyralidae), *Florida Entomol.*, vol. 78, no. 3, pp. 482–492.

- [107] **RANJBAR M., ZIBAE A., SENDI J. J., 2014**– A trypsin-like proteinase in the midgut of ectomyelois ceratoniae zeller (Lepidoptera: Pyralidae): Purification, characterization, and host plant inhibitors, *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, vol. 85, no. 1, pp. 1–12.
- [108] **TASIN M., BÄCKMAN A., BENGTSSON M., VARELA N., IORIATTI C., 2006**– Wind tunnel attraction of grapevine moth females, *Lobesia botrana*, to natural and artificial grape odour, *Chemoecology*, vol. 92, pp. 87–92.
- [109] **HEITEFUSS R., 2010**– Secondary Metabolites in Soil Ecology, *J. Phytopathol.*, vol. 158, no. 3, pp. 200–200.
- [110] **BOURGEOIS S., 2001** –Les systèmes sensoriels. Cours LBPA de Sonia Bourgeois 2001-2002 UAG. Notes de cours d'un élève. (En ligne). <http://rdeuag.ifrance.com/elements/annales/lbio/lbpa%20bourgeois.pdf>.
- [111] **CORTESERO A.M., 2006** – Ecologie chimique des systèmes prédateurs-proies chez les arthropodes et utilisations possibles d'*Aleochara bilineata* pour une lutte biologique contre *Delia radicum*. Mémoire de master 2, Ecole normale supérieure de Lyon, 12 p.
- [112] **DUGRAVOT S., 2004** – Les composés secondaires soufrés des allium : rôle dans des systèmes de défense du poireau et action sur la biologie des insectes. Thèse de doctorat, Université François Rabelais, Tours, 198 p.
- [113] **TURLINGS T.C.J., TUMLINSON J.H. & LEWIS W.J., 1990** –Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. *Science*, vol. 250, pp. 1251-1253.
- [114] **TURLINGS T.C.J., MC CALL P.J., ALBORN H.T. & TUMLINSON J.H., 1993** –An elicitor in caterpillar oral secretions that induces corn seedlings to emit chemical signals attractive to parasitic wasps. *J. Chem. Ecol.*, vol. 19, pp. 411-425.
- [115] **TUMLINSON J.H., LEWIS W.J., VET L.E.M., 1993** –How parasitic wasp find their hosts. *Scientific American*, vol. 268, pp. 100-106
- [116] **MATTIACCI L., DICKE M., POSTHUMUS M.A., 1995** –Beta-glycosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odors that attracts host-searching parasitic wasps. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, vol. 92, pp. 2036-2040.
- [117] **ALBORN H.T., TURLINGS T.C.J., JONES T.H., STENHAGEN G., Loughrin J.H., Tumlinson J.H., 1997** –An elicitor of plant volatiles from beet armyworm oral secretions. *Science*, vol. 276, pp. 945-949.
- [118] **DE MORAES C.M., LEWIS W.J., PARÉ P.W., ALBORN H.T., TUMLINSON J.H., 1998** – Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, vol. 393, pp. 570-573.
- [119] **HOWE G.A., LIGHTNER J., BROWSE J., RYAN C.A., 1996** –An octadecanoic pathway mutant (JL5) of tomato is compromised in signalling for defense against insect attack. *Plant Cell*. vol. 8, pp. 2067-2077.
- [120] **BALDWIN I.T., 1996** –Methyl-jasmonate induced nicotine production in

- Nicotiana: Inducing defenses in the field without wounding. *Entomol. Exp. Appl.* vol. 80, pp. 213-220.
- [121] **BALDWIN I.T., 1999** –Inducible nicotine production in native Nicotiana as an example of adaptative phenotypic plasticity. *J. Chem. Ecol.* vol. 25, pp. 3-30.
- [122] **JOHNSON D.V., AL-KHAYRI J.M., JAIN S. M. 2015** –Chapter1, Introduction: Date Production Status and Prospects in Asia and Europe. J.M. Al-Khayri et al. (eds.), *Date Palm Genetic Resources and Utilization: Volume 2: Asia and Europe*, pp. 1-16.
- [123] **SCHMELZ E.A., ALBORN H.T. & TUMLINSON J.H., 2003** – Synergistic interactions between, volicitin, jasmonic acid and ethylene mediate insect-induced volatile emission in *Zea mays*. *Physiol. Plant.* vol. 117, pp. 403-412.
- [124] **PEÑAS-CORTES H., SANCHEZ-SERRANO J.J., MERTENS R., WILLMITZER L., prat S., 1989**–Abscisic acid is involved in the wound-induced expression of the proteinase inhibitor. II: gene in potato and tomato. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 86, pp. 9851-9855.
- [125] **BERENBAUM M.R., 1978** –Toxicity of a furanocoumarin to amyworms: a case of biosynthetic escape from insect herbivores. *Science*, vol. 201, pp. 532-534.
- [126] **KRIEGER R., FEENY P.P., WILKINSON C.F., 1971** – Detoxification enzymes in the guts of caterpillars: an evolutionary answer to plant defense. *Science*, vol. 172, pp. 579-581.
- [127] **BRATTSTEN L.B., 1992** – Metabolic defenses against plant allelochemicals; Their interactions with secondary plant metabolites. Eds, G. Rosenthal and M. Berenbaum, *academic press, san diego*, vol. 2, pp. 175-242.
- [128] **SLANSKY F., RODRIGUEZ J.G., 1987**– Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview, *Wiley, New York*, pp. 1-69.
- [129] **LOUDA S. & MOLE S., 1991** – Glucosinolates: Chemistry and ecology; Their interactions with secondary plant metabolites, *Eds. G. Rosenthal and M. Berenbaum, Academic Press, San Diego*, vol. 1, pp. 123-164.
- [130] **RENWICK J.A.A., RADKE C.D., SACHDEV-GUPTA K., STÄDLER E., 1992** –Leaf surface chemicals stimulating oviposition by *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) on cabbage. *Chemoecology*, vol. 3, pp. 33-38.
- [131] **GIAMOUSTARIS A., MITHEN R., 1995** – The effects of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *Oleifera*) on its interactions with specialist and generalist pests. *Ann. Appl. Biol.* vol. 126, pp. 347-363.
- [132] **RENWICK J.A.A., LOPEZ K., 1999**– Experience-based food consumption by larvae of *Pieris rapae*: addiction to glucosinolate. *Entomol. Exp. Appl.* vol. 91, pp. 51-58.
- [133] **PICIMBON, J. F., 2003**– Biochemistry and evolution of OSD and OBP

- proteins. In *Pheromone Biochemistry and Molecular Biology*, ed. G. J. Blomquist and R. G. Vogt. New York: Academic, pp. 539–566.
- [134] **JERMY T., 1987**–The Role of Experience in the Host Selection of Phytophagous Insects, in *Perspectives in Chemoreception and Behavior*, Springer, vol. 9. 456p .
- [135] **KRISHNAMURTHI K. K., 2016**–Organic Agriculture for Sustainability, 1st Editio. Notion Press, 574p.
- [136] **CHARMILLOT P.J., 1984** - Possibilités et limites de la lutte contre les insectes aux moyens des attractifs sexuels. *Rev. Suisse. Vit. Arb. Hort.*, vol. 16, pp. 15–22.
- [137] **BENSALAH M. K., 2015**– Essai de lutte Biologique contre la pyrale des dattes apomyelois *ceratoniae zeller*, 1839 (lepidoptera:pyralidae) par l'utilisation de *phanerotomaflavitestacea fisher* (hymenoptera:braconidae) et *bracon hebetor say* (hymenoptera:braconidae) DA, *Courr. du savoir*, vol. 1839, pp. 101–108.
- [138] **PARMESAN C., 2006** – Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Evol.Systemat.*vol. 37, pp. 637-669.
- [139] **STACEY D., 2003**– Climate and biological control in organic crops. *Int. J. Pest Manage.* vol. 49, pp. 205-214.
- [140] **EVE GAGNON A., 2012**– Impact des changements climatiques sur la pyrale des maïs. *Colloque en agrocimatologie*, pp. 1-4.
- [141] **SENTIS A., 2012**–Effets des changements climatiques sur les insectes et conséquences économiques et sanitaires. *Antennae*.vol. 19, no. 1, pp. 3-7.
- [142] **BALE J.S., MASTERS G.J., HODKINSON I.D., AWMACK C., BEZEMER T.M., BROWN VK., BUTTERFIELD J., BUSE A., COULSON J.C et FARRAR J., 2002**–Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.*vol. 8, pp. 1–16.
- [143] **COVIELLA C.E, TRUMBLE J.T., 1999**– Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect-plant interactions. *Conserv. Biol.* vol. 13, pp. 700-712.
- [144] **PATTERSON D.T., WEST Brook J.K., JOYCE R.J.V., LINGREN P.D, Rogasik J., 1999**–Weeds, insects, and diseases. *Climatic change*, vol. 43, pp. 711-727.
- [145] **FUHRER J., 2003**–Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 97, pp. 1-20.
- [146] **ROY M., BRODEUR J, CLOUTIER C., 2002**–Relationship between temperature and developmental Rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its Prey *Tetranychus mcdaniel* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology*. vol. 31, no. 1, pp. 177-187.
- [147] **ALTERMATT F., 2010**–Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths.*Proceedings of the Royal Society B-Biological*

*Sciences*, vol. 277, pp. 1281-1287.

- [148] **AYRES M.P, LOMBARDEO M.J., 2000**– Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens. *Sci. Total environ.* vol. 262, pp. 263-286.
- [149] **ESTAY S.A., M. LIMA, F.A. LARBRA. 2009**- Predicting insect pest status under climate change scenarios: Combining experimental data and population dynamics modelling. *Journal of Applied Entomology*, vol.133, pp. 491-499.
- [150] **READING F., LIQUID H., TECHNIQUES C., 1989**– Liquid Chromatography, *Most*, vol. 1986, pp. 2732–2739.
- [151] **SKOOG D. A., WEST D. M., HOLLER F. J., CROUCH S. R., 2012**– La chromatographie liquide à haute performance, *Chim. Anal.*, pp. 973–995.
- [152] **CHEN J. P., TAI C. Y., CHEN B. H., 2004**– Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.), *J. Chromatogr. A*, vol. 1054, no. 1–2, pp. 261–268.
- [153] **CHAIRA N., 2010**– Intérêt nutritionnel et alternatives technologiques et biotechnologiques de valorisation de quelques variétés de dattes communes tunisiennes. Thèse Doctorat, Université Tunis El Manar, 231p.
- [154] **AHMED J., ALMUSALLAM A., AL-HOOTI S. N., 2013**– Isolation and characterization of insoluble date (*Phoenix dactylifera* L.) fibers, *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 50, no. 2, pp. 414–419.
- [155] **SNYDER L. R., KIRKLAND J. J., GLAJCH J. L., 1997**–Practical HPLC Method Development, vol. 2nd ed. 478p .
- [156] **MC POLIN B. Y. O., 2009**– An introduction to HPLC for pharmaceutical analysis, *Mourne Train. Serv.*, vol. 44, no. 0, pp. 1–137.
- [157] **SAPORTA G., 2006**–Probabilités, Analyse Des Données et Statistique.*Editions Technip*, 631p.
- [158] **ABDI H., WILLIAMS L. J., 2010**–Principal component analysis, *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Stat.*, vol. 2, no. 4, pp. 433–459.
- [159] **PLAISANT M., 2009**–Introduction à l'analyse des données de sondage avec SPSS.*Presses de l'Université du Québec*, p. 107.
- [160] **BRIERE C., 1994** – Introduction aux méthodes de l'analyse des données, *INP-ENSAT*. Paris, pp 1-7.
- [161] **BRODEUR J., BOIVIN G., CLOUTIER C., BOURGEOIS G., DOYON J., GRENIER P., 2013**- Impact des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. Rapport Octobre 2013.
- [162] **MEHAOUA M. S., HADJEB A., BELHAMRA M., OUAKID M. L., 2015**– Influence of temperature on seasonal abundance of *Ectomyelois ceratoniae* Zeller ,1839 (Lepidoptera, Pyralidae) in Tolga palm grove, *Courr. du savoir*, vol. 20, pp. 167–173.

- [163] **AYOUB H., 2017**– Étude bioécologique et répartition spatio-temporelle de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839 (Lepidoptera, Pyralidae) dans des oasis de la wilaya de Biskra. Étude du comportement alimentaire et essai de lutte. Thèse Doctorat, Univ. Mohamed Khider – Biskra. 123p.
- [164] **BALACHOWSKY A., 1972**–Entomologie appliquée à l'agriculture. *Ed.Masson et Cie*, T.II, Vol 2, pp. 1060-1634.
- [165] **DJAZOULI., ALEM., DRIR.,MOSTEFAOUI.,DOUMANDJI-MITICHE., 2009**–Apports des infochimiques (mediateurs chimiques) dans l'évaluation du potentiel biotique de la pyrale des dattes *Ectomylois ceratoniae* dans les palmeraies anthropisées. Univ Saad Dahleb, faculté des sciences agrovétérinaires, département d'agronomie, Blida, département de zoologie agricole et forestière, Hassan Badi el Harrach, Alger, pp. 270.
- [166] **DJEBLAHI A.H., SERRAYE N., 2010**– Étude du niveau d'infestation par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller., 1839 (Lepidoptera, Pyralidae) sur trois variétés de datte (Deglet Nour, Mech Degla et Ghars), sa dynamique de population et essai de lutte intégrée dans la région de Biskra. Mémoire. Ing. Inst. Agro. Biskra, 45 p.
- [167] **RASTEGAR S., RAHEMI M., BAGHIZADEH A., GHOLAMI M., 2012**– Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening, *Food Chem.*, vol. 134, no. 3, pp. 1279–1286.
- [168] **AMIRA E. A., FLAMINI G., BEHIJA S. E., MANEL I., NESRINE Z., Ali F., MOHAMED H., NOUREDDINE H. A., LOTFI A., AREM E., GUIDO F., EMNA S., MANEL I., NESRINE Z., Ali F., MOHAMED H., AHMED H., LOTFI A. et al., 2011**– Chemical and aroma volatile compositions of date palm ( *Phoenix dactylifera* L .) fruits at three maturation stages, *Food Chem.*, vol. 127, no. 4, pp. 1744–1754.
- [169] **EL-BEKR A., 1972**- Le palmier dattier : Passé, Présent et Nouveauté dans son agronomie, industrie et commerce. *Imp. El Ani*, Bagdad, Irak, 1050 p.
- [170] **REYNES M., 1997**– Influence d'une technique de desinfestation par micro-ondes sur les criteres de qualite physico-chimiques et biochimiques de la datte, l'institut national polytechnique de lorraine. Thèse Doctorat, ENSA Toulouse, France, 251p.
- [171] **LINDA R., 2015**– Caractérisation morphologique de quelques cultivars du palmier dattier dans la région Caractérisation morphologique et biochimique de quelque Sud Est Algérien (Wilaya du Biskra) Cultivars du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Fough,Mém. Mag.Univ. El Hadj Lakhdar - Batna, 152p.
- [172] **AL-HOOTI S., SIDHU J. S., QABAZARD H., 1997**– Physicochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates., *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 50, no. 2, pp. 101–113.
- [173] **SEYMOUR G.B., TAYLOR J.E.,TUCKER G.A. 1993** –Biochemistry of fruit ripening. *Chapman and Hall Publishers*, London, 454 p.

- [174] **AHMED I. A., AHMED A. W. K., ROBINSON R. K., 1995**– Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening, vol. 54, pp. 305–309.
- [175] **GACEB–TERRAK R., RAHMANIA F., 2013**– Analyse des lipides et autres composés volatils de Deglet Nour , cultivar de palmier dattier (Phoenix dactylifera L.), par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, *Acta Bot. Gall.*, no.1, January 2014, pp. 37–41.
- [176] **ELLEUCH M., BESBES S., ROISEUX O., BLECKER C., DEROANNE C., DRIRA N. E., ATTIA H., 2008**– Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre, *Food Chem.*, vol. 111, no. 3, pp. 676–682.
- [177] **BELGUEDJ M., 2002** – Caractéristiques des cultivars de dattiers du Sud-Est du Sahara Algérien. Volume 2. *Ed. INRA*. Alger, 67 p.
- [178] **ISMAIL, B., HAFFAR, I., BAALBAKI, R., MECHEREF, Y., &HENRY, J., 2006**– Physico- chemical characteristics and total quality of five date varieties grown in the United Arab Emirates. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 41, pp. 919–926.
- [179] **CUI C., LAI C. R., XIA K. S., ZHAO H. F., ZHAO M. M., 2014**– Relationship between enzyme activity and biochemical changes of *Pinctada martensi* Koji-making, *Mod. Food Sci. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 654-671.
- [180] **AWAD M. A., AL–QURASHI A. D., MOHAMED S. A., 2011**– Biochemical changes in fruit of an early and a late date palm cultivar during development and ripening, *Int. J. Fruit Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 167–183.
- [181] **GASIM A. A. A., 1994**– Changes in Sugar Quality and Mineral Elements During Fruit Development in Five Date Palm Cultivars in Al-Madinah Al-Munawwarah, *JKAU Sci*, vol. 6, pp. 29–36.
- [182] **VEISSI M., AMINI S., BEHBAHANI M. N., LATIFI S. M., 2014**– Comparison of phenolic content and antioxidant activity of the three date palm varieties of Hajmohamadi, Kabkab, and Khasi (Phoenix dactylifera l.) in different ripening stages, *J. Kerman Univ. Med. Sci.*, vol. 21, no. 5, pp. 426–436.
- [183] **ROSLI H. G., CIVELLO P. M., MARTÍNEZ G. a, 2004**– Changes in cell wall composition of three *Fragaria x ananassa* cultivars with different softening rate during ripening., *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 42, no. 10, pp. 823–31.
- [184] **MORTAZAVI S. M. H., ARZANI K., BARZEGAR M., 2010**– Analysis of Sugars and Organic Acids Contents of Date Palm (Phoenix Dactylifera L.)'Barhee'During Fruit Development, *IV Int. Date Palm Conf.* 882, no. February 2014, pp. 793–801.
- [185] **AL-FARSI, M., ALASALVAR, C., MORRIS, A.,BARON, M., SHAHIDI, F. 2005** – Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(19):7586-7591.

- [186] **ERASMUS, D.J., VAN Der MERWE, G.K., VAN VUUREN, H.J.J., 2003** – Genome-wide expression analyses: metabolic adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to high sugar stress. *FEMS Yeast Research*, vol. 3, no. 4, pp. 375-399.
- [187] **DUFRESNE, C., FARNWORTH, E. 2000** – Tea, kombucha, and health. *Food Research International*, vol. 33, no. 6, pp. 409-421.
- [188] **KASSAMBARA A., 2017**–Practical Guide to Principal Component Methods in R, *STHDA*, vol. 1, pp. 1–270.
- [189] **LIN Y., CHEN T., TSENG H., LEE M., CHEN S., 2012**– Phytochemistry Chemical and biological evaluation of nephrocizin in protecting nerve growth factor-differentiated PC12 cells by 6-hydroxydopamine-induced neurotoxicity, *Phytochemistry*, vol. 84, pp. 102–115.
- [190] **JANSSON C., 2015**–Progress in Botany Vol. 76, Springer, vol. 74, no. 10. 434p.
- [191] **DAVIS G. R. F., 1968** – Phagostimulation and consideration of its role in artificial diets. *Bull. ent. Sot. Am.* vol. 14, pp. 27-30.
- [192] **LIPKE H., FRAENKEL G. 1956** – Insect nutrition. *A. Rev. Ent.* vol. 1, pp. 17-44.
- [193] **HOUSE H.L., 1965** – Insect nutrition. In *The physiology of insecta. Eds. M. Rockstein. Academic Press, New York*, Vol II.
- [194] **YAMAMOTO R. T., FRAENKEL G. 1960** – The physiological basis for the selection of plants for egg-laying in the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan.). *11 Int. Congr. Entomol.*, vol. 3, pp. 127-133.
- [195] **ITO T., 1960** – Effect of sugars on feeding of larvae of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.*, vol. 5, pp. 95-107.
- [196] **YAAKOUB A., 2010**– Etude de l'interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyeloisceratoniea* (Lepidoptera: Pyralidae) et certains cultivars de palmier dattier, *Mémoire Mag. Univ. El-Hadj Lakhdar - Batna*. 165p.
- [197] **YAAKOUB A., NADIA L., MALIK L., 2012**– Role of the dates volatiles compounds on the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae ) infestation, in *Fifth International Date Palm Conference*, pp. 295–300.
- [198] **SAUVION N., CALATAYUD P. A., THIÉRY D., MARION-POLL F., 2013**–Interactions Insectes-Plantes. Editions Quae, 2<sup>nd</sup> édition, 782p.
- [199] **GUSTAVO V, BARBOSA CANOVAS A. J. F., 2007**–Water Activity in Food Fundamentals and Applications. *John Wiley & Sons*, First edition, 556p .
- [200] **TABOURET T., 1979**– The influence of water activity on honey crystallization J., *Apidologie*, vol. 10, no. 4, pp.341-358.
- [201] **COCHRAN D. G., 1975**– Insect biochemistry and function, in *New York*, pp. 177–282.
- [202] **HASANAOUIA., ELHOUMAIZI M. A., A. HAKKOU, B. WATHELET, M. SINDIC, 2010** – Physico-chemical Characterization, Classification and

Quality Evaluation of Date Palm Fruits of some Moroccan Cultivars, *J. Sci. Res.*, vol. 3, no. 1,

- [203] **RANJBAR M., SENDI J. J., ZIBAE A., 2011**– Proteolytic activity in the midgut of *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), Pomegranate carob moth Abstract In this study , the proteolytic activity in the midgut of *Ectomyelois ceratoniae* as the major pest of pomegranate was investig, *Invertebr. Surviv. J.*, pp. 132–142.
- [204] **AL-IZZI M. A. J., AL-MALIKY S. K., 1996**– Action of tannic acid on consumption and utilisation of food by *Ectomyelois ceratoniae* zeller (Lepidoptera: Pyralidae), *J. Stored Prod. Res.*, vol. 32, no. 3, pp. 195–199.
- [205] **IDDER M. A., IDDER-IGHILI H., SAGGOU H., PINTUREAU B., 2009**– Infestation rate and morphology of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller), on different varieties of the palm date, *Phoenix dactylifera* (L.), *Cah. Agric.*, vol. 18, no. 1, pp. 63–71.
- [206] **BENSALAH M. K., OUAKID M. L., 2015**– Essai de lutte biologique contre la pyrale des dattes *apomyelois ceratoniae* zeller, 1839 (lepidoptera: pyralidae) par l'utilisation de *phanerotomaflavitestacea* fisher et *bracon hebetor* say (hymenoptera:braconidae ),*Cour.de Sav.* vol. 1839, pp. 186-190.
- [207] **ABDEL RAZAK A., 1998** – Biological efficacy of some commercial and isolated varieties of *Bacillus thuringiensis* on the development of stored crushed corn.*IOBC. Bulletin*, vol 21, no. 3, pp. 67-74.
- [208] **SAADAoui I, ROUIS S, JAOUA S., 2009** –A new Tunisian strain of *Bacillus thuringiensis* *kurstaki* having high insecticidal activity and endotoxin yield. *Arch Microbiol.* 2009;vol. 191, pp. 341348.
- [209] **KARDI K,ROUICI M., 2007**– Contribution à l'étude de l'efficacité de deux souches entomopathogène (*Bacillus thuringiensis* et *Beauveria bassiana*) sur les larves de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratonia* Zeller (Lepidoptera, Pyralidea) aux conditions controlées. Mémoire. Ing. Inst Agro. Biskra, 60p.

# TABLE DES MATIERES

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>I</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>II</b>
ملخص	III
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>IV</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XII</b>
<b>LISTE DES SYMBOLES ET DES ABRÉVIATIONS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
<b>PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE</b> .....	
<b>7</b>	
<b>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE</b> .....	<b>8</b>
1.1 Situation géographique.....	8
1.2 Facteurs écologiques .....	10
1.2.1 Relief .....	10
1.2.2 Données climatiques .....	10
1.2.3 Pluviométrie.....	10
1.2.4 Température.....	11
1.3 Synthèse bioclimatique de la région de Biskra .....	13
1.3.1 Diagramme Ombrothermique.....	13
1.3.2 Climagramme d'Emberger .....	14
1.4 Patrimoine agricole .....	16
<b>CHAPITRE 2 : LE PALMIER DATTIER</b> .....	<b>18</b>
2.1 Taxonomie.....	18
2.2 Origine et aire géographique actuelle du palmier dattier .....	18
2.2.1 L'origine .....	18
2.2.2 Répartition géographique.....	18
2.3 Morphologie.....	19
2.3.1 Le système racinaire .....	19
2.3.2 Le stipe (tronc) .....	20
2.3.3 La couronne ou frondaison .....	20
2.3.4 Les palmes (feuilles) .....	20
2.3.5 Les inflorescences .....	21
2.3.6 Les inflorescences males.....	22
2.3.7 Les inflorescences femelles .....	22
2.3.8 Le fruit (la graine) .....	23
2.4 La composition de la datte.....	26
2.5 Classification des dattes.....	26
2.6 Les variétés du dattier étudiées .....	27
2.7 Exigences écologiques du dattier.....	28
2.7.1 Exigences climatiques.....	28
2.7.2 Température.....	28
2.7.3 Pluviométrie.....	29

2.7.4	L'hygrométrie.....	29
2.7.5	Les vents.....	29
2.7.6	La luminosité.....	30
2.7.7	Exigences édaphiques.....	30
2.7.8	Exigences hydriques.....	30
2.7.9	Exigences en éléments fertilisants.....	30
2.8	Les principaux ravageurs du dattier et la datte.....	31
2.8.1	Boufaroua.....	31
2.8.2	La cochenille blanche du dattier.....	31
2.8.3	L' <i>apate monachus</i> .....	32
2.8.4	La pyrale des dattes.....	33
	<b>CHAPITRE 3: LA PYRALE DES DATTES.....</b>	<b>34</b>
3.1	Systématique.....	34
3.2	Plantes hôtes.....	35
3.3	Morphologie et description.....	35
3.4	Cycle biologique.....	36
3.5	Nombre de générations.....	38
3.6	Dégâts.....	39
3.7	Méthodes de lutttes contre la pyrale des dattes.....	40
3.7.1	La lutte prophylactique.....	40
3.7.2	La lutte chimique.....	41
3.7.3	Lutte biologique.....	42
3.7.4	Parasites Ovo – Larvaires.....	42
3.7.5	Parasite des œufs.....	42
3.7.6	Parasites larvaires ( <i>Bracon hebetor</i> Say).....	43
3.8	La lutte biotechnique.....	43
3.8.1	Lutte par confusion sexuelle.....	43
3.8.2	La lutte autocide.....	44
3.8.3	Les Bio – Pesticides.....	45
3.8.4	Définition.....	45
3.8.5	Historique du biopesticide à base de Bt ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ).....	46
3.8.6	Le <i>Bacillus thuringiensis</i> .....	46
3.8.7	Mode d'action.....	47
3.8.8	Avantages et inconvénients des biopesticides.....	48
	<b>CHAPITRE 4:INTERACTIONPLANTEHÔTE-INSECTEPHYTOPHAGE .....</b>	<b>49</b>
4.1	Introduction.....	49
4.2	Médiateurs chimiques (sémio-chimiques).....	50
4.2.1	Types de médiateurs chimiques.....	51
4.2.2	Substances allélochimiques.....	51
4.2.3	Les Phéromones.....	52
4.3	Implications des médiateurs chimiques dans les systèmes de défense.....	53
4.3.1	Spécificité de la réponse des plantes.....	54
4.3.2	Mécanismes biochimiques des systèmes de défense induite.....	56
4.4	Stratégie de résistance des insectes face aux composés secondaires.....	58
4.5	Structures réceptrices chez les insectes.....	59
	<b>PARTIE II : EXPÉRIMENTATION.....</b>	<b>62</b>
	<b>CHAPITRE 5 : MATÉRIELS ETMÉTHODES.....</b>	<b>63</b>
5.1	Présentation des sites d'études.....	63

5.1.1	Présentation du site d'Ourelal .....	63
5.1.2	Présentation du site de Sidi Okba.....	64
5.2	Étude de la biodynamique de la pyrale des dattes en fonction des paramétrées écologiques.....	65
5.2.1	Suivie de la fluctuation de la dynamique de population par les pièges à phéromones sexuelles.....	65
5.2.2	Suivi de du micro climat dans les palmerais .....	68
5.3	Echantillonnage .....	70
5.4	Calculs des taux d'infestation.....	73
5.5	Analyses biochimiques.....	74
5.5.1	Détermination de la teneur en eau.....	74
5.5.2	Détermination du pH .....	75
5.5.3	Détermination des teneurs en sucres et acides organiques.....	76
5.5.4	Préparation d'eau.....	76
5.5.5	Préparation des extraits .....	76
5.5.6	Analyses Chromatographiques.....	76
5.6	Indice de qualité « r » .....	77
5.7	Approche au monitoring de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller par le recours aux moyens biologiques.....	77
5.7.1	Présentation des sites d'étude et conditions expérimentales .....	78
5.7.2	Matériel utilisé .....	78
5.7.3	Pièges AA TRAP EC (Déjà décrits en dessus.).....	78
5.7.4	Le matériel du traitement .....	78
5.7.5	Produits de traitement et dose appliquée .....	79
5.7.6	Méthode d'étude .....	79
5.8	Dispositif expérimental et analyse statistique.....	80
	<b>CHAPITRE 6 : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>82</b>
6.1	Étude de la bio écologie de la pyrale des dattes.....	82
6.1.1	Dynamique des populations en fonction des paramètres écologiques .....	82
6.2	Analyse des taux d'infestation.....	87
6.2.1	Etude de taux de ponte sur Deglet Nour, Ghars et Mech Degla par rapport aux stades phénologiques .....	87
6.2.2	Etude de taux d'infestation (larves) sur Deglet Nour, Ghars et Mech Degla par rapport aux stades phénologiques.....	90
6.3	Analyse des résultats du pH et de l'humidité .....	93
6.3.1	Etude de l'évolution de l'Humidité.....	93
6.3.2	Etude de l'évolution du pH .....	95
6.4	Détermination des teneurs en sucres.....	96
6.4.1	Analyse qualitative des chromatogrammes .....	96
6.4.2	Analyse quantitative .....	98
6.4.3	Courbe de calibration des sucres .....	99
6.4.4	Composition en fructose .....	100
6.4.5	Composition en glucose.....	101
6.4.6	Composition en saccharose.....	102
6.4.7	Composition en sucres totaux.....	104
6.4.8	Composition en sucres réducteurs.....	105
6.4.9	Evolution de l'indice de qualité « r » .....	106
6.4.10	Evolution des valeurs du rapport G/F .....	107
6.4.11	Discussion.....	108
6.5	Détermination des teneurs en acides organiques.....	110
6.5.1	Analyse qualitative .....	111
6.5.2	Analyse quantitative .....	113
6.5.3	Courbes de calibration des acides organique.....	113

6.5.4	Evolution de la composition en acides Citrique .....	115
6.5.5	Evolution de la composition en acides fumarique.....	116
6.5.6	Evolution de la composition en acides Malique .....	117
6.5.7	Evolution de la composition en acides oxalique .....	118
6.5.8	Evolution de la composition en acides tartrique.....	119
6.5.9	Discussion.....	121
6.6	Interaction entre l'infestation de l' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> et les caractéristiques biochimiques des dattes.....	123
6.6.1	Interactions <i>Ectomyelois</i> / composition biochimique des dattes.....	123
6.6.2	Projection des variables et des individus .....	123
6.6.3	Analyse de la corrélation .....	128
6.6.1	Discussion.....	129
6.7	Approche au monitoring de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller par le recours aux moyens biologiques.....	147
6.7.1	Dynamique de population de la pyrale des dattes .....	147
6.7.2	Contrôle des traitements .....	148
6.7.3	Discussion.....	153
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>155</b>
	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>161</b>
	<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>176</b>