



Université Hadj Lakhdar - Batna 1  
Institut des Sciences Vétérinaires et des Sciences Agronomiques  
Département des Sciences Agronomiques

# THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de  
Doctorat en Sciences Agronomiques

## Spécialité

Protection des végétaux

## Option

Entomologie agricole et forestière

---

# Incidence des substances allélochimiques sur le comportement de ponte de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

---

Présentée et soutenue par :

**ARIF Yaakoub**

## Jury :

Mr	BERTELLA Nabil	Professeur	Univ. Batna 1	Président
Mme	LOMBARKIA Nadia	Professeur	Univ. Batna 1	Directrice de thèse
Mr	LAAMARI Malik	Professeur	Univ. Batna 1	Examineur
Mr	BOUNECHADA Mustapha	Professeur	Univ. Ferhat Abbas Setif	Examineur
Mme	RAZI Sabah	Maitre de Conférence A	Univ. Med Khider Biskra	Examinatrice
Mr	MERADSI Fouad	Maitre de Conférence A	Univ. Batna 2	Examineur

Année universitaire : 2020 - 2021

# Dédicaces

---

Louange à Allah tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

A la mémoire de mon très cher père : *Ali – Oabdallah*

Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir ; Je n'ai été vaincu que par ton éloignement ! Je prie Allah le tout puissant de t'accueillir dans son vaste paradis " **آمين** "

A ma très chère mère : *Khmissa*

Autant de phrases aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude, ma reconnaissance, le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi, qu'Allah le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

Je dédie également cet humble travail :

A ma tante *Alfija*, âgée de 87 ans à la quelle je souhaite une longue vie pleine de santé et de bonheur

A la mémoire de mon oncle *Rabeh* qui vient de nous quitter qu'Allah l'accepte en son vaste paradis

A ma chère épouse *SIMOU*;

A mes enfants : *Rodhab, Houdhaifa, Anes et El-Khensa* ;

A mes frères : *Yamine, Abdellah (Chaib) et Salah* ;

A mes sœurs : *Aicha, Yamina (Hakima) Khadija et Fatima* ;

A mes nièces et neveux : *Djada (Tika), Mouad, Kossai, Lina, Maria, Aboubakr, Safia, Selmène, Abd El-ouadoud, Youcef, Nouha et Abd-El-Mounaim.*

A mes cousins : *Ferhat, Hacene, Houria, Ammar et Yacine*

...Et à toute la famille « **آل عَرِيف** »

# Remerciements

---

Je voudrais exprimer toute ma gratitude à ma directrice de thèse, Mme la Professeure **LOMBARKIA Nadia**, à l'université Hadj Lakhdar-Batna 1, de m'avoir fait partager son regard d'expérience sur le sujet de l'écologie chimique, pour sa gentillesse, sa constante douceur, son sens de l'écoute, ses compétences et sa grande pédagogie.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma profonde gratitude à **Mr BERTELLA Nabil**, Professeur à l'université Hadj Lakhdar-Batna 1, d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

J'adresse également mes remerciements les plus vifs, à **Mr LAAMARI Malik** Professeur, à l'université Hadj Lakhdar-Batna 1 pour l'honneur qu'il me fait d'accepter de faire partie de mon jury de cette thèse et de m'avoir fait découvrir le monde prodigieux de la zoologie pendant ma carrière universitaire.

Que Mr le Professeur **BOUNECHADA Mustapha**, de l'université Ferhat Abbas-Setif, soit assuré de ma profonde reconnaissance d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineur.

A **Mme RAZI Sabah**, Maitre de Conférence A, de l'université Mohamed kHider-Biskra, Je tiens à la remercier très sincèrement pour avoir bien voulu nous honorer de sa présence dans le jury

Je voudrais également exprimer ma gratitude à **Mr MERADSI Fouad**, Maitre de Conférence A, de l'université Hadj Lakhdar-Batna 2, pour avoir bien voulu nous honorer de faire partie du jury de cette thèse.

Je tiens à remercier aussi l'ensemble du personnel de la Station expérimentale de l'INRAA Sidi-Mehdi (Touggourt).

Que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail puissent trouver ici mes vifs remerciements.

## Résumé

L'étude portée sur l'incidence des substances allélochimiques sur le comportement de ponte de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) sur trois cultivars de datte (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar) a permis d'obtenir les résultats suivants :

Au champ, les taux d'infestation d'*Ectomyelois ceratoniae* durant les campagnes allant du 2011/2012 jusqu'au 2014/2015 à la station INRAA Sidi Mahdi-Touggourt, ont révélé que le cultivar D. Nour est le plus touché avec un taux de 18.84% suivi par Ghars avec 10.28% puis D. Beidha avec 6,66%.

Au laboratoire, l'examen des réponses comportementales des femelles d'*E. ceratoniae* a permis de remarquer que D. Nour a reçu 53.08 % des œufs pondus, suivi par le cultivar Ghars avec 28.39 % et enfin, D. Beidha avec 18.51 %. Il a été remarqué également que le stade phénologique T'mar a été le plus attractif avec une variation des niveaux de ponte en fonction des cultivars.

L'observation en Microscopie Electronique à Balayage (MEB) de l'ovipositeur, des tarsi et des antennes de la femelle d'*E. ceratoniae* a distingué plusieurs types de sensilles à savoir : Sensilles trichoides type I, II, III et sensilles basiconiques.

Les composés volatils de trois cultivars de datte en deux stades phénologiques ont été identifiés par les méthodes Extraction par Solvant (ES) et la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) suivi par analyse par GC-MS. 110 composés ont été identifiés par l'ES, répartis en 72 composés pour la D. Nour, 38 composés pour le cultivar Ghars et 29 composés pour la D. Beidha. Quant à la SPME, 24 composés ont été identifiés; ils sont répartis en 21 composés dans D. Beidha T'mar (DB (t)), 3 composés pour le même cultivar en stade Bser (DB (b)) et 3 composés dans D. NourBser (DN (b)); en stade T'mar, 2 composés ont été identifiés dans (DN (t)), 2 composés dans Ghars Bser (G (b)); et 3 composés dans (G (t)). Le dosage spectrophotométrique de composés phénoliques totaux (polyphénols) des cultivars étudiés a permis d'obtenir des résultats fluctuants en fonction des cultivars et stades phénologiques.

Les tests comportementaux effectués par le biais d'un tunnel de vol ont permis d'étudier la réponse des femelles d'*E. ceratoniae*, vis-à-vis des différentes sources d'odeur provenant de différentes combinaisons de substances de synthèses identifiées chez les trois cultivars de dattes, ont permis de noter que, les substances pures (individuelles) ont enregistré les taux d'œufs pondus les plus élevés en comparaison à celles qui sont en mélange.

**Mots-clés :** *Ectomyelois ceratoniae*, infestation, palmier dattier, Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beidha, composés allélochimiques, oviposition, tunnel de vol, SPME-GCMS.

## Summary

The incidence of allelochemical substances on the oviposition behavior of the dates moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) on three date cultivars (Deglet-Nour, Ghars and Degla-Beidha) in two phenological stages (Bser and T'mar) study reached the following results:

In the field, the infestation rates of *E. ceratoniae* during 2011/2012 to 2014/2015 campaigns, at the INRAA Sidi Mahdi-Touggourt station, revealed that the cultivar D. Nour is the most affected with a rate of 18.84% followed by Ghars with 10.28% and then D. Beidha with 6.66%.

In the laboratory, the examination of the behavioral responses of females of *E. ceratoniae* noted that D. Nour received 53.08% of eggs laid in all cultivars, followed by Ghars with 28.39% and D. Beidha with 18.51%. It was also noted that the T'mar phenological stage was the most attractive with variation in egg-laying levels as a function of cultivars.

Scanning Electron Microscopy (SEM) observation of the ovipositor, tarsi and antennae of *E. ceratoniae* female has distinguished several types of sensilla on namely: Trichoid type I, II, III and basiconic sensilla.

Volatile compounds from three date cultivars in two phenological stages were identified by the Solvent Extraction (SE) and Solid Phase Micro-Extraction (SPME) methods followed by GC-MS analysis. 110 compounds were identified by the SE, including 72 compounds for D. Nour, 38 compounds for Ghars cultivar and 29 compounds for D. Beidha. As for SPME; 24 compounds were identified including 21 compounds in D. Beidha T'mar (DB (t)), 3 compounds for the same Bser stage cultivar (DB (b)) and 3 compounds in D. Nour Bser (DN (b)); in the T'mar stage, 2 compounds were identified in (DN (t)), 2 compounds in Ghars Bser (G (b)); and 3 compounds in (G (t)).

The spectrophotometric dosage of total phenol compounds (polyphenols) of the cultivars studied yielded fluctuating results depending on the cultivar and phenological stage.

The Behavioral testing through a flight tunnel investigated the response of *E. ceratoniae* females for the various sources of odors, coming from different combinations of synthetic substances identified in the three date cultivars; it was noted that the pure substances (individual) recorded the highest rates of laid eggs compared to those in the mixture.

**Keywords:** *Ectomyelois ceratoniae*, infestation, date palm, Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beidha, allelochemicals compounds, oviposition, flight tunnel, SPME-GCMS.

## ملخص

لقد أفضت دراسة تأثير كيميائيات الإشارة على سلوك الاباضة لدى عثة التمر *Ectomyelois ceratoniae* (حشرقيات الأجنحة : الفراشات النارية) على ثلاثة أصناف من التمر (دقلة نور و غرس ودقلة بيضاء) خلال طورين من النمو (بسر و تمر) إلى النتائج التالية:

نسبة الإصابة بهذه الآفة خلال المواسم الممتدة من 2011/2012 إلى غاية 2014/2015 بمستثمرة محطة التجارب التابعة للمعهد الوطني للبحث الزراعي-INRAA- سيدي مهدي-تقرت، كشفت أن الصنف دقلة نور هو الأكثر تضررا (18.84%) يليه صنف غرس (10.28%) ثم دقلة بيضاء (6.66%).

لقد مكن فحص الاستجابات السلوكية لإناث عثة التمر مختبريا من ملاحظة أن 53.08% من البيض الموضوع على الأصناف الثلاثة كان على صنف دقلة نور، يليها غرس بنسبة 28.39% ودقلة بيضاء بنسبة 18.51%. كما لوحظ أيضا أن مرحلة النمو الأكثر جاذبية للإباضة هي مرحلة "التمر" مع تباين في مستويات وضع البيض حسب الصنف.

المعانة المجهرية لقرون الاستشعار و حوامل البيض و لرسغ اناث عثة التمر باستعمال المجهر ذو المساح الإلكتروني سمحت بملاحظة العديد من أنواع الشعيرات منها: الشعر الشمي الخيطي (Sensilles trichoides) بأنواعه I و II و III و الشعر مخروطي القاعدة (Sensilles basiconiques).

كما أسفر تحليل المواد الطيارة لثلاثة أصناف من التمر في مرحلتي نمو بإتباع طريقة الاستخلاص بالمذيبات (ES) و طريقة الاستخلاص الدقيق خلال المرحلة الصلبة (SPME) يليها تحليل بجهاز GC-MS. لقد تم تحديد 110 مركبا عن طريق ES، موزعة إلى 72 مركبا في د. نور و 38 في الصنف غرس و 29 في د. بيضاء. أما بالنسبة ل SPME، فقد تم تحديد 24 مركبا، منقسمة إلى 21 مادة في د. بيضاء بمرحلة "تمر" (D.B (t))، و 3 مركبات لذات الصنف بمرحلة "بسر" (D.B (b)) و 3 مركبات في د. نور بطور "بسر" (DN (b)) و مركبي اثنين لنفس الصنف في طور "تمر" (D.N (t)). أما في الصنف غرس فقد تم تحديد مركبين في طور "بسر" (G (b)) و 3 مركبات في مرحلة "تمر" (G (t)). كما أظهر الفحص الطيفي للمركبات الفينولية الكلية (متعدد الفينول) للأصناف المدروسة نتائج متباينة حسب الصنف و طور النمو.

إن التجارب السلوكية لحشرة دودة التمر *E. ceratoniae* باستعمال نفق الطيران، سمحت لنا بدراسة مدى استجابة إناث هذه الحشرة لروائح بعض المواد الصناعية و التي تم التعرف عليها مسبقا في أصناف التمر الثلاثة المدروسة. إذ وجد أن المواد الفردية قد سجلت نسب إباضة عالية مقارنة بتلك الموجودة ضمن خليط من المواد

**الكلمات الدلالية:** *Ectomyelois ceratoniae*، الإصابة، النخيل، دقلة نور، غرس، دقلة-البيضاء، كيميائيات الإشارة، الإباضة، نفق الطيران، SPME-GC-MS.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Quelques plantes hôtes d' <i>E. ceratoniae</i> Zell. dans l'Algérie et dans le monde .....	8
<b>Tableau 2 :</b> Stades phénologiques de la datte et leurs appellations. ....	25
<b>Tableau 3:</b> Données climatiques de la région de Touggourt durant la période d'étude allant de 2011 jusqu'à 2016. ....	46
<b>Tableau 4:</b> Caractéristiques agronomiques des cultivars choisis. ....	49
<b>Tableau 5:</b> Caractéristiques descriptives des cultivars choisis. ....	50
<b>Tableau 6:</b> Fluctuation du taux d'infestation annuel des dattes par <i>E. ceratoniae</i> sans tenir compte du cultivar durant les campagnes allant de 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt. ....	701
<b>Tableau 7:</b> Comportement de ponte des Femelles d' <i>E. ceratoniae</i> vis-à-vis des trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques. ....	76
<b>Tableau 8:</b> Nombre de composés volatils dans chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar de datte. ....	83
<b>Tableau 9:</b> Valeurs propres et pourcentages de variabilité expliquée par les axes dans une Analyse des Correspondances Principales (ACP). ....	85
<b>Tableau 10:</b> Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre le taux d'infestation et nombre de composés volatils par famille chimique. ....	86
<b>Tableau 11:</b> Nombre de composés volatils dans chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar de datte (deux stades phénologiques) par le biais de la technique SPME GC-MS.. ....	89
<b>Tableau 12:</b> : Comportement d'oviposition d' <i>E. ceratoniae</i> à l'égard des substances chimiques de synthèses identifiées chez les trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha).. ....	101

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Plaque prothoracique d' <i>E. ceratoniae</i> (Zeller). .....	11
<b>Figure 2</b> : Tête d'une larve d' <i>E. ceratoniae</i> (Zeller), représente l'absence de la suture coronale .....	11
<b>Figure 3</b> : Chétotaxie du dernier stade larvaire d' <i>E. ceratoniae</i> (Zeller) .....	12
<b>Figure 4</b> : Chrysalides d' <i>E. ceratoniae</i> . .....	13
<b>Figure 5</b> : Nervation alaire d' <i>E. ceratoniae</i> (A. aile antérieure ; B. aile postérieure) .....	14
<b>Figure 6</b> : Répartition géographique de la phoeniciculture à travers le monde .....	17
<b>Figure 7</b> : Figuration schématique du palmier dattier. ....	21
<b>Figure 8</b> : Fruit et graine du palmier dattier. ....	23
<b>Figure 9</b> : Schéma illustrant l'influence de différents milieux sur la recherche de la plante-hôte par la mouche du chou ( <i>Delia radicum</i> ). .....	30
<b>Figure 10</b> : Structure de la sensille gustative. ....	32
<b>Figure 11</b> : Les différentes structures de sensilles gustatives. ....	33
<b>Figure 12</b> : Structure de la sensille olfactive. ....	34
<b>Figure 13</b> : Structure de la sensille basiconique. ....	35
<b>Figure 14</b> : Structure de la sensille Trichoïdes . ....	35
<b>Figure 15</b> : Structure de la sensille Coeloconiques .....	36
<b>Figure 16</b> : Comparaison squelettique des composants majeurs, mineurs et analogue de la phéromone sexuelle d' <i>E. ceratoniae</i> . ....	41
<b>Figure 17</b> : Présentation géographique et satellitaire de la région de Touggourt .....	44
<b>Figure 18</b> : Cartes de la station d'étude. ....	48
<b>Figure 19</b> : Stades de développement d' <i>E. ceratoniae</i> . ....	52
<b>Figure 20</b> : Différentes étapes de préparation des échantillons pour les visualiser par le biais d'un Microscope Électronique à Balyage (MEB) type JEOL. JSM-6360.. ....	55
<b>Figure 21</b> : Dispositif de suivi de comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> vis-à-vis des trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar). ....	57
<b>Figure 22</b> : Principe de la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) .....	62

<b>Figure 23:</b> Incubateur d'élevage de l' <i>E. ceratoniae</i> .....	65
<b>Figure 24:</b> Parties constituantes d'un tunnel de vol .....	66
<b>Figure 25:</b> Composés chimiques de synthèse utilisés durant l'étude (PROCHIMA-SIGMA Tlemcen ; Algérie).....	67
<b>Figure 26:</b> Fluctuation du taux annuel d'infestation par <i>E. ceratoniae</i> de trois cultivars de dattes confondus durant les campagnes 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.....	712
<b>Figure 27:</b> Taux d'infestation global de trois cultivars de datte par <i>E. ceratoniae</i> durant les campagnes allant du 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.....	72
<b>Figure 28:</b> Évolution du taux d'infestation de trois cultivars de dattes par <i>E. ceratoniae</i> durant les campagnes allant de 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt. ....	723
<b>Figure 29:</b> Taux global d'œufs pondus par les femelles d' <i>E. ceratoniae</i> en fonction de trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha) .....	734
<b>Figure 30:</b> Variation du taux global d'œufs pondus par les femelles d' <i>E. ceratoniae</i> en fonction des stades phénologiques des trois cultivars confondus (D. Nour, Ghars et D. Beidha).....	75
<b>Figure 31:</b> Fluctuation des taux d'œufs pondus par <i>E. ceratoniae</i> en fonction de trois cultivars de datte (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) en deux stades phénologiques.....	77
<b>Figure 32:</b> Micrographes montrant des sensilles Trichoïdes type I de la femelle d' <i>E. ceratoniae</i> .....	78
<b>Figure 33:</b> Micrographes montrant des sensilles Trichoïdes type II (B) et type III (A) sur l'ovipositeur de la femelle d' <i>E. ceratoniae</i> .....	79
<b>Figure 34:</b> Micrographes montrant des sensilles Basiconiques .....	80
<b>Figure 35:</b> Représentation schématique des principales classes chimiques identifiées dans les trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-beidha) par la GC-MS en utilisant la méthode d'Extraction par Solvant (ES).....	801
<b>Figure 36:</b> Dendrogramme de classement de trois cultivars de datte, obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur le nombre de composés volatils de chaque classe	

chimique identifiés dans chaque cultivar .....	834
<b>Figure 37:</b> Représentation graphique du nombre de composés volatils de trois cultivars de datte (D.Nour, Ghars et D.Beidha) en fonction de leurs classes chimiques. ....	834
<b>Figure 38:</b> Cercle des corrélations des variables. ....	86
<b>Figure 39:</b> Représentation simultanée des cultivars (observations) et variables. ....	88
<b>Figure 40:</b> Représentation schématique des principales classes chimiques identifiées dans trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-beidha) en deux stades phénologiques par la GC-MS en utilisant le Headspace Solid Phase Micro Extraction (HS-SPME) .....	90
<b>Figure 41:</b> Dendrogramme de classement de trois cultivars de datte en deux stades phénologiques, obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur le nombre de composés volatils de chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar. ....	92
<b>Figure 42:</b> Représentation graphique du nombre de composés volatils de trois cultivars de datte (D.Nour, Ghars et D.Beidha) en deux stades phénologiques en fonction de leurs classes chimiques identifiées par la technique SPME GC-MS. ....	92
<b>Figure 43:</b> Dosage spectrophotométrique de composés phénoliques totaux (polyphénols) à 750 nm; calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. ....	92
<b>Figure 44:</b> Teneurs en polyphénols totaux dans les extraits de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques exprimées en (mg d'Équivalent d'Acide Gallique/100g de Matière Fraiche). ....	94
<b>Figure 45:</b> Taux de diminution de la teneur en composés phénoliques solubles totaux du stade Bser au stade T <sup>mar</sup> de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques. ....	95
<b>Figure 46:</b> Représentations graphiques simultanée des observations (cultivars) et des variables (composés) ; (Forme condensée et éclatée). ....	98
<b>Figure 47:</b> Dendrogramme de distinction de nombre de profils-types (groupes), obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée sur les variables. ....	99
<b>Figure 48:</b> Répartition des taux d'œufs pondus par les femelles d' <i>E. ceratoniae</i> en fonction de groupes des stimuli (substances chimiques de synthèse).....	102
<b>Figure 49:</b> Variation des taux d'œufs pondus par <i>E. ceratoniae</i> en intra et inter groupes de stimuli.....	103

<b>Figure 50:</b> Variation des taux d'œufs pondus par les femelles d ' <i>E. ceratoniae</i> en réponse des substances chimiques de synthèses .....	104
<b>Figure 51:</b> Comportement de ponte des femelles d ' <i>E. ceratoniae</i> en fonction des substances chimiques .....	105
<b>Figure 52:</b> Fluctuation des taux d'œufs pondus par les femelles d ' <i>E. ceratoniae</i> en fonction des substances que contienne chaque groupe de stimuli.....	107
<b>Figure 53:</b> Fluctuation des taux d'œufs pondus par les femelles d ' <i>E. ceratoniae</i> en fonction de la famille chimique des substances (isolées) que contient le groupe de stimuli.....	108

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
Chapitre I- Considération générale sur la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller .....	6
I.1- Repères historiques.....	6
I.2- Répartition géographique .....	6
I.3- Position trophique .....	7
I.4- Position systématique et synonymique .....	10
I.5- Caractères morphométriques d <i>Ectomyelois ceratoniae</i> zell.....	11
I.5.1- Larve.....	11
I.5.2- Nymphe .....	12
I.5.3- Adulte .....	13
I.6- Cycle de développement.....	14
Chapitre II- Considération générale sur le palmier dattier ( <i>Phoenix dactylifera</i> L.) .....	17
II.1- Répartition géographique et importance économique dans le monde.....	17
II.2- Importance de la phoeniciculture en Algérie .....	18
II.3- Systématique et description botanique de la plante-hôte .....	18
II.3.1- Systématique .....	18
II.3.2- Description botanique.....	19
II.3.2.1 - Le fruit.....	22
II.3.2.2- Stades de développement de la datte .....	23
Chapitre III- Considération générale sur l'interaction « plante-hôte- insecte phytophage».....	26
III.1- Médiateurs chimiques et communication chez les insectes.....	27
III.1.1- Hormones .....	27
III.1.2- Sémiochimique intra-spécifique (Pheromones).....	27
III.1.3- Sémiochimique inter-spécifique (Allélochimiques) .....	27
III.1.3.1-Types de substances allélochimiques.....	27
III.1.3.1.1- Allomones.....	27
III.1.3.1.2- Kairomone.....	28
III.1.3.1.3- Synomones.....	28
III.2- Rôle des substances allélochimiques.....	28
III.3- Structures réceptrices chez les insectes .....	31
III.3.1- Sensilles gustatives.....	32
III.3.1.1- Les sensilles du goût type trichodea (taste bristles) .....	32
III.3.1.2- Les sensilles du goût type « taste pegs » .....	33
III.3.1.3- Sensille sans poil (Hairless sensillum) .....	33

III.3.2- Sensilles Olfactives .....	33
III.3.2.1- Sensilles Basiconiques (BS).....	35
III.3.2.2- Sensilles Trichoïdes .....	35
III.3.2.3- Sensilles Coeloconiques .....	35
<b>Chapitre IV- Interaction « palmier dattier-<i>Ectomyelois ceratoniae</i> » .....</b>	<b>37</b>
IV.1- Introduction.....	37
IV.2- Activité saisonnière d ' <i>E. ceratoniae</i> dans la palmeraie .....	37
IV.2.1- Comportement de ponte d ' <i>E. ceratoniae</i> sur le palmier dattier .....	37
IV.2.2-Effet des stades phénologiques de la datte sur l'infestation d ' <i>E. ceratoniae</i> .....	39
IV.3- Ecologie chimique d ' <i>E. ceratoniae</i> .....	39
IV.3.1- Phéromones .....	39
IV.3.2- Kairomones .....	41
IV.3.3- Impact des variations géographiques sur les préférences alimentaires d ' <i>E. ceratoniae</i> .....	43
<b>PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE.....</b>	<b>44</b>
<b>Chapitre I- Présentation de la région d'étude .....</b>	<b>44</b>
I.1- Situation géographique .....	44
I.2- Milieu physique .....	45
I.2.1- Ressources édaphiques.....	45
I.2.2- Ressources hydriques .....	45
I.2.3- Caractéristiques climatiques.....	45
I.3- présentation de la station d'étude .....	45
<b>Chapitre II- Matériels et méthodes .....</b>	<b>49</b>
II.1- Matériel.....	49
II.1.1- Matériel végétal .....	49
II.1.2- Matériel animal .....	50
II.2- Méthodes .....	53
II.2.1- Etude en plein champ .....	53
II.2.1.1- Calcul du taux d'infestation .....	53
II.2.2- Etude au laboratoire .....	53
II.2.2.1- Etude ultrastructurale des sensilles d ' <i>E. ceratoniae</i> par le biais d'un Microscope Électronique à Balyage (MEB) .....	53
II.2.2.1.1- Insectes.....	53
II.2.2.1.2- Traitement des organes (Microscope électronique à balayage (MEB)).....	54
II.2.2.2- Etude de l'effet variétal et stades phénologiques sur le comportement de ponte d ' <i>E. ceratoniae</i> .....	55

II.2.2.3- Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte.....	57
II.2.2.3.1-Extraction par Solvant (ES).....	58
II.2.2.3.2- Analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide(SPME).....	58
II.2.2.3.2. 1- Description de la technique SPME .....	59
II.2.2.4- Les composés phénoliques.....	63
II.2.2.4.1-Dosage des polyphénols soluble totaux .....	63
II.2.2.5- Etude de l'effet des composés volatils identifiés dans les trois cultivars de dattes sur le comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> .....	64
II.2.2.6. Analyses statistiques.....	70
<b>Chapitre III- Résultats et discussion .....</b>	<b>70</b>
III.1- Résultats .....	70
III .1.1- Evaluation du taux d'infestation en plein champ.....	701
III.1.1.1- Taux d'infestation global .....	70
III.1.1.2- Taux d'infestation en fonction des cultivars .....	72
III.1.2- Comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> en conditions contrôlées .....	73
III.1.2.1- Impact de l'effet variétal et stade phénologique sur le comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> .....	73
III.1.3- Ultrastructure externe des sensilles d' <i>E. ceratoniae</i> par le biais d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB) .....	78
III.1.3.1- Sensilles trichoïdes.....	78
III.1.3.2- Sensilles trichoïdes type I .....	78
III.1.3.3- Sensilles trichoïdes type II et III (ST II et STIII) .....	79
III.1.3.4- Sensilles basiconiques.....	79
III.1.4- Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte.....	80
III.1.4.1- Extraction par Solvant (ES) .....	80
III.1.4.2- Analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME/GC-MS).....	88
III.1.5- Teneur en composés phénoliques solubles totaux.....	92
III.1.6- Effets des composés volatils identifiés dans les trois cultivars de dattes sur le comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> .....	100
III.1.6.1- Impact du nombre des substances chimiques dans chaque groupe de stimuli sur la réponse d'oviposition de l' <i>E. ceratoniae</i> .....	100
III.1.6.2- Impact du type de la substance volatile sur le comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> .....	103
III.1.6.3- Impact de la nature chimique de la substance volatiles (individuelles) sur le comportement de ponte d' <i>E. ceratoniae</i> .....	106
III.2- Discussion .....	108
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>122</b>

**REFER ENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....126**

**ANNEXES..... 147**

## INTRODUCTION GENERALE

Dans les écosystèmes naturels, une interaction permanente s'est établie entre les organismes vivants d'une manière complexe. Les plantes et les insectes sont deux groupes qui interagissent, et étroitement associés à travers plusieurs relations. Ainsi, les plantes représentent des sources de survie aux insectes, en leur fournissant de la nourriture, des gîtes et des sites de développement et de reproduction. A leur tour, les insectes assurent la défense, et/ou contribuent à la pollinisation de plantes. Dans un biotope donné l'importance de la population d'une espèce 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 (STREBLER, 1989). L'organisme vivant doit recevoir au moment approprié et avec le plus de précision possible des informations sur le monde qui l'entoure (STREBLER, 1989).

En effet, tous les êtres vivants possèdent des facultés sensorielles qui leurs permettent de communiquer avec le milieu environnement, afin d'y évoluer. La recherche de la plante-hôte par les insectes est un comportement largement guidé par des phyto-chimiques volatiles (VISSER, 1986 ; BERNAYS et CHAPMAN, 1994). Selon SCHOONHOVEN *et al* (1998), 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. 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 (STREBLER, 1989).

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 le même milieu, tant au niveau interspécifique qu'intra-spécifique. D'après BERNAYS et CHAPMAN (1994), la chimie des plantes joue un rôle majeur dans la reconnaissance des plantes *via* la détection de substances chimiques volatiles, les allélochimiques émises par les plantes.

Par ailleurs, afin d'établir des relations interindividuelles, sociales, sexuelles, et d'appréhender du danger ; les insectes ont recouru à des signaux chimiques. Les sens chimiques qui sont l'odorat et le goût permettent aux êtres vivants d'identifier et de réagir aux substances présentes dans leur environnement (HOLLEY, 1999).

Le comportement de l'orientation des femelles des insectes à l'hôte et leurs réponses de ponte consiste en une succession de phases avant qu'elles arrivent à l'hôte (GOTHILF *et al*; 1975). Ce comportement est déclenché par des stimuli perçus à courte distance ou au contact direct. On peut percevoir les stimuli physiques (vibratoires, visuels, tactiles et auditifs) et les stimuli chimiques (olfactifs et gustatifs), sous forme de signaux, présentant une grande diversité dans leur ensemble et agissent le plus souvent en synergie sur les insectes (VINSON, 1985). De ce fait, RAMASWAMY (1988), BERNAYS et CHAPMAN (1994) ont rapporté que la discrimination d'un site de ponte est le résultat conjugué de l'olfaction, la gustation, la mécanoréception et la vision.

Par conséquent, il s'avère très difficile d'aborder les mécanismes biologiques de perception des signaux chimiques (info-chimiques) et de les associer à un comportement quelconque et en particulier le comportement de ponte.

En effet, les écosystèmes oasiens, havres de vie au milieu du Sahara, sont particulièrement sensibles car isolés biologiquement. S'ils sont séculaires, de nouvelles menaces apparaissent aujourd'hui. L'économie oasienne, s'articule autour de la phoeniciculture, en association avec d'autres spéculations agricoles : maraichères, arboricoles ou fourragères pour former ce qu'on appelle l'écosystème oasien (MATE-PNUD, 2014).

La phoeniciculture revêt un caractère spécifique de par sa place dans l'agriculture saharienne, des surfaces qui lui sont consacrées, l'emploi qu'elle procure et le volume de production qu'elle assure. Elle est importante par le produit financier qu'elle engendre notamment en tant que produit agricole phare à l'exportation véhiculant ainsi une image identitaire de l'Algérie (ONFAA, 2017).

Malgré des potentialités qu'elle recèle, la palmeraie est confrontée à plusieurs contraintes, à savoir : la rareté de l'eau, le rabattement de la nappe phréatique, la salinisation des sols, l'ensablement, la remontée des eaux (dans quelques régions) et les problèmes phytosanitaires, causés par plusieurs maladies (Bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*), *Blaa* (*Phytophthora* sp.), Khamedj (*Mauginiella scaettae* Cavl.) ...) et ravageurs (Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus* Mc Gregor), Cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ.), Bostryche (*Apate monachus* Fab.) ...).

La pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae) est un ravageur qui peut causer des dégâts considérables allant jusqu'à l'anéantissement total de la récolte en cas de non intervention. Elle est considérée comme le déprédateur le plus redoutable des dattes et comme la principale contrainte à l'exportation (DOUMANDJI, 1981). Sachant que l'Algérie est le 8<sup>ème</sup> pays exportateur de dattes en quantité avec une production de

934 377 tonnes en 2014, l'Algérie a exporté environ 3% seulement de sa production totale de dattes (ONFAA, 2017).

L'*E. ceratoniae* est un ravageur extrêmement polyphage. Elle s'attaque à une multitude de cultures et à des plantes spontanées dans des étages bioclimatiques très différents. Le nombre de plantes hôtes reconnues à travers le monde est de 49 espèces, dont 32 espèces existent en Algérie. Sa chenille qui vit aux dépens de plusieurs fruits, cause d'énormes dégâts. Cependant, les dégâts les plus importants s'observent sur le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), l'oranger (*Citrus sinensis*), l'amandier (*Prunus amygdalus*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*), le caroubier (*Ceratoniae siliqua*), le néflier du japon (*Eriobotrya japonica*) et le tamarinier (*Tamarindus indica*) (DOUMANDJI, 1981).

La production dattière est soumise en permanence à des attaques d'*E. ceratoniae*, ce qui nécessite la lutte contre ce ravageur. Plusieurs méthodes de lutte ont été suivies afin de maîtriser la population de cette pyrale, mais la lutte chimique continue à être le moyen majeur de protection ; malgré ses retombées négatives pour l'état sanitaire des phoeniculteurs et pour l'environnement, en perturbant l'équilibre naturel de l'écosystème oasien fragile *a priori*.

En effet, divers produits ont été appliqués dans les oasis algériens depuis les années cinquantes par l'usage du DDT (WERTHEIMER, 1958 cité par WARNER, 1988) ; que ce soit en plein champ notamment, le Malathion 2%, le Parathion 1,25%, le Phosalone 4%, ou dans les lieux d'entreposage, par l'usage des fumigants comme le Bromure de Methyl et l'hydrure de phosphore (phosphine).

L'utilisation excessive et inappropriée de pesticides contre les bioagresseurs des cultures d'une manière générale et en particulier le palmier dattier, a exercé une pression sur l'écosystème oasien et présente ses limites d'applications avec l'apparition de résistance des bioagresseurs, de la pollution et de la rémanence prolongée de certaines matières actives.

Mondialement, une évolution des méthodes de protection des cultures s'est produite en répondant aux enjeux sociaux et environnementaux ; ceci a conduit à limiter le recours aux molécules chimiques en adoptant des méthodes de lutte alternatives. En Algérie, des tentatives de lutte alternatives aux produits phytosanitaires ont été enregistrées contre cette pyrale à l'instar de la lutte biologique par des parasitoïdes hyménoptères notamment, *Trichogramma embryophagum* (Hartigest) (ooparasitoïde), (*Phanerotoma flavitestacea* (Fischer), *Phanerotoma ocuralis* (Khl) (parasitoïdes ovo-larvaires)) et *Bracon hebetor* (Say) (larvo-parasitoïde) (DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI, 1982 et DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI, 1993).

Par ailleurs, des campagnes de lutte contre la pyrale des dattes ont été réalisées par les services de protection des végétaux dans certaines régions phoenicicole, par l'application de certains microorganismes phytopathogènes pour ce déprédateur. Par exemple, durant la campagne 2009/2010, l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) station de Biskra a appliqué le produit nommé DiPel 8L au volume de bouillie de 3 litres/200 litre ; qui est un insecticide biologique présentant une activité biologique contre les larves des Lépidoptères. Le produit est une suspension concentrée dont le principe actif est à base de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Var. Kurstaki (Btk), agissant par ingestion (BENSALAH, 2016).

En outre, les résultats non satisfaisants des méthodes classiques de lutte a suscité les chercheurs d'explorer d'autres pistes. Ainsi, en 1999, l'INPV a mis en œuvre une méthode de lutte dite génétique ou autocide basée sur la technique des insectes stérile (TIS). Cette méthode consiste à l'irradiation des mâles de la pyrale des dattes par les rayons gamma au niveau du centre de recherche nucléaire d'Alger. Ces individus irradiés ont été ensuite lâchés dans les zones phoenicicoles (Biskra, El-Oued et Ouargla) (DRIDI *et al.*; 2001).

Par ailleurs, la maîtrise de la protection phytosanitaire est une nécessité pour assurer de bonne production dattière en qualité et en quantité. Ceci, n'est possible que par la mise en œuvre de nouvelles techniques agricoles impliquant une rationalisation de gestion des déprédateurs, en particulier la pyrale des dattes. Les relations plante-insecte peuvent donc permettre de mieux comprendre les potentialités d'infestation de cette pyrale, *via* l'étude de l'influence des substances allélochimiques sur son comportement de ponte. De nombreuses études ont abordé la perception de substances volatiles et leur identification chez les insectes, notamment les composés chimiques volatils issus des insectes eux-mêmes, en particulier, les phéromones ; mais peu de travaux sont connues sur les facteurs et les mécanismes comportementaux, physiologiques et/ou chimiques qui sont à l'origine de cette interaction. Ces aspects ont reçu moins d'attention. Par conséquent, seulement dans quelques cas, des stimuli d'oviposition qui tire leurs origines de la plante l'hôte ont été identifiés. Dans ce contexte, Il est donc très intéressant d'étudier les traits comportementaux d'*E. ceratoniae*, en particulier, le comportement de ponte qui peut contribuer à maîtriser ce ravageur en perspective.

A cette fin, nous avons mené une étude multidisciplinaire pour mettre en évidence les liens entre les substances allélochimiques et le comportement de ponte chez *E. ceratoniae* ; en poursuivant ainsi, l'étude que nous avons initié à l'occasion du travail de magister. Celui-ci, lors d'une étude de l'interaction entre la pyrale des dattes *E. ceratoniae* et certains cultivars de dattes.

Le présent travail s'articule autour de cinq axes principaux :

- Le premier est consacré à une évaluation du taux d'infestation d'*E. ceratoniae* au champ sur trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) ;
- Le deuxième consiste à une étude de l'effet variétal et des stades phénologique sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae* au laboratoire ;
- Le troisième traite l'étude ultra-structurale des sensilles d'*E. ceratoniae* par le biais d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB) ;
- Quant au quatrième axe, il s'agit d'analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte étudiés ; en utilisant la technique d'Extraction par Solvant (ES) et la technique de la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME). Un Dosage des polyphénols solubles totaux est également traité dans le même axe.
- Le cinquième axe traite l'effet des composés volatils identifiés dans les trois cultivars de dattes sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae* .

## PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### Chapitre I : Considération générale sur la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller

#### I.1- Repères historiques

La pyrale des dattes ou encore la pyrale des caroubes (Afrique du Nord) est nommée *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae) a été décrite pour la première fois par Zeller P.C. en 1839 à partir d'un spécimen provenant de l'Autriche (AGENJO, 1959 cité par DOUMANDJI, 1981). Elle était classée au départ dans le genre *Myelois* crée par HUBNER en 1816. Actuellement, elle fait partie du genre *Ectomyelois* qui a été créé en 1956 par HEINRICH. Ce genre regroupe les espèces : *E. ceratoniae* Zeller, 1839, *E. decolor* Zeller, 1881, *E. furvidorsella* Ragonot, 1888, *E. muriscie* Dyar, 1941 et *E. zetecki* Heinrich, 1956 (DOUMANDJI, 1981).

#### I.2- Répartition géographique

*E. ceratoniae* zeller est un déprédateur cosmopolite susceptible de se rencontrer partout dans le monde. Son aire de répartition est donc très vaste s'étalant du 50<sup>ème</sup> degré de latitude Nord au 30<sup>ème</sup> degré de latitude Sud (BALACHOWSKY, 1972). Elle est bien représentée dans différents pays sur le pourtour méditerranéen (DOUMANDJI-MITICHE, 1977), Afrique du nord et du Sud, Algérie, Argentine, Asie, Australie, Chili, Chypre, Egypte, Angleterre, Iran, Iraq, Palestine, Jamaïque, Arabie Saoudite, Russie du Sud, Turquie, Tunisie, et les Etats Unis (Arizona, Californie, Floride et Hawaï) et Porto Rico (HEINRICH, 1956, WERTHEIMER, 1958, ASHMAN, 1968, MICHEAL, 1968, MOAWAD, 1979, CARPENTER & ELMER, 1978, AL-IZIZ *et al*; 1985, WARNER, 1988, NEUNZIG, 1990, In NAY, 2006).

La plupart de ces pays appartiennent à trois types différents de climat (DOUMANDJI, 1981) :

- Climat tropical, avec des régions chaudes et humides le cas des îles Hawaii et la pointe sud de la Floride et les Antilles.

- Climat méditerranéen qui convient de rapprocher de ce type, les environs du Cap, lesquels comme la zone littorale méditerranéenne se caractérisent par un climat xéothermique à deux saisons, l'une chaude et sèche l'autre froide et humide.

- Climat continental, où se trouvent le Sahara, l'Egypte, l'Arabie Saoudite et l'Iran. Dans cette zone les températures estivales sont très élevées et celles de l'hiver sont basses. Dans la partie Nord-Ouest de l'Afrique, avec le Sahara divers pays entrent sous cet étage

climatique non seulement le sud marocain, algérien, tunisien, mais également le Sahel avec le Sénégal, la Mauritanie, le Mali et le Tchad.

Parallèlement à ces trois groupes de régions, nous pouvons signaler l'existence de trois autres petites aires de moindre importance, l'Europe, l'Argentine et la région éthiopienne (DOUMANDJI, 1981).

En Algérie, deux zones de multiplication d'*E. ceratoniae*, la première s'étend sur les bordures littorale de 40 à 80 kilomètres de large, s'allongeant sur près de 1000 kilomètres, la seconde constituée par l'ensemble des oasis dont les plus importantes sont celles d'Oued - Righ, entre Biskra et Ouargla (DOUMANDJI, 1981 et ACOURENE *et al*; 2007).

### **I.3- Position trophique**

*E. ceratoniae* Zeller est un ravageur extrêmement polyphage ; elle est très importante sur le plan économique à cause des dégâts dus à ses chenilles, subis par une multitude de cultures et de plantes spontanées dans des étages bioclimatiques très différents; Subhumide ou humide au Nord-Est sur le littoral ou semi-aride au Nord-Ouest côtier à aride dans les oasis au Sud (ARIF, 2011). La pyrale des dattes est inféodée originellement, à diverses *Caesalpinaceae* tels que : *Dialium*, *Ceratonia* (d'où son nom). La larve frugivore vit aux dépens de fruits très variés tels que caroubes, coings, oranges, pomelos, figues, raisins, noix, nèfles du Japon, abricots, châtaignes et surtout les dattes (BALACHOWSKY, 1972).

En effet, un large éventail de plantes hôtes a été signalé à travers le monde, estimé d'environ 49 espèces, dont 32 en Algérie (25 dans la Mitidja) (Tableau 01). Cependant, les ravages les plus importants en Algérie ont lieu sur l'oranger (*Citrus sinensis*), le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), l'amandier (*Prunus amygdalus*), le figuier (*Ficus carica*), le grenadier (*Punica granatum*), le caroubier (*Ceratoniae siliqua* L.), le néflier du japon (*Eriobotrya japonica*) et le tamarinier (*Tamarindus indica*) (DOUMANDJI, 1981).

Par ailleurs, sur le plan d'importance économique, DOUMANDJI (1981) a classé les plantes hôtes d'*E. ceratoniae* en trois groupes :

- le premier qui comprend celles d'intérêt économique dont les fruits sont attaqués dans le verger : les citrus, les dattes, les grenades...

- le second regroupe les produits subissant des dégâts dans les entrepôts : arachides, abricots desséchés, raisins secs.....etc. D'où l'infestation sur le champ de certains fruits du premier groupe, peut se poursuivre dans le magasin, ainsi sur la datte.

- le troisième groupe est réservé aux hôtes accidentels, et aux plantes refuges tels que *Acacia farnesiana* et *A. cavenia*.

**Tableau 1 :** Quelques plantes hôtes d'*E. ceratoniae* Zell. dans l'Algérie et dans le monde présentant l'extrême polyphagie de l'espèce.

Familles	Espèce	Nom commun	Observation
<b>Palmae</b>	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Palmier dattier	Monocotylédones
<b>Cannaceae</b>	<i>Canna</i> sp.	Cana	Monocotylédones signalée en 1980 en Algérie.
<b>Salicaceae</b>	<i>Populus japonica</i>	Peuplier	Dicotylédones signalée en Turquie 1967.
<b>Juglandaceae</b>	<i>Juglans regia</i> L.	Noyer	Dicoty. Signalée en Afrique du sud en 1919 et en 1951 elle est mise en évidence en Algérie dans les magasins.
<b>Fagaceae</b>	<i>Castanea sativa</i> Miller	Chataignier	Dicoty. Signalé en 1919 en Europe centrale.
<b>Moraceae</b>	<i>Ficus carica</i> L.	Figuier	Dicoty. Signalé en 1920 en Italie sur les figues sèches et en Afrique du Nord en 1932.
<b>Annonaceae</b>	<i>Annona cherimolia</i> L.	Anone, Corossolier, Atte, Pomme- cannelle, Cachiman cochon.	Dicoty. Signalée en 1972 sous le revêtement d'anone +/- avriées ou momifiées.
<b>Rosaceae</b>	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thnb.)	Néflier du japon	Dicoty. Signalée en 1948 dans les bibaces momifiées ; et en 1956 en Algérie.
	<i>Cydonia japonica</i> (Thnb.)	Cognassier	Dicoty. Signalée en 1920 et en 1951 en Algérie.
	<i>Prunus amygdalus</i> Betsch	Amandier	Dicoty. Signalée en 1935 en Palestine et en 1951 en Algérie sur l'amandier non décortiqués selon Doumandji 1978.
	<i>Prunus armeniaca</i> L.	Abricotier	Dicoty. Signalée en 1946 sur les abricots secs.
<b>Leguminosae</b>	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Caroubier	Dicoty. Signalée en 1878 en littoral méditerranéen et en Afrique du Nord en 1932 sur les gosses de cet arbre.
	<i>Gleditschia triaconthos</i> L	Févier d'Amérique	Dicoty. signalée en 1967 en Turquie méridionale.
	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarinier	Dicoty. Remarquée dans les gosses à Porto Rico en 1933.
	<i>Acacia farnesiana</i> L. Willd	Acacia de Farnèse ou cassie du levant	Dicoty. En 1919 le 1 <sup>er</sup> signalement sur les gosses cet acacia aux îles Hawaï.
	<i>Acacia cavenia</i>	Mimosa caven	Dicoty. Probablement introduite dans le jardin d'essais du Hamma au début du siècle originaire du Chili.
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Le Robinier faux- accia	Dicoty. Espèces citée en 1973 par DAUMAL <i>et al</i> ; In DOUMANDJ, 1981.

	<i>Erythrina monosperma</i>	-	Dicoty. Qu'en 1948 qu'on note les liens qui existent entre cette espèce et <i>E.ceratoniae</i> en îles Hawaii.
	<i>Arachis hypogaea</i>	Arachides	Dicoty. Les dégâts ne semblent pas se produire sur les champs mais dans les entrepôts.
	<i>Retama boveis</i> Spach	Genet blanc ou Rétam blanc	Dicoty. D'après DOUMANDJI (1981), elles se montrent de très bons plants hôtes dans la région de la Mitidja.
	<i>Retama raetam</i> var. <i>duriaei</i> (Spach).	Retam	
<b>Rutaceae</b>	<i>Citrus paradisi</i> Macfadyen	Pomelo	Dicoty. Signalée en Palestine en 1961.
	<i>Citrus sinensis</i> L.	Oranger	Dicoty. Remarquée en Afrique du Sud en 1926 sur les oranges Navel mures. Mêmes types de dommages remarquables en Algérie en 1951.
<b>Vitaceae</b>	<i>Vitis</i> sp.	Raisin	Dicoty. Observée sur les raisins secs emmagasinés au Sicile en 1920 et en 1951 en Algérie.
<b>Sterculiacée</b>	<i>Sterculia acerifolia</i> <i>Sterculia diversifolia</i>	Brachychiton	Dicoty. Déclarée (que le genre) en 1960 en Algérie sur les fruits éclatés.
<b>Myrtaceae</b>	<i>Psidium guayava</i>	Goyaves	Dicoty. Citée en 1972 comme gîte d' <i>E. ceratoniae</i> .
<b>Punicaceae</b>	<i>Punica granatum</i> L.	Grenadier	Dicoty. Les dommages sont enregistrés en Arabie saoudite en 1965 et en Afrique du Nord en 1951. <i>E. ceratoniae</i> est considérée comme le plus grand ennemi des grenades en Tunisie. il arrive à causer des dégâts considérables pouvant affecter 90 % des fruits (TEBASSI, 1992).
<b>Oleaceae</b>	<i>Olea europaea</i> L.	Olivier	Dicoty. Dégâts attribués à cette pyrale ont été révélés en 1961 en Sicile.
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Pistacia vera</i>	Pistachier	Dicoty. Cette culture semble présente davantage d'intérêt en Asie et surtout en Iran.

Sources : DOUMANDJI-MITICHE, 1974, DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1976, DOUMANDJI, 1978, DOUMANDJI, 1981, TEBASSI, 1992 et MOZAFFARIAN *et al*; 2007.

**I.4- Position systématique et synonymique**

La pyrale des caroubes (dattes) est classée comme suit :

**Classe:** Insecta

**Ordre:** Lepidoptera

**Famille:** Pyralidae

**S/famille:** Phycitinae

**Genre:** *Ectomyelois* Heinrich, 1956

**Espèce:** *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839)

(DOUMANDJI, 1981)

L'espèce *E. ceratoniae* Zell. en raison de son ubiquité, de sa polyphagie et de sa polychromie, a reçu plusieurs dénominations ; probablement, ceci dû à son aire de répartition géographique très étendue et à la diversité de ses plantes hôtes dans les différents biotopes (CORBET et TAMS, 1944; REAL, 1948; AITKEN, 1963; KRASILNIKOVA, 1964. In : WARNER, 1988 ; DOUMANDJI, 1981). Il est à noter aussi que l'insuffisance des études taxonomiques accentuées sur cette espèce laisse apparaître une synonymie bien établie pour les uns et/ou controversées pour les autres (DOUMANDJI-MITICHE, 1977) dont 13 sont couramment les plus utilisés (NAY, 2006). Il s'agit de *Myelois oporedestella* Dyar, 1911; *M. phoenicis* Durrant, 1915; *M. ceratoniella* Fischer Edler Von Roslerstamm, 1839; *M. pryerella* Vaughan, 1870; *M. tuerkheimiella* Sorhagen, 1881 ; *M. zellerella* Sorhagen, 1881; *M. ceratoniae* Zeller, 1839; *M. decolor* Zeller, 1881; *Heterographis rivularis* Warren et Rothchild, 1905; *Phycis ceratoniella* Fischer-Roslerstamm, 1839; *Euzopherazellerella* Sorhagen, 1881; *Trachonitis pryerella* Vaughan, 1870 et *Spectrobates ceratoniella*, Meyrick, 1935.

En effet, pour un certain temps, *Myelois decolor* Zell. et *Myelois ceratoniae* Zell. sont considérées comme deux espèces différentes (REAL, 1948 ; WERTHEIMER 1956 cité par WARNER, 1988) mais les travaux de LE PIGRE (1963) et de DOUMANDJI (1981) en Algérie ont montré qu'il s'agit d'une seule espèce.

A partir de 1968, *Ectomyelois ceratoniae* Zell. est reclassée dans le genre *Spectrobates* Meyrick (ROESLER 1968 cité par WARNER, 1988) mais plusieurs auteurs placent toujours l'espèce dans le genre *Ectomyelois* et rejettent la proposition de ROESLER (WARNER, 1988).

## I.5- Caractères morphométriques d'*Ectomyelois ceratoniae* zell.

### I.5.1- Larve

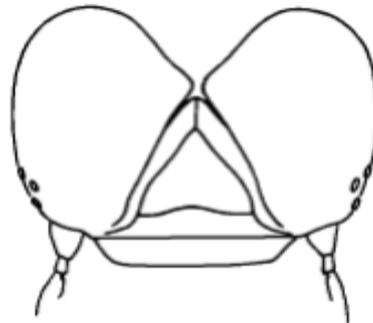
La détermination des traits morphologiques des divers stades larvaires d'*Ectomyelois ceratoniae* zell. est indispensable pour l'identification de l'espèce.

Typiquement, WEISMAN (1986) ; NEUNZIG (1979) ; PASSOA (2004) et SOLIS (1999, 2011), ont rapporté que la chenille d'*E. ceratoniae* est caractérisée par la présence d'une plaque prothoracique jaunâtre sans motif apparent (Figure 1); sa capsule céphalique marque une absence de suture coronale (Figure 2); l'examen de sa chetotaxie (Figure 3) montre que les segments abdominaux (A) de A1 à A7 sont ornées d'une plaque de forme d'un croissant au-dessus de la soie subdorsale SD1 (souvent réduite en petite tache). La soie subdorsale SD1 située sur la plaque anale est plus proche à la soie dorsale D1 que la soie latérale L1 (Figure 3). Quant à la soie SD2 du segment A8 est souvent éloignée du spiracle (stigmate) à une distance équivalant à 2 fois et plus le diamètre du spiracle (Figure 3) ; la chenille de cette espèce est reconnaissable par la présence d'un anneau complet entourant la soie SD1 du segment A8 (GILLIGAN et PASSOA, 2014).

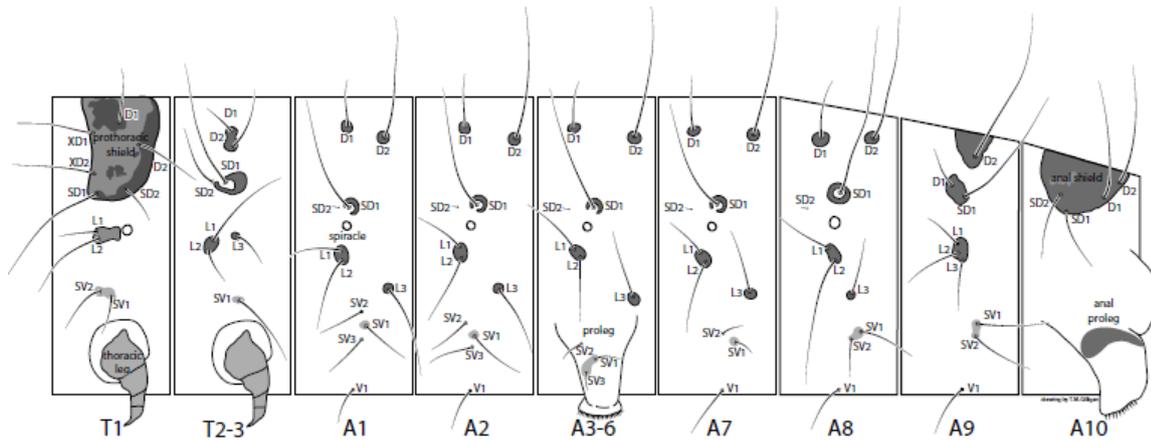
Par ailleurs, toujours chez les chenilles du dernier stade, un dimorphisme sexuel est visible ; si l'on examine l'insecte par transparence, on observe les gonades mâles, sur la face dorsale, alors que les gonades femelles ne sont qu'à l'état d'ébauches (STANEK, 1977).



**Figure 1 :** Plaque prothoracique d'*E. ceratoniae* (Zeller), (SOLIS, 2011).



**Figure 2 :** Tête d'une larve d'*E. ceratoniae* (Zeller), représente l'absence de la suture coronale (SOLIS, 2011).



**Figure 3 :** Chétotaxie du dernier stade larvaire d'*E. ceratoniae* (Zeller) (GILLIGAN et PASSOA, 2014).

### I.5.2- Nymph

La nymphe d'*E. ceratoniae* possède un corps de forme cylindro-conique, mesure environ 8 mm de longueur. Elle est caractérisée par la présence d'une crête dentelée entourant le thorax, l'existence, à l'extrémité postérieure de 2 petits crochets (crimasters recourbés vers le bas) caractéristiques ainsi que 7 paires d'épines fortement sclérifiées sur les 7 premiers segments abdominaux. L'enveloppe chitineuse est de couleur brune et généralement entourée par un fourreau de soie lâche tissé par la chenille avant sa mue nymphale (DHOUBI, 1982, 1991) (Figure 4).

Le dimorphisme sexuel est reconnaissable grâce à la situation du pore génital virtuel nettement plus antérieur chez la femelle que chez le mâle ; chez la femelle l'orifice de copulation se trouve sur le 8<sup>ème</sup> segment et l'orifice de ponte sur le 9<sup>ème</sup> segment (DHOUBI, 1982) (Figure 4).

Dans la plupart des cas, la chrysalide se trouve dans la datte où la chenille a effectué son développement. Dans ce cas de figure, elle est orientée de telle façon que sa partie céphalique se trouve en contact avec un orifice aménagé par la larve dans la paroi du fruit avant sa mue, et par lequel sortira l'imago (LE BERRE, 1978). D'après le même auteur, la nymphose peut se faire également dans les crevasses des murs, sur les caisses et même dans les fentes du stipe dur du palmier dattier.

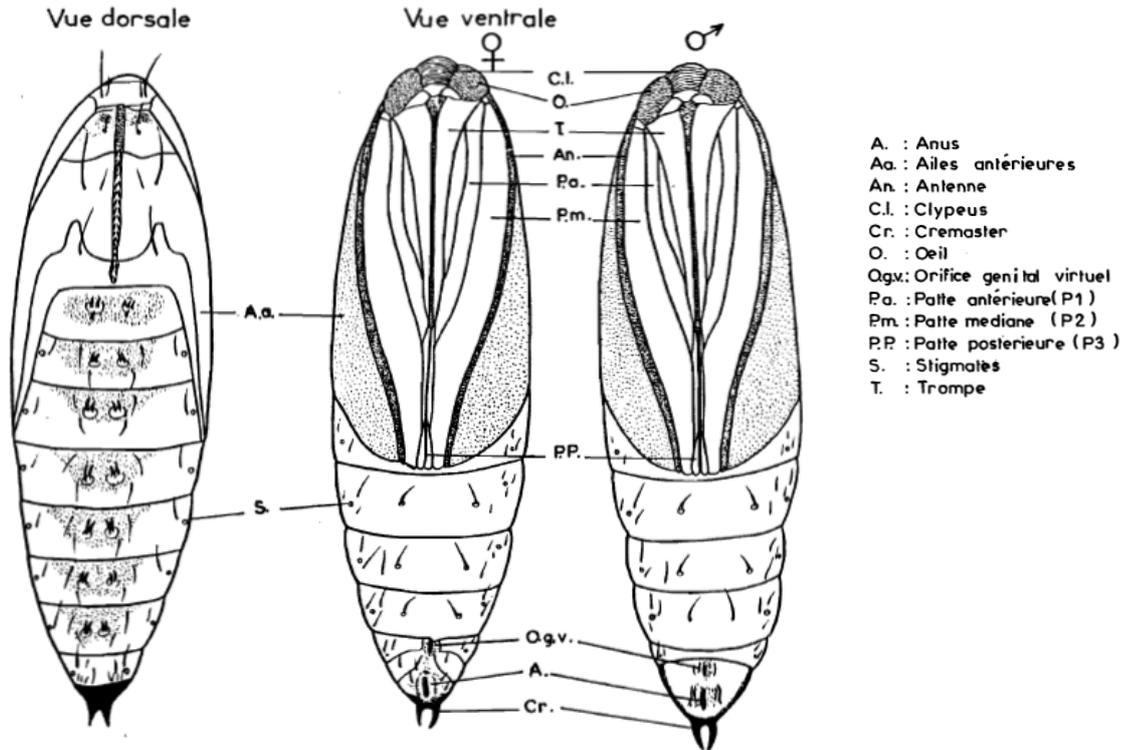
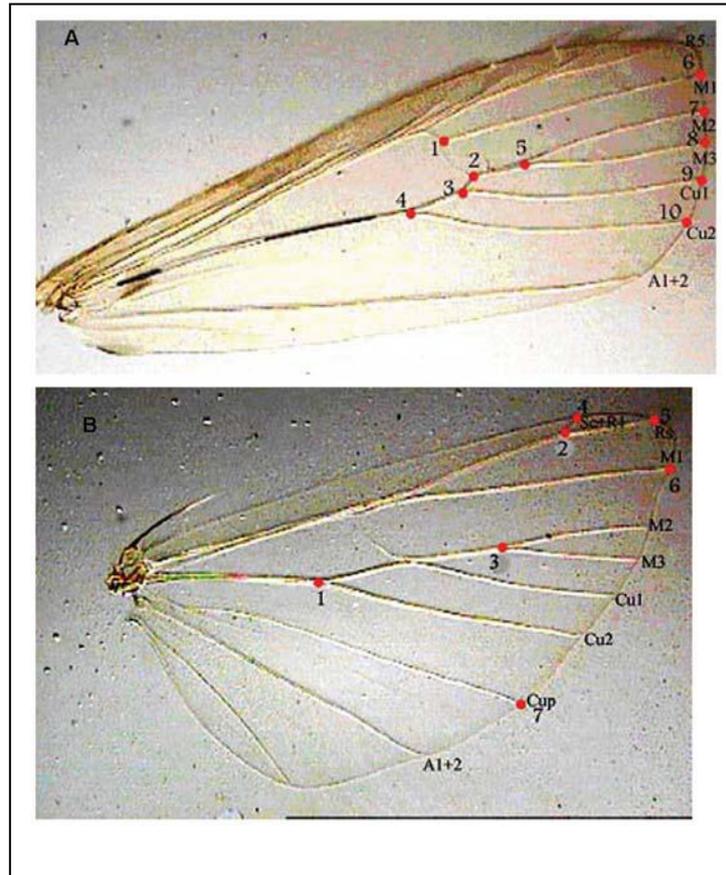


Figure 4 : Chrysalides d'*E. ceratoniae* (DHOUIBI, 1982).

### I.5.3- Adulte

*E. ceratoniae* Zell. est un petit Lépidoptère de 6 à 12 mm de longueur et de 16 à 22 mm d'envergure (DHOUIBI, 1991). La couleur de l'espèce varie selon sa répartition géographique (PINTUREAU et DAUMAL, 1979). D'après les travaux de DOUMANDJIMITICHE (1977) et DOUMANDJI (1981), l'adulte présente 2 morphes différents suivant la provenance géographique. Il prend une couleur grise dans les régions côtières et devient plus clair et d'un blanc plus ou moins crémeux dans les oasis. Les ailes antérieures sont ornées de dessins plus ou moins marqués. Les ailes postérieures sont bordées d'une frange soyeuse (DHOUIBI, 1991). Selon le même auteur, les espèces appartenant au genre *Ectomyelois* se distinguent par leurs nervures médianes M2 et M3 des ailes antérieures et postérieures qui sont séparées sur les 2/3 de leur longueur au lieu d'être fusionnées comme chez *Ephestia* (Figure 5) (DHOUIBI, 1991).



**Figure 5** : Nervation alaire d'*E. ceratoniae* (A. aile antérieure ; B. aile postérieure) (MOZAFFARIAN *et al*; 2007).

### I.6- Cycle de développement

Après une période de 5-7 jours de l'embryogenèse (DOUMANDJI-MITICHE, 1977) ; et dès l'éclosion la chenille néonate cherche un abri et une source d'alimentation (DOUMANDJI-MITICHE, 1977 ; WERTHEIMER, 1958. In : DOUMANDJI, 1981). La chenille encourt un grand risque si elle ne parvient pas à pénétrer dans le fruit. Pour que ce dernier soit réceptif, il doit présenter une craquelure ou une ouverture à la suite d'un éclatement, fissure, écartement ou une attaque qui abîme le fruit (DOUMANDJI, 1981).

En effet, à l'intérieur du fruit la chenille subit un développement qui s'étend de 1 à 8 mois avant la nymphose (DOUMANDJI-MITICHE, 1977). D'après les travaux de GOTHILF (1969) ; DOUMANDJI (1981) et DHOUIBI (1989) et (1991), les larves d'*E. ceratoniae* passent par 5 à 8 stades larvaires. Les critères de reconnaissance des différents stades larvaires sont :

- les tailles des chenilles (classement en catégorie de tailles) ;
- nombre de crochet des fausses pattes ;

- l'examen des capsules céphaliques exuviales où ce dernier critère présente une efficacité indiscutable pour différencier entre les différents stades larvaires selon DOUMANDJI (1981).

La durée du cycle est en relation avec l'espèce de la plante-hôte, le degré de maturité du fruit et la saison (DOUMANDJI, 1981). Elle est d'un mois dans les oranges à ombilic « navel » (DEL RIVERO, 1952. In : DOUMANDJI, 1981) ; de 70 jours, dans les pomelos et de 52 jours, dans les amandes, à  $(25\pm 1)$  °C; en tenant compte du temps nécessaire au déroulement de l'embryogenèse (GOTHILF, 1969). Sur les caroubes sèches, il faut attendre 118 jours en moyenne avant les émergences; alors que, sur caroubes vertes, 37 jours suffisent (DOUMANDJI, 1981).

Selon le même auteur, le niveau thermique optimal pour le développement des chenilles est de 30 °C. L'humidité relative de l'air supérieur ou égale à 70 % favorise une croissance larvaire rapide.

Selon COX (1976), au terme de son développement, la chenille ne se nourrit plus. Un délai de quelques jours s'impose avant que la nymphose ait lieu, 1 jour à 30 °C; 3 jours à 25 °C et 9 jours à 20 °C. La chenille du dernier stade tisse un cocon à l'aide de fils de soie qui est relié au trou d'émergence par un tube construit de la même manière (CLADERON *et al*; 1969). A  $25 \pm 1$  °C, et à  $75 \pm 5\%$  d'humidité relative, 9 jours suffisent pour que la nymphose arrive à son terme (GOTHILF, 1970).

La pyrale des dattes passe l'hiver à l'état larvaire dans les dattes restées à la base du rachis (cournafs) ou tombées sur le sol après la récolte, et même dans des fruits momifiés de grenadier et de figuier (COX, 1976).

Comme le papillon a une activité crépusculaire et nocturne, il émerge généralement dans la première partie de la nuit (GOTHILF, 1969). L'adulte a une espérance de vie plus ou moins courte estimée de 2 à 15 jours (GOTHILF, 1969 ; MOAWAD, 1978 ; GOTHILF, 1984 ; AL-IZZI *et al*; 1985 ; NAVARO *et al*; 1986 ; ALRBEAI, 1987, In : NAY, 2006 ;).

*E. ceratoniae* est une espèce polyvoltine, dont le nombre de générations varie de 1 à 5 en fonction de l'alimentation et des conditions climatiques (DOUMANDJI, 1981 ; WARNER, 1988; NAY, 2006).

En Algérie, cette pyrale peut développer 4 générations dans les régions côtières (DOUMANDJI, 1981) et entre 3 et 4 dans les oasis (WERTHEIMER, 1958, In : LE BERRE, 1978; LE PIGRE, 1963). D'après CHAPOT et DELUCCHI (1964) ; WERTHEIMER (1958), In : DOUMANDJI (1981), dans les oasis, le premier vol s'étend de mars à mai, le second de juin à août, le troisième de la fin du mois d'août jusqu'au début de novembre. Le quatrième

vol intervient également en novembre.

Les adultes de la première génération proviennent des larves qui se sont développées dans des dattes restées au cours de l'hiver dans la palmeraie après la récolte (LE BERRE, 1978).

Les adultes de la pyrale des dattes ne peuvent pas voler lorsque la température moyenne est au dessous de 14 °C (GONZALEZ, 2003) et le rythme des apparitions des imagos se précipite à partir de 20 °C et atteint son maximum entre 23 et 26 °C (WERTHEIMER, 1958 cité par DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE, 1976).

La copulation est relativement longue, dure plusieurs heures et n'intervient qu'après 1 ou 2 jours de l'émergence (WERTHEIMER, 1958 ; KASHKULI et EGHTEDAR, 1976, In : DOUMANDJI, 1981).

Une femelle peut émettre de 100 à 300 œufs durant sa vie, mais la valeur de 100 à 200 reste la plus fréquente (GOTHILF, 1968; GOTHILF, 1969 ; NAVARRO *et al*; 1986 et AL-IZZI *et al*; 1987 cités par NAY, 2006). Les œufs sont pondus sur la surface externe de la datte, dans les plis, les déchirures aussi bien que sous le calice.

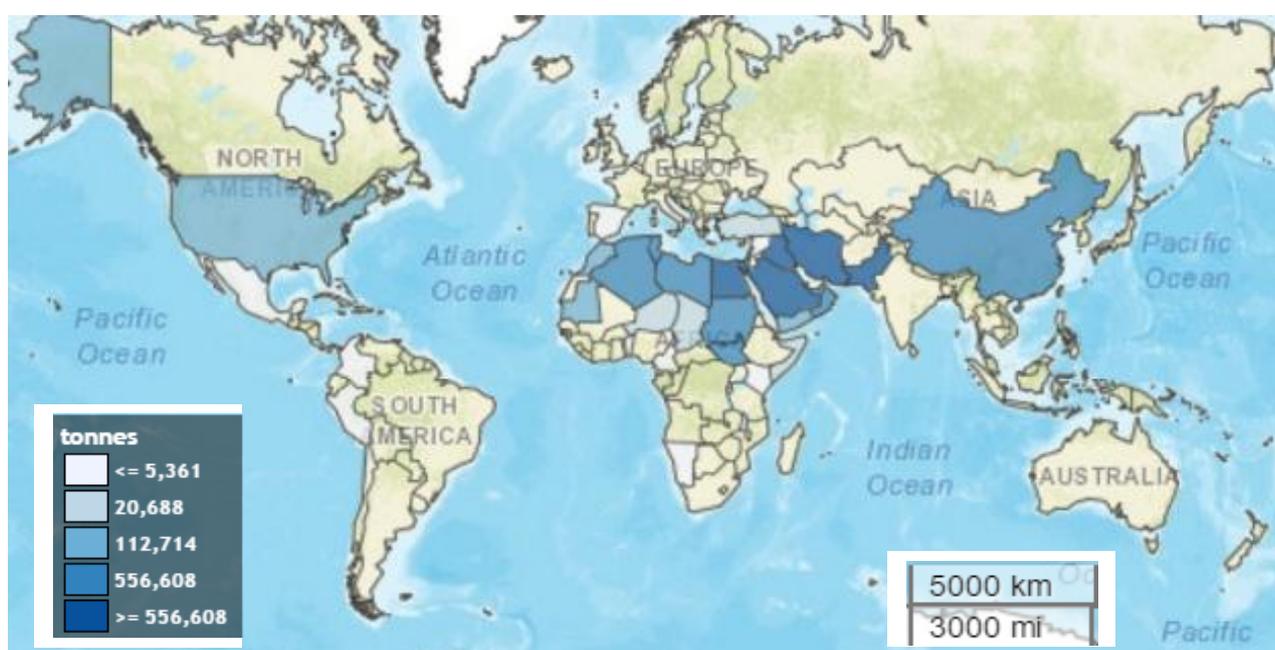
## Chapitre II : Considération générale sur le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*)

### II.1- Répartition géographique et importance économique dans le monde

La culture du palmier dattier est pratiquée depuis l'Antiquité, s'est en effet, propagée selon une dynamique typologique propre aux mutations sociologiques (OUENNOUGHI et DUBOST, 2005).

Actuellement, la phoeniciculture est pratiquée à travers les cinq continents dans les zones arides et semi-arides (Figure 6). D'où, on estime la superficie productive de 440503 ha en Afrique, de 881608 ha en Asie, 6890 ha en Amérique et plus de 972 ha en Europe (Espagne et Albanie) (FAO, 2017) et de 300 ha en Australie (DJERBI, 1992). Au cours des temps, la culture du palmier dattier a connu une extension croissante hors de son aire de culture originaire dont la propagation s'est réalisée vers l'Est et l'Ouest, la phoeniciculture progressa de la basse Mésopotamie vers l'Iran puis vers la vallée de l'Indus (Pakistan) vers l'Ouest, à partir de l'Egypte elle gagna la Libye où elle progressa en tout azimut vers le Maghreb et les pays du sahel.

La superficie phoenicicole mondiale est estimée à 1 329 973 ha (FAO, 2017) avec une production de 8166014 de tonnes (FAO, 2017). Les exportations du monde arabe représentent environ 85 à 90 % du commerce mondial de datte.



**Figure 6:** Répartition géographique de la phoeniciculture à travers le monde : volume de production par pays (FAO, 2017).

## **II.2- Importance de la phoeniciculture en Algérie**

L'Algérie possède un patrimoine phoenicicole national estimé à plus de 19 millions de palmier dattier (M. A. D. R. P; 2013). La composition variétale est caractérisée par l'existence d'une multitude de variétés dont une forte proportion (70 %) est constituée de variétés, Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beidha et Mech-Degla, concentrées dans les régions d'Oued-Righ, des Zibans et à degré moindre le Souf. En occupant une superficie de 167663 hectares. Par ailleurs, la production moyenne annuelle a été évaluée en 2017 de 1058559 tonnes (FAO, 2017).

Le revenu des dattes constitue une fraction importante des exportations hors hydrocarbure, estimé en 2016 de 37 502 000 USD (FAO, 2016).

## **II.3- Systématique et description botanique de la plante-hôte**

Le nom botanique du palmier dattier est *Phoenix dactylifera* L., probablement l'origine de cette nomenclature est dérivée du nom phénicien « *phœnix* » qui signifie palmier dattier et " *dactylifera* " qui est dérivé du mot grec « *daktulos* » qui signifie doigt, en illustrant la forme du fruit (LINNE, 1734; cité par KEANEY, 1906). Une autre source fait allusion à un oiseau mythique « *phœnix* » auquel la légende attribue la capacité de renaître de ces cendres, ce nom aurait été attribué au dattier par analogie en raison des possibilités de ce végétal de reprendre sa végétation après avoir été partiellement brûlé (MUNIER, 1973).

Génétiquement *Phoenix dactylifera* L. a 36 chromosomes ( $n = 18$ ;  $2n = 36$ ), mais les cas de la polyploidie ont été rapportés par AL-SALIH *et al.* (1987) avec les variétés irakiennes ( $2n = 64$ ). Les mêmes auteurs ont rapporté des différences entre les variétés : Sayer comme une variété hative ( $2n = 32$ ) et Khasab, une variété tardive ( $2n=36$ ). En outre, l'aneuploidie et euploidie ont été observées dans les deux variétés, (Sayer: 32, 34, 36 et 64 et Khasab: 32 et 36 chromosomes).

### **II.3.1- Systématique**

Les Palmaceae est une famille d'approximativement 200 genres et 1 500 espèces appartiennent aux Angiospermes - Monocotylédones (DOWSON, 1982).

*Phoenix* est l'un des genres qui contient une douzaine d'espèces, toutes sont autochtones des régions tropicales ou subtropicales d'Afrique ou Asie du Sud, y compris *Phoenix dactylifera* L. (MUNIER, 1973).

Vu, de la pollinisation croisée et hybridation facile du dattier on compte plus de 3000 variétés dans le monde (ZAID et ARIAS-JIMENEZ, 2002) avec 940 cultivars en Algérie

(HANNACHI *et al*; 1998).

D'après DRANSFIELD et UHL (1986), la systématique du palmier dattier est comme suit :

**Groupe:** Spadiciflores

**Ordre:** Palmales

**Famille:** Palmacées /aracaceae

**S.famille:** Coryphoidées

**Tribu :** Phoenicées

**Genre :** *Phoenix*

**Espèce :** *Phoenix dactylifera* L.

### **II.3.2- Description botanique**

Le dattier est une monocotylédone pérenne peut facilement dépasser un siècle, arborescente où il atteint jusqu'à 25 m (BERREVAL, 1993), dioïque, vivace et lignifiée. Elle présente une tige dressée et non ramifiée appelée stipe, terminée par une couronne végétative de grande palmes d'aspect piné (Figure 7).

Le système racinaire du palmier dattier est de type fasciculé, caractéristique essentielle des monocotylédones ; les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles.

Le bulbe ou plateau racinal est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. Le nombre et la densité des racines décroissante en profondeur et varient selon la nature du sol, les conditions climatiques et les cultivars (AL-BAKR, 1972) (Figure 7).

Le palmier dattier est une plante arborescente à tronc monopodique, vertical appelé stipe ou tige, lignifié et non ramifié. Ce stipe porte des palmes et à l'aisselle de chaque palme se trouve un bourgeon axillaire qui en se développant, peut donner naissance soit à une inflorescence dans la région coronaire ou à un rejet dans la région basale (BOUGUEDOURA, 1991). Il développe des gourmands ou des rejets pour donner naissance à des pseudo-ramifications.

La forme du stipe est généralement cylindrique. Cependant, certains cultivars peuvent avoir une forme tronconique. Il a un port élancé ; d'où il peut atteindre et dépasser une vingtaine de mètre de hauteur, de couleur brune ; recouvert par la base des pétioles des anciennes palmes connues vernaculairement par « cournef ».

La masse végétative composée essentiellement de feuilles (palmes) est appelée, couronne ou frondaison. Une palme est une feuille composée, pennée insérées en hélice

très rapprochée sur le stipe, par une gaine pétiolaire bien développée enfuie dans un fibrillium appelé Lif. Elle comporte un rachis sur lequel sont insérés des folioles ; les segments inférieurs sont transformés en épines. Le rachis s'élargit pour former le pétiole (cournef) s'insérant directement sur le tronc. Un palmier peut porter entre 30 à 140 palmes. Elles sont disposées en spirale sur le tronc. Le nombre de palmes ainsi que leurs longueur dépendent des cultivars, de la densité de plantation et des conditions de culture (NIXON, 1947, 1957 cité par El-HOUMAIZI, 2002).

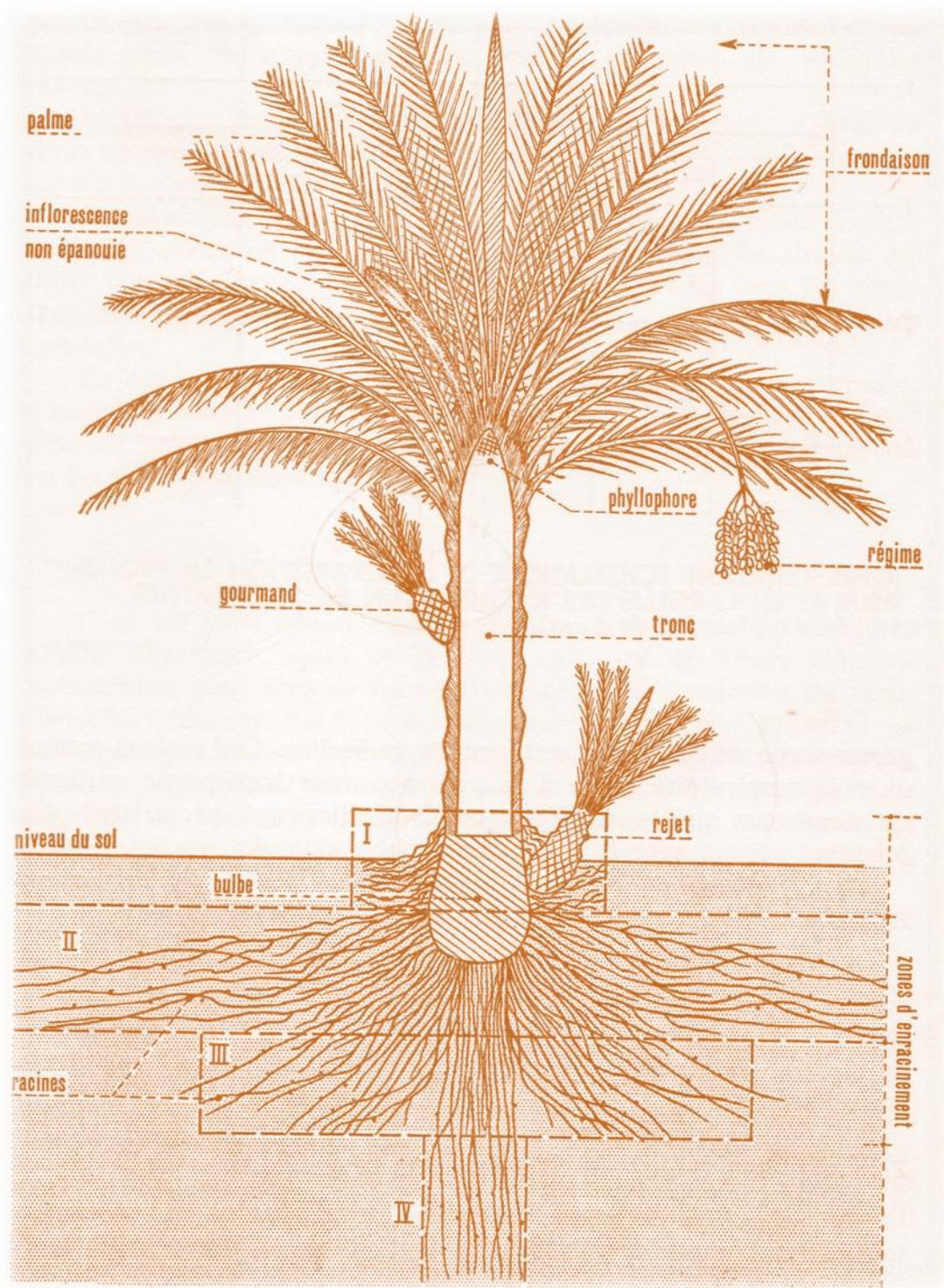


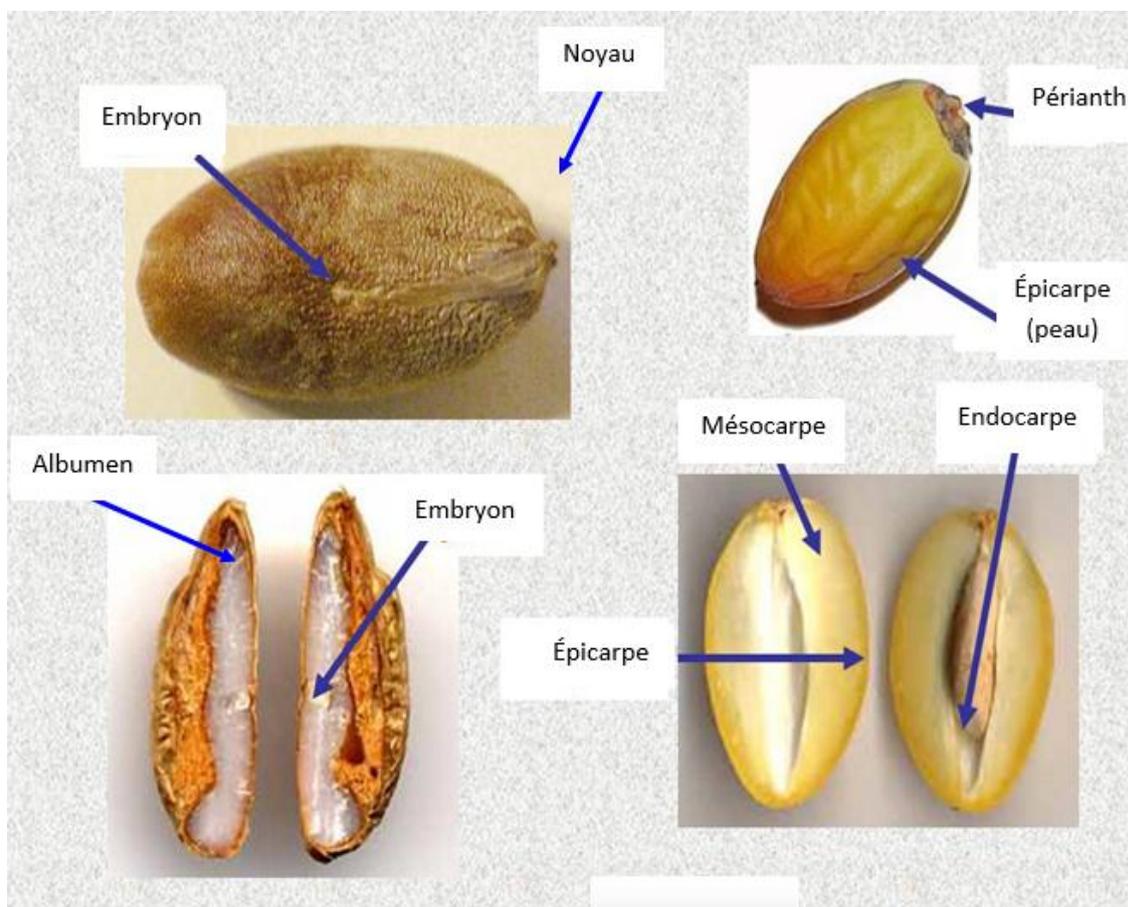
Figure 7: Figuration schématique du palmier dattier (MUNIER, 1973).

### **II.3.2.1 - Le fruit**

Le fruit du palmier dattier est une baie de forme allongée, oblongue, ovoïde ou sphérique selon le cultivar ; contenant une seule graine appelée communément noyau. La datte est constituée de 2 parties la pulpe et le noyau. La pulpe est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe alors que le noyau est protégé par un endocarpe. Le noyau est souvent de forme allongée plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes avec un sillon ventral, il renferme un albumen corné de consistance dure et un embryon dorsal (Figure 8). La proportion du noyau par rapport à la datte entière constitue une caractéristique d'appréciation de ses qualités commerciales (MUNIER, 1973). Leurs dimensions, couleurs et consistances sont très variables et constituent une caractéristique variétale.

Du point de vue consistance (richesse en eau) la datte est répartie en :

- Dattes sèches, de consistance dure : Degla Beidha, Mech Degla (Algérie) ; ...
- Dattes demi molles : DegletNour (Algérie), Mdjhoul (Maroc), Tinterguel (Maurétanie) ;
- Dattes molles : Ghars (Algérie), Ahmar (Maurétanie).



**Figure 8 :** Fruit et graine du palmier dattier (BMedia, 2020).

### II.3.2.2- Stades de développement de la datte

L'évolution de la datte implique plusieurs changements externes et internes. Ces changements sont souvent classés sur la base de changement de la couleur, la texture, flaveur, goût et les caractères physicochimiques. La maturité de la datte est un processus complexe, elle se caractérise par la dégradation de la chlorophylle, la synthèse des caroténoïdes et la conversion de l'amidon en sucres (ELTAYEB *et al*; 1999).

D'après AL-BAKR (1972), MUNIER (1973) et ZAID et ARIAS-JIEMEZ (2002), de la nouaison jusqu'à la maturation nous pouvons distinguer des stades intermédiaires (Tableau 2) qui sont :

#### a. Loulou (Hababouk)

Commence juste après la fécondation et continue jusqu'à le commencement de l'étape du Bleh (Kimri). Il prend quatre à cinq semaines. Il est caractérisé par la perte de deux carpelles inféconds ; un taux de croissance très lent. Il est complètement couvert par le calice et seulement la fine tranchante de l'ovaire est visible. Son poids moyen est un gramme et la dimension est au sujet de cela d'un pois.

**b. Bleh (Kimri)**

À ce stade le fruit est assez dur, la couleur est vert pomme. C'est la plus longue étape d'augmentation et de développement du fruit, elle dure de 9 à 14 semaines, selon les variétés.

Pendant les 4 et 5<sup>ème</sup> semaines, la datte a un développement hebdomadaire relatif moyen de 90 %, alors que, pendant le reste de la période du stade Bleh (kimri) il y a approximativement 22 % de croissance seulement.

La première phase est caractérisée par une augmentation rapide dans le poids et le volume, due essentiellement à une accumulation rapide de sucres réducteurs, sucres totaux et matière sèche, acidité et humidité très élevée.

**c. Bser (Khalal)**

Le fruit est physiologiquement mûr, sa couleur change complètement de vert au verdâtre, jaune, rose, rouge ou écarlate. Il dure trois à cinq semaines selon le cultivar.

À la fin de cette étape, le fruit arrive à son poids maximum. La concentration de sucre saccharose, sucres totaux et acidité active ont une augmentation rapide associée avec une baisse dans le contenu de l'eau (50-85 %). Il est à noter que le fruit dans ce stade accumule la plupart des sucres réducteurs et saccharose et la couleur du noyau change du blanc vers le marron.

**d. Martouba (Rutab)**

À ce stade le fruit commence à mûrir, il est marqué par le changement de couleur acquise lors du stade Bser et devient doux et perd son astringence.

À cette étape, qui dure 2 à 4 semaines, il y a une baisse continue du poids du fruit frais qui est due à une perte d'humidité en arrivant à 10 % de perte hebdomadairement.

Une augmentation très rapide du taux de sucres réducteurs, saccharose, sucres totaux et de la matière sèche c'est la caractéristique principale de cette étape. C'est une très bonne étape pour la consommation de la datte, vue les caractéristiques biochimique de ce stade.

**e. T'mar (Tamar)**

C'est l'étape où la datte est en pleine maturité, et elle change complètement sa couleur du jaune au brun ou presque noir. La texture de la chair est douce. La peau (péricarpe) dans la plupart des variétés adhère à la chair. La couleur de la peau et la chair au-dessous se brunissent avec le temps.

À ce stade, la datte atteint son maximum de la matière sèche et a perdu la plupart de son eau (moins de 25 % jusqu'à 10 % et moins). C'est la meilleure étape pour le stockage.

**Tableau 2** : Stades phénologiques de la datte et leurs appellations.

<i>Stades</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>VI</i>	<i>V</i>
<i>Algérie</i>	Loulou	Blah	Bser	Martouba	T'mar
<i>Irak</i>	Hababouk	Kimri	Khalal	Routab	Tamr
<i>Durée</i> <i>(Semaine)</i>	4 – 5	09 -14	3 – 5	2 – 4	-

Ces termes sont en arabes et ont été utilisés internationalement par plusieurs auteurs y compris les phoeniculteurs Américain et Israéliens. Il n'y a pas de mots équivalents avec d'autres longues (ZAID et ARIAS-JIMENEZ, 2002).

## **Chapitre III : Considération générale sur l'interaction « plante hôte- insecte phytophage»**

### **III.1- Médiateurs chimiques et communication chez les insectes**

Les médiateurs chimiques sont des molécules informatives naturelles qui modifient le comportement ou la physiologie d'un organisme vivant. Ces substances actives entre organisme d'une ou de plusieurs espèces, interviennent dans l'équilibre de communautés animales et végétales en informant les organismes de caractéristiques vitales et de leur environnement biologique (ARNAUD *et al*; 2003).

Les médiateurs chimiques se divisent en trois catégories, hormones, Sémiochimique intra-spécifique (phéromones) et sémiochimique inter-spécifique (allélochimiques).

L'écologie chimique, est la discipline chargée de l'étude des relations chimiques entre un organisme et son milieu, incluant tout autre organisme vivant (FEENY, 1992).

#### **III.1.1- Hormones**

Les hormones sont d'origine endocrinienne ou tissulaire, elles agissent au sein des individus, sans l'intervention d'organes sensoriels et se subdivisent en :

- Hormones *sensu stricto* agissent au sein de l'individu qui les produit (Ecdysone, hormone juvénile sécrétée respectivement par la glande prothoracique et les corpora allata).
- Allohormones transmises entre individus d'une espèce lors du nourrissage des larves ou de l'accouplement.

#### **III.1.2- Sémiochimique intra-spécifique (phéromones)**

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 (HICK *et al*; 1999).

Une phéromone, terme proposé en 1959 par KARLSON et LUESCHER, ils l'ont défini comme étant une substance sécrétée par une glande exocrine, en très petite quantité, à l'extérieur d'un individu. La phéromone est porteuse d'un message comportemental à l'adresse d'un autre individu de la même espèce qui le perçoit par voie olfactive ou gustative et chez lequel il produit une réaction spécifique, voire une modification physiologique.

D'après ARNAUD *et al.* (2003), selon leur rôle, plusieurs catégories de phéromone sont établies.

- Les phéromones sexuelles
- Les phéromones d'agrégations
- Les phéromones d'espacement

- Les phéromones d'alarme
- Les phéromones de piste
- Les phéromones de reconnaissance
- Les phéromones modificatrices

### **III.1.3- Sémiochimique inter-spécifique (Allélochimiques)**

Tout comme les éléments nutritifs, les plantes produisent des composés non nutritifs ; beaucoup de ces composés ne semblent avoir aucun rôle dans ces fonctions essentielles des plantes comme la croissance et la reproduction. Par conséquent, ils sont souvent appelés composés secondaires ou des métabolites secondaires ou allélochimiques. Il a fallu attendre les années 1950 que les scientifiques ont estimé que ces produits chimiques pourraient être comme moyens de défense chez les plantes. La recherche de la plante-hôte par les insectes est un comportement largement guidé par des phytochimiques volatiles (VISSER, 1986 ; BERNAYS et CHAPMAN, 1994). 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 (SCHOONHOVEN *et al*; 1998). D'après STREBLER (1989), 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. D'après KOUL (2005), cinq groupes de médiateurs chimiques sont rencontrés chez les végétaux, il s'agit des alcaloïdes, glycosides cyanogènes, des terpénoïdes, des composés phénoliques et des glucosinolates.

#### **III.1.3.1-Types de substances allélochimiques**

Comme les phéromones, les allélochimiques sont perçus grâce aux organes sensoriels externes des insectes. Ces substances sont adressées à des individus d'espèces différentes, présentent dans leur mode d'action comme des messages transspécifiques (BROWN *et al*; 1970). Selon l'effet bénéfique, négatif ou neutre induit sur l'émetteur et le receveur, DICKE et SABELIS (1988), ont divisé les allélochimiques en trois groupes.

##### **III.1.3.1.1- Allomones**

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, 1989). D'après ARNAUD *et al.* (2003), les allomones agissent comme répulsifs ou anti-appétants sont émises lors des relations de

compétitions entre espèces. Elles comprennent des métabolites secondaires des plantes qui empêchent la ponte ou qui induisent un arrêt de nourrissage des insectes phytophages. Selon STREBLER (1989), 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).

#### **III.1.3.1.2- Kairomones**

Les kairomones sont des composés qui présentent un avantage au récepteur. Elles orientent le phytophage ou l'ennemi naturel vers une source d'alimentation et elle peut intervenir également comme avertisseur de danger (odeurs de prédateurs) (STREBLER, 1989).

#### **III.1.3.1.3- Synomones**

Les synomones sont des médiateurs chimiques bénéfiques à l'émetteur et au récepteur (CORTESE, 2006), mais parfois au détriment d'une troisième espèce. Lorsqu'un plant de betterave est attaqué par la chenille *Spodoptera exigua*, des molécules attractives pour un micro-hyménoptère parasitoïde de cette chenille (*Cotesia marginiventris*) sont émises. Ces molécules résultent d'une réaction entre la salive de la chenille et des produits constitutifs de la plante (ARNAUD, 2003).

### **III.2- Rôles des substances allélochimiques**

Le rôle des métabolites secondaires chez les plantes est longtemps demeuré ambigu. Ces substances ont initialement été considérées comme les résidus du métabolisme primaire, ne présentant aucune utilité pour la plante. L'examen de la distribution, de la structure chimique et des modes d'action des métabolites secondaires chez divers groupes de végétaux a permis de découvrir la place qu'elles détiennent au sein du monde de l'interaction plantes-insectes. Cette influence réciproque des métabolites secondaires et des phytophages peut jouer un rôle de :

- **Répulsif**

La réduction de l'herborivorie chez des insectes phytophages, n'indique pas que la plante a produit une substance hautement toxique pour l'insecte. En effet, les substances répulsives sont généralement détectées par les ravageurs phytophages avant même la prise de nourriture (FEENY, 1976). Un des cas le plus étudié est celui des isothiocyanates de Brassicaceae. BLAU *et al.* (1978) démontrèrent le caractère répulsif de l'allylisothiocyanate pour les Lépidoptères généralistes et pour les insectes non inféodés aux Brassicaceae. La

présence de molécules secondaires répulsives ne signifie pas nécessairement une inhibition complète de la nutrition du ravageur (SCHOONHOVEN et DERKSEN-KOPPERS, 1976). Il a été montré que les charançons sont capables de tester les nutriments et les composés chimiques dans les tissus végétaux et à la surface des plantes en utilisant des chimiorécepteurs situés sur les tarsi et les pièces buccales (DETHIER, 1982 ; CHAPMAN, 1995). La production des composés volatiles par la plante peut permettre soit d'informer les autres ravageurs de la présence de concurrents phytophages soit d'attirer les ennemis naturels des phytophages. Une molécule volatile, le (E)- $\beta$ -farnésène, est produite à la fois par la plante et par le puceron et agit comme substance d'alarme chez les pucerons (BERNASCONI *et al*; 1998) ; comme elle attire les adultes d'*Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville et d'*Harmonia axyridis* Pallas, mais n'influence pas le comportement de *Coccinella septempunctata* L. (ZHU *et al*; 1999).

- **Attractif**

L'attractivité du phytophage est sous l'effet de nombreux signaux physiques comme les sons émis, les mouvements de la proie et la chaleur ; (MANGOLD, 1978) ou chimiques (odeurs) des insectes ou des plantes interviennent dans la localisation des sources alimentaires par les insectes. Lorsque les substances chimiques de la plante attirent les auxiliaires entomophages, l'émission de ces substances est considérée comme faisant partie du système de défense végétal contre les phytophages.

- **Stimulants de ponte**

Il est évident qu'en nature, les insectes phytophages ne pondent pas leurs œufs de façon aléatoire sur toutes les plantes qu'ils rencontrent dans l'habitat (MCNEIL et DELISLE, 1993). Le comportement de ponte des insectes dépend de la présence de médiateurs chimiques dans leur habitat (ALTIERI *et al*; 1981). Certaines femelles Lépidoptères sont effectivement capables de détecter à distance les arômes émanant des plantes-hôtes et utilisent ces stimuli pour choisir celles qui semblent les plus convenables pour la ponte (RAMASWAMY, 1988 ; HAYNES et BAKER, 1989 ; LANDOLT, 1989 ; TINGLE *et al*; 1990; TINGLE et MITCHELL, 1991). De façon similaire, les odeurs perçues à courte distance ou par contact direct sont d'autres stimuli intervenant dans la reconnaissance des plantes-hôtes par les femelles (DELISLE *et al*; 1989 ; RENWICK, 1989 ; RENWICK *et al*; 1992 ; VAN LOON *et al*; 1992).

- **Stimulants de nutrition**

Si certaines substances allélochimiques d'origine végétale sont toxiques ou répulsives pour de nombreux insectes, d'autres molécules secondaires de la plante sont indispensables à la nutrition des ravageurs (FRANCIS, 2003). En effet, certaines espèces de Lépidoptères inféodées aux Rosaceae répondent spécifiquement au sorbitol lorsqu'il est diffusé dans leur environnement (KOGAN, 1976 ; STADLER, 1976). De même, si certains sont capables d'extraire les nutriments du pollen (GILBERT, 1972), ils ont dans un cas comme dans l'autre fort dépendant de la présence des fleurs. Tout comme les mâles qui utilisent les phéromones pour repérer les femelles réceptives sexuellement, les femelles des papillons de nuit utilisent les composés odoriférants des fleurs pour trouver leurs plantes-hôtes (WIESENBORN et BAKER, 1990 ; HAYNES *et al*; 1991).

- **Antiappétents**

La recherche d'une source de nourriture par un herbivore est un phénomène hautement spécialisé. Les aspects physiques de la plante et l'olfaction de l'insecte peuvent être importants dans le repérage et l'acceptance de la plante-hôte ( MILLER et STRICKER, 1984), le choix de nourriture est primordialement basé sur le contact de différents allélochimiques par le biais des chiméorecepteurs de l'insecte (FRAIZER, 1986 ; STADLER, 1992). En réponse à des obstacles physiologiques tels que la présence de substances allélochimiques, les insectes phytophages possèdent des récepteurs spécifiques à ces substances et sont capables de rejeter la plante en tant que source alimentaire. Néanmoins, la présence d'antiappétent ne signifie pas nécessairement une inhibition complète de la nutrition du ravageur. En effet, SCHOONHOVEN et DERKSEN-KOPPERS (1976), ont rapporté qu'en faibles ou moyennes concentrations (de l'ordre de 0,01 M), des substances allélochimiques peuvent être tolérées. *Myzus persicae* Sultzer (Hemiptera, Aphididae) se développe sur un milieu artificiel contenant des allomones (alcaloïdes, glucosinolates) même s'il préfère une alimentation indemne de ces substances. La production de tannins par la plante vise également à réduire la valeur nutritionnelle de la plante; ce qui diminue le comportement de nutrition de nombreuses espèces d'insectes (FEENY, 1976).

- **Toxique**

Les plantes ont la capacité de synthétiser et d'accumuler des toxines tels que les aflatoxines, les alcaloïdes, les furanocoumarines, les glycosides, les terpènes... (HARBORNE, 1993). La présence de ces substances constitue un système de défense efficace

vis-à-vis des organismes phytophages.

Cependant, leur toxicité est relative. En effet, elle dépend non seulement de la nature de la toxine elle-même, de la dose ingérée mais également de l'espèce animale considérée (VINSON, 1981). ERICKSON et FEENY (1974) et LAMB (1989), ont remarqué que l'ajout de 0,1 % de sinigrine (glucosinolate, composé secondaire de Brassicaceae) dans la diète de larves de *Papilio polyxenes* F. (Lepidoptera, Papilionidae) provoque 100 % de mortalité, par contre, les insectes phytophages inféodés aux Brassicaceae ont évolué de manière à réduire l'effet toxique de ces composés et sont capables de se développer sur des plantes hôtes qui les produisent. MALCOLM (1992), a constaté que certaines espèces de pucerons sont capables d'infester des plantes-hôtes contenant une ou plusieurs substances toxiques. *Aphis buci* L. est inféodé au sureau (*Sambucus nigra* L.) contenant un composé glycoside, la sambunigrine. *Macrosiphum aconitum* Passerini se nourrit et dépend de plusieurs espèces du genre *Aconitum* (contenant l'aconitine), *Aphis nerii* L. infeste le laurier rose (contenant de l'oleadrine et de la neriine, deux cardenolides glycosides ; ces espèces de pucerons sont toxiques lorsqu'elles constituent les proies des insectes entomophages comme les coccinelles aphidiphages (HODEK et HONEK, 1996). Par ailleurs, plusieurs travaux ont démontré que les insectes phytophages généralistes sont sujets à une prédation plus importante que les ravageurs spécialistes. Cette constatation semble liée à la présence et à l'utilisation de substances secondaires de plante-hôte (CAMARA, 1997).

### **III.3. Structures réceptrices chez les insectes**

Pour répondre à la diversité des métabolites secondaires existants dans le milieu environnant, les insectes ont développé un système chimiosensoriel olfactif pour la détection des molécules volatiles (à distance) et gustatif pour la détection des molécules solubles (de contact) (PICIMBON, 2002). 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.

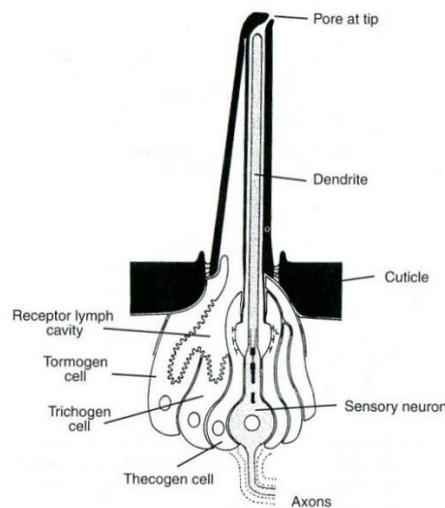
D'après STREBLER (1989), il existe différents types de sensilles selon leur fonction et le mode de développement de l'insecte. Deux caractères principaux sont dégagés, la présence d'une structure articulaire et de perforation cuticulaire, indique respectivement une mécano-réceptrice et/ou une fonction dans la chimio-réception. Dans le cas de la gustation comme de l'olfaction, les sensilles chimioréceptrices se distinguent des autres sensilles par la présence de pores. Alors que les sensilles olfactives disposent de pores très petites à la surface

des soies, les sensilles gustatives portent un pore (ou un système de pores) à l'extrémité de la soie. Ces caractères distinguent les deux modalités sensorielles de manière assez simple et relativement robuste (MARION-POLL, 2012).

L'organisation du système gustatif et olfactif chez les insectes diverge de celle des mammifères. Au contraire de ces derniers pour lesquels le goût et l'odorat sont restreints à un seul organe, le système gustatif et olfactif chez les insectes est disséminé sur plusieurs zones du corps (*proboscis*, pattes, bordure extérieure des ailes, ovipositeur et antennes).

### **III.3.1- Sensilles gustatives**

D'après RAAD (2013), le système gustatif est composé de *Gustatory Receptor Neurons* (GRNs) qui expriment des récepteurs gustatifs (Grs) au niveau des membranes de leurs dendrites. Ces dendrites baignent dans l'hémolymphe à l'intérieur d'un poil percé apicalement appelé sensille gustative. Elle contient quatre récepteurs gustatifs (GRNs) dont les dendrites sont en contact avec le pore terminal (P). Trois cellules accessoires, Thecogène (TH), Tormogène (TO), Trichogène (TR) et un neurone mécano-sensoriel (MSN) sont co-présentes avec les GRNs (Figure 10).



**Figure 10:** Structure de la sensille gustative (AMREIN et THORNE, 2005).

D'après DE BRUYNE et WARR (2006), parmi les multiples types de sensilles gustatives existants, on peut distinguer :

#### **III.3.1.1- Les sensilles du goût type trichodea (taste bristles)**

Chaque sensille contient entre 7 et 9 cellules dont 2 à 4 neurones gustatifs, 1 neurone mécanosensoriel et 3 cellules non neuronales accessoires. Chaque neurone gustatif projette

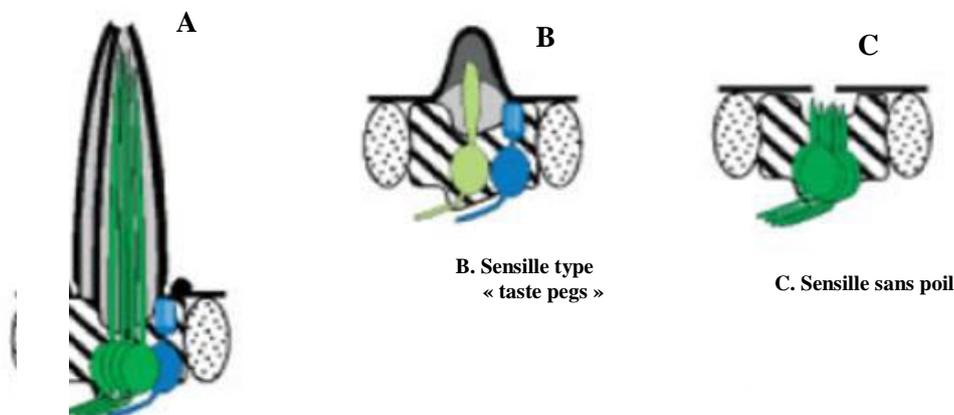
une dendrite vers le sommet du poil au niveau de l'ouverture (pore) et de l'autre côté il projette son axone vers les ganglions thoraciques (Figure 11 A).

### III.3.1.2- Les sensilles du goût type « taste pegs »

Il existe environ 35 sensilles de ce type chez la drosophile constituées chacune d'un neurone gustatif et d'un neurone mécanosensoriel. Ces organes gustatifs sont alignés le long des rainures du *labellum* et font donc partie du dispositif contrôle pour évaluer les liquides avant leur aspiration dans le tube digestif (DE BRUYNE et WARR, 2006) (Figure 11 B).

### III.3.1.3- Sensille sans poil (Hairless sensillum)

Ces sensilles sont présentes dans la cavité buccale. Elles contiennent 4 neurones sensoriels qui rentrent en contact avec la nourriture avant qu'elle ne soit ingérée dans l'oesophage (DE BRUYNE et WARR, 2006) (Figure 11 C).

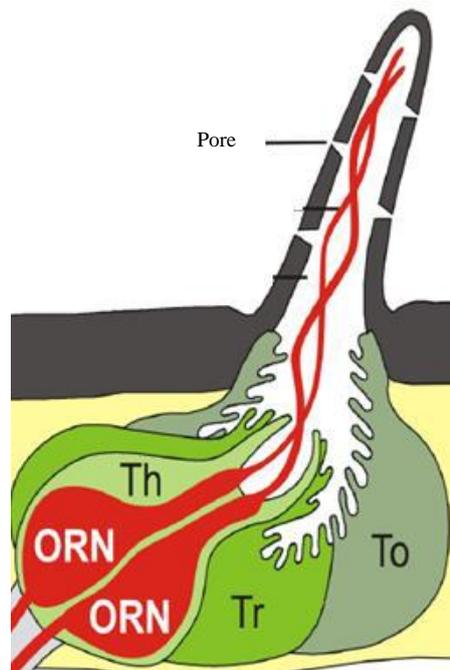


**Figure 11:** différent A. Sensille de goût sensilles gustatives. A : sensille trichodea associée à un poil long ; B : sensille type « taste pegs » et C : sensille sans poil. Les GRNs (Gustatory Receptors Norons) sont en vert et le neurone mecano-sensoriel en bleu (DE BRUYNE et WARR, 2006).

### III.3.2- Sensilles Olfactives

D'après PICIMBON (2002), 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. 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. On distingue plusieurs types des

sensilles olfactives qui diffèrent au niveau de la forme et de la fonction. Ces sensilles contiennent en général 1-4 neurones olfactifs accompagnés des cellules accessoires : une cellule trichogène (TR), une cellule tormogène (TO) et une cellule thocogène (TH). Les molécules odorantes passent à travers les pores vers la lymphe de la sensille où elles se lient à des petites protéines globulaires « protéines liant les odeurs » (Odorant Binding Proteins, (OBPs)) de 135-220 acides aminés de nature hydrophobe, synthétisées dans les cellules accessoires qui entourent les neurones et sont présentes dans l'espace extracellulaire, pour être ensuite transportées vers des récepteurs au niveau des dendrites des neurones olfactifs. Il est à noter que les OBPs ne sont pas restreints aux tissus olfactifs et gustatifs, sont des protéines abondantes, déposées sur l'ensemble de la cuticule et devraient de toute évidence participer à d'autres fonctions inconnues (PICIMBON, 2002 ; RAAD, 2013) (Figure 12). Ces types de sensilles sont décrits ci-dessous.



**Figure 12:** Structure de la sensille olfactive. (RAAD, 2013).

**Th:** Cellule thécogène; **Tr:** Cellule trichogène; **ORN:** Neurone recepneur olfactif; **To:** Cellule thormogène

### III.3.2.1- Sensilles Basiconiques (BS)

Ce sont des sensilles dont le poil creux contient plusieurs pores de 30 nm de diamètre.

Il existe des sensilles contenant 2 neurones, et d'autres contenant 2-4 neurones. Les sensilles basiconiques sont impliquées dans la perception des alcools à chaîne courte et des acides gras (Figure 13).



**Figure 13:** Structure de la sensille basiconique (DE BRUYNE et WARR, 2006).

### III.3.2.2- Sensilles Trichoïdes

Elles correspondent à des sensilles dont le poil est multi poreux avec un diamètre de pore de 10 nm. Chaque sensille contient de 1-3 neurones (Figure 14).



**Figure 14:** Structure de la sensille Trichoïdes (DE BRUYNE et WARR, 2006).

### III.3.2.3- Sensilles Coeloconiques

Correspondant à des sensilles dont le poil est caractérisé par des rainures longitudinales au niveau de leur surface. Chaque sensille contient 3 neurones (Figure 15).



**Figure 15 :** Structure de la sensille Coeloconiques (DE BRUYNE et WARR, 2006).

## **Chapitre IV : Interaction « palmier dattier-*Ectomyelois ceratoniae* »**

### **IV.1- Introduction**

La vie au Sahara serait impossible sans l'existence du couvert végétal composé essentiellement de palmiers. Ce couvert végétal permet à la fois de faire face à l'hostilité du désert par la création d'un méso-climat plus modéré, de satisfaire les besoins alimentaires des hommes et du bétail et fournir beaucoup de produits énergétiques de base et de matériaux de construction (IDDER, 2002). La nature particulière du palmier dattier et de ses exigences climatiques qui font de l'environnement oasien un milieu particulier (MUNIER, 1973). Cependant, il constitue un milieu extrêmement favorable à l'installation et la prolifération de certains bio-agresseurs (MESSAR, 1995). D'ailleurs, le palmier dattier est soumis aux attaques de plusieurs ravageurs sur le tronc et sur les dattes (KHOUALDIA *et al.*; 1995); entre autre la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*). D'après DAKHIA *et al.* (2013), quelque soit le bassin phoenicicole, la pyrale des dattes est considérée parmi les ravageurs les plus redoutables. Les dégâts d'*E. ceratoniae* débutent sur le palmier et se poursuivent dans les stocks, généralement causés par les larves, en dépréciant la qualité des dattes, en envahissant toutes les dattes stockées en 3 ou 4 mois (ORSTOM, 1979).

Selon VISSER (1986) et BERNAYS et CHAPMAN (1994), la recherche de la plante-hôte par les insectes est un comportement largement guidé par des phytochimiques volatiles. L'aptitude d'une espèce, à recevoir de façon plus ou moins pertinente, les indications que lui fournit l'environnement et à y répondre, détermine l'importance de sa population (STREBLER, 1989).

### **IV.2- Activité saisonnière d'*E. ceratoniae* dans la palmeraie**

Au niveau des palmeraies, les dégâts provoqués par la pyrale des dattes sont occasionnés par les stades larvaires. D'après GOTHILF (1970), WARNER (1988) et NAY (2006), cette pyrale passe l'hiver sur multitude d'hôtes et de substrats sous différents stades larvaires. Selon les mêmes auteurs, l'*E. ceratoniae* est une espèce polyvoltine, dont le nombre de génération varie de 1 à 5 générations. La durée du cycle est en relation avec la plante-hôte, le degré de maturité du fruit et la saison (DOUMANDJI, 1981).

#### **IV.2.1- Comportement de ponte d'*E. ceratoniae* sur le palmier dattier**

La pyrale des dattes passe l'hiver à l'état larvaire dans les dattes restées à la base du rachis (cournaf) ou tombées sur le sol après la récolte et même dans des fruits momifiés de grenadier et de figuier (COX, 1976).

D'après CHAPOT et DELUCCHI (1964) ; WERTHEIMER (1958) cités par DOUMANDJI (1981), dans les oasis, quatre générations ont été enregistrées. Au cours de cette période de l'année, les seuls hôtes disponibles sont en grande majorité étant composés de fruits tombés par terre (NAY, 2006).

Selon GOTHILF (1968), GOTHILF (1969), NAVARRO *et al.* (1986) et AL-IZZI *et al.* (1987) cités par NAY (2006), une femelle peut émettre de 100 à 300 œufs durant sa vie, mais la valeur de 100 à 200 reste la plus fréquente. Les femelles d'*E. ceratoniae* déposent leurs œufs sur la surface externe de la datte, dans les plis, les déchirures aussi bien que sous le calice. Après l'éclosion la larve néonate pénètre dans le fruit (WARNER, 1988).

D'après DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1976), plus de 82 % des œufs émis présentent une durée d'incubation de 105 à 140 heures. Dès l'éclosion la chenille néonate de 1 millimètre de long, cherche un abri et une source d'alimentation (DOUMANDJI-MITICHE, 1977 ; DOUMANDJI, 1981).

Dans la palmeraie, il a été constaté que certains cultivars de dattes sont attaqués, alors que d'autres ne le sont pas. D'après VILARDEBO (1975), le facteur variété joue un rôle qui peut être important dans l'écologie de la pyrale des dattes, par conséquent, sur le niveau des attaques.

En effet, l'étude menée par IDDER *et al.* (2009), sur le taux d'infestation d'*E. ceratoniae* sur différents cultivars de dattes a abouti à : Parmi les 13 cultivars étudiés, le cultivar Takermoust est le plus infesté avec des taux de 57 %, et les cultivars Ben-Azizi, Ghars, et Tafzouine sont les moins infestés avec des taux ne dépassant pas 2 à 3 %. Ces variations du taux d'infestation au cours du même stade phénologique et larvaire et au sein de la même palmeraie, menent plusieurs chercheurs à juger probable qu'il existe d'autres facteurs intrinsèques des cultivars qui peuvent influencer l'attractivité du ravageur vers un cultivar donné.

Effectivement, d'après IDDER-IGHILI (2008), le taux d'infestation plus élevé de certains cultivars de dattes pourrait être dû à une variabilité des substances volatiles émises, exerçant des effets plus ou moins accentués d'attractivité ou de répulsion. De telles substances pourraient non seulement provenir des fruits, mais aussi d'organismes associés (micro-organismes).

#### **IV.2.2-Effet des stades phénologiques de la datte sur l'infestation d'*E. ceratoniae***

Au cours de son cycle biologique dans la palmeraie, *E. ceratoniae* pullule la datte dans ses différents stades de développement du fruit. Selon WARNER (1988), WARNER *et al.* (1990) et NAY *et al.* (2006), le stade Blah (Kimri) est le premier stade phénologique à pouvoir être infesté. Ce stade de fruit se caractérise par une augmentation rapide de la taille, une coloration verte et une très faible teneur en sucres accumulés. Au cours de ce stade, qui coïncide généralement avec le mois de juin, que le dattier manifeste le phénomène d'abscission (chute physiologique (naturelles) des fruits (El-ghiwène); appeler encore par les phoeniculteurs américains, (June drop) qui signifie la « chute de juin ». A ce stade, les dattes deviennent fortement infestés par les larves de la pyrale des dattes, notamment lorsque ces fruits sont détachées des régimes et se retrouvent coincés dans ces derniers (NAY et PERRING, 2005). En fait, ces mêmes auteurs, ont estimé leur nombre de 34 000 et 205 000 dattes détachées dans une superficie de 0,4 ha.

En outre, la pyrale des dattes attaque les dattes du stade Bser (Khalal, 3<sup>ème</sup> stade). Ce stade est caractérisé par un changement de couleur du vert au jaune, au rouge ou au vers une autre couleur, selon le cultivar. Durant le stade Bser, la datte atteint sa taille maximale et son contenu en eau. D'après WARNER (1988), Ces fruits deviennent disponibles pour l'infestation par *E. ceratoniae*.

Par ailleurs, les dattes du stade Martouba (Routab, 4<sup>ème</sup> stade), perdent une partie de leur humidité, comme elles convertissent les sucres ; à cette phase, les fruits peuvent être aussi attaquées par les larves en pénétrant à l'intérieur à travers le calice ( DOUMANDJI, 1981 ; WARNER, 1988 ; BARREVALD, 1993).

La maturation finale de la datte est marquée par le stade T'mar (Tamr, 5<sup>ème</sup> stade), dans cette phase, les dattes sont commercialisables, toute infestation conduit à des pertes économiques considérables (NAY, 2006).

#### **IV.3- Ecologie chimique d'*E. ceratoniae***

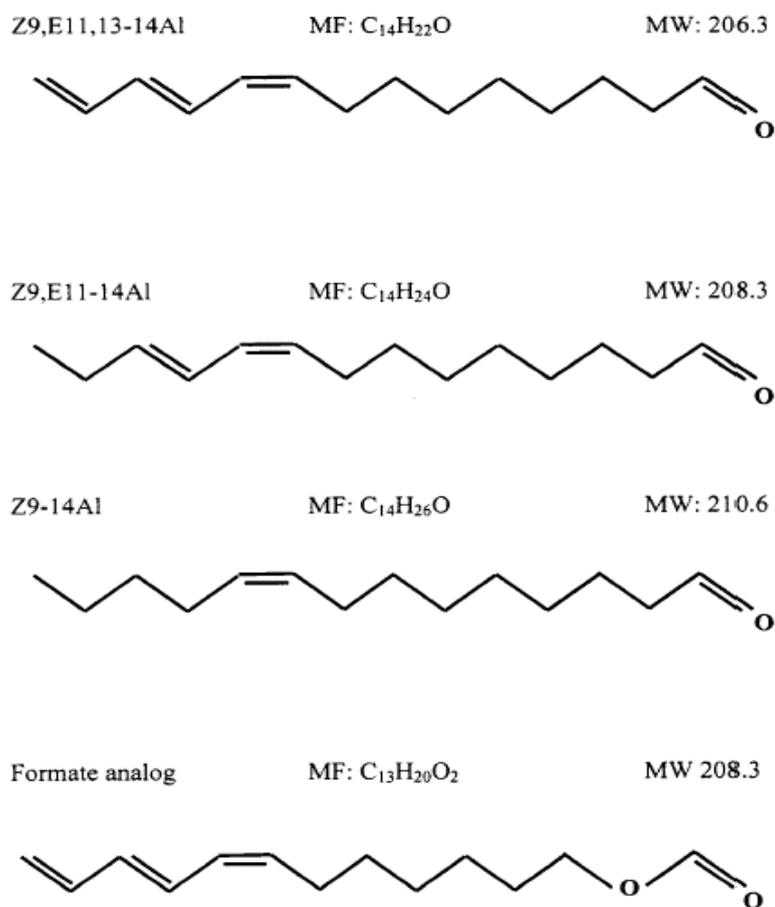
##### **IV.3.1- Pheromone**

Chez les Lépidoptères le rapprochement sexuel se réalise par l'émission des substances volatiles connues sous le nom de phéromones, substances qui inhibent ensuite les défenses d'individu à individu et permettent l'accouplement (STREBLER, 1989).

L'identification de la phéromone sexuelle d'*E. ceratoniae* par BAKER *et al.* (1989), a mis en évidence sa composition chimique, il s'agit d'un mélange de trois aldéhydes insaturés isolés d'un extrait glandulaire des femelles à savoir : Z, E-9, 11,13-tetradecatrienal

(trienal) qui est le composant majeur, (Z, E)-9,11-tetradecadienal (dienal) et (Z)-9-tetradecenal (monoenal) qui sont des composants mineurs. Les trois composés évoquent une activité des antennes des mâles enregistrée par l'électroantennographe (EAG). Les tests physiologiques montrent que Z, E-9, 11,13-tetradecatrienal pousse les mâles à se mouvoir et à s'envoler ; alors que (Z, E)-9,11-tetradecadienal (dienal) et (Z)-9-tetradecenal améliorent les réponses de vols (TODD *et al*; 1992).

L'utilisation potentielle des phéromones synthétisées (analogues) dans des programmes de perturbation des accouplements des ravageurs a suscité beaucoup d'intérêt. Des pièges de type pherocon IC munis de capsules qui contiennent des composés à base de (Z, E)-9,11-tetradecadienal et (Z)-9-tetradecenal, synthétisés à l'échelle industrielle sont disponibles sur le marché (MILLAR, 1990 ; BAKER *et al*; 1991) (Figure 16). Par contre la synthèse de la Z, E-9, 11,13-tetradecatrienal (composant majeur) en quantité commerciale s'avère très difficile, à cause de son instabilité lorsqu' il est exposé à l'air et la lumière. Ainsi que, la cherté de sa synthèse (CURTIS *et al*; 1987 ; TODD *et al*; 1992 ; MILLAR *et al*; 1996). La (Z, E)-7,9,11-dodecatrienyl est un analogue de la Z, E - 9, 11,13-tetradecatrienal qui a été obtenu par TODD *et al*. (1992), semble être très efficace en tant qu'attractant pour les mâles d'*E. ceratoniae* et plus stable sous les conditions climatiques les plus rudes.



**Figure 16:** Comparaison squelettique des composants majeurs, mineurs et analogue de la phéromone sexuelle d'*E. ceratoniae* (NAY, 2006). MW : poids moléculaire.

### IV.3.2- Kairomones

Les substances produites par les dattes, libérées dans l'environnement, déclenchant une réponse comportementale chez l'*E. ceratoniae*, ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche.

En effet, les études menées par GOTHILF (1964) cité par GOTHILF *et al.* (1975) ; COSSE *et al.* (1994), ont ôté le voile des stimuli chimiques représentés par des composés volatiles émis par les dattes ou les caroubes (*Ceratonia siliqua* L.) infestés par le champignon *Phomopsis* sp ; ces substances attirent les femelles d'*E. ceratoniae* en phase de ponte. D'après GOTHILF *et al.* (1975), ces composés sont : des alcools simples, en particulier, l'éthanol, 1-propanol, 2-propanol, 1-butanol. Par ailleurs, COSSE *et al.* (1994), ont noté que

l'héxanoate d'éthyle, éthanol et acétaldéhyde sont des stimulants d'oviposition de la pyrale des dattes.

En outre, MELGAREJO *et al.* (2011), VÁZQUEZ-ARAÚJO *et al.* (2011), et BACHROUCH *et al.* (2010), ont identifié le  $\beta$ -caryophyllène (sesquiterpènes) dans les fruits du grenadier et du pistachier, entant que composé actif électrophysiologiquement (EAG) chez les femelles d'*E. ceratoniae*. D'après GUIDO *et al.* (2011) et HOSSEINI (2017), le  $\beta$ -caryophyllène n'a jamais été identifié dans les dattes que ce soit saines ou infectées.

D'ailleurs, HOSSEINI (2017), a noté que le  $\beta$ -caryophyllène a un potentiel de le mettre en œuvre au sein d'un programme de lutte intégrée contre cette pyrale. D'autant plus que, le  $\beta$ -caryophyllène a déjà été utilisé avec succès dans le piégeage de l'eudémis de la vigne *Lobesia botrana* (ANFORA *et al.*; 2009), l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) (CROOK *et al.*; 2008), et de la chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera virgifera*) (HAMMACK 2001).

Selon LEWIS *et al.* (1980), HOWSE *et al.* (1998), COX (2004) et COSSE *et al.* (1994), plusieurs utilisations possibles des kairomanes de dattes sous forme de pièges. Ils sont considérés comme un meilleur outil de :

- La surveillance de la population de l'*E. ceratoniae* (ainsi que d'autres ravageurs des dattes) que les pièges à phéromones classiques ;
- La perturbation de la ponte ;
- La répulsion du ravageur ;
- La détermination des aptitudes de vol de la pyrale des dattes (rayon de déplacement) ;
- Piégeage de masse par le biais des appâts;
- Evaluation de l'efficacité des programmes de confusion sexuelle en déterminant la proportion de femelles accouplées. Ces données de capture fourniront plus d'informations sur la réussite ou l'échec de ces programmes.

En outre, Il a été démontré que les femelles vierges et non vierges ainsi que certains mâles d'autre espèces de Lépidoptères étaient attirés par ces kairomones mais avec des taux différents (TINGLE *et al.*; 1989).

### IV.3.3- Impact des variations géographiques sur les préférences alimentaires d'*E. ceratoniae*

L'examen minutieux de certains travaux qui ont été conduits à travers le monde sur *E. ceratoniae*, révèle que cette pyrale est un ravageur polyphage, dont son hôte principal diffère en fonction de la zone de son aire de répartition. L'hôte principal dans une zone donnée ne sera pas forcément dans une autre zone en présence d'une autre plante-hôte préférée.

Selon DOUMANDJI (1981), NAY *et al.* (2006), VETTER *et al.* (2006), en Afrique du Nord, Amérique du Nord et au Moyen-Orient, les principales plantes hôtes de cette pyrale sont les grenades et les dattes ; ces espèces sont largement cultivées. Cependant, en Amérique du Nord, la pyrale est le principal ravageur des dattes en causant un préjudice économique à l'industrie dattière, en particulier aux USA ; mais elle n'est pas répertoriée sur la grenade.

En revanche, au Moyen-Orient, le grenadier est la plante-hôte principale d'*E. ceratoniae* mais elle n'a pas encore été signalée sur le dattier ; alors que c'est une culture très commune dans la région (KASHKULI et EGHTEDAR, 1975, HOSEINI *et al.*; 2014 et SOBHANI *et al.*; 2015).

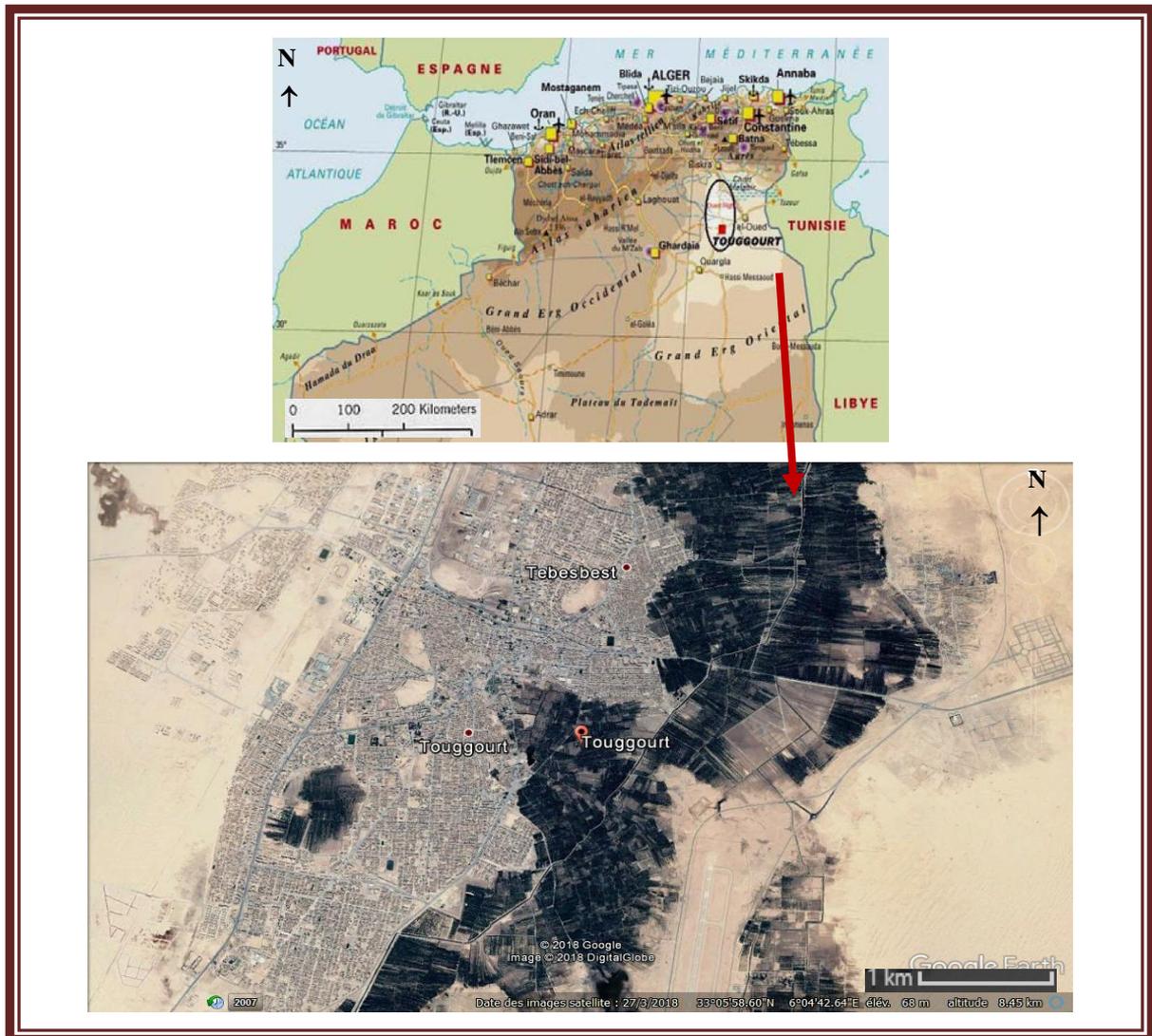
Du point de vue de HOSSEINI (2017), la capacité de détecter un composé végétal au niveau de l'antenne ne signifie pas nécessairement que le composé est associé à la reconnaissance de la plante-hôte. Au Moyen-Orient, l'adaptation d'*E. ceratoniae* à la grenade a conduit à une sensibilité élevée au  $\beta$ -caryophyllène, qui est présent dans le pistache avec les mêmes quantités relatives, toutefois, les grenades sont les plus attractives. Le même auteur ajoute, qu'il est intéressant de déterminer les tendances d'attraction d'*E. ceratoniae* en Amérique du Nord vers les dattes et vers les grenades et le pistache au Moyen-Orient.

## PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE

### Chapitre I : Présentation de la région d'étude

#### I.1- Situation géographique

La région de Touggourt, dépend administrativement de la wilaya d'Ouargla, dont elle y distante de 160 km. Elle est située au Sud-Est de l'Algérie, à une distance de 600 km de la capitale Alger. Elle couvre une superficie de 216 km<sup>2</sup> (21 600 hectares) occupée par une population de 143 270 habitants (O.N.S.A ; 2008). Elle est située au Nord-Est de la partie septentrionale du Sahara (Latitude: 33.1, Longitude: 6.0666., 33°6'0" Nord, 6°3'60" Est). C'est une région plane de faibles altitudes allant de 62-70 m (GOOGLE MAPS, 2008) (Figure 17).



**Figure 17:** Présentation géographique et satellitaire de la région de Touggourt (CARTE VILLE AEROPORT ALGERIE, 2018 ; GOOGLE EARTH, 2018).

## **I.2- Milieu physique**

### **I.2.1- Ressources édaphiques**

La région d'étude est caractérisée par des sols peu évolués, d'origine mixte alluvionnaire, colluviale et éolienne, les deux premières proviennent de l'érosion du niveau encroûté datant du Quaternaire ancien ou du Mio-Pliocène alluvionnaire ; ils contiennent une très forte proportion de cristaux de gypses (40 %) de différentes tailles, constituant le matériau homogène des horizons superficiels et peu profonds situé à moins de 70 cm. Son taux d'argile varie entre 5 à 10 % et sa texture est limono-sableuse ou sablo-limoneuse. Ces sols sont également très salés avec un pH légèrement alcalin varie entre 7.5 et 8.5 (SOGETHA-SOGREAH; 1970).

### **I.2.2- Ressources hydriques**

La région de Touggourt recèle des potentialités hydriques considérables accumulées dans son sous-sol, représentée par deux grands systèmes aquifères multicouches ; le Continental Intercalaire (C.I) et le Complexe Terminal (C.T), appartenant au Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). Le C.I ; «Albien » est une nappe captive profonde, (1500-2500 m) qui est partagée entre trois pays maghrébins l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie algérienne couvre 600 000 km<sup>2</sup> ; elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 60 000 milliards de m<sup>3</sup> environ. Quant à la C.T ; englobe un ensemble de nappes, dont la profondeur varie entre 200 à 400 m. Elle s'étend sur près de 350000 km<sup>2</sup> (UNESCO, 1972 ; UNESCO, 2006 ; BENSAAAD, 2011).

### **I.2.3- Caractéristiques climatiques**

Le climat de la région de Touggourt est typiquement Saharien ; sec et aride, accusant un écart de températures important diurne et nocturne et entre saisons.

En effet, la lecture des données climatiques (Tableau 3) enregistrées durant la période d'étude (2011-2016), a permis de noter:

La période allant de juin à septembre est la période la plus chaude, dont les mois de juillet et août dénotent les températures les plus élevées. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 24.23 °C avec de fortes variations saisonnières constatées entre les mois de juillet et janvier.

Par ailleurs, les précipitations sont très faibles, irrégulières et capricieuses, leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de mai jusqu'au mois d'août. La hauteur des précipitations annuelles varie entre 18.2 et 66.3 mm.

Quant à l'humidité relative de l'air, les valeurs sont relativement homogènes dans l'ensemble. Les moyennes mensuelles varient entre 24 % et 70 %, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 46 %. Juillet est le mois le plus sec, décembre et janvier sont les mois le plus humides (Tableau 3).

**Tableau 3:** Données climatiques de la région de Touggourt durant la période d'étude allant de 2011 jusqu'à 2016 (O.N.M ; Touggourt, 2016).

Années	Facteurs	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Juin.	Juill.	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Moy.
2011	Température (°C)	11.6	12.2	15.9	22.3	24.9	<u>29.6</u>	<u>34.8</u>	<u>33.4</u>	<u>31.3</u>	21.6	16.6	12.1	22.2
	Humidité relative (%)	63	60	57	50	48	41	30	32	38	56	57	65	59.7
	Précipitation (mm)	0.1	0.8	8.3	4.5	4.2	0.2	00	1.7	0.4	0.6	00	0.6	21.4*
2012	Température (°C)	10.5	9.7	16.5	21.3	26.6	<u>34</u>	<u>36.2</u>	<u>34.6</u>	<u>29.2</u>	24.5	18.4	11.3	22.7
	Humidité relative (%)	59	52	45	42	37	29	24	26	33.9	43	53	54	41.5
	Précipitation (mm)	3.5	00	00	7.3	00	00	00	00	3.4	2.6	1.4	00	18.2*
2013	Température (°C)	12,8	13,5	19,3	23,6	27,1	<u>31,4</u>	<u>34,4</u>	<u>32,1</u>	<u>31</u>	27,6	17,7	12	23,8
	Humidité relative (%)	52	49	40	38	35	30	29	29	41	40	55	70	42,3
	Précipitation (mm)	0,9	1,6	05	15,5	00	00	00	7,6	00	0,2	6,5	18,5	55,8*
2014	Température (°C)	13	15,6	17,2	24,3	28,2	25,7	<u>34,7</u>	<u>34,8</u>	<u>32,4</u>	26,4	19,2	12,6	22,8
	Humidité relative (%)	65	56	57	41	38	35	32	36	40	42	54	65	46,8
	Précipitation (mm)	2,2	00	5,2	00	0,6	0,3	00	00	6,1	0,9	7,5	1,9	24,7*
2015	Température (°C)	11,2	12,2	17,3	24,2	29,8	<u>31,4</u>	<u>31,6</u>	<u>34,3</u>	<u>32,6</u>	23,7	18	12,4	23,5
	Humidité relative (%)	61	54	47	38	36	34	28	36	45	49	62	70	46,7
	Précipitation (mm)	0,9	42,9	12,4	00	00	0,1	00	2,6	7,3	0,1	00	00	66,3*
2016	Température (°C)	20,3	21,8	24,2	31	34,8	<u>39,6</u>	<u>41,3</u>	<u>40,1</u>	<u>35,8</u>	33,1	23,8	19,2	30,4
	Humidité relative (%)	57	50	40	46	32	32	33	33	45	44	56	38	41,8
	Précipitation (mm)	00	02	3,4	11,2	4,1	00	00	00	5,4	00	4	5	36,1*

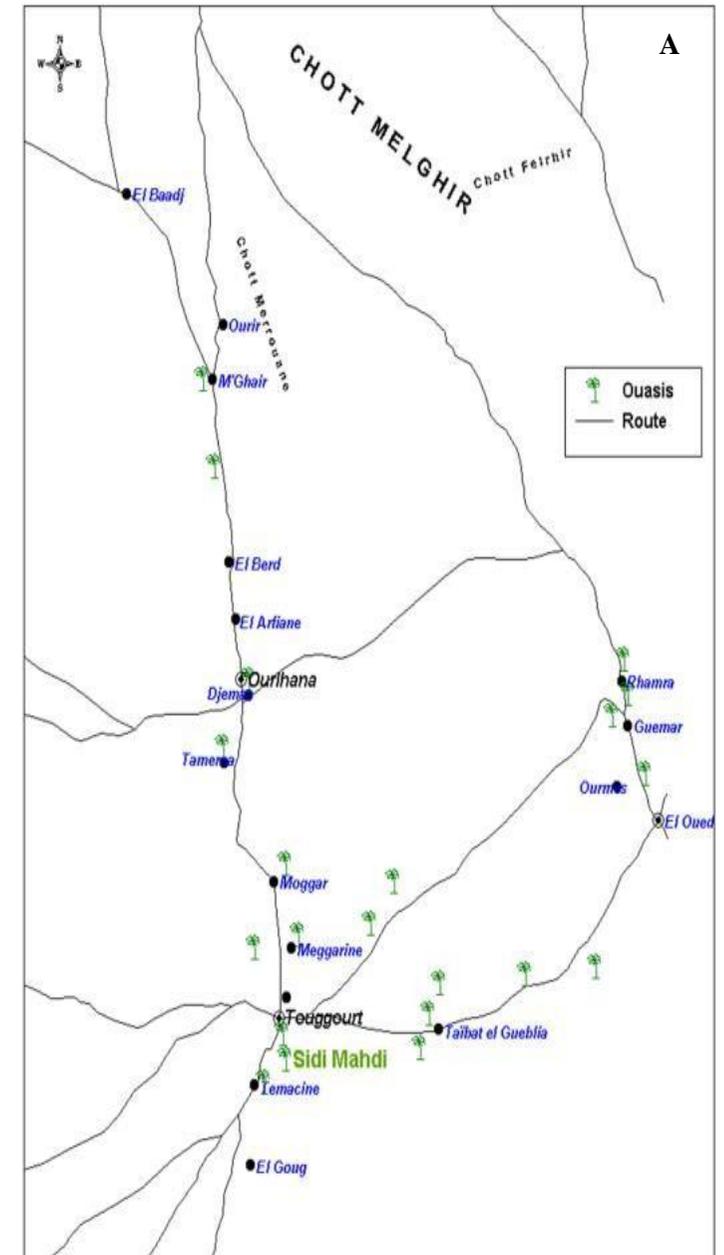
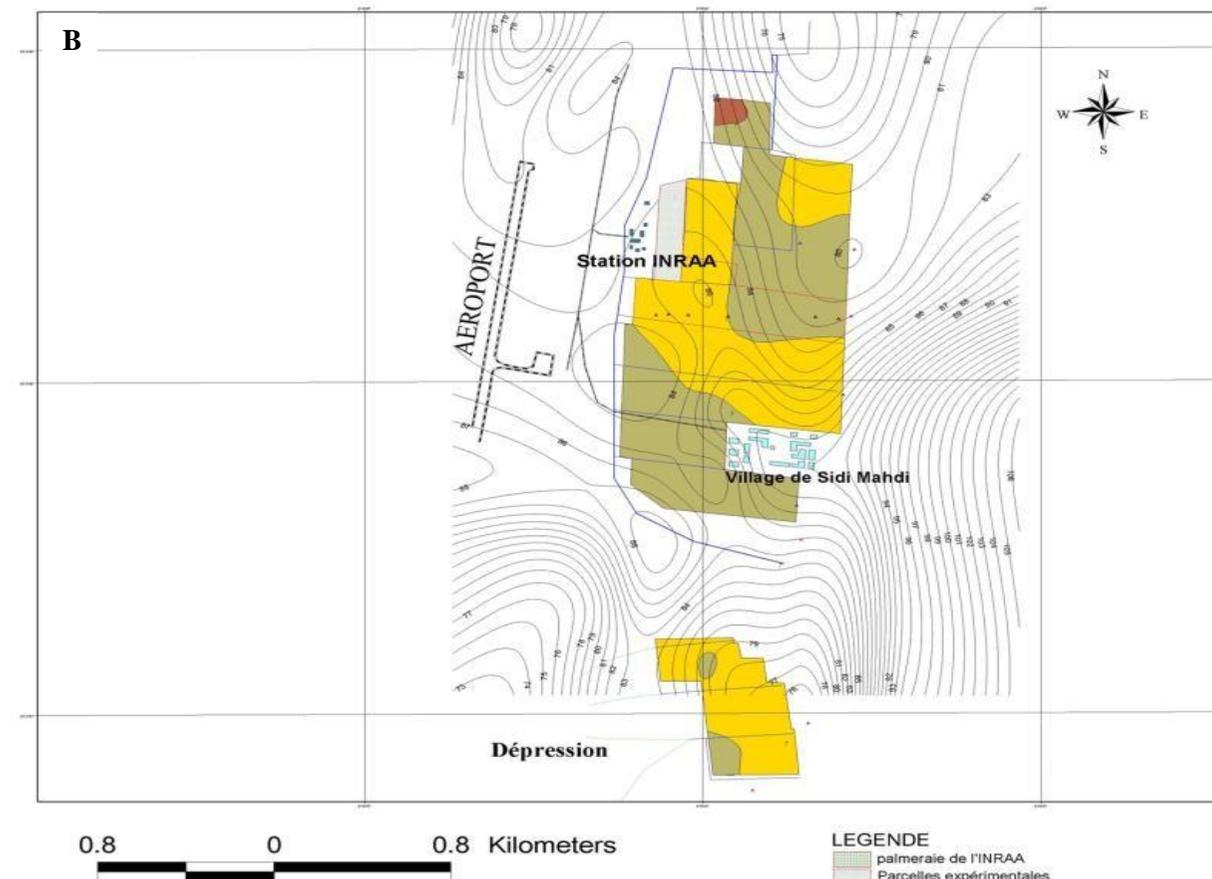
\* : cumul de la hauteur des précipitations annuelle.

### I.3- présentation de la station d'étude

L'étude en plein champs s'est déroulée dans l'exploitation de la station expérimentale de l'INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), située à Sidi Mahdi (Touggourt). Cette station régionale est située à 7 Km au Sud-Est du chef lieu de la daïra de Touggourt sur le plateau oriental de l'Oued-Righ. Elle a été créée par le service des études scientifiques de l'hydraulique en 1959 au sein d'un périmètre irrigable de 150 ha, puis transférée à l'INRAA qui assure sa gestion depuis 1966 à ce jour. Le domaine expérimental s'étend sur 52 ha de surface totale dont 30 ha de surface agricole utile et comporte 25 ha, de palmier dattier de variété Deglet-Nour (plantés en 1959). En 1999, une superficie d'un hectare (1 ha) est réservée à une collection de cultivars provenant des régions d'Oued-Righ et Oued-Souf. Une superficie de 04 ha de terres nues est destinée aux cultures fourragères et maraîchères (Figure 18). La palmeraie de la station d'étude a une plantation régulière d'un espacement de 10m x 10m, soit une densité de 100 pieds/ha.

Par ailleurs, l'irrigation des palmiers est faite par submersion le long des planches de 100 mètres de longueur et de 2 mètres de largeur et l'eau côtoie les palmiers d'un seul côté. Les fréquences d'irrigation sont en fonction de la saison; en hiver, les fréquences sont d'une fois tous les 10 et voire même 15 jours. Quant en été, sont d'une fois tous les 10 jours. En revanche, aucune fertilisation minérale ou organique n'a été apportée durant les campagnes d'étude, allant de 2011-2012 jusqu'à 2015-2016. Contrairement aux palmeraies anciennes, l'opération de la pollinisation est assurée par la pratique de la pollinisation semi-mécanique. Il s'agit de l'usage d'un mélange qui comporte de 7 à 10 % de grains de pollen pur et un substrat (amidon, plâtre...). L'opération est assurée par le poudrage des spathes ouvertes des palmiers femelles par le biais d'une poudreuse à moteur, développée au niveau de la station expérimentale INRAA de Touggourt.

Le calendrier phytosanitaire de la palmeraie comprend deux applications chaque campagne. Ces dernières sont destinées à lutter contre *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (pyrale) et *Oligonychus afrasiaticus* Mc Gregor (Boufaroua) par l'utilisation d'un produit à double effet (Insecticide/acaricide) ; il s'agit de VAPCOMIC 1.8 EC à la dose de 62.5 ml/hl d'eau. Le premier traitement est appliqué vers la deuxième quinzaine du mois de mai. Alors que, le deuxième est effectué durant la première semaine du mois d'août.



**Figure 9:** Cartes de la station d'étude.

**A :** Situation de la palmeraie de Sidi-Mahdi dans la vallée d'Oued-Righ.

**B :** Carte de la palmeraie de Sidi-Mahdi (SOGETHA-SOGREAH ; 1970 et SIG/INRAA ; 2005)

- LEGENDE**
- palmeraie de l'INRAA
  - Parcelles expérimentales
  - Profil pédologique
  - Systeme de drainage
    - Drain principal
    - Drain secondaire
    - Points de sondage
    - Courbes de niveau
    - Routes
  - Infrastructures urbaines
  - Locaux INRAA
  - Forages
    - albien
    - complexe terminal
  - Carte pédologique SOGETA-SOGREAH
    - sOL hydromorphe minéral à croute de gypse
    - sol hydromorphe à tache de gypse
    - sol peu évolué non climatique

## Chapitre II : Matériels et méthodes

### II.1- Matériel expérimental

#### II.1.1- Matériel végétal

Trois cultivars de palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. ont fait l'objet de cette étude. Il s'agit de : Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha. Le patrimoine phoenicicole national compte 6 534 440 pieds de la Deglet-Nour, 7 884 070 pieds de Degla-Beidha et analogues (dattes sèches) et 2 675 120 palmiers de cultivar Ghars et analogues (dattes molles) (M.A.D.R.P; 2006). Ces cultivars constituent environ 70 % du patrimoine phoenicicole de l'Algérie (M.A.D.R.P; 1996). En 2015, la Deglet-Nour a représenté 53% de la production totale de dattes (ONFAA; 2017). Les caractéristiques agronomiques du matériel végétal retenu lors cette étude sont illustrées sur le tableau 4.

**Tableau 4:** Caractéristiques agronomiques des cultivars choisis (BELGUEDJ, 1996 ; HANNACHI *et al*; 1998 ; BELGUEDJ *et al*; 2002).

Caractéristiques	Cultivars		
	<i>Deglet-Nour</i>	<i>Ghars</i>	<i>Degla-Beidha</i>
<b>Maturité</b>	Maturité : Octobre- novembre  Récolte : Novembre- décembre	Maturité : Août- septembre  Récolte : Septembre	Maturité : octobre  Récolte : octobre
<b>Rendement</b>	Assez bon à bon	Elevé	Très élevé
<b>Capacité à donner des rejets</b>	Moyenne à importante	Importante	Moyenne à importante
<b>Sensibilité à la fusariose</b>	Très sensible	Sensible	Inconnue.
<b>Teneur en matière sèche</b>	Assez élevée	Moyenne à faible	Faible

Par ailleurs, le tableau 5 illustre les caractéristiques descriptives de ces cultivars.

**Tableau 5:** Caractéristiques descriptives des cultivars choisis (BELGUEDJ, 1996 ; BELGUEDJ *et al*; 2002 ; HANNACHI *et al*; 1998).

Caractéristiques	Cultivars		
	<i>Deglet- Nour</i>	<i>Ghars</i>	<i>Degla-Beidha</i>
<b>Sens du nom</b>	Doigt de lumière	Pâteux et collant	Datte blanche
<b>Importance</b>	Le plus répondu en Algérie (≈ 53%)	Abondant dans les palmeraies du Sud-Est Algérien	Abondant dans toutes les palmeraies du Sud-Est Algérien (≈ 37%).
<b>Stipe</b>	Elancé et de forme cylindrique.	Cylindrique ou tronconique de diamètre important.	Cylindrique, trapu et portant beaucoup de lif.
<b>Palmes</b>	-Couleur : vert foncé à vert jaunâtre. -Longueur : 370 à 480cm -Largeur : 85 à 145 cm -Nombre : ≈ 70 garnies de 173 folioles en moyenne. -Epines réparties sur la base de la palme dont le nombre est de 38, disposées 2 par 2	-Couleur : vert prononcé -Longueur : 370 à 510cm -Largeur : 60 à 95 cm -Nombre : ≈ 50 garnies de 200 folioles en moyenne. -Epines réparties sur la base de la palme dont le nombre est de 18 paires. disposées par groupe de 2 seulement	-Couleur : vert foncé à bleuâtre. -Longueur : 300 à 380cm -Largeur : 80 à 85 cm -Nombre : ≈ 60 garnies de 190 folioles en moyenne -Epines réparties sur la base de la palme, disposées par groupe de 2 ou de 3
<b>Spadice</b>	-Longueur : 140 à 260 cm -Orientation : pendante -Couleur : jaune orange	-Longueur : 180 cm -Orientation : dressée -Couleur : jaune orange	-Longueur : 130 à 140 cm -Orientation : oblique -Couleur : jaune orange
<b>Fruit</b>	-Forme : ovoïde ou droite -Taille : petite ou moyenne -Couleur : selon le stade (Bser : rouge ; Rotab : translucide ; Tmar : ambrée). -Consistance : Demi-molle -Texture : souvent fibreuse	-Forme : droite -Taille : moyenne -Couleur : selon le stade (Bser : jaune ; Rotab : mielleuse ; Tmar : brun ou marron foncé). -Consistance : molle -Texture : fibreuse -Forme du calice : souvent proéminent -Goût : parfumé	-Forme : ovoïde ou droite -Taille : petite ou moyenne -Couleur : selon le stade (Bser : jaune ; Rotab : marron clair à beige ; Tmar : beige). -Consistance : sèche -Texture : variable -Forme du calice : aplatie
<b>Noyau</b>	-Forme : ovoïde. -Taille : petite 3 cm pointu aux deux extrémités - Poids : 0,7 g -Surface lisse, brillante de couleur marron. -Rainure ventrale est peu profonde en forme de U -Tégument : non adhérent	-Forme : droite. -Taille : moyenne - Poids : 0,8g -Surface lisse, de couleur marron. - Rainure ventrale est profonde en forme de V -Tégument : adhérent	-Forme : allongé. -Taille : moyenne - Poids : 1,3g -Surface : souvent lisse. - Rainure ventrale est profonde en forme de U -Tégument : variable

### II.1.2- Matériel animal

*E. ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae), est le matériel biologique qui a fait l'objet de cette étude. Les femelles adultes et les chenilles du 5<sup>ème</sup> stade larvaire étudiés sont issues d'un élevage effectué au laboratoire d'entomologie de la station de l'INRAA sis à Touggourt, Algérie; durant la période allant de 2014 jusqu'au 2016 (Figure 19).

L'espèce étudiée est issue des dattes infestées, collectées de la palmeraie de la station d'étude. En effet, avant de mettre en place l'élevage, il est procédé à une identification et sexage des chenilles trouvées, afin de s'assurer que toutes les chenilles élevées sont celles d'*E. ceratoniae*, et de séparer les deux sexes pour contrôler le statut d'accouplement des individus. Le processus de l'élevage suivi est celui préconisé par COSSE *et al.* (1994), MEDIOUNI et DHOUBI (2007) et ARIF (2011). Les larves ont été élevées suivant un régime à base de son de blé et de farine de dattes. Les nymphes ont été ségréguées selon le sexe, et les adultes ont émergé en fonction d'un régime photopériodique de 15 h.

En outre, du point de vue juridique, cette pyrale est classée par le décret exécutif n° 95-387 du 5 Rajab 1416 correspondant au 28 novembre 1995 dans la liste **A**, comprenant les ennemis des végétaux particulièrement dangereux (organismes nuisibles) contre lesquels la surveillance et la lutte sont obligatoires en tous lieux et à tous les stades de leur développement (S.G.G, 1995). Ces mesures s'inscrivent dans la cadre d'une stratégie nationale visant à protéger les cultures d'une manière générale, et en particulier, le palmier dattier contre les maladies et ravageurs nuisibles en améliorant la production et la qualité des dattes algériennes.

Effectivement, c'est dans cette optique que l'état algérien alloue des sommes colossales, initiée annuellement dans le cadre du fonds de la promotion zoo-sanitaire et de la protection phytosanitaire (FZPP), en menant des campagnes de lutte préventive contre ce fleau dans les zones potentielle. Les opérations de lutte sont encadrées par les services de l'institut national de protection des végétaux (INPV) et par les microentreprises privées spécialisées dans le secteur de l'agriculture.



**Figure 19:** Stades de développement d'*E. ceratoniae* (A : Imago en état de repos ; B : Œufs isolés à la surface de la datte ; C : Cocon entouré de fil de soie ; D : Larve (L5) ; E : Trous d'émergence obturé (signe d'infestation de la datte) (Photographies personnelle).

## II.2- Méthodes

### II.2.1- Etude en plein champ

#### II.2.1.1- Calcul du taux d'infestation

Un suivi du taux d'infestation des cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla- Beidha a été fait durant les campagnes agricoles allant du 2011/2012 jusqu'à 2015/2016. Ceci, afin de mettre en évidence l'action du cultivar sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae* en plein champ.

Vu le chevauchement des stades phénologiques du dattier sur le même cultivar (maturité échelonnée, notamment pour la Deglet-Nour), les dattes examinées sont un mélange de dattes au stade fin martouba (Routab), début stade T'mar, et au stade T'mar en pleine maturité. Ces stades sont jugés par WARNER (1988) comme les plus attirants aux femelles qui se trouvent en phase de ponte et les plus favorables à la pénétration des chenilles néonates.

Nous avons opté pour la méthode de WARNER (1988), qui repose sur un échantillonnage hebdomadaire de 100 dattes prises au hasard à partir de chaque cultivar. A partir des différents régimes, 5 dattes sont collectées de chaque palmier, soit 100 dattes pour les 20 palmiers représentant chaque cultivar. A l'aide d'une loupe binoculaire il est procédé au laboratoire à l'examen des dattes échantillonnées afin de détecter toutes formes de présence d'*E. ceratoniae* (œufs, larves).

### II.2.2- Etude au laboratoire

Avant d'aborder l'étude de comportement de ponte d'*E. ceratoniae*, qui est la résultante de l'interaction entre l'insecte et ses plantes-hôtes; ces dernières émettent des substances chimiques médiatrices (infochimiques), créant ainsi des liens complexes et variés, entre les individus de cette espèce et leurs plantes-hôtes, pour la quête de sources de nourriture ou d'un lieu favorable pour la ponte. Nous avons jugé utile, d'examiner de près les organes sensoriels (récepteurs sensoriels) impliqués dans la perception des médiateurs chimiques chez cette espèce.

#### II.2.2.1- Etude ultrastructurale des sensilles d'*E. ceratoniae* par le biais d'un Microscope Electronique à Balyage (MEB)

##### II.2.2.1.1- Insectes

Les femelles d'*E. ceratoniae* nouvellement émergées qui font l'objet de cette étude sont issues d'un élevage effectué au laboratoire d'entomologie de la station de l'INRAA sis à Touggourt.

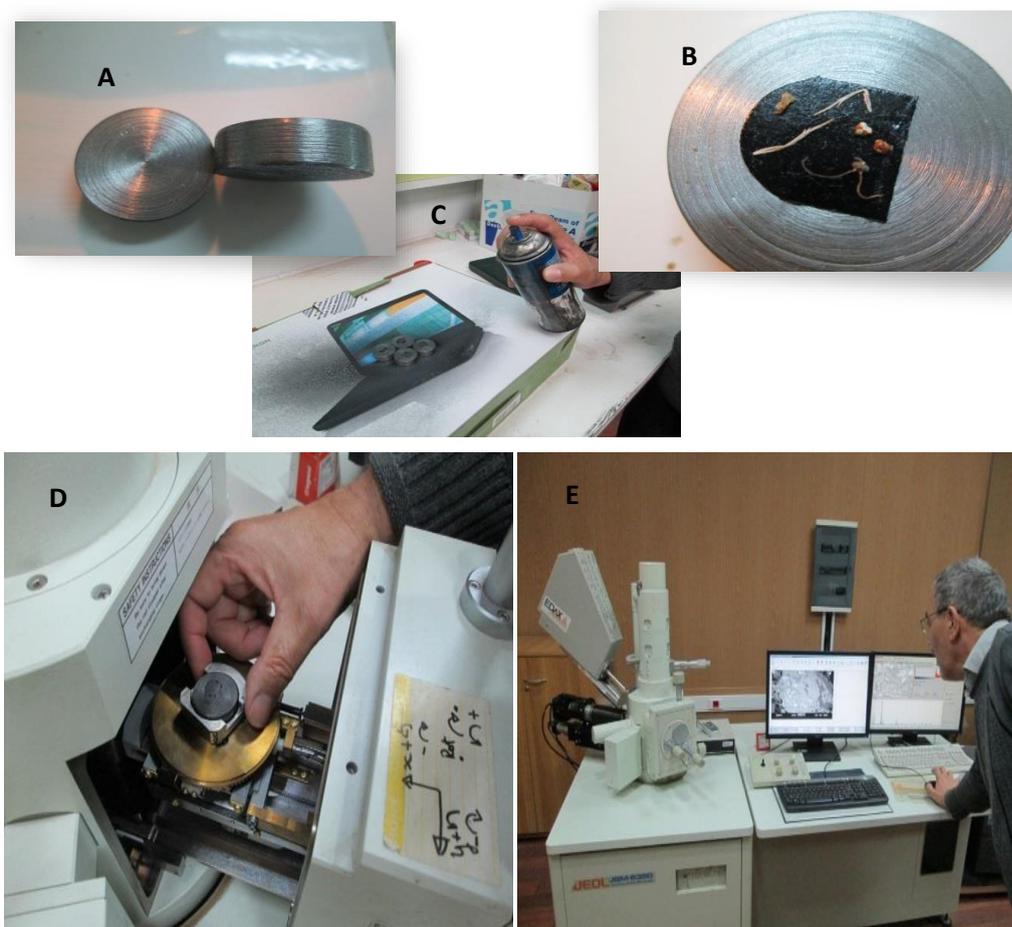
### II.2.2.1.2- Traitement des organes (Microscope électronique à balayage (MEB))

Les échantillons étudiés ont été préparés suivant les méthodes décrites par OBONYO *et al.* (2011) ; JUMA *et al.* (2008) et SAWSAN *et al.* (2009). Des femelles adultes de la pyrale des dattes, nouvellement émergées ont été trempées dans une solution d'éthanol à 70 % pendant 10 minutes; puis, nous avons procédé à la dissection de cinq individus pour extraire et séparer leurs organes génitaux externes (ovipositeurs), tarsi et antennes, afin de les préparer pour des observations par un microscope électronique à balayage (MEB).

En effet, les organes isolés ont subi plusieurs traitements, tout d'abord, ils ont été placés dans une solution d'éthanol à 70 % pendant 72 heures ; puis, ils ont été transférés dans une solution de l'éthanol à 90 % pendant 15 minutes. Ensuite, l'ensemble des organes a été retiré de la solution en douceur, pour les laisser sécher à l'air libre au moins pendant 20 minutes.

En effet, les organes ont ensuite été fixés horizontalement sur un ruban carboné, adhésif double face, dont la face inférieure est fixée à son tour sur un cylindre métallique (porte- échantillon) ( $\varnothing$  30 mm x 10 mm d'hauteur). Afin d'assurer la conduction de charge, les échantillons ont été recouvertes d'une couche d'environ de 20 nm de carbone (Figure 20).

L'ultra-structure des récepteurs sensoriels des échantillons ont été examinée au Laboratoire des Sciences et Génie des Matériaux à la faculté de génie mécanique et génie des procédés de l'Université de Houari Boumediene, Beb-Ezouar, Alger, par le biais d'un microscope électronique à balayage (MEB) de type JEOL. JSM-6360; fonctionné à une tension de faisceau de 15- 20 kV (Figure 20).



**Figure 20:** Différentes étapes de préparation des échantillons pour les visualiser par le biais d'un Microscope Électronique à Balyage (MEB) type JEOL. JSM-6360. A: Cylindre métallique (porte-échantillon); B: Fixation Horizontale des organes sur un ruban carboné, adhésif double face; C: Recouvrement des échantillon par une couche de carbone; D: Mise en place des échantillons dans le Microscope Électronique à Balyage (MEB); E: acquisition d'image (Photographies personnelle).

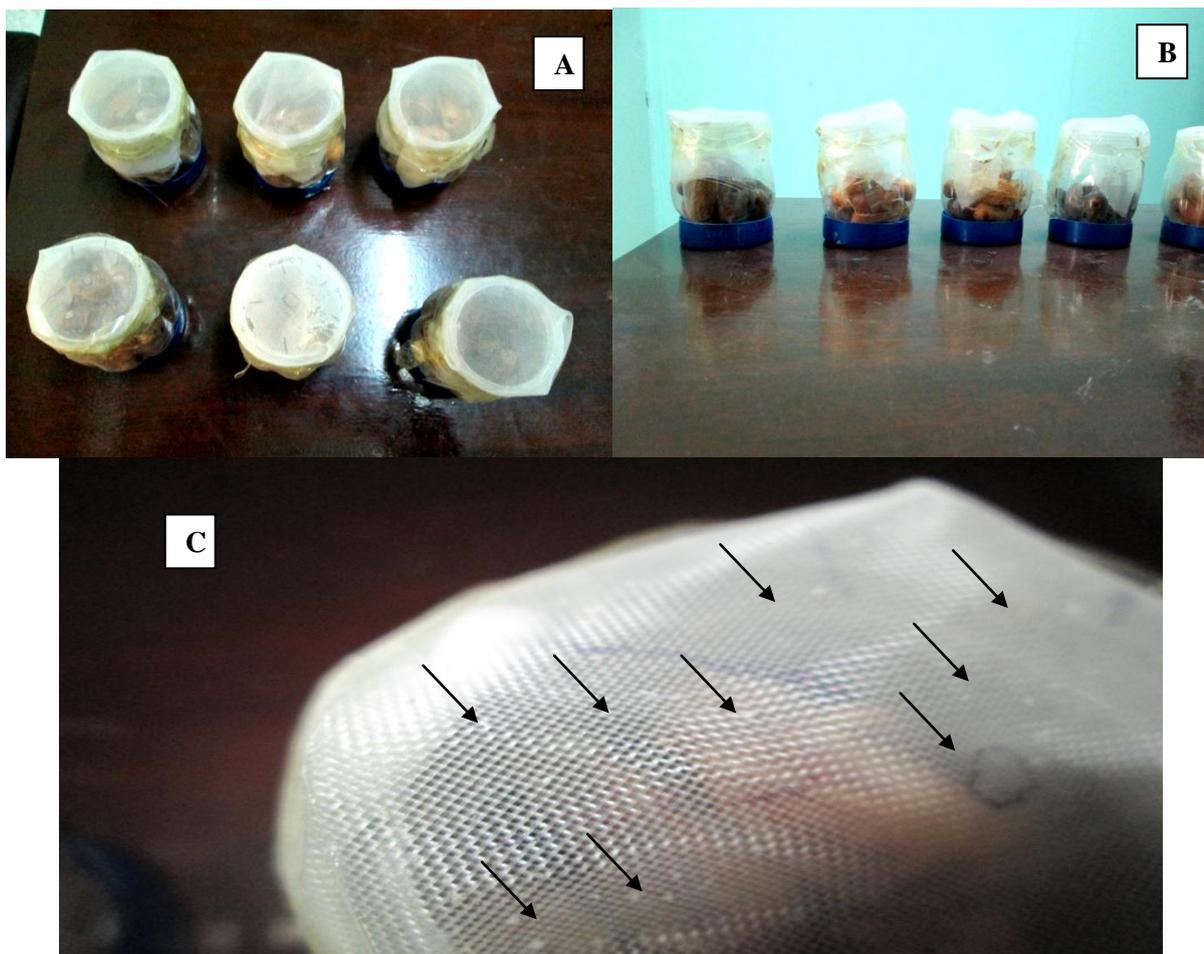
### II.2.2.2-Etude de l'effet variétal et stades phénologique sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae*

Le comportement de ponte d'*E. ceratoniae* vis-à-vis des trois cultivars de dattes (Deglet- Nour, Ghars et Degla-Beidha) en deux stades phénologiques (stade Bser et stade T'mar) a été mis en évidence en conditions contrôlées. Ces stades sont jugés par WARNER (1988) comme les plus attractifs aux femelles qui se trouvent en phase de ponte et les plus favorables à la pénétration des chenilles néonates.

Par ailleurs, les tests ont été conduits dans une chambre d'élevage du laboratoire d'entomologie de la station expérimentale de l'I.N.R.A. Algérie ; Sidi-Mahdi, Touggourt.

En effet, après avoir obtenu un nombre suffisant d'adultes d'*E. ceratoniae*, suite à

un élevage de masse de l'insecte, dont les conditions d'élevage ont été décrites par MEDIOUNI et DHOUBI (2007) et ARIF (2011), dans le laboratoire susdit. Il est procédé à un suivi de comportement de cet insecte. Pour ce faire, nous avons adopté un protocole expérimental inspiré du travail de GOTHILF *et al*; (1975), avec des modifications suivant l'objectif de l'étude. Une série de tests a été mise en place, il s'agit de mettre 20 dattes fraîchement prélevées de chaque cultivar à deux stades phénologiques différents (stade Bser et T'mar) en même temps dans des bocaux cylindriques en plastique (6cm  $\varnothing$  et 8cm d'hauteur) à cols très courts et à larges ouvertures fermées par un morceau de tissu (insectproof) (Figure 21). Pour se rapprocher des conditions naturelles favorables à l'oviposition d'*E. ceratoniae*, les insectes et bocaux sont maintenus au sein de la chambre d'élevage (4x3m) sous les conditions expérimentales où la température, l'humidité relative de l'air et la photopériode sont de l'ordre de 28-31 °C; de  $\pm$  70 % ; de 10 h : 14 h (jour : nuit) respectivement; ceci durant le mois d'octobre 2015 ; la luminosité est assurée par le passage des rayons solaires à travers deux fenêtres en verre dont cette chambre est munie. Après leur fécondation, des groupes de 10 à 15 femelles d'*E. ceratoniae* de 4 à 6 jours d'âge ont été lâchés dans la chambre d'élevage d'une manière arbitraire. Un contrôle minutieux de chaque bocal a été effectué, après chaque 24 heures du lâcher. A l'aide d'une loupe de poche, le comptage des œufs pondus s'est effectué généralement le matin, après une durée d'activité crépusculaire; temps convenable à l'oviposition des femelles d'*E. ceratoniae* (COSS *et al*; 1994). Après chaque opération de comptage, le tissu (insectproof) qui ferme les bocaux a été remplacé par un nouveau morceau. Le comptage se poursuit quotidiennement pendant 3 à 5 jours, jusqu'à l'absence total des œufs sur les bocaux; dans ce cas, l'opération se répète de la même manière décrite ci-dessus. Il est à noter que, cinq répétitions ont été effectuées avec un total de 75 femelles d'*E. ceratoniae*.



**Figure 21:** Dispositif de suivi de comportement de ponte d'*E. ceratoniae* vis-à-vis des trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar) ; A et B; Bocaux contiennent des dattes et fermées par un morceau de tissu (insectproof) ; C : Œufs d'*E. ceratoniae* (Flèches) (Photographies personnelle).

### II.2.2.3- Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte

Afin d'identifier les substances volatiles des cultivars Deglet-Nour, Degla-Beidha et Ghars, il est opté pour la technique de la chromatographie phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC-MS. La méthode utilisée comporte deux techniques; il s'agit de la technique d'Extraction par Solvant (ES) et la technique de la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME). Chacune de ces techniques donne une image différente de la composition des substances volatiles du produit analysé.

### II.2.2.3.1-Extraction par Solvant (ES)

Afin d'extraire les composés volatils de la datte, il est opté pour les méthodes décrites par BENCHABANE (2007) et HARRAK *et al.* (2005). Avant leur analyse, les dattes du stade fin Martouba début T'mar ont subi une élimination des calices et des noyaux. Un échantillon de 50 g de pulpe de dattes de chaque cultivar est finement écrasé par un pilon dans un mortier en céramique. La pulpe écrasée a été mise dans un ballon en verre d'un volume de 250 mL, en présence de 100 mL d'héxane, ensuite l'ensemble a subit une agitation dans un bain ultrason pendant 3 h. Après l'agitation, la solution obtenue a été filtrée par un filtre de type PVDF 0.45 $\mu$ m ; puis concentrer à 0.3 mL par un évaporateur rotatif. Une quantité de 4  $\mu$ L de l'extrait obtenu a été injecté dans la colonne du chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse (GC-MS) en mode Splitless pendant 3 mn. Le chromatographe est un matériel model Hewlett Packard ; Agilent 6890N piloté par Chemstation (NIST002) a détecteur F.I.D (Flame Ionisation Detector), muni d'une colonne DB5-MS de 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre et 0.25  $\mu$ m d'épaisseur. Le débit du gaz vecteur (Helium) est de 1 mL/min. Le four est programmé à une température 50 °C, pendant 2 min; puis on augmente la température à raison de 3 °C/min jusqu'à atteindre 250 °C. L'injecteur a été chauffé à 250 °C. Le spectromètre de masse utilisé est de model Agilent 5973, travaillant en impact électronique à 70 eV ; Températures : interface (280 °C), source (230 °C), quadripôle (150 °C). L'identification des composés par analyse de spectres de masse a été réalisée à l'aide de la banque de données NIST002 (éd.), 2002, et du logiciel d'acquisition Data Analysis; MSD Chemstation G1701DAD-02.00.275.

L'analyse a été effectuée au niveau du centre de recherche et de développement, CRD EPE ALPHYT, (Dar El-Beida, Alger). L'identification a été réalisée par le couplage chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse (CPG-SM).

### II.2.2.3.2- Analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)

La Micro-Extraction en Phase Solide (par analogie au terme anglais Solid Phase Micro-Extraction (SPME)) est une technique d'extraction récente; elle fut proposée par le Professeur JANUSZ PAWLISZYN de l'Université de Waterloo, en Ontario ; au début des années 1990 et développée par la société Supelco. C'est une technique qui ne fait pas appel à des solvants ou de préparations classiques des échantillons à analyser (PAWLISZYN,

2000). Elle permet de pré-concentrer des composés, le plus souvent à l'état de traces, dans des matrices complexes, alimentaires, environnementales ou biologiques. Les composés ainsi concentrés sont désorbés dans l'injecteur d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse, soit à des détecteurs spécifiques.

### II.2.2.3.2. 1- Description de la technique SPME

Le principe de concentration par SPME repose sur l'adsorption des composés chimiques sur une phase polymérique supportée par une fibre en silice. Le dispositif comprend une seringue munie d'une aiguille creuse dans laquelle peut coulisser un piston munie d'une courte fibre. Cette fibre en silice imprégnée d'une phase stationnaire est introduite dans le liquide ou dans l'espace situé au-dessus de la surface. Elle concentre les composés extractibles de la matrice. La fibre est ensuite insérée dans l'injecteur par l'intermédiaire de la seringue et de son piston rétractable. Elle subit une désorption thermique dans la colonne (Figure 22) (PAWLISZYN, 1997 ; PAWLISZYN, 2000 ; PAPET *et al*; 2010).

En fonction de la tension de vapeur des composés recherchés, l'adsorption sur la fibre SPME peut être conduite soit en mode espace de tête (headspace), soit en mode immersion. En mode headspace, la fibre adsorbe les analytes d'intérêts dans la phase gazeuse située au dessus de la matrice liquide ou solide. En mode immersion la fibre est plongée dans la matrice liquide à analyser (DUMOULIN, 2014). Plusieurs types de fibre existent selon la nature de la phase polymérique. Chaque phase présente une spécificité pour une classe de composés donnés (PAPET *et al*; 2010) :

- Le PDMS polydiméthyl siloxane, utilisé pour les molécules non polaires de masses moléculaires comprises entre 125 et 600.
- Le polyacrylate, utilisé pour les molécules polaires semi-volatiles ayant une masse moléculaire de 80 à 300.
- Le PDMS/DVB (divinylbenzène), utilisé pour les amines et les composés nitro- aromatiques.
- Le DVB/carboxen/PDMS, utilisé pour les composés volatiles et semi volatiles de C<sub>3</sub> à C<sub>20</sub>.
- Le carboxen/PDMS, utilisé pour les composés à faible poids moléculaire de 30 à 225.

Durant notre étude, trois cultivars de dattes (Deglet-Nour (DN), Ghars (GH) et Degla-

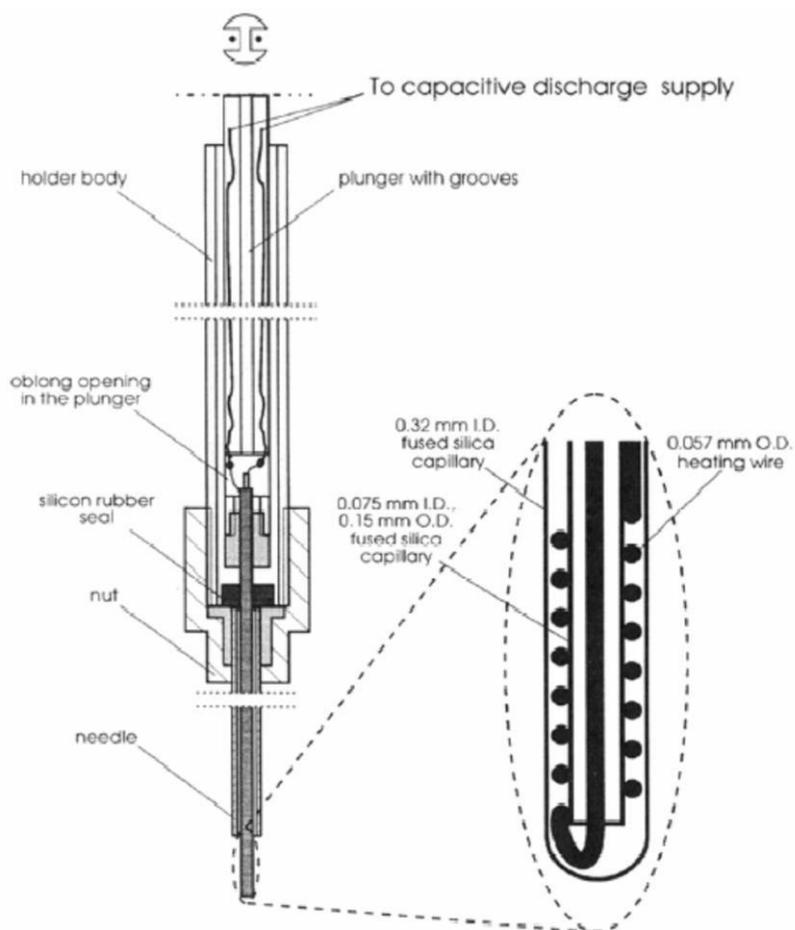
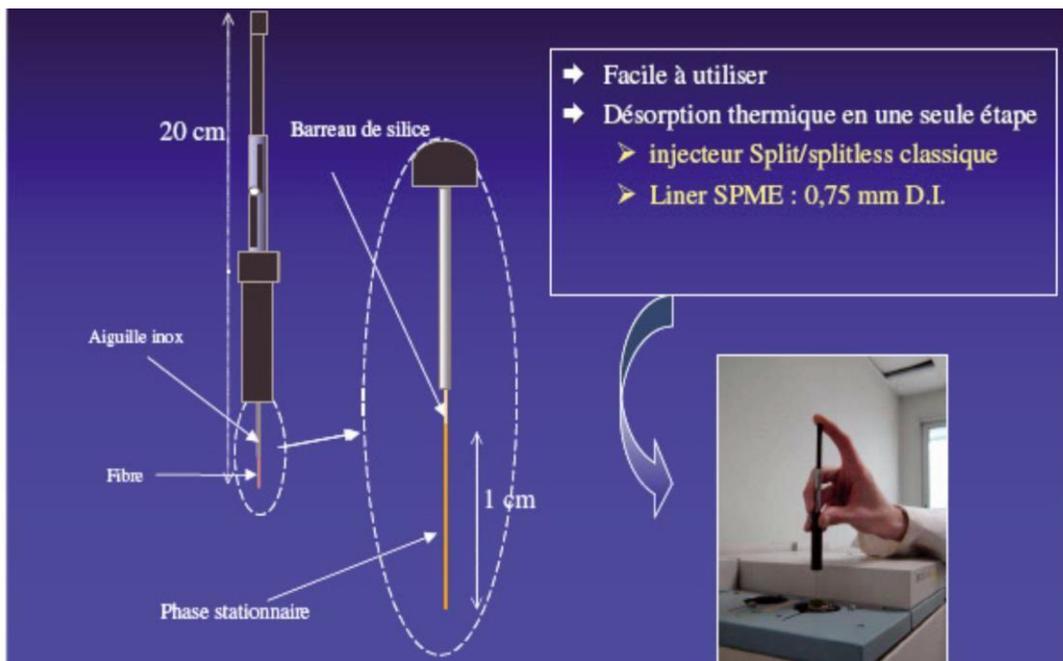
Beidha (DB)) à deux stades phénologique (Bser (b) et T'mar (t)) ont font l'objet de l'analyse par le biais de la technique de la SPME en mode headspace désorbés thermiquement dans l'injecteur d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse (GC-MS). Les dattes fraîches ont été collectées de la palmeraie de la station de l'Institut National de la Recherche Agronomique INRAA de Touggourt et conservées dans des conditions cryogénique (-15 °C). L'analyse a été effectuée au niveau du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques (CRAPC), Bou Ismaïl, Wilaya de Tipaza.

Avant de lancer les analyses, les dattes ont été décongelées en les laissant une heure à la température ambiante. Le dispositif SPME ressemble à une seringue, de 20 cm de long se finissant par une aiguille protectrice en inox creuse et amovible. Celle-ci abrite la fibre rétractable de polydiméthylsiloxane (PDMS), de 100 µm d'épaisseur et de 1 cm de long (Figure 22). Un échantillon de 05 dattes fraîches de chaque cultivar et de chaque stade phénologique, a été introduit dans un flacon en verre à chaque fois ; soit : 40 g DN (t), 50 g DN (b), 35 g GH (t), 50 g GH (b), 30 g DB (t) et 35 g DB (B). Le récipient a ensuite été fermé hermétiquement par une tête qui permet le passage de l'aiguille de la seringue SPME puis l'ensemble est laissé pendant 30 mn (période d'équilibre). Après l'écoulement de cette dernière, l'extraction est réalisée par l'introduction de l'aiguille protectrice de la fibre à travers le bouchon perforé du flacon, en exposant la fibre (PDMS, 100 µm) à l'espace de tête (headspace), qui correspond à la partie supérieure du flacon qui est comprise entre la matrice (dattes) et le bouchon assurant l'étanchéité du flacon, pendant 50 min (Temps d'adsorption) (EL AREM *et al*; 2011). Les molécules volatiles se retrouvent dans cet espace et sont celles qui sont à identifier et à quantifier.

Une fois l'échantillonnage est terminé, la fibre a été rétractée à l'intérieur de l'aiguille puis nous l'avons introduite dans l'injecteur du système GC-MS et de manière à effectuer une désorption thermique des composés concentrés sur celle-ci. L'aiguille protégeant la fibre permet de percer le septum de l'injecteur, puis la fibre est exposée dans l'insert pour que la désorption thermique puisse se dérouler. L'insert utilisé dans le cas de la SPME est particulier puisqu'il ne fait que 0,75 mm de diamètre interne afin de permettre une focalisation des composés désorbés et obtenir des pics chromatographiques fins (NICOLLE, 2009).

Les analyses GC-MS ont été réalisées à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse Hp 6890, équipé d'une colonne capillaire de type HP-5Ms de 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre et de 0.25µm d'épaisseur. Le gaz vecteur est l'Hélium pur, dont le

débit est de 2 mL/min. Le four est programmé à une température de 50 °C pendant 2 min, pallier à 3 °C/min jusqu'à 240 °C, isotherme pendant 3 min. L'injecteur a été chauffé à 25 °C; le mode d'injection est Splitless; désorption thermique SPME; le temps d'analyse est de 68 min. Le spectromètre de masse utilisé est de model Agilent quadripôle, travaillant en impact électronique à 70 eV ; Températures de l'interface est de 280 °C et celle de la source est de 230 °C; le type d'analyseur de masse est quadripôle. L'identification des composés par analyse des spectres de masse a été réalisée à l'aide de la banque de données NIST002 (éd.), 2002, et du logiciel d'acquisition Data Analysis ; MSD Chemstation G1701DAD-02.00.275.



**Figure 22:** Principe de la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) (PAWLISZYN, 1997 ; PAPET *et al*; 2010).

#### II.2.2.4- Les composés phénoliques

Les composés phénoliques (polyphénols), constituent une famille de molécules largement présente dans le règne végétal (HAGERMAN *et al*; 1998). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les polyphénols sont des métabolites secondaires très diversifiés. On estime que chaque végétal produit au moins une centaine de molécules différentes (CROTEAU *et al*; 2000). L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toute substance chimique possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles. Un nombre considérable de ces composés sont formés de deux noyaux benzéniques A et B reliés par un hétérocycle de type pyrane. Ces composés diffèrent les uns des autres par la position des substitutions sur les noyaux A et B, par la nature de l'élément central et par la position, la nature et le nombre de molécules de sucre fixées (BOUAYED, 2007).

Bien qu'étant très diversifiés, les polyphénols sont divisés en plusieurs classes à savoir: Phénols simples, benzoquinones, acide hydroxybenzoïque, acéthophénones, acide phénylacétique, acide hydroxycinnamique, phénylpropanoïdes (coumarines, isocoumarines, chromones), flavonoïdes, isoflavonoïdes, lignanes, néolignanes biflavonoïdes et tannins condensés (proanthocyanidines, ou flavolans) (MAAMRI, 2008).

##### II.2.2.4.1-Dosage des polyphénols solubles totaux

Plusieurs méthodes analytiques peuvent être utilisées pour la quantification des polyphénols totaux. La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec le spectrophotomètre UV-Visible en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu proposée par SINGLETON et ROSSI (1965) ; RIBÉREAU-GAYON (1970) et VELIOGLU *et al.* (1998). Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) (RIBÉREAU-GAYON *et al*; 1976). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 700 et 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (BOIZOT et CHARPENTIER, 2006)

En effet, pour extraire les polyphénols des dattes, nous avons opté pour le protocole décrit par BENCHABANE (2007). À un échantillon de 200 µl de jus de datte clarifié (préalablement préparé à partir de 5 g de dattes broyées dans un mortier-pilon, après dissolution avec de l'eau distillée chaude) sont ajoutés 1.5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu (précédemment dilué 10 fois avec de l'eau distillée). Après 5 min, 1.5 mL d'une solution de carbonate de sodium à 60 g/L sont ajoutés au mélange. Après agitation, ce dernier a été incubé pendant 120 min à l'abri de la lumière à température ambiante.

Le dosage des polyphénols a été effectué au laboratoire de technologie alimentaire de l'INRA Algérie, station de Touggourt. La lecture de l'absorbance a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à UV visible de type « JENWAY 6305 UV/Vis. » à 750 nm par rapport à un témoin constitué d'eau distillée.

La teneur en composés phénoliques solubles totaux est donnée par rapport à une gamme étalon avec l'acide gallique comme standard ; en se référant à la courbe « d'étalonnage de l'acide gallique ». Les résultats sont exprimés en mg d'Equivalent Acide Gallique (EAG) par 100 g de la Matière Fraîche (MF).

#### **II.2.2.5. Etude de l'effet des composés volatils identifiés dans les trois cultivars de dattes sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae***

Le principe de ces essais est de connaître le comportement d'oviposition d'*E. ceratoniae*, à l'égard des substances volatiles identifiés dans les trois cultivars de dattes étudiés (Deglet-Nour, Degla-Beidha et Ghars). Les femelles d'*E. ceratoniae*, ont été obtenues à partir d'un élevage des individus collectés à partir des dattes infestées de la palmeraie de la station INRAA de Touggourt durant la campagne 2018/ 2019. Ceci, au niveau du laboratoire d'entomologie de la station expérimentale de l'I.N.R.A. A ; Sidi-Mahdi, Touggourt. Les conditions d'élevage sont celles décrites par MEDIOUNI et DHOUBI (2007) et ARIF (2011) (Figure 23).

Les tests comportementaux, ont été effectués dans un tunnel de vol décrit par KUENEN et BAKER (1982), COSSE *et al.* (1994) et ARIF (2011). Il s'agit d'un dispositif expérimental permettant de faire circuler de l'air à une vitesse donnée autour des femelles d'*E. ceratoniae*, pour étudier leur comportement vis-à-vis de certains composés volatils en quantité minimales. Le tunnel de vol utilisé est une galerie horizontale, en verre (180 x 50 x 50 cm) (Figure 24).



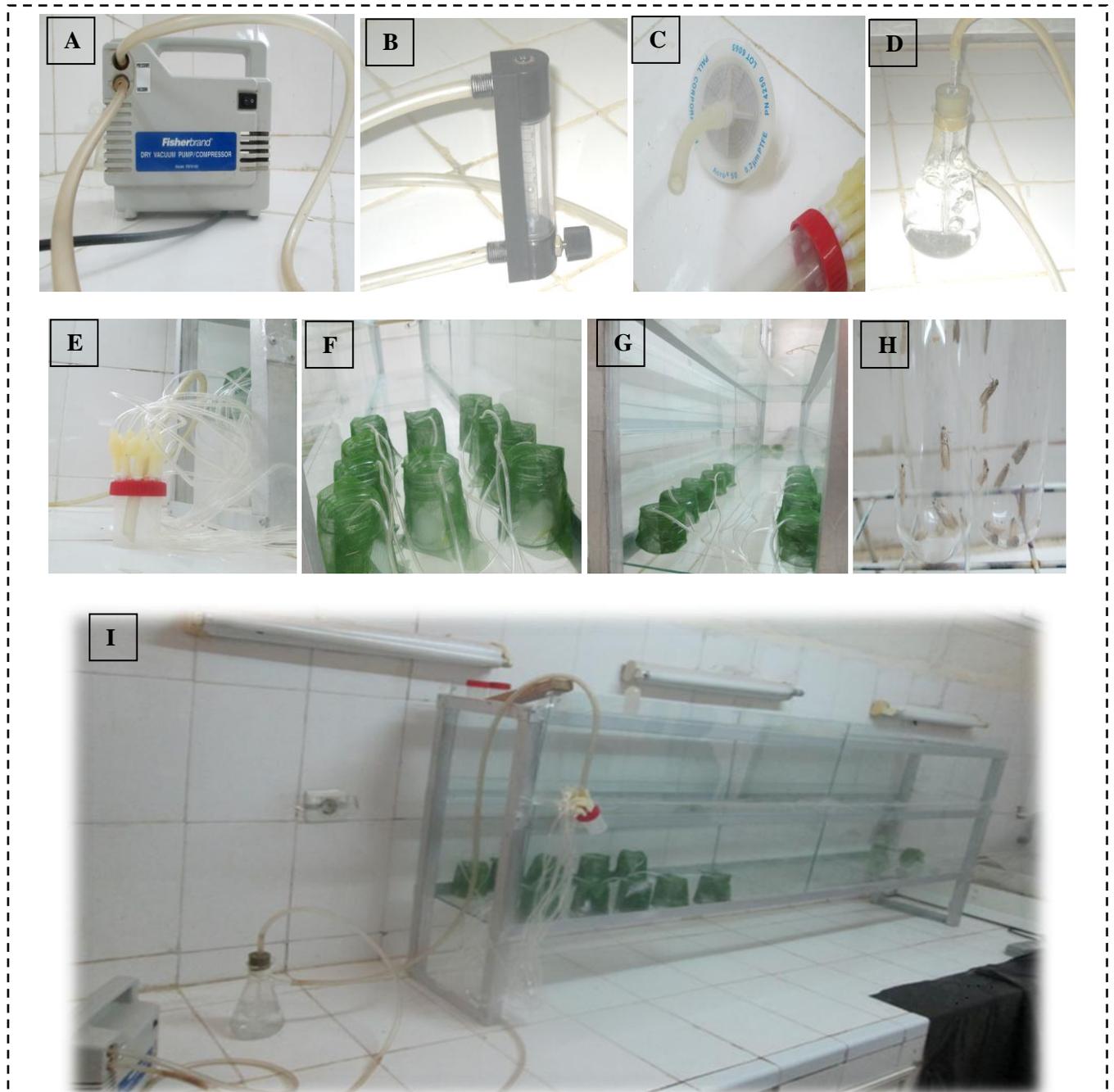
**Figure 23** : Incubateur d'élevage d'*E. ceratoniae* (photographies personnelle).

Une pompe à air assure la circulation d'un flux d'air pur à une vitesse de 0.5 m/s (Figure 24 A). Ce flux d'air traverse un tuyau en plastique ( $\text{Ø} : 9.6 \text{ mm}$ ) vers un débit mètre (rotamètre), muni d'un filtre actif en charbon pour contrôler son débit et le purifier (Figure 24 B). Ensuite, Il passe à travers un autre filtre micropore ( $0,2 \mu$ ) pour le purifier davantage (Figure 24 C). Le flux d'air est humidifié en traversant une fiole à vide, remplie au 2/3 de son volume avec de l'eau distillée (Figure 24 D). Le tuyau sortant de la fiole est relié à une boîte cylindrique (7 cm, h x 3.7 cm,  $\text{Ø}$ ) appelé boîte de détente, ou de ventilation, qui permet la distribution de l'air en le diffusant dans les 10 tuyaux ( $\text{Ø} : 0.37 \text{ mm}$ ) qui acheminent à leur tour l'air vers les 10 bouches, contenant les stimuli placés dans le tunnel de vol (Figure 24 E, F et G). Afin d'assurer une bonne circulation d'air à l'intérieur de la galerie, la pompe utilisée est munie d'un système d'aspiration raccordé à un tuyau ( $\text{Ø} : 9.6 \text{ mm}$ ). Ce dernier est installé dans le côté opposé de celui de la source d'odeur.

Il convient de noter, que les tests comportementaux ont été conduits dans une salle où la température, l'humidité et la photopériode sont de l'ordre de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  ; de  $75 \pm 5\%$  et de 15 heures, respectivement.

Il est à signaler également que le tunnel de vol doit subir à un nettoyage par l'éthanol

70% avant chaque essais; afin d'éviter toute sorte de pollution par des substances indésirables.



**Figure 24** : Parties constituantes d'un tunnel de vol (Photographies personnelle).

**A** : Pompe à air, **B** : Débit mètre (rotamètre), **C** : Filtre micropore, **D** : Fiole à vide, **E** : Boite de ventilation (détente), **F** : Bocaux contenant des stimuli, **G** : Disposition des bocaux de stimuli à l'intérieur du tunnel de vol, **H** : femelles d'*E. ceratoniae* à tester, **I** : Tunnel de vol, vue d'ensemble.

Par ailleurs, les composés odorants utilisés en tant que stimuli, ce sont des composés chimiques de synthèse hautement purifiés, ils ont été obtenus auprès de PROCHIMA-SIGMA Tlemcen ; Algérie (Figure 25). Ces substances ont été identifiées dans les trois cultivars de dattes, il s'agit de :

- $\alpha$ -thujone ( $C_{10}H_{16}O$ );  $\geq 96\%$  ;
- $\beta$ -thujone ( $C_{10}H_{16}O$ ) ;  $\geq 96\%$  ;
- Limonene ( $C_{10}H_{16}$ ) ;  $\geq 95\%$  ;
- Linalool ( $C_{10}H_{18}O$ );  $\geq 97\%$ ;
- Methyl N-methyl anthranilate ( $C_9H_{11}NO_2$ );  $\geq 97\%$ ;
- Butylated Hydroxytoluene ( $C_{15}H_{24}O$ );  $\geq 99\%$ ;
- 2-Undecanone ( $C_{11}H_{22}O$ );  $\geq 98\%$ ;
- $\alpha$ -Isomethyl ionone ( $C_{14}H_{22}O$ ) ;  $\geq 95\%$  .



**Figure 25:** Composés chimiques de synthèse utilisés durant l'étude (PROCHIMA-SIGMA Tlemcen ; Algérie) (Photographies personnelle).

En effet, les essais ont été procédés selon les méthodes proposées par GHOTHILF (1975), BAKER *et al.* (1991) ; COSSE *et al.* (1994) ; MECHABER *et al.* (2002) ; DALLAIRE (2003) et MASANTE-ROCA *et al.* (2007). Les produits chimiques testés ont été placés sous forme non diluée dans des capsules ouvertes (4 cm,  $\emptyset$  x 2 cm, h) tapissées de

bandes de papier filtre (Whatman N°1). Un volume de 10 µl de chaque produit chimique est ajouté à chaque capsule. Ce volume a été estimé par BAKER *et al.* (1991) ; COSSE *et al.* (1994), comme un volume perceptible par les antennes d'*E. ceratoniae* ; ceci, suite aux tests électrophysiologiques (Electroantennographe EAG)).

En outre, les capsules ont été placées dans des bocaux en verre (7 cm, Ø x 8 cm, h). Ces derniers sont recouverts entièrement d'un morceau de tissu perforé de couleur verte (insect proof), afin d'assurer la visibilité des œufs pondus sur tous les côtés du bocal. Les trous du tissu fournissent un substrat physiquement approprié pour la ponte, tout en empêchant son contact direct avec les produits chimiques odorants. Les bocaux ont été déposés sur le fond du tunnel de vol, et dans le côté opposé du point de lâcher des femelles d'*E. ceratoniae*. Puis, chaque bocal est relié à un tuyau qui conduit le flux d'air, de telle façon qu'il balaie la surface du papier filtre, et sort de son ouverture, en traversant le tissu perforé qui le couvre, pour se disséminer enfin à l'intérieur du tunnel de vol (Figure 24 F et G).

Les essais ont été du type de préférence à dix choix ; il consiste à placer dix bocaux en deux rangs, à 10 cm d'intervalle entre eux et à 120 cm de la plate forme métallique (point de lâcher des femelles) (Figure 24 G). Seulement neuf bocaux contenant des composés à tester et le dixième, est un bocal vide, servant de témoin. Les essais ont été déroulés en fonction de 130 combinaisons possibles, arrangées en 8 séries, selon la disposition suivante :

- Série N°1 :
  - Chaque substance volatile est testée indépendamment (8 bocaux qui contiennent une seule substance) + 1 bocal mélange de toutes les substances + 1 bocal vide ; soit 10 combinaisons.
- Série N°2 :
  - Chaque stimulus est composé de 2 substances volatiles ; soit 39 combinaisons.
- Série N°3 :
  - Chaque stimulus est composé de 3 substances volatiles ; soit 30 combinaisons.
- Série N°4 :
  - Chaque stimulus est composé de 4 substances volatiles ; soit 22 combinaisons.

- Série N°5 :
  - Chaque stimulus est composé de 5 substances volatiles ; soit 15 combinaisons.
- Série N°6 :
  - Chaque stimulus est composé de 6 substances volatiles ; soit 9 combinaisons.
- Série N°7 :
  - Chaque stimulus est composé de 7 substances volatiles ; soit 3 combinaisons (un bocal qui contient 7 substances + Mixture + Témoin à blanc).
- Série N°8 : Chaque stimulus est composé de 8 substances volatiles ; soit 2 combinaisons (Mixture + Témoin à blanc).

Les bioessais consistent à exposer les femelles fécondées d'*E. ceratoniae*, à neuf sources d'odeur de certaines substances volatiles identifiées dans les trois cultivars de dattes étudiés. A ce propos, avant d'entamer les tests, un groupe de 10 femelles fécondées d'*E. ceratoniae* de 4 – 6 jours d'âge a été placé dans une boîte cylindrique (5 cm, Ø x 7 cm, h) (Figure 24 H). Cette dernière est ensuite transférée vers le tunnel de vol pendant la photophase. Elle est posée sur une plate forme métallique concave élevée de 15 cm au dessus du fond du tunnel est à 120 cm des stimuli les plus proche. Pour des raisons d'acclimatation aux conditions du tunnel (24-26°C, 30 Lux, 60-70 % humidité relative et 0.5 m/s vitesse de l'air), les femelles ont été placées dans le tunnel de vol, au moins 2 heures avant d'entamer l'expérimentation. Les essais ont été déroulés durant la scotophase ; période optimale à l'oviposition chez *E. ceratoniae* (COSSE *et al* ; 1994).

En effet, après la période d'acclimatation, nous avons procédé à la libération de 10 femelles à la fois dans le tunnel de vol (MECHABER *et al*; 2002). La durée de chaque expérience était d'une nuit, car c'est la période d'activité de cette espèce (COSSE *et al* ; 1994). Le matin suivant de chaque expérience, les bocaux ont été retirés du tunnel de vol puis nous comptons le nombre d'œufs pondus sur le tissu perforé couvrant le bocal. Selon GHOTHILF (1975), les mêmes femelles peuvent être testées de 1-3 expériences ; mais nous les avons testés qu'une à deux fois (en fonction de la disponibilité des effectifs). En effet, huit séries d'essais ont été effectuées, avec 2 répétitions pour chacune d'elle, soit environ 600 individus testés au cours des ces expériences.

### **II.2.2.6. Analyses statistiques**

L'étude séparée de chacune des variables ne permet pas d'établir les corrélations qui peuvent exister entre elles, ni de discriminer les cultivars entre eux ; une classification ascendante hiérarchique des trois cultivars de dattes a été réalisée en se basant sur le nombre de composés volatils renfermés dans chaque cultivar. Il s'agit de traiter statistiquement la présence ou l'absence de chaque composé volatil dans chaque cultivar en les codant respectivement par les valeurs 1 et 0. Nous avons fait correspondre la valeur « 1 » si le composé est présent dans le cultivar, et « 0 » si le composé est absent.

En effet, les données ont été ensuite soumises à une Analyse en Composante Principale (ACP) et une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) par le biais du logiciel XLSTAT2016; Editeur : Addinsoft ; Version : XLSTAT-Premium 2016.02.28451.

A ce propos, l'analyse des correspondances multiples (ACM) sert à étudier, d'une part, la liaison entre plusieurs variables qualitatives définies sur une même population et d'autre part, la structure induite par l'ensemble de ces variables sur la population (ESCOFIER; 1990).

## Chapitre III: Résultats et discussion

### III.1- Résultats

#### III.1.1- Evaluation du taux d'infestation en plein champ

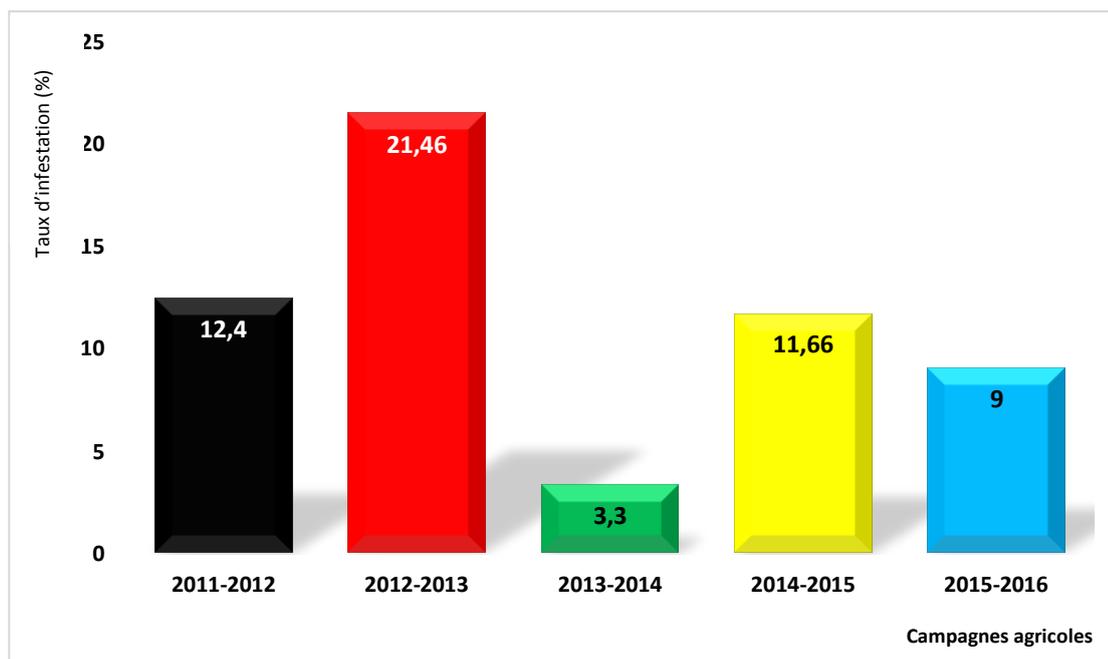
##### III.1.1.1- Taux d'infestation global

L'étude menée dans la palmeraie de la station de l'INRAA de Touggourt durant les campagnes allant de 2011-2012 jusqu'à 2015-2016 a permis d'enregistrer des taux d'infestation des dattes par *E. ceratoniae*, fluctuants en fonction des campagnes. En effet, un taux d'infestation très important a été enregistré durant la campagne 2012-2013 avec 21.46 %. A l'inverse des autres campagnes, des taux d'infestation plus faibles sont enregistrés notamment durant la campagne 2013-2014 avec 3.3 % (Tableau 6 et Figure 26).

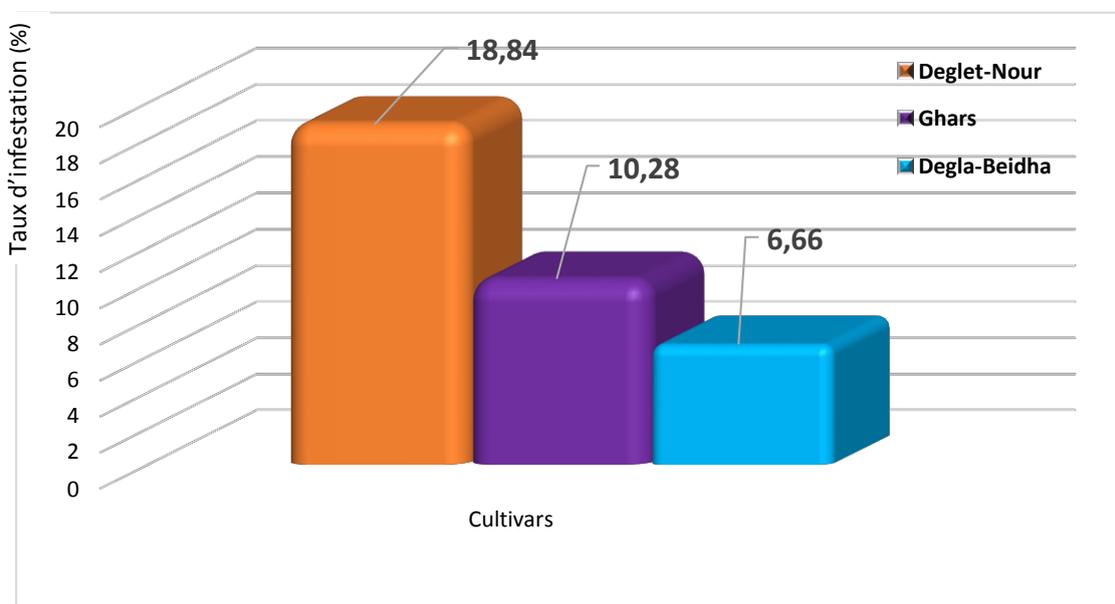
Par ailleurs, il est à noter que des taux d'infestation globaux de l'ordre de 18.84, 10.28 et 6.66 % sont enregistrés pour les cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha respectivement durant toute la période d'étude (Figure 27).

**Tableau 6:** Fluctuation du taux d'infestation annuel des dattes par *E. ceratoniae* sans tenir compte du cultivar durant les campagnes allant de 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.

Campagnes	Taille de l'échantillon	Taux d'infestation (%)	Forme observée
2011-2012	1500	12.40	Chenilles
2012-2013	1500	21.46	Chenilles
2013-2014	1500	3.3	Chenilles
2014-2015	1500	11.66	Chenilles
2015/2016	1500	09	Chenilles



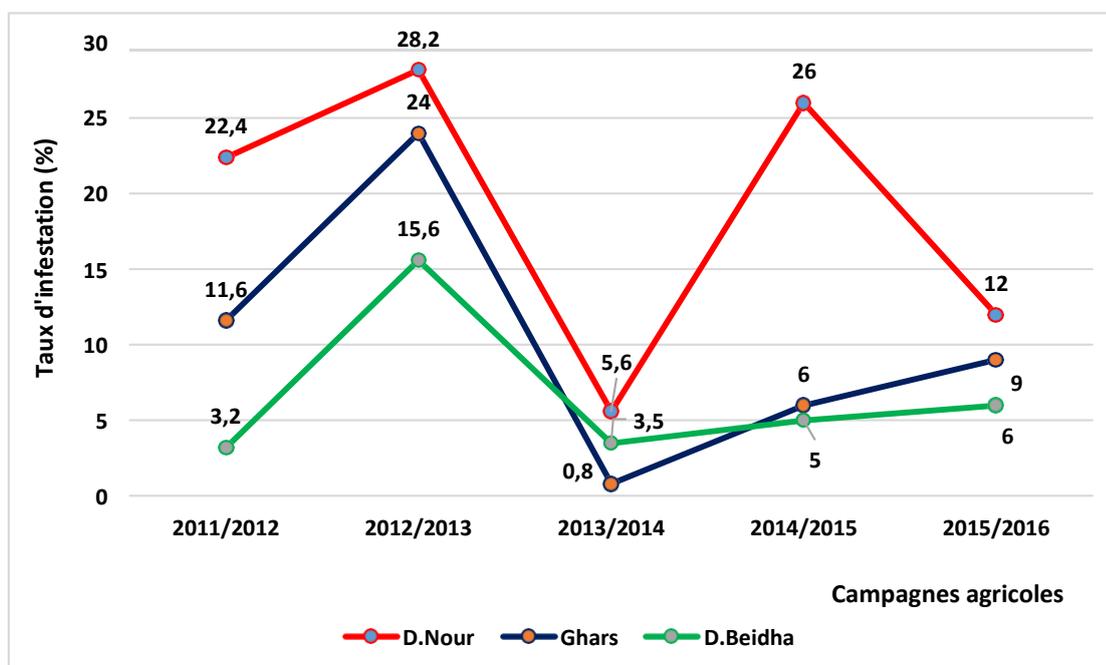
**Figure 26:** Fluctuation du taux annuel d'infestation par *E. ceratoniae* de trois cultivars de dattes confondus durant les campagnes 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.



**Figure 27:** Taux d'infestation global de trois cultivars de datte par *E. ceratoniae* durant les campagnes allant du 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.

### III.1.1.2- Taux d'infestation en fonction des cultivars

Les variations des niveaux d'infestation par *E. ceratoniae*, en plein champs, de trois cultivars de dattes durant une période de 05 campagnes agricoles consécutives, (2011/2012-2015/2016), ont montré que Deglet-Nour est le cultivar le plus touché suivi par le cultivar Ghars (sauf en 2014/2015), puis le cultivar Degla-Beidha; ceci, durant toute la période d'étude. En effet, des niveaux d'attaques très fluctuants ont été enregistrés en fonction des campagnes et des cultivars; c'est le cas de la campagne 2011/2012 où la Deglet-Nour a enregistré un taux d'infestation de 22.4 % contre 11.6 % pour le cultivar Ghars et 3.2 % pour la Degla-Beidha. En outre, la campagne 2012/2013 a noté les taux d'infestation les plus élevés et les plus alarmants pour tous les cultivars, notamment pour la Deglet-Nour et Ghars avec des taux de 28.2 et 24 % respectivement, et un taux de 15.6 % pour le cultivar Degla-Beidha. Toutefois, la campagne 2013/2014 est marquée par les niveaux d'attaques les plus faibles avec des taux de 5.6 % pour la Deglet-Nour, 0.8 % pour le Ghars et 3.5 % pour la Degla-Beidha (Figure 28). À la lumière de ces résultats, Il est avéré que la Deglet-Nour est le cultivar le plus infesté, avec des taux très importants qui ont un impact économique sur l'ensemble de la production de ce cultivar ; inversement à la Degla-Beidha, qui est le moins touché.



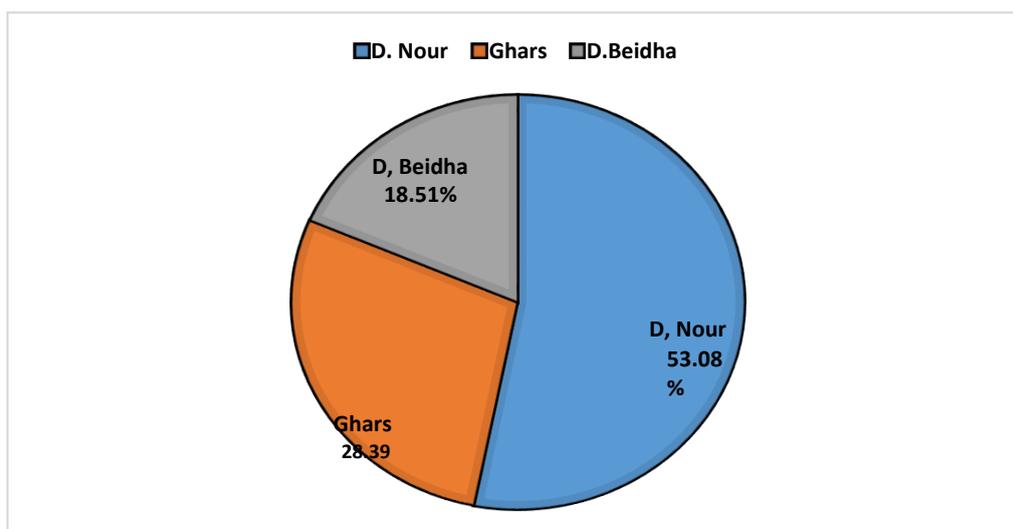
**Figure 28:** Évolution du taux d'infestation de trois cultivars de dattes par *E. ceratoniae* durant les campagnes allant de 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt.

### III.1.2- Comportement de ponte d'*E. ceratoniae* en conditions contrôlées

Les tests comportementaux effectués dans cette étude ont permis d'étudier les tendances variétales de cette pyrale à l'égard de trois cultivars de dattes en conditions contrôlées, comme ils nous ont permis de confirmer les résultats obtenus en plein champs.

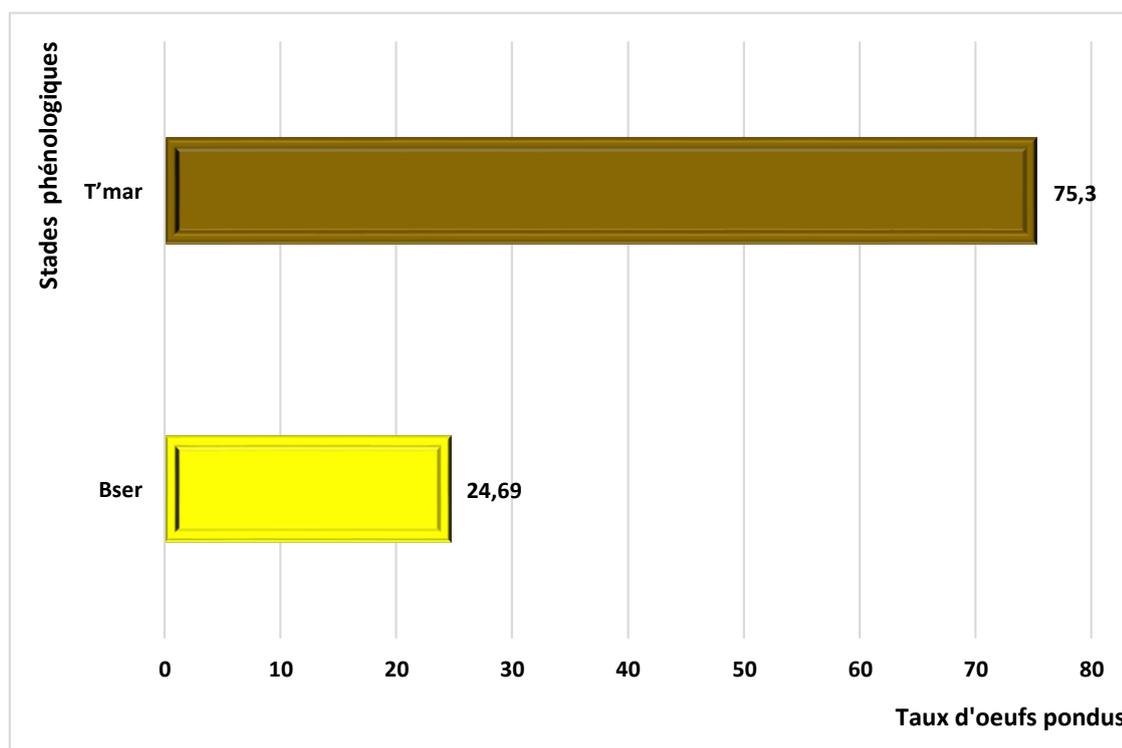
#### III.1.2.1- Impact de l'effet variétal et stade phénologique sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae*

Au laboratoire, l'examen des réponses comportementales des femelles d'*E. ceratoniae* en position de choix entre les trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques, a permis de remarquer que le cultivar Deglet-Nour a reçu plus de la moitié des œufs pondus dans les trois cultivars confondus, avec un taux global de 53.08 %; suivi par le cultivar Ghars avec 28.39 % ; puis Degla-Beidha avec 18.51 % (Figure 29).



**Figure 29:** Taux global d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en fonction de trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha)

Par ailleurs, l'examen des réactions des femelles d'*E. ceratoniae* à l'égard des deux stades phénologiques des cultivars étudiés, a révélé globalement que 75.3 % des œufs pondus a été sur les cultivars en stade T'mar, alors que, les dattes en stade Bser n'en ont reçu que 24.69 % (Figure 30).



**Figure 30:** Taux global d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en fonction des stades phénologiques des trois cultivars confondus (Deglet-Nour, Ghars et Degla- Beidha).

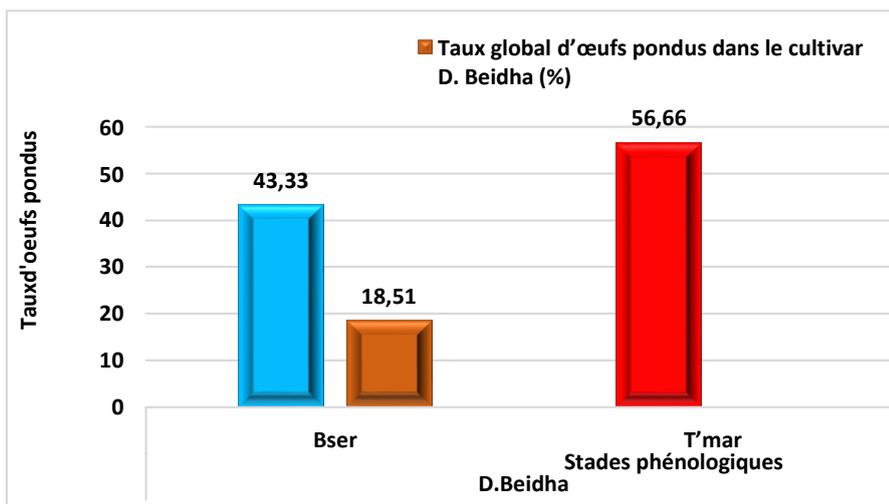
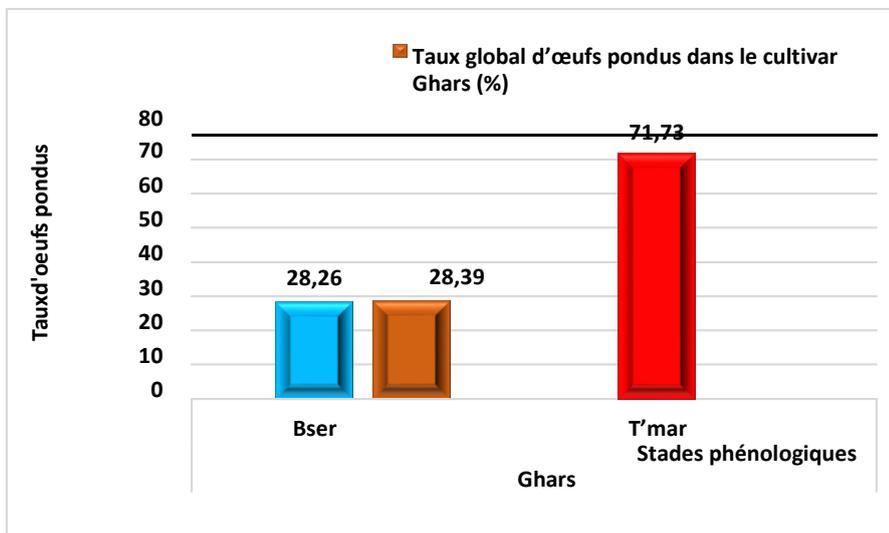
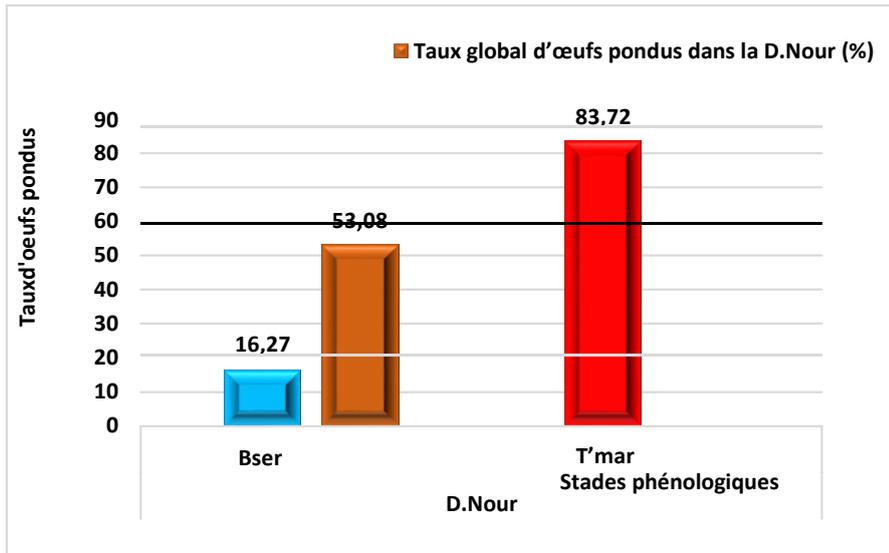
Les résultats figurés sur le tableau 7 et la figure 31, montrent une variation des niveaux de ponte en fonction des cultivars et des stades phénologiques. Parmi les trois cultivars étudiés, Deglet-Nour est le plus réceptif, avec un taux maximal de 53.08 %, suivi par Ghars (28.39 %) et enfin Degla-Beidha (18.51%). Il a été remarqué également que 83.72 % des œufs pondus sur Deglet-Nour étaient durant le stade phénologique T'mar, contre 16.27 % pondus sur le stade Bser. En outre, chez le cultivar Ghars, la ponte était également importante durant le même stade avec 71.73 % contre 28.26 % durant le stade Bser. Quant au cultivar Degla-Beidha, le stade T'mar est le plus choisi aussi par les femelles d'*E. ceratoniae* avec un taux de 56.66 % des œufs pondus, comparativement au stade Bser qui a noté 43.33 %.

Par ailleurs, il est constaté généralement, que les deux stades phénologiques de dattes sont attractifs pour les femelles d'*E. ceratoniae* mais à des niveaux différents. Tandis que, le stade T'mar est le plus attractif pour cette pyrale, notamment pour les cultivars Deglet-Nour (83.72 %) et Ghars (71.73 %). Quant à la Degla-beidha, l'intervalle

d'attractivité entre les deux stades est moyenne comparativement avec les deux cultivars précédents.

**Tableau 7:** Comportement de ponte des femelles d'*E. ceratoniae* vis-à-vis des trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques.

Cultivars		Taux d'œufs pondus par stade phénologique (%)	Taux global d'œufs pondus par cultivar (%)
	Stades phénologiques		
<b>D. Nour</b>	Bser	16.27	53.08
	T'mar	83.72	
<b>Ghars</b>	Bser	28.26	28.39
	T'mar	71.73	
<b>D. Beidha</b>	Bser	43.33	18.51
	T'mar	56.66	



**Figure 31:** Fluctuation des taux d'œufs pondus par *E. ceratoniae* en fonction de trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) en deux stades phénologiques.

### III.1.3- Ultrastructure externe des sensilles d'*E. ceratoniae* par le biais d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB)

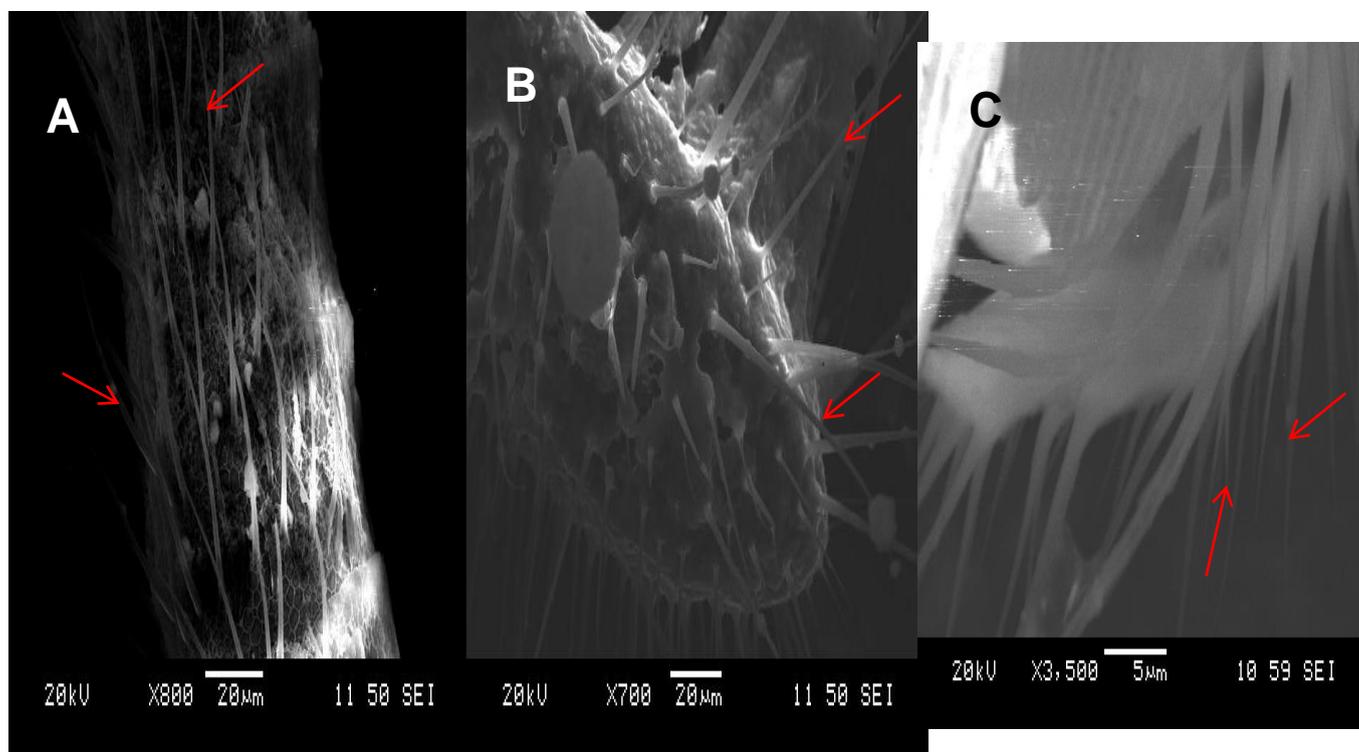
L'observation en microscopie électronique à balayage (MEB) de l'ovipositeur, des tarsi et des antennes de la femelle d'*E. ceratoniae* nous a permis de distinguer plusieurs types de sensilles sur l'ensemble des organes étudiés:

#### III.1.3.1- Sensilles trichoïdes

Nous avons constaté différents types de sensilles trichoïdes chez la femelle d'*E. ceratoniae* que ce soit en taille ou en forme :

#### III.1.3.2- Sensilles trichoïdes type I

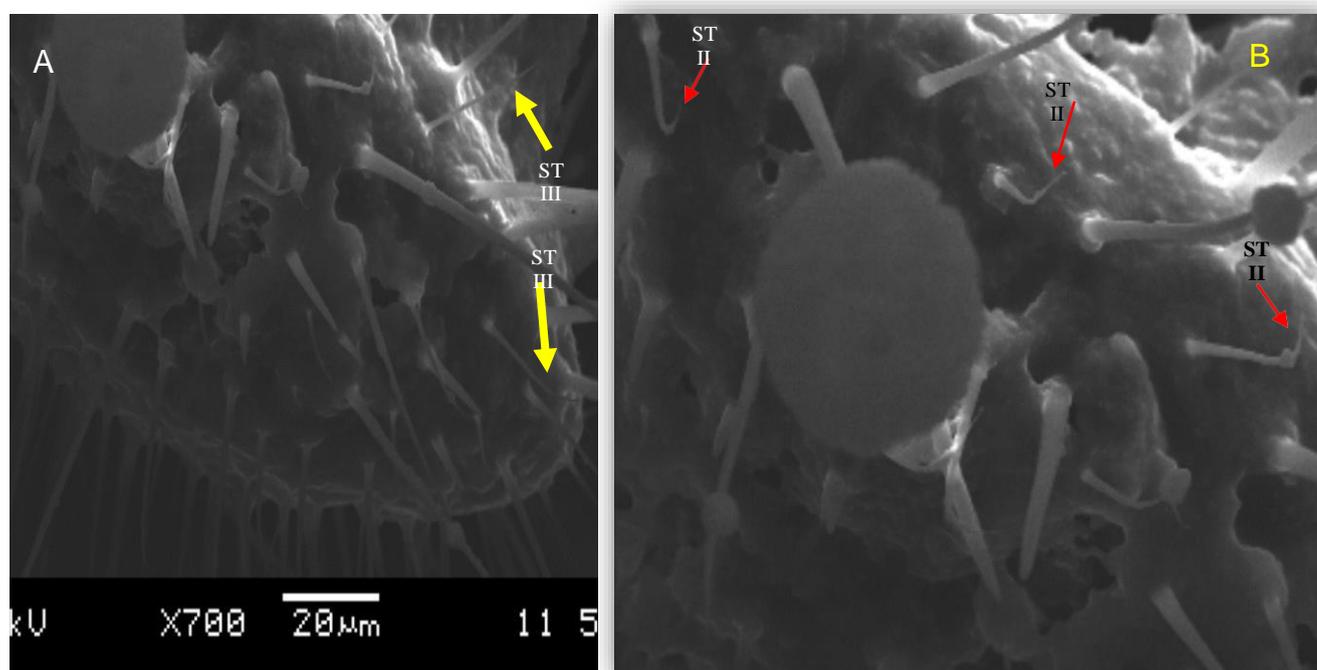
Ces sensilles ont une structure proéminente, élancée, cylindrique de 40  $\mu\text{m}$  de longueur et de 2.28  $\mu\text{m}$  de diamètre avec une partie distale pointue et légèrement courbées. Elles sont distribuées d'une manière dense sur les antennes, l'ovipositeur et d'un degré moins sur les tarsi de la femelle d'*E. ceratoniae* (Figure 32).



**Figure 32:** Micrographes montrent des Sensilles Trichoïdes type I de la femelle d'*E. ceratoniae*; (flèches); **A:** Antenne ; **B:** Ovipositeur ; **C:** Tarse (photographies personnelle).

### III.1.3.3- Sensilles trichoïdes type II et III (ST II et STIII)

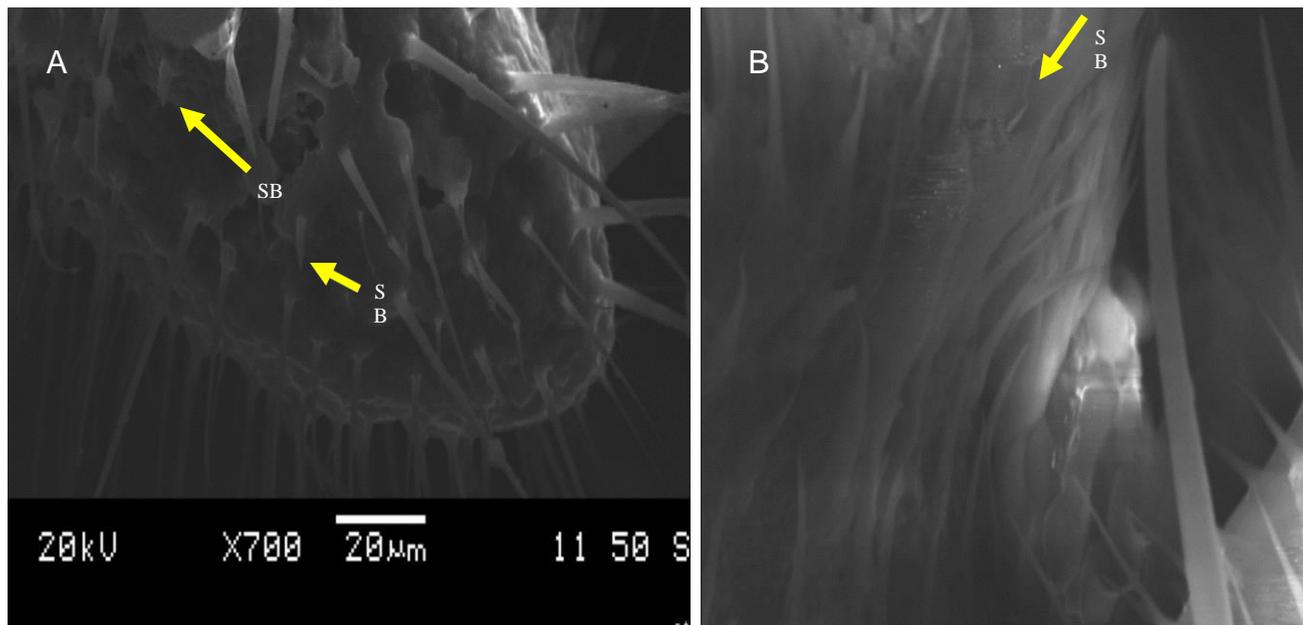
Elles sont dispersées tout a long de l'ovipositeur et les tarse de la femelle d'*E.ceratoniae*, elles se trouvent entre les ST I ; elles sont moins abondantes par rapport au ST I. En comparaison avec le ST III, les ST II se caractérisent par leur petite taille et leurs arrêtes prononcées (anguleuses). La partie courbée mesure environ 4.44  $\mu\text{m}$  par contre chez ST III elle mesure 2  $\mu\text{m}$  ; quant à la partie droite (de la base de la sensille jusqu'au point de courbure), note 11.11  $\mu\text{m}$  de longueur chez la ST II et 22.22  $\mu\text{m}$  pour la ST III (Figure 33).



**Figure 33:** Micrographes montrant des Sensilles Trichoïdes type II (B) et type III (A) sur l'ovipositeur de la femelle d'*E. ceratoniae* (photographies personnelle).

### III.1.3.4- Sensilles basiconiques

Elles sont des sensilles de forme coniques avec une extrémité arrondie et paroi épaisse, assez courtes, elles sont de longueur moyenne de 7,27  $\mu\text{m}$  ; rencontrées à la surface de l'ovipositeur de la femelle d'*E. ceratoniae*; comme nous l'avons trouvé sur les tarse du mâle de cette espèce (constatations personnelles) (Figure 34).



**Figure 34:** Micrographes montrant des Sensilles Basiconiques sur :

**A:** Ovipositeur de la femelle d'*E. ceratoniae*; **B :** Tarse du mâle d'*E. ceratoniae* (photographies personnelle).

#### III.1.4- Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte

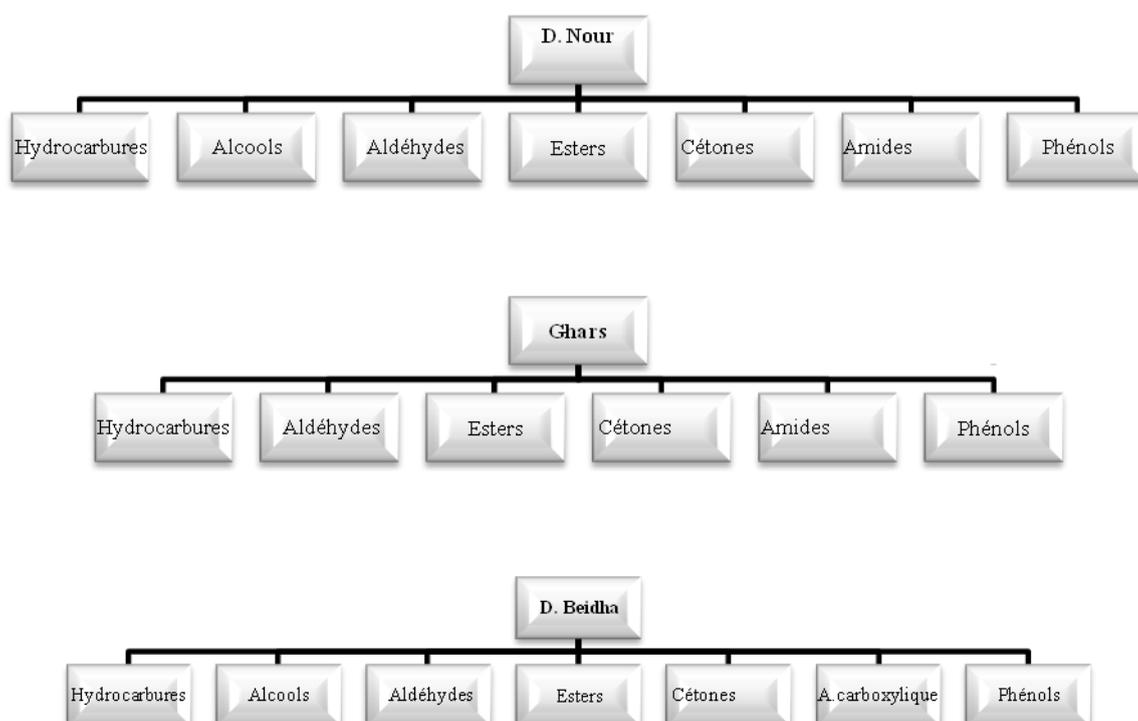
Durant le stade de la maturité, les dattes passent par une série de changements d'ordre physique tel que la couleur, texture et le calibre ; comme elles subissent des changements de nature biochimique (composition biochimique).

##### III.1.4.1- Extraction par Solvant (ES)

À l'issue des analyses effectuées durant notre étude, sur les substances volatiles de trois cultivars de datte à savoir Deglet-Nour, Degla-Beidha et Ghars, par la méthode d'extraction par solvant (ES) ; un total de 234 composés volatils a été enregistré chez les trois cultivars confondus dont 151 composés dans le cultivar Deglet-Nour, 51 composés dans le cultivar Ghars et 32 composés dans le cultivar Degla-Beidha (voir annexe 1, tableaux (a), (b) et (c)). En outre, seulement 110 composés (sans comptabiliser les composés en commun) ont été identifiés parmi les 234 composés trouvés répartis comme suit : 72 composés pour la Deglet- Nour, 38 composés pour le cultivar Ghars et 29 composés pour la Degla- Beidha.

Par ailleurs, les composés identifiés sont réparties en 8 classes chimiques, forment l'essentiel des 110 composés volatils identifiés dans cette étude, il s'agit des hydrocarbures

(hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes), Hydrocarbures aliphatiques insaturés Alcènes/Alcynes), hydrocarbures monocycliques insaturés, hydrocarbures monocycliques saturés, hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures terpéniques), alcools, aldéhydes, esters, cétones, amides, phénols et des Acides carboxyliques (Figure 35).



**Figure 35:** Représentation schématique des principales classes chimiques identifiées dans les trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-beidha) par la GC-MS en utilisant la méthode d'Extraction par Solvant (ES).

En effet, à partir des résultats obtenus (Tableau 8) et du dendrogramme (Figure 36) établi sur la base du nombre de composés volatils de chaque classe chimique, nous avons constaté que le groupe [Ghars/Degla-beidha] a un profil biochimique proche, qui est relativement très riche en hydrocarbures (29 et 17 composés respectivement), plus riche en esters avec 5 composés pour chacun, et moins riche en aldéhydes et phénols avec un composé pour chaque cultivar. Quant aux composés cétoniques, nous avons enregistré 2 composés pour le cultivar Degla-Beidha contre un composé pour le cultivar Ghars ; ce dernier, a présenté une richesse en amides (un composé) alors que, le cultivar Degla-Beidha dénote le manque de ces composés. Il est à signaler, que seul le cultivar Degla-Beidha parmi les trois cultivars étudiés

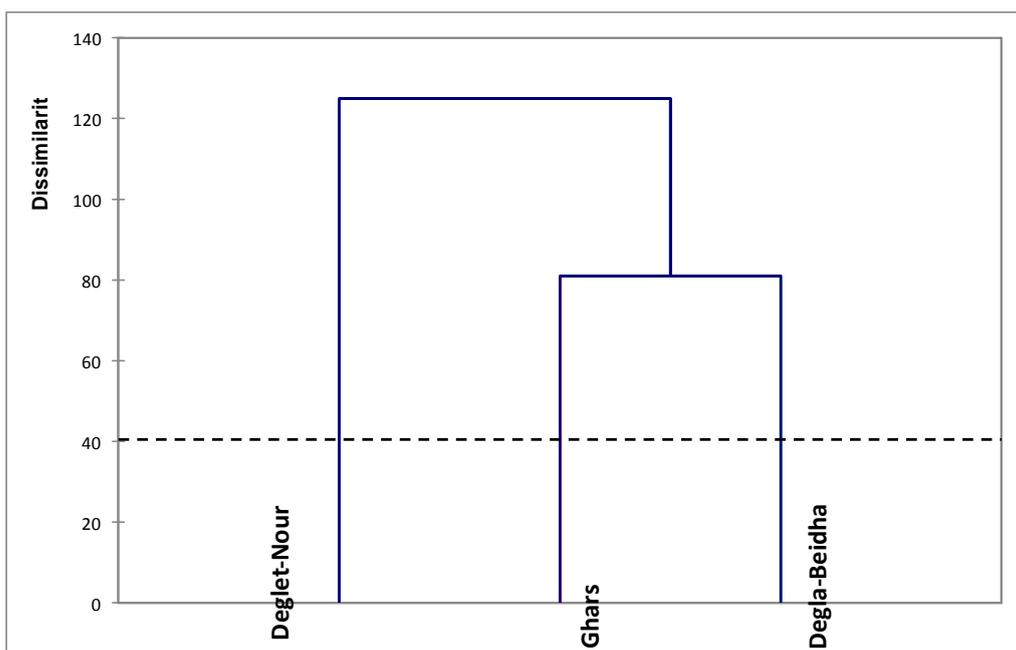
est pourvu d'acides carboxyliques (un composé).

Par ailleurs, toutes les classes chimiques identifiées dans les trois cultivars sont représentées chez le cultivar Deglet-Nour (à l'exception de la classe des acides carboxyliques) avec un nombre de composés relativement élevé par rapport à celui enregistré chez les autres cultivars.

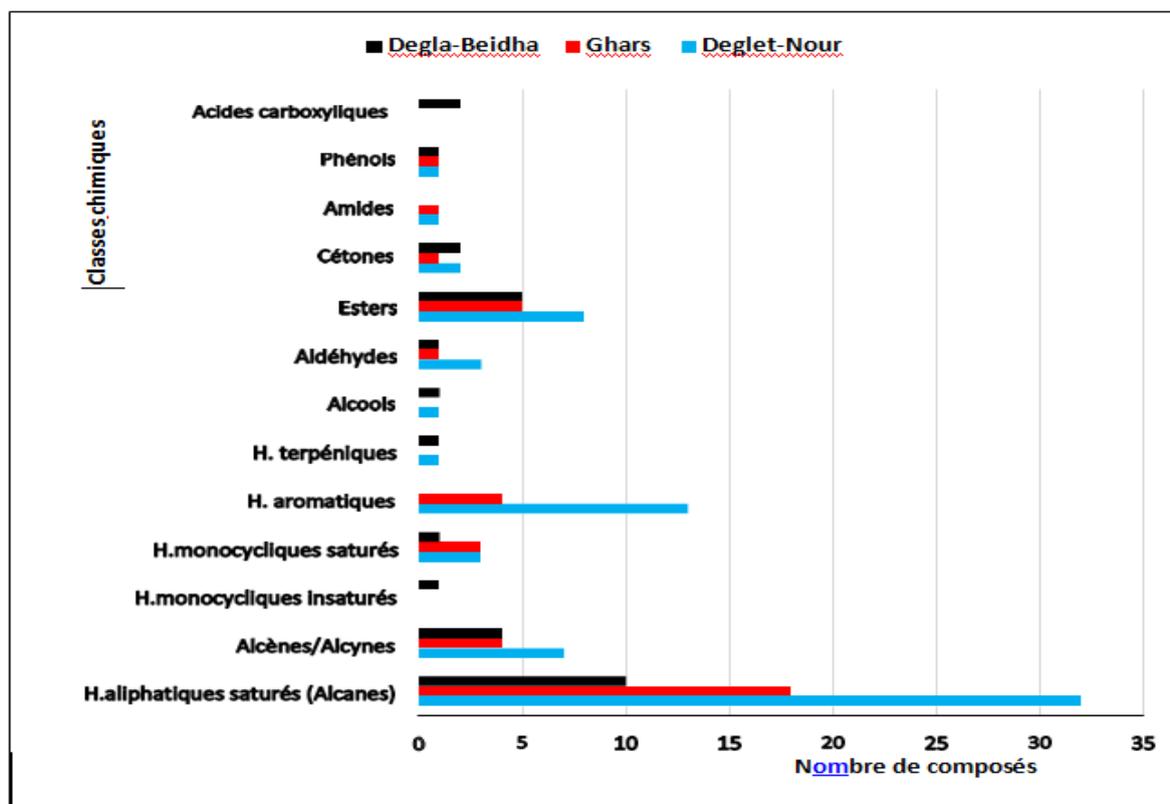
En effet, Deglet-Nour se caractérise par une richesse marquante en d'hydrocarbures. Parmi les **72** composés on trouve : **32** composés d'hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes), 3 composés d'hydrocarbures cycliques, **13** composés d'hydrocarbures aromatiques, 7 composés d'hydrocarbures aliphatiques insaturés (alcènes/alcynes) et **01** composé d'hydrocarbure terpénique ; et par 8 composés d'esters et de 2 composés de cétones. À l'opposé du Ghars et D. Beidha, D. Nour est riche en aldéhydes et en alcools avec 3 composés pour le premier et un composé pour le second. Le cultivar se caractérise également par la présence d'un seul composé d'amides ; quant aux phénols, les trois cultivars présentent un nombre relativement faible (01composé/cultivar) (Tableau 8 et Figure 37).

**Tableau 8:** Nombre de composés volatils dans chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar de datte.

Cultivars Classes chimiques	Deglet-Nour	Ghars	Degla-Beidha
Hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes)	32	18	10
Hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes/Alcynes)	07	04	04
Hydrocarbures monocycliques insaturés	00	00	01
Hydrocarbures monocycliques saturés	03	03	01
Hydrocarbures aromatiques	13	04	00
Hydrocarbures terpéniques	01	00	01
Alcools	01	00	01
Aldéhydes	03	01	01
Esters	08	05	05
Cétones	02	01	02
Amides	01	01	00
Phénols	01	01	01
Acides carboxyliques	00	00	02
Total	72	38	29



**Figure 36:** Dendrogramme de classement de trois cultivars de datte, obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur le nombre de composés volatils de chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar



**Figure 37:** Représentation graphique du nombre de composés volatils de trois cultivars de datte (D. Nour, Ghars et D. Beidha) en fonction de leurs classes chimiques.

L'Analyse des Correspondances principales (ACP), fait montrer plusieurs corrélations entre le taux d'infestation et la composition chimique des cultivars étudiés (nombre de composés que contient chaque famille chimique).

Ainsi, dans le tableau 9 sont affichées les valeurs propres non nulles et le pourcentage de la variabilité correspondant. En effet, les axes 1 et 2 expliquent 62.57 et 37.43 % de la variabilité respectivement. Par conséquent, les axes 1 et 2 contiennent l'essentiel de l'information exploitable.

**Tableau 9:** Valeurs propres et pourcentages de variabilité expliquée par les axes dans une Analyse des Correspondances principales (ACP).

	<b>F1</b>	<b>F2</b>
Valeur propre	8,134	4,866
Variabilité (%)	<b>62,570</b>	<b>37,430</b>
% cumulé	62,570	100,000

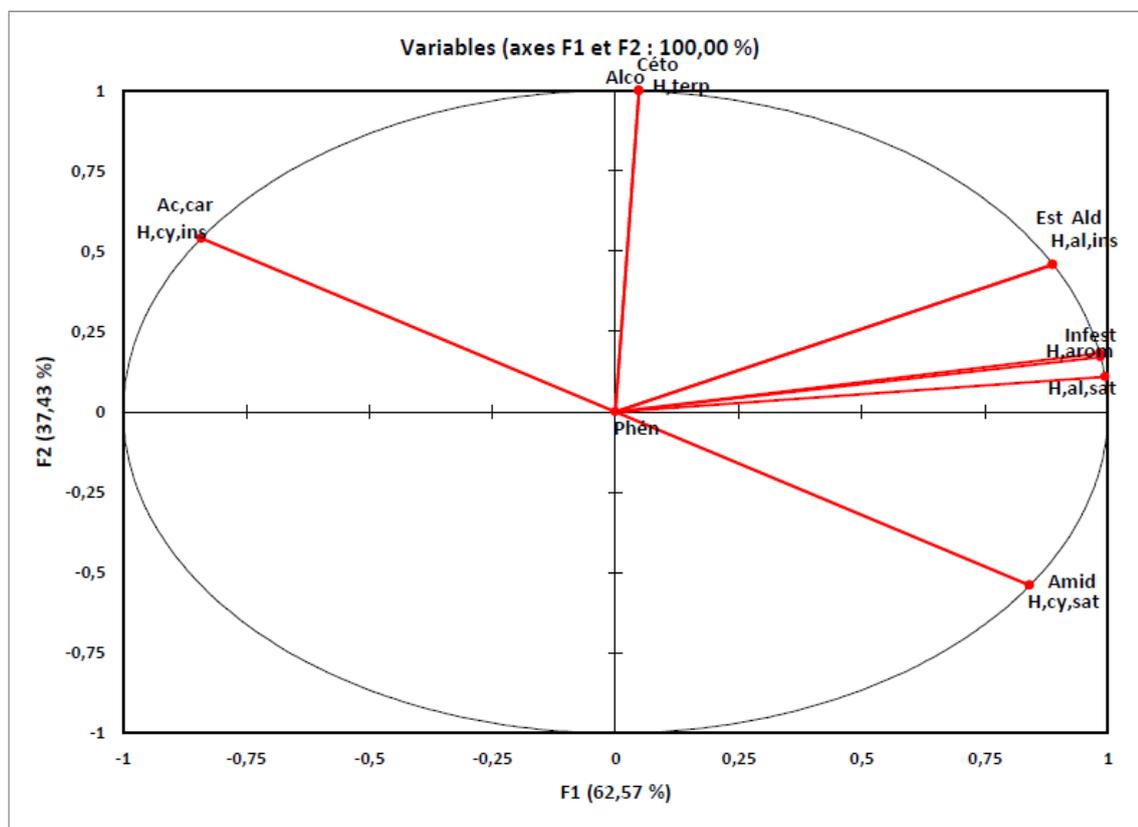
En effet, des corrélations positives marquent les relations du taux d'infestation d'une part et les hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes) (0,997), les hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes) (0,957), les hydrocarbures cycliques saturés (0,729), Hydrocarbures aromatiques (1) (parfaitement corrélés), aldéhydes (0,957), esters (0,957) et les amides (0,729) d'autre part. Par ailleurs, des corrélations négatives caractérisent la relation entre le taux d'infestation d'une part et les hydrocarbures cycliques insaturés (-0,729) et les Acides carboxyliques (-0,729) d'autre part. Cependant, par leur position centrale, les phénols sont significativement non-corrélés; de même pour les hydrocarbures terpéniques, les alcools et les cétones qui présentent une position orthogonale ; (Tableau 10 et Figure 38).

**Tableau 10:** Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre le taux d'infestation et nombre de composés volatil par famille chimique.

	Infe
H,al,sat	<b>0,99</b>
H,al,ins	<b>0,95</b>
H,cy,ins	-
H,cy,sat	<b>0,72</b>
H,arom	<b>1,00</b>
H,terp	0,22
Alco	0,22
Ald	<b>0,95</b>
Est	<b>0,95</b>
Céto	0,22
Amid	<b>0,72</b>
Phén	-
Ac,car	-
Infest	<b>1</b>

Légende :

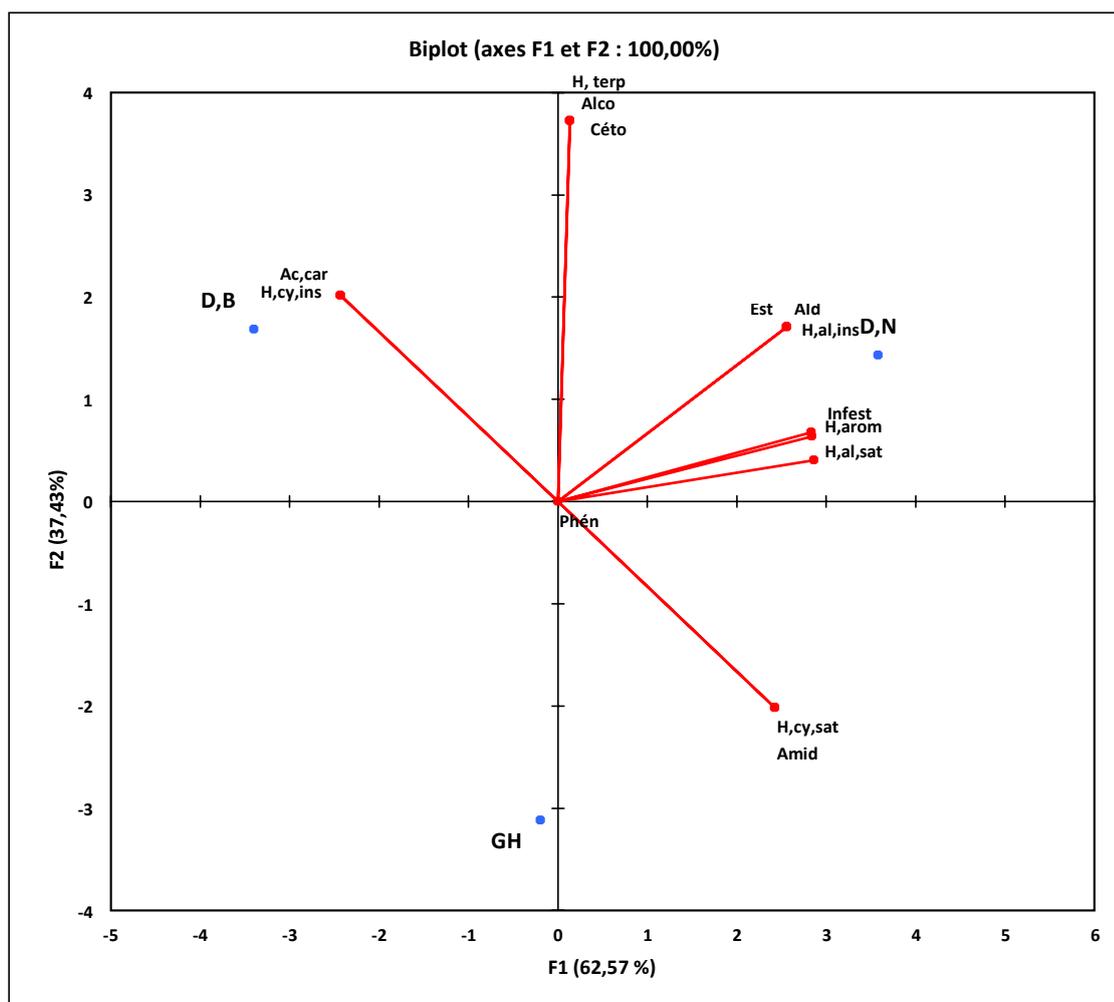
**H,al, sat:** Hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes);  
**H,al,ins:** Hydrocarbures aliphatiques insaturés ;  
**H,cy,ins:** Hydrocarbures cycliques insaturés ; **H,cy,sat:** Hydrocarbures cycliques saturés ; **H,arom:** Hydrocarbures aromatiques ; **H,terp:** Hydrocarbures terpéniques ; **Alco:** Alcools ; **Phén :** Phénols, **Ald:** Aldéhydes ; **Est:** Esters ; **Céto:** Cétones ; **Amid:** Amides ; **Ac,car:** Acides carboxyliques, **Infest:** Infestation.



**Figure 38:** Cercle des corrélations des variables.

Par ailleurs, la lecture minutieuse du cercle des corrélations des variables (Figure 38), et du tableau des cosinus carrés (voir annexe 2, tableau (a)) permet d'interpréter la signification des axes. Dans notre cas, l'axe F1 est clairement lié aux hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes), hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes), les hydrocarbures cycliques saturés, hydrocarbures aromatiques, aldéhydes, esters, amides, hydrocarbures cycliques insaturés, acides carboxyliques et aux taux d'infestation, alors que l'axe F2 est essentiellement lié aux Hydrocarbures terpéniques, cétones et alcools.

La représentation simultanée des cultivars et des variables (Figure 39) sur une carte à deux dimensions, et ainsi permet d'identifier des tendances. En effet, nous avons remarqué que sur la base des variables de la composition chimique, et le taux d'infestation dont on dispose, le cultivar Deglet-Nour est assez particulier, il semble que le taux d'infestation chez ce cultivar est significativement corrélé aux variables hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes), hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes), aldéhydes, esters et en particulier les hydrocarbures aromatiques. De même pour le cultivar Ghars, il paraît que le taux d'infestation est corrélé positivement aux variables hydrocarbures cycliques saturés et aux amides. Quant au cultivar Degla-Beidha, le taux d'infestation est corrélé négativement aux variables hydrocarbures cycliques insaturés et aux acides carboxyliques.



**Figure 39:** Représentation simultanée des cultivars (observations) et variables.

#### III.1.4.2- Analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME/GC-MS)

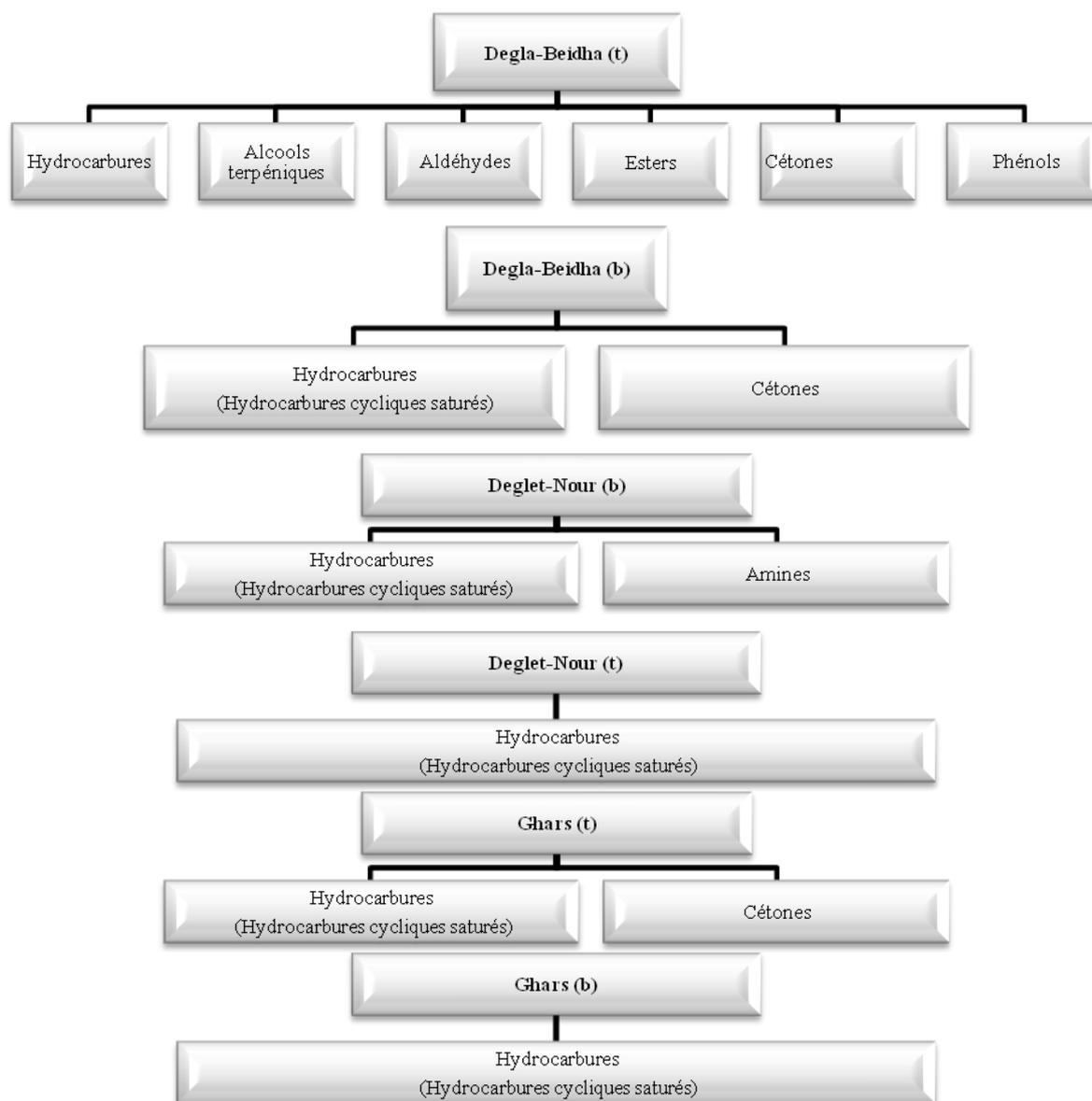
L'analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME/GC-MS) des trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Degla-Beidha et Ghars) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar) a permis d'identifier **24** composés volatils parmi les **71** composés enregistrés chez les trois cultivars confondus (voir annexe 3, tableau (a-f)) et (Tableau 11). En effet, la répartition des composés identifiés en fonction des cultivars et des stades phénologiques est représentée comme suit: **21** composés identifiés contre **7** non identifiés dans le cultivar Degla-Beidha stade phénologique T'mar (D.B (t)), par contre seulement **3** composés identifiés contre **4** non identifiés dans le même cultivar en stade Bser (D.B (b)). Quant au cultivar Deglet-Nour, **3** composés ont été identifiés contre **10** composés non identifiés en stade Bser (D.N (b)); Alors qu'en stade T'mar (D.N (t)), **2** composés ont été identifiés contre **6** non identifiés. En ce qui concerne le cultivar Ghars stade phénologique

Bser (G (b)) a enregistré le même nombre de composés à celui noté chez D.N (t); mais en stade T'mar (G (t)), ce cultivar a marqué la présence de **3** composés identifiés contre 4 non identifiés.

**Tableau 11:** Nombre de composés volatils dans chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar de datte (deux stades phénologiques) par le biais de la technique SPME GC-MS.

Cultivars  (stades phénologiques)	D.N (b)	D.N (t)	G (b)	G (t)	D.B (b)	D.B (t)
Hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes)	00	00	00	00	00	06
Hydrocarbures cycliques saturés	02	02	02	02	02	02
Hydrocarbures cycliques insaturés	00	00	00	00	00	01
Hydrocarbures aromatiques	00	00	00	00	00	02
Hydrocarbures terpéniques	00	00	00	00	00	02
Alcools terpéniques	00	00	00	00	00	01
Esters	00	00	00	00	00	02
Cétones	00	00	00	01	01	04
Phénols	00	00	00	00	00	01
Amines	01	00	00	00	00	00
<b>Total</b>	<b>03</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>03</b>	<b>21</b>

Par ailleurs, les composés identifiés appartenant principalement aux 6 classes chimiques, à savoir : les hydrocarbures (hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes), les hydrocarbures cycliques saturés, les hydrocarbures cycliques insaturés, les hydrocarbures aromatiques, les hydrocarbures terpéniques), les alcools terpéniques, les esters, les cétones, les phénols et les Amines (Figure 40).



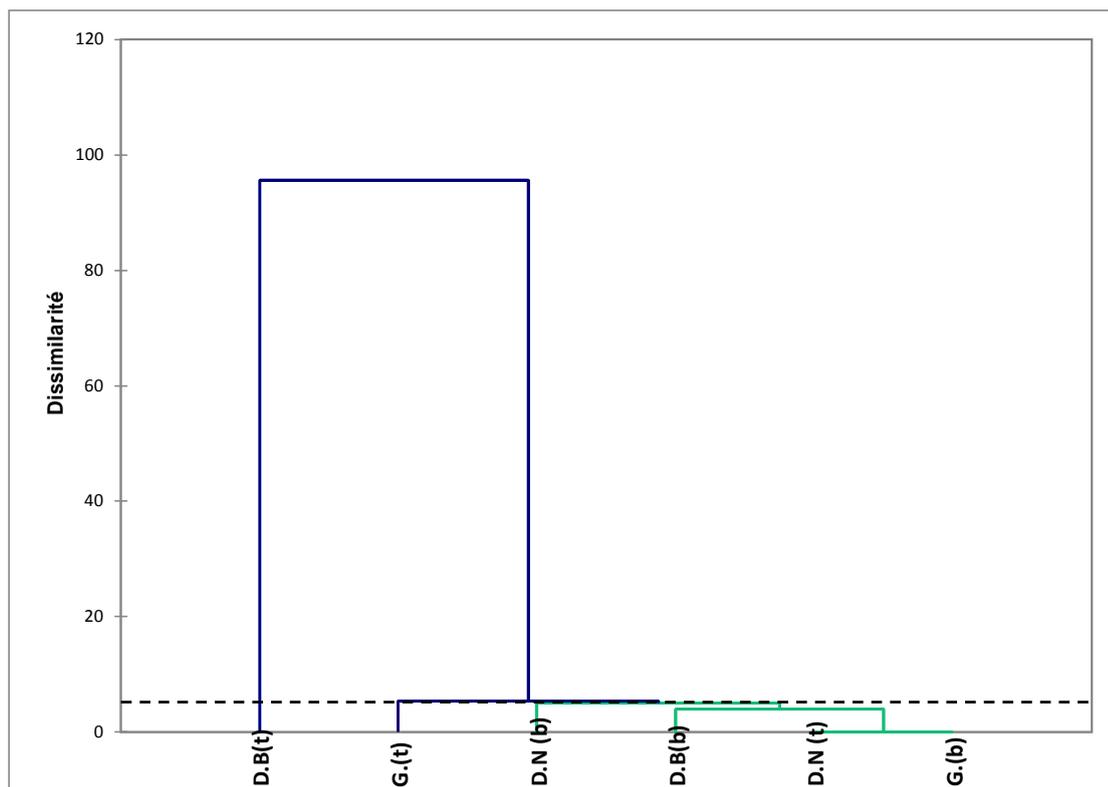
**Figure 40:** Représentation schématique des principales classes chimiques identifiées dans trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha) en deux stades phénologiques par la GC-MS en utilisant le Headspace Solid Phase Micro Extraction (HS-SPME)

En effet, à partir des résultats obtenus dans le Tableau 11 et du dendrogramme établi sur la base du nombre de composés volatils de chaque classe chimique (Figure 41 et 42), nous avons mis en relief les liens hiérarchiques entre les différents cultivars étudiés. C'est ainsi que nous avons défini une partition en trois classes.

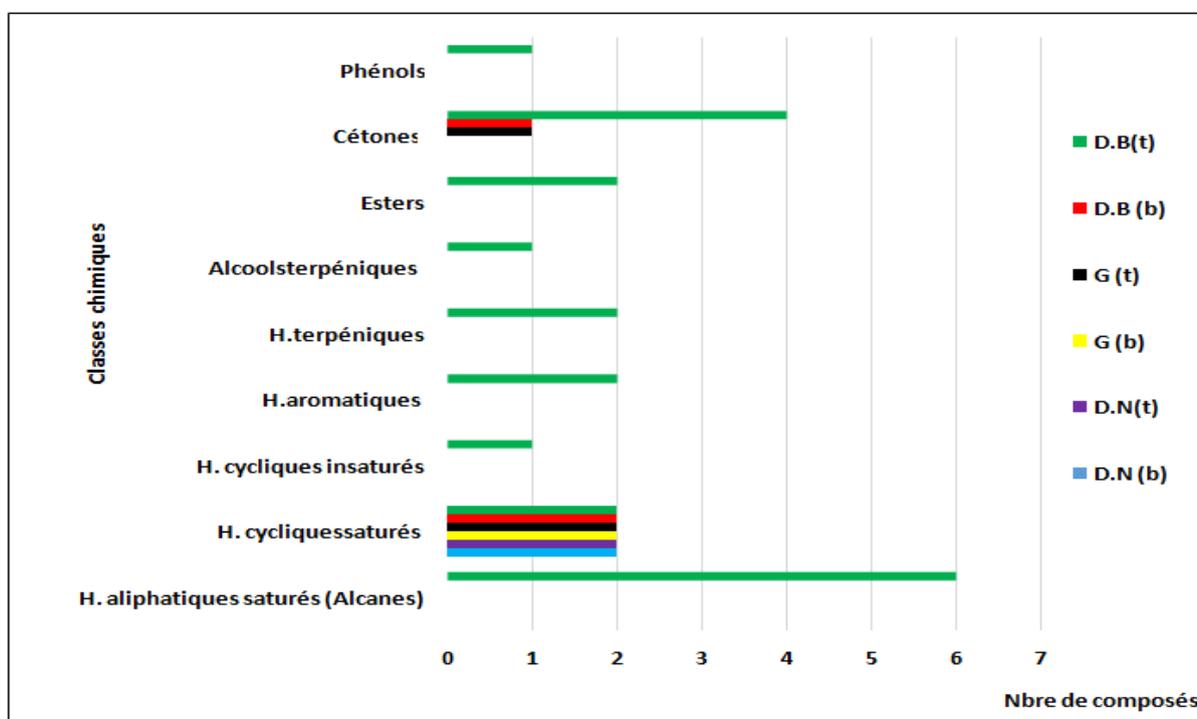
Il semble exister tout d'abord deux classes constituées d'un seul cultivar (Degla-Beidha (t) et Ghars (t)). La première, est la Degla-Beidha, en stade phénologique (T'mar) ; caractérisé par un profil biochimique riche en hydrocarbures aliphatiques saturés (6

composés), hydrocarbures monocycliques saturés (2 composés), hydrocarbures cycliques insaturés (un composé), hydrocarbures aromatiques (2 composés), hydrocarbures terpenique (2 composés), alcool terpénique (un composé), esters (2 composés), cétones (4 composés) et phénol (un composé); vient ensuite la deuxième classe, constituée aussi d'un seul cultivar de datte (Ghars), du même stade phénologique que le précédent (T'mar), caractérisé par la présence de deux classes chimiques, il s'agit des Hydrocarbures cycliques saturés (2 composés) et cétone (un composé).

En outre, la troisième classe est représentée par un regroupement de cultivars en différents stades phénologiques ; à savoir : la Deglet-Nour (b), Degla-Beidha (b), la Deglet-Nour (t) et Ghars (b). En fait, dans cette classe, nous avons constaté que le couple Deglet-Nour (t) et Ghars (b) est homogène ; il appartient à la même classe chimique (hydrocarbures monocycliques saturés) et avec un profil chimique identique, constitué essentiellement par les mêmes composés en nombre et en nature "Cyclopentasiloxane, decamethyl-" et "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-" (voir annexe 3, tableau (d) et tableau (e)). Par ailleurs, à l'intérieur de la classe précitée, le groupe [D.Beidha (b)/D.Nour (t) et Ghars (b)] d'une part et [D.Nour (b)] d'autre part, ont un profil biochimique proche, avec 2 composés en commun "Cyclopentasiloxane, decamethyl-" et "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-" (voir annexe 3, tableau (b), tableau (d), tableau (e) et tableau (c)).



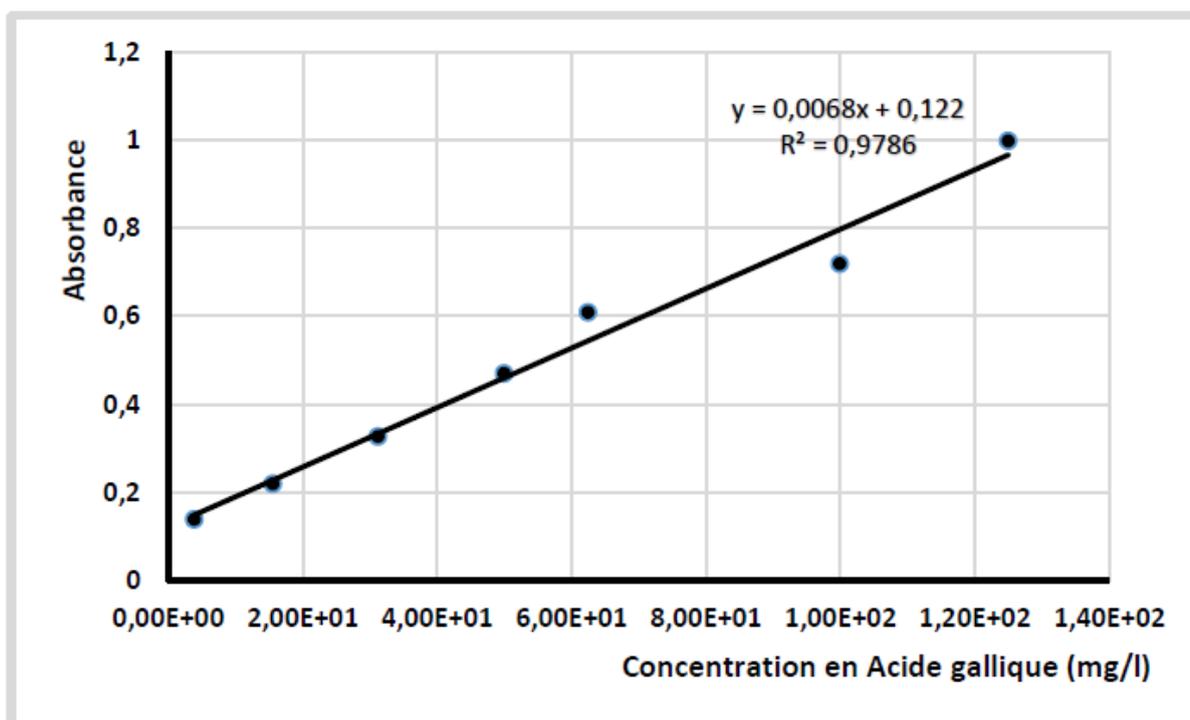
**Figure 41:** Dendrogramme de classement de trois cultivars de datte en deux stades phénologiques, obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) basée sur le nombre de composés volatils de chaque classe chimique identifiés dans chaque cultivar.



**Figure 42:** Représentation graphique du nombre de composés volatils de trois cultivars de datte (D. Nour, Ghars et D. Beidha) en deux stades phénologiques en fonction de leurs classes chimiques identifiées par la technique SPME GC-MS.

### III.1.5- Teneur en composés phénoliques solubles totaux

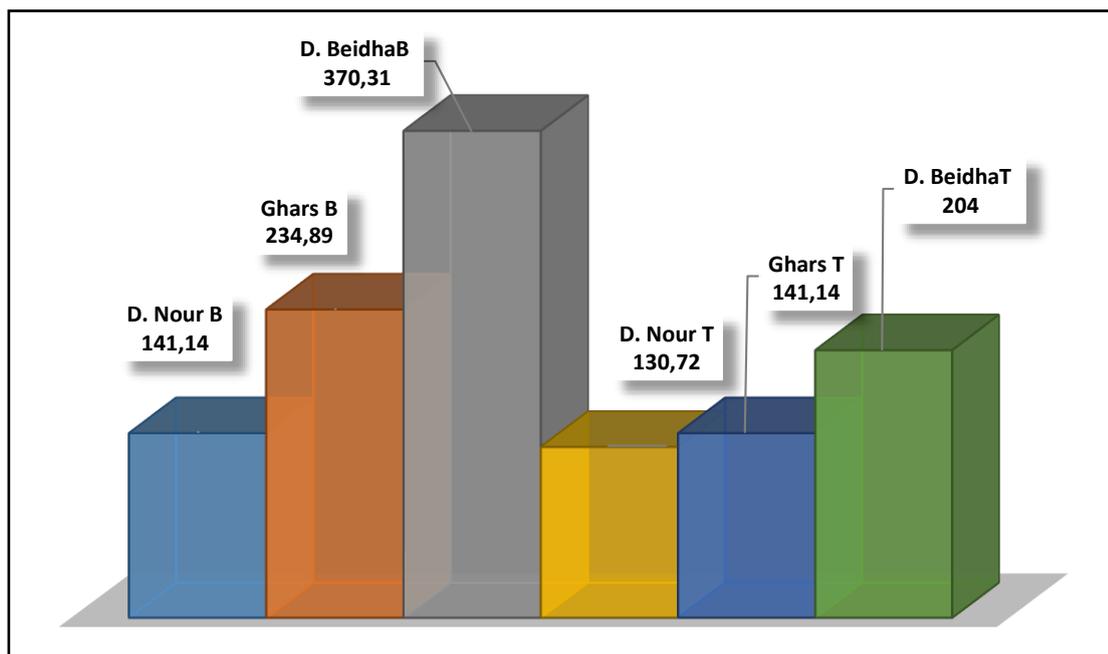
L'étude comparative des teneurs en composé phénoliques totaux (polyphénols) de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques (Bser et T'mar), effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée avec le réactif de Folin-Ciocalteu ; nous a permis d'obtenir des résultats exprimés en mg équivalent d'Acide Gallique par 100 gramme d'extrait de la Matière Fraiche (mg EAG/100 gMF). Ces teneurs sont calculées par le biais de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (Figure 43).



**Figure 43:** Dosage spectrophotométrique de composés phénoliques totaux (polyphénols) à 750 nm; calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

En effet, les résultats des dosages des polyphénols extractibles totaux, montrent que tous les cultivars étudiés sont riches en polyphénols. En revanche, ces teneurs sont variables, et diffèrent d'un extrait à un l'autre, en fonction des cultivars et des stades phénologiques.

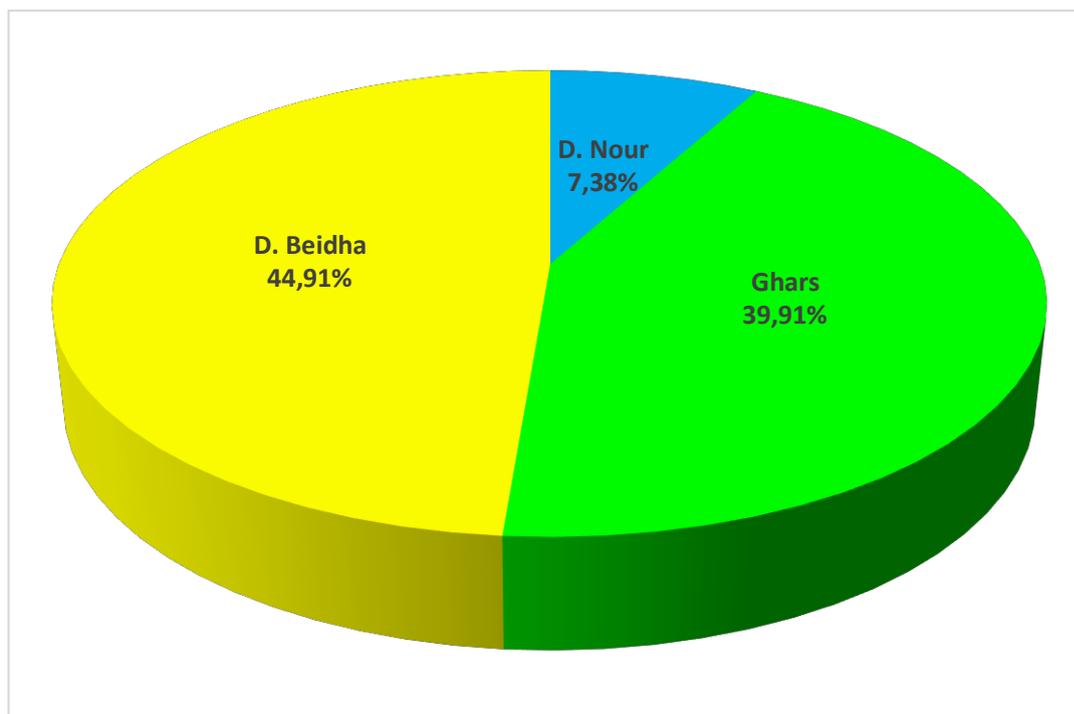
Effectivement, une concentration très élevée a marqué les dattes de stade Bser avec des teneurs allant de 141.14, 234.89 et 370.31 mg EAG/100 g de MF. Contre 130.72, 141.14 et 204 mg EAG/100 g de MF pour les dattes de stade T'mar (Figure 44).



**Figure 44:** Teneurs en polyphénols totaux dans les extraits de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques exprimées en (mg d'Équivalent d'Acide Gallique/100 g de Matière Fraîche).

Par ailleurs, en fonction des cultivars, la Degla-Beidha révèle nettement le cultivar le plus riche en polyphénols que ce soit au stade Bser (370.31 mg EAG/100 g de MF) ou au stade T'mar (204 mg EAG/100 g de MF). En second lieu, le cultivar Ghars qui semble également très riche en polyphénols avec des teneurs de 234.89 et 141.14 mg EAG/100 g de MF aux stades Bser et T'mar respectivement. Quant à la Deglet-Nour, elle a enregistré des teneurs faibles dans les deux stades comparativement aux autres cultivars étudiés (141.14 et 130.72 mg EAG/100 g de MF).

Cependant, une diminution de la teneur en composés phénoliques solubles totaux a été constatée au cours de la transition du stade Bser au Stade T'mar (maturation). Cette chute, est de l'ordre de 7.38, 39.91 et 44.91 pour les cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha respectivement (Figure 45).



**Figure 45:** Taux de diminution de la teneur en composés phénoliques solubles totaux du stade Bser au stade T'mar de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques.

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM), a permis de faire sortir des liens entre le taux d'infestation et la composition chimique des cultivars étudiés (différents composés). En ACM, l'inertie totale dépend uniquement du nombre de variables et de modalités et non des liaisons entre les variables ; cette quantité n'a donc pas d'interprétation statistique. Pour que l'interprétation soit proche de la réalité, GREENACRE et BLASIUS (2006) ont proposé d'utiliser une inertie ajustée. Pour ce faire, XLSTAT ajuste les inerties pour aboutir à une mesure exploitable.

Les résultats obtenus par l'ACM sont difficiles à interpréter du fait du nombre important des variables et des modalités, afin de pouvoir les observer de manière plus claire sur le graphique, nous avons procédé à la réduction de nombre total de variables par leur répartition en fonction de classes chimiques.

Ainsi, dans le tableau des valeurs propre (voir annexe 5, tableau (a)), sont affichées les valeurs propres non nulles et le pourcentage d'inertie correspondant. En effet, Nous avons remarqué alors que les axes 1 et 2 expliquent 92.029 % et 2.006 % de l'inertie ajustée respectivement. Par conséquent, les axes 1 et 2 contiennent l'essentiel de l'information exploitable (94,035 %).

La lecture du tableau des contributions (voir annexe 5, tableau (b)) et tableau des cosinus carrés (voir annexe 5, tableau (c)), permet de retenir 09 variables pour l'interprétation sur le premier axe (F1). Ces variables ont contribué de façon régulière à la formation de cet axe, avec une contribution de 9.1 % et un cosinus carré de 0,999; il s'agit des hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes) (H.aliph.sat), hydrocarbures cycliques insaturés (H.cy.insat), hydrocarbures aromatiques (H.arom), hydrocarbures terpéniques (H.terp), alcools terpéniques (Alco.terp), esters (Ester), cétones, phénols, et les polyphénols (Polyph-4).

Quant à l'axe (F2), 05 variables ont été retenues, ces dernière sont contribuées de façon irrégulière à sa formation, à savoir les cétones monoterpéniques (Cne.mter) (avec une contribution de 7.6 % et un cosinus carré de 0.2), les amines (7.6 % et 0.2), cétones terpéniques avec deux modalité (Cne.ter-1 (30.3 % et 0.8) et Cne.ter-0 (6.1 % et 0.8) et polyphénols représentés par ses deux modalités Polyph-2 (30.3 % et 0.8) et Polyph-5 (15.2 % et 0.5).

Le tableau des cosinus carrés (voir annexe 5, tableau (c)), présente les cosinus carrés, qui nous renseignent sur la qualité de la représentation d'une modalité. Il est admet que la représentation est bonne lorsque le cosinus carré s'approche de l'unité. Les résultats de ce tableau confirment le précédent (voir annexe 5, tableau (b)). Selon les règles d'interprétation de la proximité des modalités en ACM ; il est à noter que plusieurs similarités peuvent être dégagées (Figure 46) ; c'est le cas des modalités :

polyph-5, Cne.mter-1 et Amine-1 proches des cultivars Deglet-Nour (bser) (DN b) et Ghars (t'mar) (GH t) ;

H.arom-0, Ester-0, Alco.terp-0, H.cy.insat-0, Phénol-0, Cétone-0, polyph-7, H.terp-0, H.aliph.sat-0 proches des observations Deglet-Nour (t'mar) (DN t) et Ghars (bser) (GH b) ;

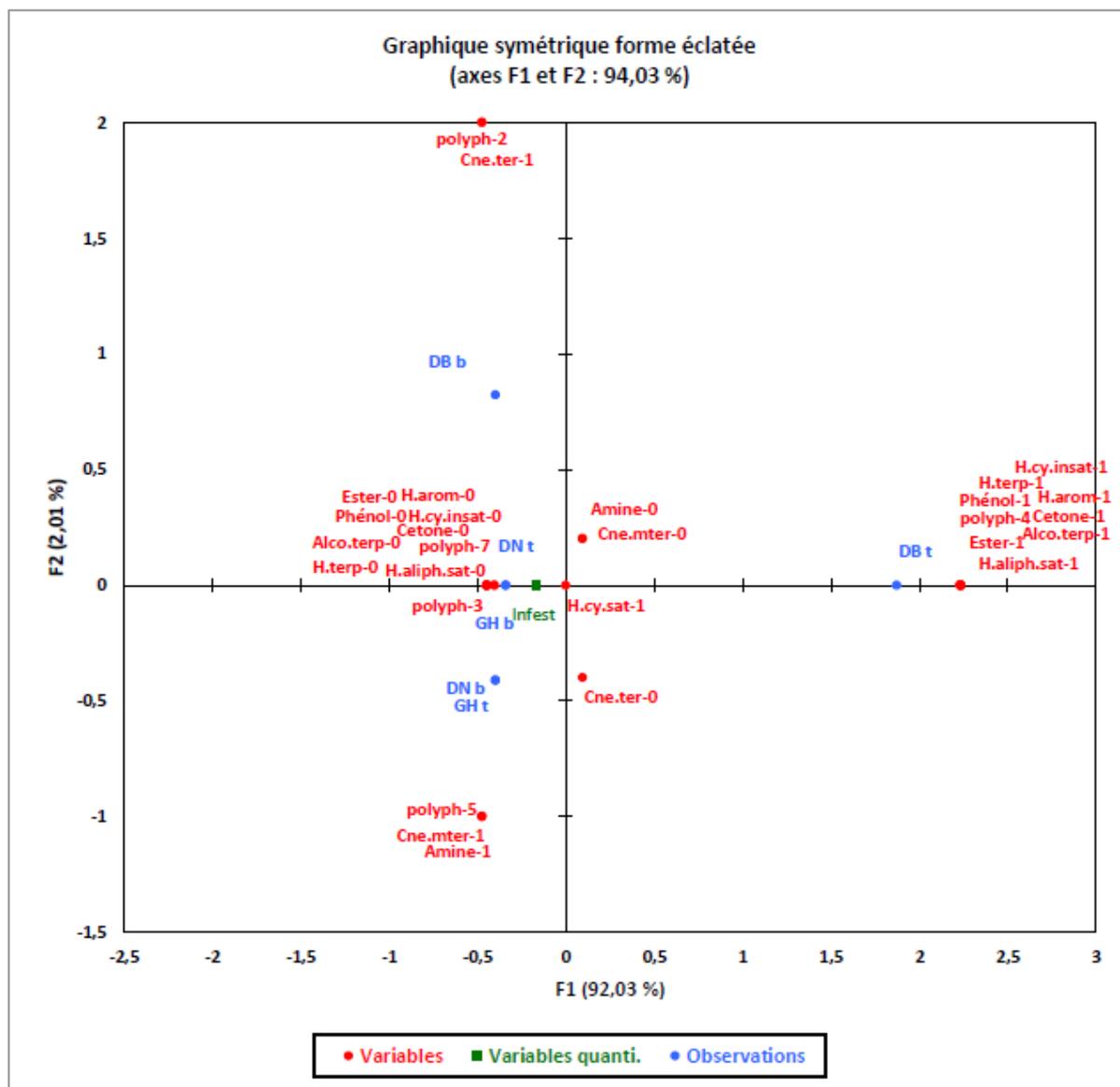
polyph-2, Cne.ter-1 proche de Degla-Beidha (Bser) (DB b) ;

H.cy.insat-1, H.terp-1, Phénol-1, H.arom-1, polyph-4, Cétone-1, Ester-1, Alco.terp-1, H.aliph.sat-1 près du cultivar Degla-Beidha (t'mar).

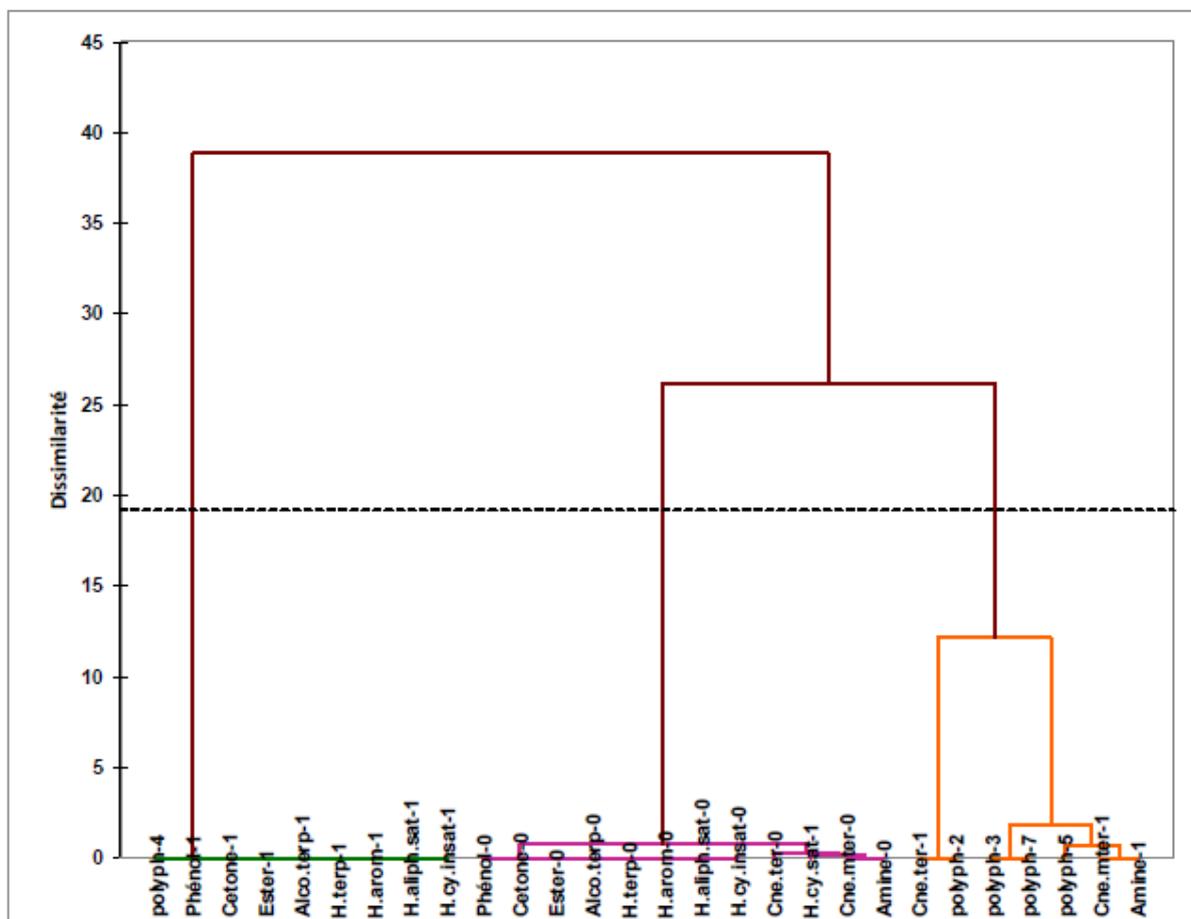
Par ailleurs, pour mieux distinguer les profils-types (groupes) sur la relation entre la composition chimique et l'infestation, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur les variables, dont les données d'entrées sont les coordonnées des axes retenus (Figure 47). Ainsi, il est avéré que les cultivars se

répartissent en trois groupes.

- **Groupe 1** : représenté par Deglet-Nour en stade phénologique T'mar (DN t) et Ghars stade Bser (GH b), positionnés sur le côté négatif de l'axe (F1) et sur le côté positif de l'axe (F2) ; caractérisés par un taux d'infestation de l'ordre de 83.72 % et 28.26 % respectivement. Comme il présente une richesse en hydrocarbures cycliques saturés (H.cy.sat) et en polyphénols avec des quantités différentes (polyph-7: 130.72 mg EAG/100 g de MF ; pour DN t et polyph-3: 234.89 mg EAG/100 g de MF ; pour GH b ) ; comme il marque une pauvreté en cétones monoterpéniques (Cne.mter), Amines, cétones terpéniques (Cne.ter), hydrocarbures aliphatiques saturés (H.aliph.sat), hydrocarbures cycliques insaturés (H.cy.insat), hydrocarbures aromatiques (H.arom), hydrocarbures terpéniques (H.terp), alcools terpéniques (Alco.terp), Esters, Cétone, et en phénols (Phénol).
- **Groupe 2** : représenté par les cultivars Deglet-Nour en stade phénologique Bser (DN b), Ghars en stade T'mar (GH t) et Degla-Beidha en stade Bser (DB b). l'ensemble des cultivars sont situés sur le côté négatif de l'axe (F1) et ils sont étendus sur les deux cotés de l'axe (F2) d'où on trouve Degla-Beidha en stade Bser (DB b) sur son coté positif ; alors que, Deglet-Nour stade Bser (DN b), Ghars stade T'mar (GH t) sur l'autre coté ; ce groupe, présente une richesse en hydrocarbures cycliques saturés (H.cy.sat), cétones monoterpéniques (Cne.mter), Amines, cétones terpéniques (Cne.ter), et en polyphénols (polyph-2 : 370.31 mg EAG/100 g de MF, polyph-5: 141.14 mg EAG/100 g de MF ). Le taux d'infestation oscille entre 16.27 pour Deglet-Nour en stade Bser, 71.73% pour Ghars en stade T'mar et 43.33 % pour Degla-Beidha en stade Bser.
- **Groupe 3** : représenté uniquement par le cultivar Degla-Beidha en stade T'mar, situé sur les deux côtés positifs de l'axe (F1) et l'axe (F2) ; caractérisé par un taux d'infestation de l'ordre de 56.66 % et par une richesse en H.aliph.sat, H.cy.insat, H.arom, H.terp, Alco.terp, Ester, Cétone, Phénol, et polyph-4 (204 mg EAG/100 g de MF)



**Figure 46:** Représentations graphiques simultanée des observations (cultivars) et des variables (composés) ; (Forme condensée et élatée).



**Figure 47:** Dendrogramme de distinction de nombre de profils-types (groupes), obtenu par une classification ascendante hiérarchique (CAH) réalisée sur les variables.

L'interprétation de la représentations graphique (Figure 46 ), basée sur la lecture des résultats des contributions (voir annexe 5, tableau (b)), des cosinus carrés (voir annexe 5, tableau (c)), des valeurs test (voir annexe 5, tableau (d)) et de la classification ascendante hiérarchique (CAH) (Figure 47) ; nous a permis de dire que le groupe 01 constitué essentiellement par Deglet-Nour en stade phénologique T'mar (DN t) et Ghars stade Bser (GH b) ; ces cultivars ont un profil chimique identique notamment en substances volatiles ("Cyclopentasiloxane, decamethyl-" et "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-") par contre, des hétérogénéités ont été enregistrés en quantité de polyphénols (GHb): 234.89 (polyph-3) et DN(t): 130.72 (polyph-7) mg EAG/100 g de MF), ceci probablement peut expliquer l'hétérogénéité des taux d'infestation obtenus (83.72 % pour la (DN t) et 28.26 % pour le cultivar (GHb).

Par ailleurs, le groupe 02 représenté par la Deglet-Nour en stade phénologique Bser (DN b), Ghars en stade T'mar (GHt) et Degla-Beidha en stade Bser (DBb). Ces cultivars

présentent un profil chimique plus ou moins semblable; d'où nous avons enregistré la présence des composés "Cyclopentasiloxane, decamethyl-" et "Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-" (H.cy.sat), chez l'ensemble des cultivars de ce groupe. En plus de ces composés, les cultivars Ghars en stade T'mar (GHt) et Degla-Beidha en stade Bser (DBb) marque une richesse en cétones terpéniques représenté essentiellement par ".alpha.-Thujone" et ".beta.-Thujone" respectivement. Quant à la Deglet-Nour en stade phénologique Bser (DN b) note la présence de "Benzeneethanamine, 3-benzyloxy-2-fluoro-.beta.-hydroxy-N-methyl-" (Amines).

En opposition des deux groupes précédents, se présente le groupe 03, constitué uniquement par le cultivar Degla-Beidha en stade T'mar (DB t) avec un profil chimique varié formé essentiellement de 21 composés appartenant aux 09 familles chimiques à savoir H.aliph.sat, H.cy.insat, H.arom, H.terp, Alco.terp, Ester, Cétone, Phénol et polyph.

### **III.1.6- Effets des composés volatils identifiés dans les trois cultivars de dattes sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae***

L'étude des réponses comportementales des femelles d'*E. ceratoniae*, effectuée dans un tunnel de vol, a permis de dévoiler les tendances allélochimiques de cette pyrale à l'égard de certaines substances chimiques de synthèses qui ont été identifiées dans trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D. Beidha) ; les résultats de cette étude sont figurés sur le Tableau 12.

#### **III.1.6.1- Impact du nombre de substances chimiques dans chaque groupe de stimuli sur la réponse d'oviposition d'*E. ceratoniae***

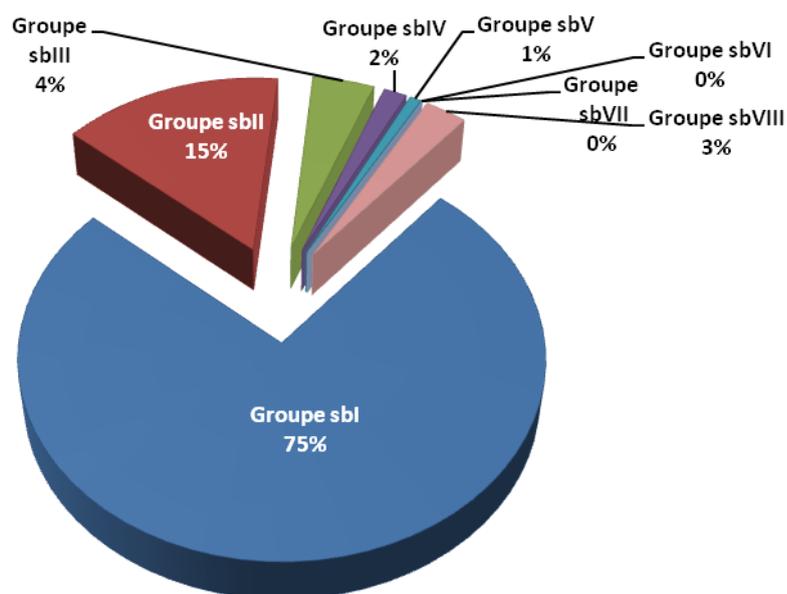
Les réponses d'oviposition des femelles de *E. ceratoniae*, en fonction de nombre de substances chimiques, que contienne chaque groupe de stimuli est illustré dans le diagramme circulaire ci-dessous (Figure 48). Ce dernier, montre que le groupe des stimuli sbI, composé essentiellement de 8 substances unique (Série N°1), a reçu 75% des œufs pondus durant l'étude ; suivi par le groupe sbII, avec 15%, d'où chaque stimulus est composé de 2 substance (Série N°2). Les groupes sbIII, sbIV, sbV et sbVIII, ont reçu 4%, 2%, 1% et 3% respectivement, alors que, les groupes sbVI et sbVII n'ont reçu aucune ponte.

**Tableau 12** : Comportement d'oviposition d'*E. ceratoniae* à l'égard des substances chimiques de synthèses identifiées dans trois cultivars de dattes (D. Nour, Ghars et D.Beidha)

SUBSTANCES	TAUX D'ŒUFS PONDUS	SUBSTANCES	TAUX D'ŒUFS PONDUS	SUBSTANCES	TAUX D'ŒUFS PONDUS
SB1	4,79'	SB38	0,00%	SB63	0,00%
SB2	7,45'	SB39	0,00%	SB64	0,00%
SB3	5,59'	SB40	0,00%	SB65	0,27%
SB4	14,89'	SB41	0,00%	SB66	0,00%
SB5	6,38'	SB42	0,00%	SB67	0,53%
SB6	11,70'	SB43	0,00%	SB68	0,53%
SB7	15,69'	SB44	0,00%	SB69	0,00%
SB8	8,78'	SB45	1,86%	SB70	0,00%
SB9	1,06'	SB46	0,00%	SB71	0,00%
SB10	0,80'	SB47	0,00%	SB72	0,00%
SB11	0,53'	SB48	1,33%	SB73	0,00%
SB12	0,80'	SB49	0,00%	SB74	0,27%
SB13	1,06'	SB50	0,00%	SB75	0,53%
SB14	0,80'	SB51	0,00%	SB76	0,00%
SB15	0,80'	SB52	0,27%	SB77	0,00%
SB16	0,80'	SB53	0,00%	SB78	0,00%
SB17	0,53'	SB54	0,53%	SB79	0,00%
SB18	0,53'	SB55	0,27%	SB80	0,00%
SB19	0,80'	SB56	0,00%	SB81	0,00%
SB20	0,53'	SB57	0,00%	SB82	0,00%
SB21	0,53'	SB58	0,27%	SB83	0,00%
SB22	0,00'	SB59	0,00%	SB84	0,00%
SB23	0,53'	SB60	0,00%	SB85	0,00%
SB24	0,00'	SB61	0,00%	SB86	0,00%
SB25	0,00'	SB62	0,00%	SB87	0,00%
SB26	0,00'			SB88	0,00%
SB27	0,00'			SB89	0,00%
SB28	1,06'			MIX	2,93%
SB29	0,00'			TM	0,00%
SB30	0,53'				
SB31	0,53'				
SB32	1,33'				
SB33	0,53'				
SB34	0,27'				
SB35	0,53'				
SB36	0,27'				
SB37	0,00'				

**Légende:**

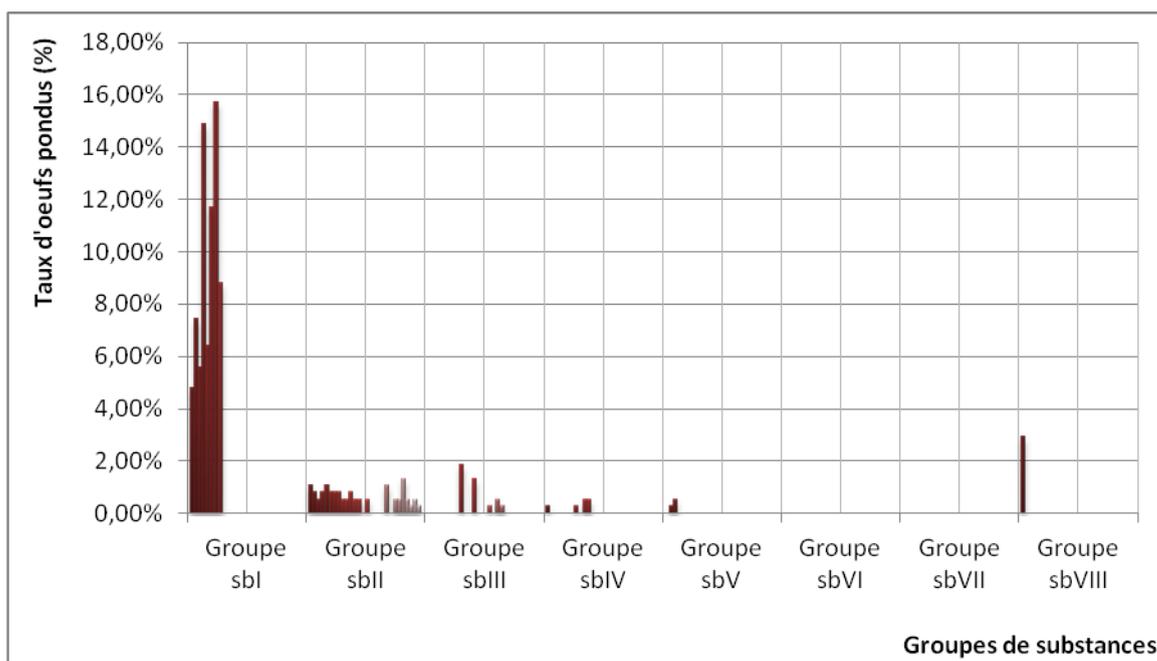
**Sb1:** 2-Undecanone; **Sb2:** Limonene; **Sb3:** Butylated Hydroxytoluene; **Sb4:** Linalool; **Sb5:** Methyl N-methyl anthranilate; **Sb6:** β-thujone; **Sb7:** α-Isomethyl ionone; **Sb8:** α-thujone **Sb9:** Sb1+Sb2 ; **Sb10:** Sb1+Sb3 ; **Sb11:** Sb1+Sb4 ; **Sb12:** Sb1+Sb5 ; **Sb13:** Sb1+Sb6 ; **Sb14:** Sb1+Sb7 ; **Sb15:** Sb1+Sb8 **Sb16:** Sb2+Sb3 ; **Sb17:** Sb2+Sb4 ; **Sb18:** Sb2+Sb5 ; **Sb19:** Sb2+Sb6 ; **Sb20:** Sb2+Sb7 ; **Sb21:** Sb2+Sb8 ; **Sb22:** Sb3+Sb4 ; **Sb23:** Sb3+Sb5 ; **Sb24:** Sb3+Sb6 ; **Sb25:** Sb3+Sb7 ; **Sb26:** Sb3+Sb8 ; **Sb27:** Sb4+Sb5 ; **Sb28:** Sb4+Sb6 ; **Sb29:** Sb4+Sb7 ; **Sb30:** Sb4+Sb8 ; **Sb31:** Sb5+Sb6 ; **Sb32:** Sb5+Sb7 ; **Sb33:** Sb5+Sb8 ; **Sb34:** Sb6+Sb7 ; **Sb35:** Sb6+Sb8 ; **Sb36:** Sb7+Sb8 ; **Sb37:** Sb1+Sb2 +Sb3 ; **Sb38:** Sb1+Sb2 +Sb4 ; **Sb39:** Sb1+Sb2 +Sb5 ; **Sb40:** Sb1+Sb2+Sb6 ; **Sb41:** Sb1+Sb2 +Sb7 ; **Sb42:** Sb1+Sb2 +Sb8 ; **Sb43:** Sb2+Sb3 +Sb4 ; **Sb44:** Sb2+Sb3 +Sb5 ; **Sb45:** Sb2+Sb3+Sb6 ; **Sb46:** Sb2 +Sb3+Sb7 ; **Sb47:** Sb2 +Sb3+Sb8 ; **Sb48:** Sb3 +Sb4+Sb5 ; **Sb49:** Sb3 + Sb4+Sb6 ; **Sb50:** Sb3 +Sb4+Sb7 ; **Sb51:** Sb3 +Sb4+Sb8 **Sb52:** Sb4 +Sb5+Sb6 ; **Sb53:** Sb4 +Sb5+Sb7 ; **Sb54:** Sb4 +Sb5+Sb8 ; **Sb55:** Sb5 +Sb6+Sb7 ; **Sb56:** Sb5 +Sb6+Sb8 ; **Sb57:** Sb6+Sb7+Sb8 ; **Sb58:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4 ; **Sb59:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb5 ; **Sb60:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb6 ; **Sb61:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb7 ; **Sb62:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb8 ; **Sb63:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb5 ; **Sb64:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb6 ; **Sb65:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb7 ; **Sb66:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb8 ; **Sb67:** Sb3+Sb4 +Sb5+Sb6 ; **Sb68:** Sb3+Sb4 +Sb5+Sb7 ; **Sb69:** Sb3+Sb4 +Sb5+Sb8 ; **Sb70:** Sb4+Sb5 +Sb6+Sb7 ; **Sb71:** Sb4+Sb5 +Sb6+Sb8 ; **Sb72:** Sb5 +Sb6+ Sb7+Sb8 ; **Sb73:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5 ; **Sb74:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb6 ; **Sb75:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb7 ; **Sb76:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb8 ; **Sb77:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb5+Sb6 ; **Sb78:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb5+Sb7 ; **Sb79:** Sb2+Sb3 +Sb4+Sb5+Sb8 ; **Sb80:** Sb3+Sb4 +Sb5+Sb6+Sb7 ; **Sb81:** b3+Sb4 +Sb5+Sb6+Sb8 ; **Sb82:** Sb4 +Sb5+Sb6+Sb7+Sb8 ; **Sb83:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb6 ; **Sb84:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb7 ; **Sb85:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb8 ; **Sb86:** Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb6+Sb7 ; **Sb87:** Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb6+Sb8 ; **Sb88:** Sb3+Sb4 +Sb5+Sb6+Sb7+Sb8 ; **Sb89:** b1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb6+Sb7 ; **Mix:** Sb1+Sb2 +Sb3+Sb4+Sb5+Sb6+Sb7+Sb8 ; **Tm:** Témoin à blanc.



**Légende :** **Groupe sbI** : groupe de stimuli à une substance, **Groupe sbII** : groupe de stimuli à 2 substances, **Groupe sbIII** : groupe de stimuli à 3 substances, **Groupe sbIV** : groupe de stimuli à 4 substances, **Groupe sbV** : groupe de stimuli à 5 substances, **Groupe sbVI** : groupe de stimuli à 6 substances, **Groupe sbVII** : groupe de stimuli à 7 substances et **Groupe sbVIII** : groupe de stimuli à 8 substances,

**Figure 48:** Répartition des taux d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en fonction de groupes des stimuli (substances chimiques de synthèses).

La vue d'ensemble fourni par la présentation graphique ci-dessous (Figure 49), a permis de comparer les taux d'œufs pondus, en intra et inter groupes de stimuli. L'allure générale de ce graphique, reflète les tendances ovipositionnelle des femelles de l'*E. ceratoniae*. Il s'avère que le groupe sbI est le groupe le plus attractif aux femelles de cette pyrale comparativement aux autres groupes, ceci à l'inverse des groupes sbVI et sbVII qui n'ont enregistré aucune activité (ponte nulle). De même, les substances du groupe sbI ont également enregistré les taux les plus élevés en comparaison avec celles des autres groupes de stimuli ; sachant que toutes les substances de ce groupe (sbI) ont attiré les femelles de la pyrale. Relativement aux autres substances dispersées dans les différents groupes de stimuli, le degré de réponse des femelles est fluctuant en fonction de nombre de substances formant le stimulus.

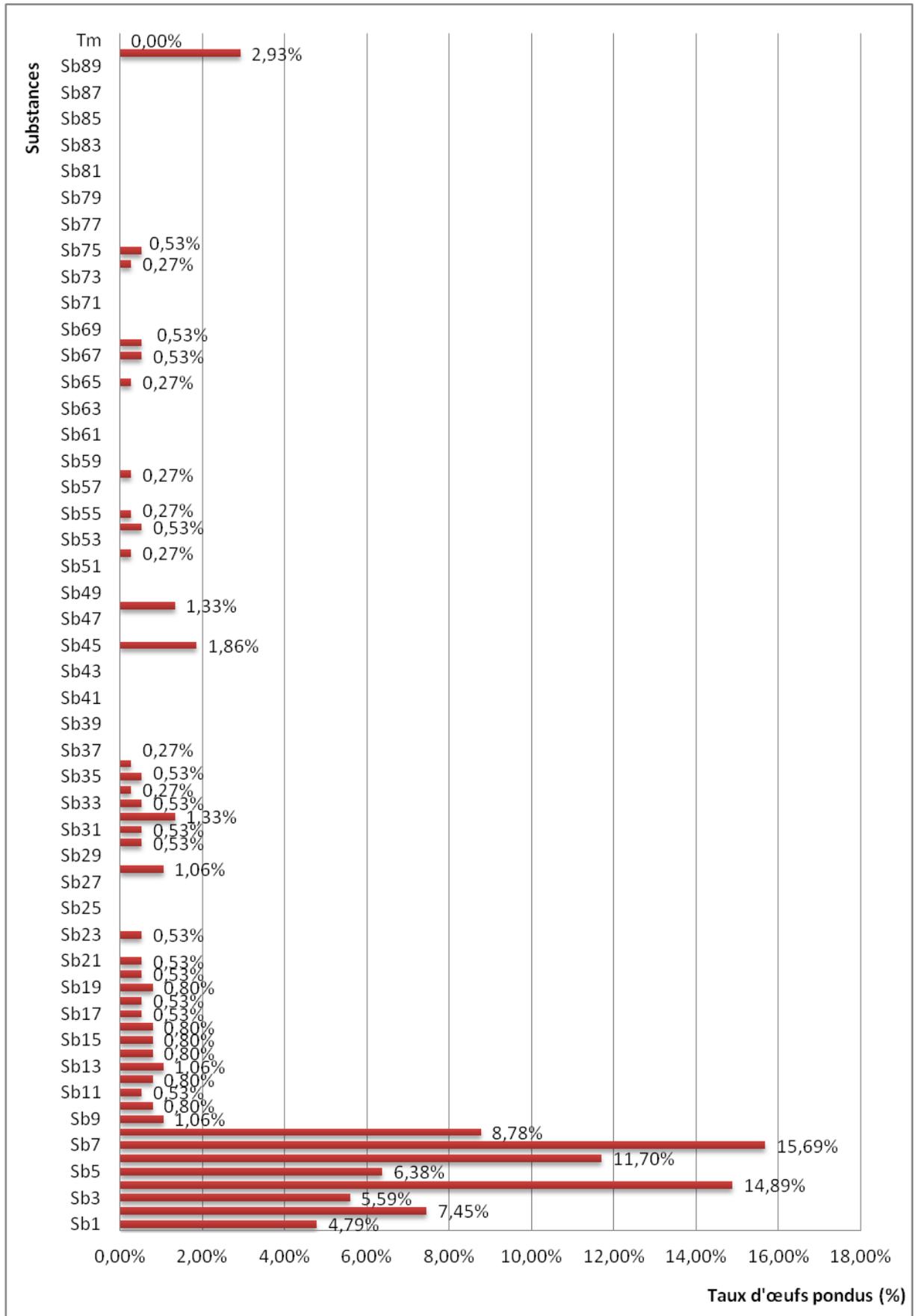


**Figure 49:** Variation des taux d'œufs pondus par l'*E. ceratoniae* en intra et inter groupes de stimuli.

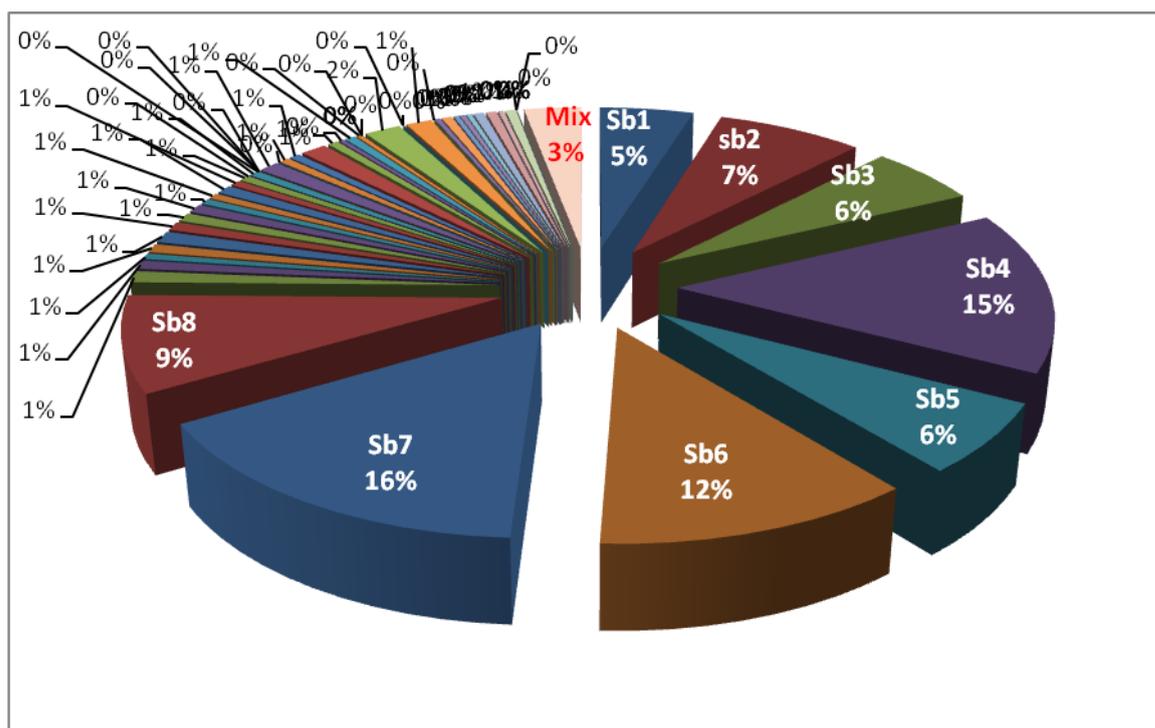
### III.1.6.2- Impact du type de la substance volatile sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae*

L'examen de comportement de ponte des femelles d'*E. ceratoniae* en position de choix entre 9 sources d'odeur (plus un témoin à blanc), a révélé une variation des taux des œufs pondus en fonction des substances auxquelles elles sont exposées. Les résultats présentés sur les figures 50 et 51, expriment leurs réactions. Il est remarqué que parmi les 130 combinaisons possibles, arrangées en 8 séries (en fonction du nombre de substances dans chaque série), huit substances appartenant toutes à la même série (groupe de stimuli) (Série N°1), ont reçu  $\frac{3}{4}$  (75%), des œufs pondus dans toutes les combinaisons confondus (Figure 48), avec des taux minimal et maximal oscillant à peu près entre 5% et 16% pour les substances sb1 et sb7, qui correspondent aux esters, 2-Undecanone et  $\alpha$ -Isomethyl ionone respectivement.

Le stimulus Mix (série N° 8), a enregistré à son tour un taux moyen d'environ 3%.



**Figure 50:** Variation des taux d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en réponse à des substances chimiques de synthèses



**Figure 51:** Comportement de ponte des femelles d'*E. ceratoniae* en fonction des substances chimiques

La forme éclatée issue de la figure 50, et présentée par la figure 52, a mis en lumière la répartition des taux d'œufs pondus dans chaque groupe de stimuli (série) et chaque substance dans ces groupes. Le groupe sbI, est composé de 8 substances chimiques unique (mono-composé). Les taux enregistrés dans ce groupe sont les plus importants à savoir : Sb1: 4.79% ( 2-Undecanone) ; Sb2: 7.45% (Limonene) ; Sb3: 5.59% ; (Butylated Hydroxytoluene) ; Sb4: 14.89% (Linalool) ; Sb5: 6.38% (Methyl N-methyl anthranilate) ; Sb6: 11.70% ( $\beta$ -thujone) ; Sb7: 15.69% ( $\alpha$ -Isomethyl ionone) et Sb8: 8.78% ( $\alpha$ -thujone). Il est à noter que les deux témoins, Mix et T ont enregistré une ponte nulle (0%).

Quant au groupe sbII, composé essentiellement de 39 combinaisons (Stimuli) dont chacune d'elles est formée d'un mélange de 2 substances chimiques, seulement 23 stimuli ont attiré les femelles de la pyrale avec des taux plus ou moins faibles comparativement de celui du groupe sbI, oscillant ainsi entre 0.27 et 1.33 %, ce qui correspond aux substances (Sb34 (Sb5+Sb7) et Sb36 (Sb6+Sb7) et Sb32 (Sb7+Sb8) ((Methyl N-methyl anthranilate +  $\alpha$ -Isomethyl ionone et  $\beta$ -thujone +  $\alpha$ -Isomethyl ionone) et ( $\beta$ -thujone +  $\alpha$ -Isomethyl ionone)) respectivement.

Par ailleurs, le groupe sbIII, dont chaque stimulus est constitué de mélange de 3

substances chimiques, a enregistré 5 réponses parmi les 30 combinaisons qui le forment ; il s'agit de substances qui sont désignées respectivement par Sb45, Sb48, Sb52, Sb54 et Sb55, avec des taux de 1.86, 1.33, 0.27, 0.53 et 0.27% respectivement. Concernant le groupe sbIV, composé de 22 combinaisons dont chacune est formée de mélange de 4 substances, n'a noté que 4 réponses exprimées par des taux de 0.27 % pour les substances Sb58 et Sb65 et 0,53% pour Sb67 et Sb68. En ce qui concerne le Groupe sbV, 3 réponses ont été enregistrées parmi les 15 stimuli (5composés/stimulus) auxquelles les femelles d'*E. ceratoniae* sont exposées, avec des taux de 0.27% (Sb74), 0.53% (Sb75) et 2.12% (Mix).

Quant aux groupes sbVI, sbVII et sbVIII, dont chaque stimulus est de 6, 7 et 8 substances respectivement n'ont enregistré aucunes réponses (ponte nulle).

Il convient également de noter, que le stimulus mixture (Mix) qui est un mélange de la totalité des substances testées, à reçu un taux moyen de 2.93% des œufs pondus; ce taux à été enregistré lorsqu'il est servi de témoin dans les groupes sbII (0.53%) et sbV (2.12%), alors qu'il n'a attiré aucune femelle lorsqu'il est testé seul (Série N°8).

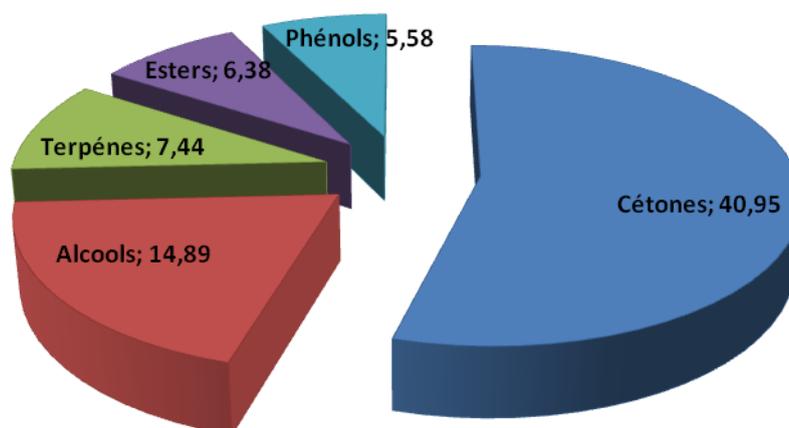
### **III.1.6.3- Impact de la nature chimique de la substance volatile pure (individuelle) sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae***

Les tendances ovipositionnelles des femelles de la pyrale des dattes à l'égard de certaines familles chimiques de substances testées (groupe de stimuli SbI), sont représentées sur les figures 52 et 53. Il est remarqué que la famille des cétones est plus attractive avec un taux d'environ 41% du taux global d'œufs pondus, suivi par la famille des alcools avec à peu près 15%, puis la famille des terpènes avec 7.44%. Les familles chimiques des esters et des phénols ont enregistré des taux de l'ordre de 6.38 et 5.58% respectivement.

Il est à noté que nous nous sommes limités au groupe de stimuli sbI, pour s'assurer de l'effet exercé par chaque substance pure sur le comportement de ponte des femelles d'*E. ceratoniae*, et d'éviter la confusion qui peut accompagner l'utilisation de mélanges de substances.



**Figure 52 :** Fluctuation des taux d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en fonction des substances que contient chaque groupe de stimuli



**Figure 53:** Taux d'œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* en fonction de la famille chimique des substances (individuelles) que contient le groupe de stimuli sbl.

### III.2- Discussion

L'évaluation du taux d'infestation global des dattes par l'*E. ceratoniae*, en plein champ dans l'exploitation de la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt durant les campagnes agricoles allant de 2011/2012 jusqu'à 2015/2016 est très fluctuant, oscillant ainsi entre 3.3 % (2013-2014) et 21,46% (2012-2013) ; ceci est probablement dû à l'action des facteurs climatiques, entre autre les variations de la température et les précipitations.

En effet, à partir du résumé des données climatiques régnaient la région d'étude ; il a été remarqué que les mois d'avril et de décembre 2013 ont été marqués par une hauteur de précipitation de l'ordre de 15.5 et 18.5 mm respectivement. D'après DOUMANDJI (1981), l'eau de pluie pénètre facilement dans les fruits aussi bien sur l'arbre qu'au sol, grâce aux trous d'émergence de la pyrale des dattes. La mort intervient sans exception dans les deux cas de figure, par conséquent peu d'individus, survit pour arriver à l'émergence afin de former la première génération du printemps de l'année 2013 et celui de 2014.

Quant à la campagne 2012/2013, il a été constaté qu'à partir du mois de mars 2012 jusqu'au mois de novembre de la même année les températures mensuelles moyennes oscillaient entre 16.5 °C (mars) et 36.2 °C (août). L'impact des températures sur les émergences d'*E.*

*ceratoniae*, dans les palmeraies a été mis en évidence par WERTHEIMER (1958) cité par DOUMANDJI (1981), il a rapporté que les vols peuvent débuter lorsque la température moyenne se situe à 15 °C; et le rythme des apparitions des imagos se précipite, à partir de 20 °C; atteignant son apogée entre 23 et 26 °C.

Le pourcentage d'attaque peut aller jusqu'à 96 % dans les palmeraies de Sud Algérien (données non publiées). Á Ouargla, les dégâts provoqués par ce déprédateur sont de l'ordre de 42,5 % de fruits attaqués au sol et qui augmente au niveau des lieux de stockage et cela jusqu'à 64,7 % (DOUMANDJI - MITICHE (1983) cité par HADJEB (2012).

Par ailleurs, en fonction des cultivars; nous avons enregistré une variation des niveaux d'infestation par *E. ceratoniae*, en plein champs, de trois cultivars de datte (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) durant une période de 05 campagnes agricoles consécutives, (2011/2012 jusqu'à 2015/2016) ; ce résultat a fait révéler que Deglet-Nour est le cultivar le plus attaqué avec un taux global de 18.84 % suivi par le cultivar Ghars 10.28 %, puis le cultivar Degla-Beidha avec 6.66 %. En effet, des résultats similaires ont été enregistrés par ARIF (2011), à travers l'étude menée sur les mêmes cultivars, durant la campagne agricole 2007-2008 ; d'abord il a été remarqué également que Deglet-Nour subi l'attaque en premier lieu (Octobre), alors que, les premières attaques sur Degla-Beidha n'ont été observées qu'au cours du mois décembre. Sur le cultivar Ghars, l'infestation était également précoce (Octobre) mais son niveau est resté faible comparativement à Deglet-Nour. Les travaux menés par DOUMANDJI et DOUMANDJI-MITICHE (1976), DOUMANDJI (1981), MORLAND (2015), MEHRNEJAD (2001) et KISHANI FARAHANI et GOLDANSAZ (2013), ont indiqué que les conditions climatiques, l'effet variétal, l'état physiologique de la plante-hôte, la conduite de la culture ..., sont des facteurs déterminants de la pullulation de la pyrale des dattes *E. ceratoniae*.

L'examen des réponses comportementales de ponte des femelles d'*E.ceratoniae*, en position de choix entre les trois cultivars de datte (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha), en deux stades phenologiques (Bser et T'mar), et en conditions contrôlées confirme les résultats obtenus en pleine champs ; d'où le cultivar Deglet-Nour a reçu plus de la moitié des œufs pondus dans les trois cultivars confondus, avec un taux global de 53.08 %; suivi par le cultivar Ghars avec 28.39 %; puis Degla-Beidha avec 18.51 %. Comparativement aux travaux précédents, ces résultats corroborent ceux signalés par IDDER-IGHILI (2008), ARIF (2011) et HAJAB (2012). Selon ce dernier auteur, l'hétérogénéité de la composition variétale influe sur l'infestation de chaque cultivar, mais elle ne peut pas masquer le fait qu'il existe des cultivars fortement attaqués et d'autres beaucoup mieux protégés. Ainsi, le cultivar Daglet-

Nour est le plus infesté et Degla-beidha est le moins infesté, alors que, le cultivar Ghars a un niveau intermédiaire d'infestation entre les deux cultivars. L'évolution biochimique de la datte, conduit au franchissement d'un stade phénologique à l'autre. Ce passage conduit aussi à une augmentation du taux d'infestation en franchissant d'un stade à un autre. Ainsi, l'examen des réactions des femelles d'*E. ceratoniae* à l'égard des deux stades phénologiques des cultivars étudiés, a révélé globalement que 75.3 % des œufs pondus a été sur les cultivars en stade T'mar, tandis que, les dattes en stade Bser n'en ont reçu que 24.69 %. D'après WARNER (1988), Ces stades sont jugés comme les plus attirants aux femelles qui se trouvent en phase de ponte et les plus favorables à la pénétration des chenilles néonates. À la fin de sa maturité, le fruit constituerait ainsi un milieu nutritif mieux adapté aux exigences du déprédateur (IDDER-IGHILI, 2008).

Par ailleurs, les résultats de dosage des polyphénols extractibles totaux, montrent que tous les cultivars étudiés sont riches en polyphénols. En revanche, ces teneurs sont variables, et diffèrent d'un extrait à un l'autre ; en fonction des cultivars et des stades phénologiques. Effectivement, une concentration très élevée a marqué les dattes de stade Bser avec des teneurs allant de 141.14, 234.89 et 370.31 mg EAG/100 g de MF. Contre 130.72, 141.14 et 204 mg EAG/100 g de MF pour les dattes de stade T'mar pour les cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha respectivement. MAIER et METZLER (1964), ont rapporté que les dattes sont riches en composés phénoliques de type flavonones, glucosides, flavonols et tanins anthocyaniques solubles et condensés. Dans la plupart des dattes, on distingue, les flavonoides dont les principaux sont les anthocyanines, les flavonols et les tanins. Cependant, les principaux polyphénols de la datte, les tanins, constituent jusqu'à 3 % du poids sec de la pulpe. Selon ZIAUTI et al. (2001), les composés phénoliques de la datte sont responsables des goûts astringents du fruit. Ils participent dans le brunissement oxydatif-enzymatique et non enzymatique des dattes résultant des modifications indésirables dans l'apparence, le goût et la valeur nutritionnelle du fruit (AL OGAÏDI et MUTLAK, 1986). Ces composés phénoliques se différencient entre eux au cours de la maturation. Ainsi, la couleur jaune des dattes au stade II et III est attribuée aux flavones, alors que la couleur rouge ambrée de la datte Deglet-Nour est attribuée aux anthocyanes (BENCHABANE, 2007). Selon MACHEIX et al. (2005), la concentration en composés phénoliques se décroît au cours de la croissance et de la maturation. Chaque groupe de composés phénoliques peut évoluer au cours de la croissance selon une cinétique qui lui est propre, ce qui conduit alors à des proportions variables des différents composés en fonction du stade physiologique atteint.

De ce fait, une diminution de la teneur en composés phénoliques solubles totaux a été

constatée au cours de la transition du stade Bser au Stade T'mar (maturation). Cette chute, est de l'ordre de 7.38 %, 39.91 % et 44.91 % pour les cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha respectivement. D'après DOWSON et ATEN (1963), lorsque les dattes perdent leur couleur verte et deviennent jaunes ou rouges, le tanin se dépose dans les cellules géantes où il était présent jusqu'alors sous forme soluble (goût astringent) et y constitue des granules insolubles (tanin condensé ou précipité) (goût insipide); l'astringence disparaît alors et la datte devient plus savoureuse. De leur côté, JEAN-BLAIN (1998) et BENNICK (2002), ont indiqué la présence des tannins rend les plantes moins appétantes pour les herbivores à cause de la sensation d'astringence résultant de leur consommation. Cette astringence conduit alors à un arrêt de la consommation et protège ainsi les végétaux d'une prédation excessive. D'ailleurs, l'étude menée par COFFI *et al.* (2012), sur l'efficacité des polyphénols totaux extraits des folioles des cinq variétés de palmier à huile (*Elaeis guineensis*) contre les larves de la mineuse des feuilles, *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera : Chrysomelidae) au Bénin, a montré des taux de mortalité varies de 35 à 39 %. De même, AL-IZZI *et al.* (1996), dans une étude sur l'action de l'acide tannique sur la consommation et l'utilisation de la nourriture par *E. ceratoniae*, dans la culture du grenadier, ont trouvé que le régime alimentaire (artificiel), riche en acide tannique (1,5 %), a prolongé la période de développement larvaire de cette pyrale trois fois et réduit son taux de développement d'un quart. Les larves ont consommé deux fois plus que la quantité consommée par les larves élevées sur une ration témoin, mais sans augmenter en poids. L'assimilation de l'acide tannique est très faible, il est éliminé le plus dans les fèces. Ces résultats mis en évidence le rôle des tannins en tant que substance allélochimiques pour l'*E. ceratoniae* dans les fruits du grenadier.

Effectivement, de la comparaison des taux d'infestation obtenus dans ces deux stades ; il a été clairement établi que les niveaux d'attaques d'*E. ceratoniae* sur la datte sont inversement proportionnelle aux teneurs de polyphénols que contienne chaque cultivars. Ceci est probablement due à l'évolution quantitatif et qualitatif des polyphénols notamment les tanins, durant le passage du stade Bser vers le stade de maturation (T'mar) avec la perte d'astringence observée dans le fruit mûr. En effet, FEUCHT et TREUTTER (1999), et COLLINGBORN *et al.* (2000), ont rapporté qu'une accumulation de tannins a été observée dans les zones d'invasion de la plante par des bactéries, des champignons ou par des nématodes, ce qui inhibe leurs développement. De son côté, BERENBAUM (1983), a rapporté que l'effet des tannins s'exprime par la réduction de l'efficacité digestive de l'herbivore due à leur capacité de former des complexes avec les protéines.

Cependant, LEBRUN *et al.* (2007), rapportent que le taux d'infestation plus élevé de

certains cultivars de dattes pourrait être dû à une variabilité des substances volatiles émises, exerçant des effets plus au moins accentués d'attractivité ou de répulsion. En effet, pour analyser le monde qui les entoure, tous les animaux possèdent des facultés sensorielles qui leur permettent de communiquer avec lui (PICIMBON, 2002). Chez les insectes, l'olfaction est une modalité sensorielle cruciale pour le contrôle de nombreux aspects du comportement. Ils recourent à des signaux chimiques dans la détection des sites de nourriture, d'oviposition, dans l'établissement de relations interindividuelles, sociales, sexuelles, et dans l'appréhension du danger ; tous ces aspects sont liés au fonctionnement de l'odorat et de la gustation (HILDEBRAND, 1995 et PICIMBON, 2002). Plusieurs organes sensoriels assurent la détection de différentes sensations, entre autre, les sensilles existantes sur les antennes, les pattes, les pièces buccales, les ovipositeurs...

Dans cette optique, nous avons mené une étude ultrastructurale externe des sensilles d'*E. ceratoniae* par le biais d'un microscope électronique à balayage (MEB), Pour mettre en relief les caractéristiques morphologique de ces sensilles. Ceci afin d'essayer de comprendre son comportement vis-à-vis de sa plante-hôte, et par conséquent envers son environnement. À ce propos, l'observation ultrastructurale de l'ovipositeur, des tarse et des antennes de la femelle d'*E. ceratoniae*, nous a permis de distinguer plusieurs types de sensilles, que ce soit en taille ou en forme, sur l'ensemble des organes étudiés. Ainsi, des sensilles trichoïdes (Type I, II et III) (sensilla trichoidea), et sensilles basiconiques (sensilla basiconic) ont été observées. Les S. trichoïdes Type I, sont distribuées d'une manière dense sur les antennes, l'ovipositeur et d'un degré moins sur les tarse. De leur côté, SAWSAN *et al.* (2009), ont signalé la présence de ce type de sensilles chez les mâles de la même espèce. Quant aux S. trichoïdes Type II et III, sont dispersées tout au long de l'ovipositeur et les tarse, comme il a été constaté aussi, qu'elles sont positionnées essentiellement entre les sensilles trichoïdes Type I. Il est à noter également, qu'elles sont moins abondantes comparativement à ces dernières. D'après SAUVION *et al.* (2013), les sensilles trichoïdes ont une membrane articulaire entre la soie et la cuticule environnante. Elles sont omniprésentes sur le corps de l'insecte mais concentrées plutôt vers les pattes, les antennes, les pièces buccales et les organes génitaux. Elles sont le plus souvent impliquées dans le toucher, mais également dans la perception du vent ou des mouvements de l'air, et dans le contrôle du positionnement des points de jonction des organes (les pattes par exemple) avec le reste du corps. Elles sont parfois regroupées à proximité des articulations, pour former des touffes, et servent ainsi à la proprioception (sensilles situées dans les parties internes de l'insecte). Elles participent souvent au contrôle de la posture de l'insecte (SAUVION *et al.* ; 2013). En ce qui concerne les

sensilles basiconiques, elles sont en forme de cône, sont plus courtes ré pondues à la surface de l'ovipositeur de la femelle d'*E. ceratoniae*; comme nous l'avons trouvé sur les tarse s du mâle de cette espèce (constatations personnelles). On les rencontre le plus souvent sur les antennes. Cependant, elles peuvent être présentes sur les pièces buccales et sur d'autres parties du corps de l'insecte (SAUVION *et al* ; 2013). Des structures sensillaires similaire ont été signalées par ANAC-NARCISA (2008), et SHARABY et DOSARY (2007), sur les segments antennaires de la larve de *Dinocras cephalotes* et sur les tarse s du charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus*. D'après ZACHARUK (1985) et ALM et HALL (1986), les sensilles basiconiques agissent entant que sensilles olfactives. Chez la drosophile, RAAD (2013), a signalé l'implication de ces sensilles dans la perception des alcools à chaine courte et des acides gras. Cependant, elles peuvent également assurer un rôle de chimiorécepteur de contact (gustation), à l'instar des sensilles basiconiques trouvées sur les tarse s du Charançon américain du prunier *Conotrachelus nenuphar* qui ont une fonction de reconnaissance des œufs pondus (MAHER et THIERY, 2004). Les travaux de SCHNEIDER et STEINBRECHT (1968), et KAFKA (1987), sur les Bombycoïdes, ont mis en évidence la sensibilité aux odeurs de plantes des sensilles basiconiques des deux sexes de *Bombyx mori* et *Antheraea polyphemus*, et les mâles des espèces *Antheraea pernyi* et *Sphinx pinastri*. Cependant, les réponses électrophysiologiques enregistrées par WUNDERER *et al.* (1986), sur les sensilles basiconiques des antennes des mâles de *Cretonotos transiens* et les femelles de *Cretonotos gangis* (Arctiidae), marquent une sensibilité vis-à-vis des phéromones sexuelles. Compte tenu leur nombre important, chez les Lépidoptères de l'espèce *Lophocorona pediasia*, FAUCHEUX (2006), affirme que les deux fonctions (olfaction et gustation) sont possibles sur ce genre de sensilles.

À partir des résultats obtenus, nous pouvons dire, du fait que le corps de la femelle d'*E. ceratoniae* est dotée de sensilles de différentes fonctions; il est prouvé scientifiquement, le rôle de ces structures spécialisées dans la perception des signaux informationnels (chimique ou mécanique); cela ne laisse aucun doute de l'effet des substances allélochimiques sur le comportement de la pyrale des dattes en particulier le comportement de ponte qui est largement guidé par les substances volatiles (phytochimiques) de ses plantes hôtes. L'étude menée par COSSE *et al.* (1994), sur le comportement de ponte d'*E. ceratoniae* affirme que les femelles de cette espèce ré pondent à des stimulus chimiques représentés par des composés volatiles émis par les dattes ou les caroubes infestés par le champignon *Phomopsis* sp.

Par ailleurs, a l'issue des analyses effectuées durant notre étude, sur les substances volatiles de trois cultivars de datte (Deglet- Nour, Degla- Beidha et Ghars) en utilisant les

méthodes d'Extraction par Solvant (ES)/GC-MS ; et les vapeurs de l'espace de tête (Headspace) Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME/GC-MS), nous ont permis d'identifier un total de 130 composés appartenant à 9 classes chimiques. En fait, Nous avons enregistré 234 composés volatils chez les trois cultivars confondus par la méthode (ES/GC-MS) ; dont 110 composés identifiés et classés en 8 familles chimiques, contre 6 classes chimiques qui ont formé les 24 composés volatils identifiés parmi les 71 composés obtenus par la méthode (HS-SPME/GC-MS). Chacune de ces méthodes donne une représentation différente de la composition volatile de chaque cultivar. D'après BENCHABANE (2007), l'extraction par solvant (ES) s'accompagne d'une distorsion qualitative et quantitative; dont la première est liée au fait que le procédé d'extraction utilisé entraîne la dégradation de certains composés et l'apparition de nouveaux produits dont l'odeur peut modifier l'arôme naturel; la deuxième, réside dans le fait que les constituants d'un arôme n'ont pas la même volatilité.

En effet, le recours à l'analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME/GC-MS), justifie le choix de la méthode suivie, car c'est la méthode la moins critiquée, elle permet d'avoir des résultats proches de la réalité des bouquets volatils des cultivars étudiés; qui déterminent le choix des sites de ponte chez *E. ceratoniae*. Il est apparent que le nombre de composés obtenus par la méthode ES/ GC-MS est largement important comparativement à la méthode (HS-SPME/ GC-MS), (110 contre 24); ceci peut s'expliquer peut être par le pouvoir d'extraction des solvants organiques vis-à-vis des composés volatils. En revanche, la SPME ne nécessite ni l'emploi des solvants organiques, ni des modifications physiques de l'échantillon. Dans notre cas, les échantillons (les dattes fraîches) n'ont subi aucune opération, elles sont utilisées telle qu'elles sont, et elles sont soumises à des conditions similaires à celles naturelles. Ainsi, la collecte des substances est déterminée par leurs volatilités et leurs pouvoirs d'adsorption sur la phase polymérique supportée par la fibre en silice du dispositif (seringue).

En fonction des cultivars et la méthode d'analyse suivie, le nombre de composés volatils a été assez variable. La méthode ES a permis de trouver 72 composés regroupés en 07 familles chimiques dans le cultivar Deglet-Nour, 38 composés (06 familles) dans Ghars et 29 composés (07 familles) dans Degla-Beidha. Tandis que la (HS-SPME/ GC-MS) a permis d'obtenir en stade T'mar ; 2 composés appartenant à une seule famille chimique (contre 6 non identifiés) dans Deglet-Nour, 3 composés répartis en 2 familles (contre 04 non identifiées) dans Ghars et 21 composés appartenant à 9 familles chimiques (contre 07 non identifiés) dans Degla-Beidha. D'après le « Scientific Committee on Consumer Products (SCCP) » (2005), les composés « Cyclopentasiloxane, decamethyl- » et « Cyclohexasiloxane, dodecamethyl- »

identifiés dans les trois cultivars par la (HS-SPME/ GC-MS), sont répertoriés comme contaminants d'accompagnement (impuretés). Selon DOW CORNING (1999), les siloxanes cycliques, sont utilisés comme précurseurs dans la production de polydiméthyl siloxane PDMS, qui représente la phase polymérique supportée par une fibre en silice du dispositif de la SPME utilisée. Elle sert à concentrer les composés extractibles de la matrice ; probablement, c'est au cours de la désorption thermique que ces composés se libèrent dans la colonne du chromatographe.

Comparativement aux études réalisées sur les composés volatils des dattes produites dans d'autres pays phoenicicoles, JADDOU *et al.* (1984), ont pu identifier 38 composés volatils, répartis en 06 classes chimiques dans la variété iraquienne Zahdi. À leur tour, HARRAK *et al.* (2005) ont identifié 47 composés dans les variétés des dattes marocaines appartenant à 09 familles chimiques. En Tunisie, EL AREM *et al.* (2011), sur 05 cultivars de datte ont pu identifier 80 composés volatils classés en 8 familles chimiques. Il est à signaler que ces travaux ont accordé surtout une importance aux aspects organoleptiques, notamment, les arômes. Par ailleurs, la plupart des travaux entrepris sur *E. ceratoniae* ont abordé les aspects éco-biologique, très peu de travaux ont traité l'effet allélochimique entre la datte et ses bio-agresseurs en particulier l'*E. ceratoniae*. La naissance de l'écologie chimique avec l'identification de la première phéromone sexuelle (Bombykol) par BUTENANDT en 1959, a mis en évidence des substances allélochimiques à rôle variés, connue pour agir sur les bio-agresseurs dans le cadre des relations plantes-insectes (ARNAUD, 2003).

Toutefois, du point de vue de la nature chimique des substances, il est évident que les cultivars étudiés notamment Dglet-Nour, présentent une richesse en hydrocarbures en particulier les alcanes (32 composés). Selon BENCHABANE (2007), les dattes stockées présentent une oxydation plus prononcée. Une forte réactivité d'acides gras polyinsaturés favorisant la formation d'hydroperoxydes et accélérant donc, la réaction vers la production de composés carbonylés et hydroxylés tels que les hydrocarbures, composés proviennent d'une dégradation d'acides gras polyinsaturés de type C<sub>18:2</sub>, responsables du goût de rance (BERSET et CUVELIER, 1996).

Dans son étude sur le charançon rouge *Rhynchophorus ferrugineus*, FAGHIIH (2004), a rapporté que l'odeur du cœur de palmier dattier est un mélange complexe de 109 molécules (15 alcools, 21 esters, 9 acides, 30 molécules aromatiques, 17 cétones, 2 terpènes, 2 aldéhydes et 13 hydrocarbures (Les alcanes, les alcènes)). En effet, nous avons enregistré la présence de toutes ces classes chimique dans notre étude, mais avec une différence dans le nombre et la nature de composés obtenus.

D'après COSSE *et al.* (1994), les esters, les alcools et les aldéhydes en particulier, l'héxanoate d'éthyle, éthanol et acétaldéhyde sont des stimulants d'oviposition de la pyrale des dattes *E. ceratoniae*. Tandis que GOTHILF *et al.* (1975) ont noté que des alcools à chaînes simples, notamment, l'éthanol, les deux isomères 1-propanol, 2-propanol et le 1-butanol sont aussi des composés qui stimulent la ponte chez cette pyrale.

De ce fait, la composition des bouquets volatils des cultivars étudiés, montre une richesse importante de la Deglet-Nour en esters (8 composés), en aldéhydes (5 composés) et en degré moins, en alcools (1 composé). Par contre, le cultivar Ghars marque une pauvreté en alcools et une richesse en aldéhydes (5 composés) et en ester (1 composé). Quant au cultivar Degla-Beidha, il a noté la présence de 5 composés aldéhydiques et un composé pour chacune des classes des alcools et des esters.

À partir de là, la projection des taux d'infestation obtenus que ce soit dans le champs (conditions naturelles) ou bien sous les conditions contrôlées (laboratoire) affirme que Deglet-Nour est le cultivar le plus attractif aux femelles d'*E. ceratoniae*, suivi par le cultivar Ghars puis Degla-Beidha.

Néanmoins du point de vue composés volatils, les cultivars Ghars en stade T'mar (GH t) et Degla-Beidha en stade Bser (DB b) ont marqué une richesse en cétones terpéniques représenté essentiellement par ".alpha.-Thujone" et ".beta.-Thujone" respectivement. Ces isomères ont été signalés par ALFARO *et al.* (1981) et HOUGH-GOLDSTEIN (1990), comme substances à propriétés antiappétentes pour le charançon du pin blanc (*Pissodes strobi*) et le doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata*.

Le cultivar Degla-Beidha a noté également la présence de trois composés terpéniques connus par leur effet antiappétent ; il s'agit du limonène, le nerol et la linalool (SHARMA et SAXENA, 1974 et HOUGH-GOLDSTEIN, 1990). Probablement la présence de ces composés a une influence négative sur le taux d'infestation chez les cultivars qu'ils les contiennent. Cependant, nous avons enregistré l'existence du limonène chez Deglet-Nour, bien qu'il soit le cultivar le plus infesté, ceci semble qu'il est possible l'existence éventuelle d'autre (s) composé (s), ou effets tel que la synergie entre les différents composés. Cette synergie peut exercer une action sur la communication chimique entre l'*E. ceratoniae* et son hôte. Plusieurs auteurs suggèrent que la reconnaissance de l'hôte par l'insecte phytophage se fait *via* un ratio de composés chimiques de la plante (BRUCE *et al* ; 2005). L'expérience de ROSELAND *et al.* (1997), a d'ailleurs montré qu'un nombre important de charançons de tournesol, *Smicronyx fulvus* (Curculionidae) pouvait être piégé avec une mixture comprenant cinq composants chimiques en proportions caractéristiques de leur plante-hôte. De même,

DORMONT et ROQUES (2001), ont confirmé cette tendance chez le charançon des cônes de pin, *Pissodes validirostris* (Curculionidae).

Selon HONDA (1995), l'oviposition chez la plupart des Lépidoptères semble être induite par la réponse à un seul composé spécifique, tandis qu'une extrême synergie de multiples composés caractérise le système de stimulation de ponte adopté par certains Lépidoptères. En effet, HONDA (1986), (1990), a signalé que la naringine et hespéridine (flavanones glycosides), L-(-)-stachydrine, (-)-synéphrine, L-(-)-prolinel et l'acide D-(-)-quinique ; substances isolées à partir du feuillage et de l'épicarpe de *Citrus unshiu* et *Citrus natsudaïdai* ; sont des composés stimulants d'oviposition pour les espèces *Papilio protenor* et *Papilio xuthus* (Papilionidae). La réponse ovipositionnelle de ces Lépidoptères a été déclenchée non pas par l'un de ces composés mais par leur action synergique.

HONDA (1995), a rapporté également que l'acceptation ou le rejet d'une plante par les femelles est réglementée non seulement par la présence ou l'absence de stimulants de ponte mais également par des stimuli négatifs évoqués par des moyens dissuasifs concomitants

À cet effet, l'analyse statistique des bouquets volatils des cultivars étudiés, ne permet pas de montrer les composés responsables de l'attraction et la stimulation de l'oviposition de cette pyrale vis-à-vis de ces cultivars ; surtout, ces derniers ont présenté certaine similarité de leurs profils chimiques (plusieurs composés en commun). Selon SHARMA et SAXENA (1974), la très faible différence de structure moléculaire, de l'oxydation dans le groupe fonctionnel, de la longueur de la chaîne carbonée et de la concentration du composé, peuvent provoquer de manière drastique des effets biologiques et comportementaux différents. En vue de cela, il a été démontrée chez la mouche domestique (*Musca domestica*), que les isomères optiques (-) – limonène et le (+) - limonène ont un effet attractif pour le premier et un effet dissuasif pour le deuxième (SHARMA et SAXENA, 1974). Les même auteurs ont ajouté, qu'une oxydation dans le groupe fonctionnel du citronellol et le citronellal, entraînent également une réaction différente; attractive pour le premier et dissuasive pour le second. Ainsi, une faible concentration de carvone a un effet attractif pour la mouche domestique, alors qu'une forte concentration est dissuasive. Avec ce genre de comportements des insectes, il n'existe pas de relation apparente et claire entre les composés et la nature de leurs réponses (BRATTSTEN, 1982).

La communication chimique interspécifique chez les insectes phytophages est fortement influencée par la chimie des plantes-hôtes selon de multitude études. Les tests olfactométriques en conditions contrôlées d'*E.ceratoniae* par le biais d'un tunnel de vol, a permis d'étudier la réponse ovipositionnelle de cette pyrale à l'égard de certains composés

identifiés chez trois cultivars de dattes. Les résultats ont mis en évidence le caractère sémiochimique interspécifique de certains composés et/ou mélange de composés. A cet effet, il a été constaté, que les substances testées individuellement sont les plus attractives que celles mélangées. Comme il a été remarqué également, que plus le nombre de substances soumis aux tests est élevé, plus le pourcentage d'œufs pondus est faible. D'après TRONA (2010), les odeurs des plantes sont généralement composées de plusieurs substances chimiques sous forme de mélange (bouquets). Les composants de ces bouquets ne sont pas uniques, bien qu'ils fassent partie d'autres mélanges d'odeurs, produites par d'autres espèces d'insectes ou de plantes. Ces mélanges d'odeurs s'intègrent aux odeurs du milieu environnant, mais elles conservent leurs intégrités, même lorsqu'elles sont véhiculées par des vents violents (MURLIS *et al.*; 1992). Selon les études menées par WITZGALL et PRIESNER (1991), LIU et HAYNES (1992) et VICKERS et BAKER (1997), les insectes sont capables d'extraire les odeurs de ces bouquets et peuvent distinguer les mélanges d'odeurs émanant de sources proches mais spatialement différentes. Par conséquent, une coïncidence spatiale et temporelle est nécessaire pour que les composés soient détectés pour générer un effet comportemental. Dans son travail sur la base chimique de la ponte différentielle par les Lépidoptères, HONDA (1995), a noté que les Lépidoptères semblent amener à pondre en réponse à un seul composé spécifique à l'hôte. Les mêmes résultats ont été obtenus par WOLF *et al.* (2012), dans un travail sur le comportement de ponte de *Cassida stigmatica* en position de choix entre plusieurs chémotypes (diverses combinaisons de mélanges de substances chimiques) où, les femelles de *C. stigmatica* ont montré une nette préférence pour le chémotype pur par rapport aux chémotypes mixtes et aucune préférence lorsque seuls des chémotypes mixtes étaient proposés dans les tests de choix.

De ce fait, les taux élevés des œufs pondus par les femelles d'*E. ceratoniae* enregistrés chez les 8 composés purs (individuels), est probablement due à la détection rapide de ces composés, vue leur simplicité (unique), ce qui génère des réponses comportementale (oviposition).

Par ailleurs, il a été constaté que la formation des stimuli à base de mélanges des mêmes composés a conduit à une diminution voire à une absence totale d'attractivité des femelles d'*E. ceratoniae* dans certains groupes de stimuli (série). Selon CHAPMAN (1974), la présence de kairomones est généralement impliquée dans le choix de la source de nourriture ou de site de ponte. Le « non choix » de l'insecte (cas de plantes résistantes) revient essentiellement aux manquent de kairomones ou aux quantités insuffisantes pour déclencher une réponse comportementale de ces derniers ou bien, les kairomones sont inhibées par des

composés antagonistes. Bien que nous ne disposions d'aucune information précédente, sur l'effet du nombre de composés volatils dans un bouquet donné, sur le comportement de ponte chez cette espèce, il est probable que la diminution ou l'absence de réponse des femelles d'*E. ceratoniae* aux différents groupes de stimuli (mélange) est due à l'effet antagoniste exercé par les substances entre elles ou bien, aux concentrations de ces substances dans le mélange.

Les bioessais effectués dans le tunnel de vol, démontrent que les substances testées, réparties en 5 familles chimiques (cétone, terpène, phénol, alcool et ester) ont un fort effet comportemental affectant l'oviposition des femelles de la pyrale des dattes, notamment la famille des cétones qui a reçu 41% des œufs pondus, suivi par les alcools (15%), puis les trois familles restantes avec des taux oscillant entre 5.58 et 7.44%. D'après RUTLEDGE (1996), les cétones, les alcools, les esters et les terpènes, sont des sémiochiques qui jouent un rôle très important dans le choix du site de ponte par plusieurs insectes. Ils se sont servis en tant d'indicateurs de l'aptitude de l'hôte à héberger la future progéniture de ces insectes. Selon PICIMBON (2002), La détection des molécules odorantes chez les insectes met en jeu des structures particulières, les antennes et les sensilles. Elles fonctionnent comme des microcapteurs périphériques des molécules odorantes de l'air environnant. Chaque sensille répond de façon spécifique à une molécule chimique ou à une famille de molécules chimiques. La sensibilité et la sélectivité du système biologique à une molécule suffit de déclencher une réponse physiologique et comportementale. En effet, l'étude que nous avons menée sur l'ultrastructure des sensilles de cette pyrale, a révélé la présence de plusieurs types, entre autre, les sensilles basiconiques qui agissent en tant que sensilles olfactives impliquées dans la perception des alcools et des acides gras insaturés portant des fonctions alcool, aldéhyde ou cétone chez certains Lépidoptères et Diptères (RAAD, 2013 et BONTONOU, 2014). Les travaux de GOTHILF *et al.* (1975) et COSSE *et al.* (1994), sur les stimulants d'oviposition chez *E. ceratoniae*, ont mis en lumière la capacité des alcools et des esters à stimuler l'envol des femelles fécondées de cette espèce et l'atterrissage à la source d'odeur (tunnel de vol). Cette stimulation peut s'expliquer par le pouvoir de sensibilité et les facultés de sélectivité sensorielles qui permettent la détection et le choix des molécules odorantes par *E. ceratoniae*,

A partir des résultats des bioessais, il a été constaté que les cétones  $\alpha$ -Isométhyl ionone,  $\beta$ -thujone,  $\alpha$ -thujone et 2-Undécanone ont enregistré des taux d'œufs pondus de l'ordre de 15.69%, 11.70%, 8.78% et 4.79% respectivement. Le composé  $\alpha$ -Isométhyl ionone est le plus attractif parmi les 8 composés testés. Ce composé a été décrit par ISHIDA *et al.* (2008), comme un attractif efficace pour *Bractocera latifrons*. De même, CÁCERES *et al.* (2016), à leur tour ont signalé l'effet attractif d'oviposition de l' $\alpha$ -Isométhyl ionone sur *Bemisia tabaci* alors que l'isomère  $\beta$ -

ionone a un effet dissuasif.

Par ailleurs, le brevet déposé par GABEL *et al.* (1993), relatif à des compositions attractives des femelles de Lépidoptères Tortricidés, sont caractérisées en ce qu'elles comprennent en tant que principe actif le limonène, l' $\alpha$ -thujone et la  $\beta$ -thujone. D'ailleurs, le traitement des odeurs des plantes dans les lobes antennaire des femelles de *Lobesia botrana* par l'utilisation des techniques d'enregistrement et de coloration intracellulaires a permis à MASANTE-ROCA *et al.* (2002), de signaler l'implication de la  $\beta$ -thujone dans les réponses physiologiques les plus fréquentes chez cette espèce. De même, la caractérisation des sensilles trichoïdes de la femelle de *Culex quinquefasciatus* par HILL *et al.* 2009, a permis de révéler l'effet d' $\alpha$ -thujone, 2-Undecanone et linalool dans l'activité des neurones récepteurs odorants (ORNs), D'ailleurs, les études électrophysiologiques (GC-EAG) menées par YOUN (2002) et ABRAHAM *et al.* (2015) sur le comportement de *Nilaparvata lugens* et *Drosophila suzukii* vis-à-vis de certains extraits végétaux, ont abouti à l'identification de certains composés qui ont provoqué une forte réponse antennaires chez les femelles ; parmi ces composés l'alcool terpénique, le linalool. Les enregistrements intracellulaires effectués par ROCHE KING *et al.* (2000), sur *Manduca sexta* ont révélé que le linalool a fortement excité les neurones olfactifs des femelles. Par conséquent, l'orientation des femelles de *L. botrana*, *C. quinquefasciatus* et les espèces qui ont les mêmes structures antennaires vers ces composés peut s'expliquer par la présence de ces sensilles.

Concernant le N-methyl anthranilate, (6.38% d'œufs pondus), son activité kairomonale a été observée chez les fleurs de *Cimicifuga simplex*. En effet, PELLMYR (1986), a signalé l'attraction de trois espèces de Lipédoptères, Nymphalidae (*Argynnis paphia* L ; *Argyronome ruslana* Motsch ; et *Damora sagana* Dbldy & Hew) et deux Hyménoptères (*Bombus hypocrite* et *Bombus diversus*) aux fleurs de *C. simplex* et aux fleurs d'autre espèces qui ne contiennent pas ce composé, mais elles sont soumises à des pulvérisations par la dite substance. En revanche, l'application des approches de l'écologie chimique, basées sur la reconnaissance et la fonction de transport des protéines de liaison odorantes (Odorant Binding Proteins OBPs) par YI *et al.* (2018), a permis de cribler 19 composés actifs agissant sur le comportement de *Sclerodermus* sp ; parmi ces derniers le butylated hydroxytoluene. En outre, Le comportement de ponte et la réponse des femelles de *Monochamus alternatus* au butylated hydroxytoluene a été étudié par LI *et al.* (2007), l'auteur a constaté que les femelles gravides de *M. alternatus* ont déposé des œufs sur un support qui contient le butylated hydroxytoluene. Toutefois, ce composé a un effet dissuasif en présence de p-vinylguaïacol ; d'où les femelles de *M. alternatus* déposaient significativement moins d'œufs sur les supports contenant le mélange de p-vinylguaïacol et de butylated hydroxytoluene.

Enfin, à partir de ce qui précède, Il sera utile voire impératif le recours à des techniques plus poussées comme les techniques électrophysiologiques, pour comprendre l'activité électrique provoquée par la stimulation des sensilles de la pyrale des dattes ; en enregistrant leurs réactions vis-à-vis des différentes substances que contiennent chaque cultivar. Ces études élucideront non seulement les substances allélochimiques et leurs mécanismes comportementaux, mais contribuent également à la gestion de la population d'*E. ceratoniae* sur le terrain.

## Conclusion générale

L'étude de l'effet des substances allélochimiques sur le comportement de ponte de la pyrale des dates *E. ceratoniae* sur trois cultivars de dattes (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar) a permis d'obtenir les résultats suivants :

Le suivi des taux d'infestation durant cinq campagnes agricoles (2011-2012 jusqu'à 2015-2016), dans la palmeraie de la station de l'INRAA de Touggourt a permis d'enregistrer des taux d'infestation des dattes par *E.ceratoniae*, fluctuants en fonction des campagnes. En effet, un taux d'infestation très important estimé de 21.46% enregistré durant la campagne 2012-2013 ; par contre la campagne 2013-2014 a noté le taux le plus faible avec 3.3 %.

Par ailleurs, en fonction des cultivars, des taux d'infestation globaux de l'ordre de 18.84, 10.28 et 6.66 % sont enregistrés pour les cultivars Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha respectivement durant toute la période d'étude.

L'examen des réponses comportementales des femelles d'*E. ceratoniae* en position de choix entre les trois cultivars de datte en deux stades phenologiques, a permis de remarquer que le cultivar Deglet-Nour a reçu plus de la moitié des œufs pondus dans les trois cultivars confondus, avec un taux global de 53.08 %; suivi par le cultivar Ghars avec 28.39 % ; puis Degla-Beidha avec 18.51 %. Par ailleurs, il a été constaté que 75.3 % des œufs pondus ont été sur les cultivars en stade T'mar, alors que, les dattes en stade Bser n'en ont reçu que 24.69 %. De ce fait, il a été remarqué également que 83.72 % des œufs pondus sur Deglet-Nour étaient durant le stade phénologique T'mar, contre 16.27 % pendant le stade Bser. En outre, chez le cultivar Ghars, la ponte était également importante durant le même stade avec 71.73 % contre 28.26 % durant le stade Bser. Quant au cultivar Degla-Beidha, le stade T'mar est le plus choisi aussi par les femelles d'*E. ceratoniae* avec un taux de 56.66 % des œufs pondus, comparativement au stade Bser qui a noté 43.33 %. Les résultats obtenus ont permis de confirmer ceux enregistrés en plein champs.

L'étude ultra-structurale externe de l'ovipositeur, des tarsi et des antennes de la femelle d'*E.ceratoniae* par le biais d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB) a permis de distinguer plusieurs types de sensilles sur l'ensemble des organes étudiés à savoir : les sensilles trichoïdes (type I, II et III) et les sensilles basiconiques.

Concernant l'Analyse des substances volatiles des cultivars étudiés, deux méthodes ont été adoptées ; l'Extraction par Solvant (ES) et par l'Analyse des vapeurs de l'espace de tête

(Headspace), *via* la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)/GC-MS. La première méthode a permis d'enregistrer un total de 234 composés volatils chez les trois cultivars confondus, dont 151 composés dans le cultivar Deglet-Nour, 51 composés dans le cultivar Ghars et 32 composés dans le cultivar Degla-Beidha. Cependant, seulement 110 composés ont été identifiés, par la seconde, et répartis comme suit : 72 composés pour la Deglet- Nour, 38 composés pour le cultivar Ghars et 29 composés pour la Degla- Beidha. Ces composés sont classés en 8 familles chimiques, il s'agit des hydrocarbures (hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes), Hydrocarbures aliphatiques insaturés Alcènes/Alcynes), hydrocarbures monocycliques insaturés, hydrocarbures monocycliques saturés, hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures terpéniques), alcools, aldéhydes, esters, cétones, amides, phénols et des Acides carboxyliques.

L'Analyse en Composantes (des Correspondances) Principales (ACP), a permis de remarquer que le taux d'infestation chez Deglet-Nour est significativement corrélé aux hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes), hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes), aldéhydes, esters et en particulier les hydrocarbures aromatiques. De même pour le cultivar Ghars, il paraît que le taux d'infestation est corrélé positivement aux variables hydrocarbures cycliques saturés et aux amides. Quant au cultivar Degla-Beidha, le taux d'infestation est corrélé négativement aux variables hydrocarbures cycliques insaturés et aux acides carboxyliques.

Quant à l'analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME)/GC-MS de trois cultivars de datte (Deglet- Nour, Degla- Beidha et Ghars) en deux stades phénologiques (Bser et T'mar) a permis d'identifier 24 composés volatils parmi les 71 enregistrés chez les trois cultivars confondus. Ces composés sont représentés comme suit : 21 composés identifiés contre 7 non identifiés dans le cultivar Degla-Beidha stade phénologique T'mar (D.B (t)), par contre seulement 3 composés identifiés contre 4 composés non identifiés dans le même cultivar en stade Bser (D.B (b)). Quant au cultivar Deglet-Nour, 3 composés ont été identifiés contre 10 composés non identifiés en stade Bser (D.N (b)); Alors qu'en stade T'mar (D.N (t)), que 2 composés ont été identifiés contre 6 non identifiés. En ce qui concerne le cultivar Ghars stade phénologique Bser (G (b)) a enregistré le même nombre de composés à celui noté chez la D.N (t); mais en stade T'mar (G (t)), ce cultivar a marqué la présence de 3 composés identifiés contre 4 non identifiés. Les substances identifiées appartenant principalement à 6 familles chimiques, à savoir : les hydrocarbures (hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes), les hydrocarbures cycliques saturés, les hydrocarbures cycliques insaturés, les hydrocarbures aromatiques, les

hydrocarbures terpéniques), les alcools terpéniques, les esters, les cétones et les phénols.

L'étude comparative des teneurs en composés phénoliques totaux (polyphénols) de trois cultivars de dattes en deux stades phénologiques, a permis de montrer la richesse des cultivars étudiés en polyphénols. En revanche, ces teneurs sont variables en fonction des cultivars et des stades phénologiques.

L'analyse statistique des bouquets volatils des cultivars étudiés, ne permet pas d'identifier réellement les composés responsables de l'attraction et la stimulation de l'oviposition de cette pyrale, vis-à-vis de ces cultivars; surtout, ces derniers ont présenté certaine similarité de leurs profils chimiques (plusieurs composés en commun); il serait intéressant de mener une étude plus approfondie en recourant à des techniques plus poussées comme les techniques électro-physiologiques, celles-ci, constituent des méthodes de choix pour comprendre l'activité électrique provoquée par la stimulation des récepteurs sensoriels des antennes. Ceci, afin d'identifier, quantifier et de caractériser la nature des composés allélochimiques impliqués dans l'interaction entre le prédateur et sa plante-hôte. Par conséquent, la mise en place des techniques de lutte, qui peuvent constituer une alternative nouvelle et sûre aux insecticides conventionnels. En effet, les réactions d'orientations provoquées par les diverses stimulations, dont les sources sont les trois cultivars de dattes, et qui se traduit par un déplacement, selon une orientation précise dans le tunnel du vol, reflète clairement l'impact des substances volatiles sur la mobilité des femelles d'*E. ceratoniae*, par conséquent, sur la sélection des sites d'oviposition.

Toutefois, il est bien évidemment nécessaire de comprendre dans leur ensemble les processus des interactions entre *E. ceratoniae* et ses plantes hôtes. En perspective, la recherche d'alternatives de lutte, du fait des problèmes environnementaux posés par les traitements insecticides chimiques, est devenue indispensable. La mise en place des techniques permettant l'induction des défenses directes ou indirectes des plantes hôtes par le biais des molécules végétales (substances secondaires), émises par ces dernières, peuvent s'avérer prometteuses pour la lutte contre *E. ceratoniae*. C'est dans ce contexte, que nous proposons d'exploiter les résultats de cette étude, pour développer un système de piégeage basé sur l'attraction des femelles d'*E. ceratoniae*, vers les stimulants olfactifs chimiotactique (kairomones) à base de substances attractives à cette espèce. L'utilisation de ces pièges « pièges à kairomones » se sera multiple et variée, que se soit :

- Dans le domaine de lutte, par le piégeage en masse (réduction de la population) ;

- Dans le domaine de la recherche, pour l'évaluation de l'efficacité de certains programmes de lutte contre *E. ceratoniae* par exemple la confusion sexuelle et les lâchers des insectes irradiés stériles (TIS). Afin de vérifier les statuts copulateurs des femelles, qui est un facteur déterminant du succès ou de l'échec de ce genre de programmes ;
- Dans la lutte attracticide qui consiste en la combinaison d'un leurre sémiochimique attractif et d'un produit insecticide.

À cet égard, il est désirable d'explorer cette piste encore plus pour avoir des issues favorables en aboutissant à des résultats irréfutables et concluants.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAM J; ZHANG A; ANGELI S; ABUBEKER S; MICHEL C; FENG Y. & RODRIGUEZ-SAONA C; 2015.** Behavioral and antennal responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to volatiles from fruit extracts. *Chemical Ecology* **44** (2): 356-367.
- ACOURENE S; ALLAM A/K; TALEB B. & TAMA M; 2007.** Inventaire des différents cultivars de palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) des régions d'Oued-Righ et d'Oued-Souf (Algérie). *Sécheresse* **18** (2): 135-42.
- AGRAWAL A. A; 2011.** Current trends in the evolutionary ecology of plant defence. *Funct Ecol.* **25**: 420-432.
- AL-BAKR A; 1972.** The date palm: a review of its past and present status and its culture, industry and trade. Ed. Alwatan Press, Iraq, 1075 p.
- ALFARO R. I; PIERCE H. D; BORDEN J. H. & OEHLISCHLAGER A. C; 1981.** Insect Feeding and oviposition Deterrents from Western Red Cedar Foliage. *J. Chem. Ecol.* **7**: 39-48.
- AL-IZZI M. A; AL-MALIKY S. K; YOUNES M. A. & JABBO N. F; 1985.** Bionomics of *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera : Pyralidae) on pomegrates in Iraq. *Environ. Entomol.* **14** (2): 149-153.
- 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.* **32** (3): 195-199.
- AL OGAÏDI H. K. & MUTLAK H. H; 1986.** The phenolic compounds of four date cultivars during maturity stages. *Date Palm J.* **4** (2): 191-203.
- AL-SALIH A. A ; AI NAJJAR N. R & ALMASHHADANI A. N; 1987.** A study on chromosome number of two specific female date palm cultivars. *Date Palm J.* **5**: 134-143.
- ALTIERI M. A. & DOLL J. D; 1978.** Some limitations of weed biocontrol in tropical ecosystems in Columbia. In Freeman T. E; (ed.). *Proceedings IV International Symposium on Biological Control of Weeds.* University of Florida, Gainesville, 74–82.
- ALTIERI M. A; LEWIS W. J; NORDLUND D. A; GUELDNER R. C. & Todd J. W; 1981.** Chemical interactions between plants and Trichogramma wasps in Georgia soybean fields. *Protection Ecology* **3**: 259-263.
- AMREIN H. & THORNE N; 2005.** Gustatory perception and behavior in *Drosophila melanogaster*. *Curr. Biol.* **15**: 673–684.

- ANFORA G; TASIN M; DE CRISTOFARO A; IORIATTI C. & LUCCHI A; 2009.** Synthetic grape volatiles attract mated *Lobesia botrana* females in laboratory and field bioassays. *J. Chem. Ecol.* 35: 1054-1062.
- ARIF Y; 2011.** Etude de l'interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) et certains cultivars de palmier dattier. Mémoire de magister, Univ. Batna, 81 p.
- ARNAUD L; DETRAIN C; GASPAR C. & HAUBRUGE E; 2003.** Insectes et communication. *Le journal des ingénieurs* 87 : 25-28.
- BACHROUCH O; JEMÂA J. M; WISSEM A. W; TALOU T; MARZOUK B. & ABDERRABA M; 2010.** Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* 46: 242-247.
- BAKER T. C; FRANCKE W; HANSSON B; LÖFSTEDT C; PHELAN J-W; DU P. L; VETTER R. S. & YOUNGMAN R; 1989.** Identification of carob moth pheromone, *Ectomyelois ceratoniae*. *Tetrahedron Letters* 30: 2091-2092.
- BAKER T. C; FRANCKE W; MILLAR J. G; LÖFSTEDT C; HANSSON B; PHELAN J-W; DU 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.* 17: 1973-1988.
- BALACHOWSKY A. S; 1972.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II, Vol. 1. Ed. Masson et Cie, Paris, 1052 p.
- BENCHABANE A; 2007.** Composition biochimique de la datte (Deglet-nour) : évolution en fonction de la maturation et formation de la couleur et des arômes. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 171p.
- BENNICK A; 2002.** Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Crit. Rev. Oral Biol. Med.* 13 (2): 184-196.
- BENSAAD A; 2011.** L'eau et ses enjeux au Sahara. Ed. Karthala, 252 p.
- BENSALAH M. K; 2016.** Evaluation des caractéristiques biologiques d'*Ectomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839) (Lepidoptera, Pyralidae) dans les conditions naturelles et contrôlées. Stockage, conservation et lutte. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Université Mohammed Kheider, Biskra, 117p.
- BERNASCONI M. L; TURLINGS T. C. J; AMBROSETTI L; BASSETTI P; DORN S; 1998.** Herbivore-induced emissions of maize volatiles repel the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*. *Entomol. Exp. Appl.* 87: 133-142.
- BERNAYS E. A. & CHAPMAN R. F; 1994.** Host-plant selection by phytophagous insects. Ed. New York, Chapman and Hall xiii, 312 p.

- BERSET C. & CUVELIER M. E; 1996.** Méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant. *Sciences des Aliments* 16: 219-245.
- BLAU P. A; FEENY P; CONTARDO L. & ROBSON D. S; 1978.** Allylglucosinolate and herbivorous caterpillars: a contrast in toxicity and tolerance. *Science* 200: 1296-1298.
- BOIZOT N. & CHARPENTIER J; 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des oranges d'un arbre forestier. *Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques*. INRA; 79–82.
- BONTONOU G; 2014.** Evolution des phéromones de Drosophiles et rôle dans l'isolement reproducteur. Thèse de doctorat en sciences agricoles. Université Paris Sud - Paris XI, 171 p.
- BOUAYED J; 2007.** Etude de la corrélation anxiété - statut oxydatif des granulocytes chez la souris et évaluation des effets antioxydants - neuroactifs des polyphénols extraits de *Prunus domestica* L. Thèse de doctorat, Université de Paul Verlaine-Metz, 368 p.
- BOUGUEDOURA N; 1991.** Connaissance de la morphogénèse palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Thèse doctorat d'état, U.S.T.H.B, Alger, 201 p.
- BROWN W. L; EINSNER T. & WHITTAKER R. M; 1970.** Allomones and Kairomone : transpecific message. *Bioscience* 20 (1): 21-22.
- BRUCE T. J. A; WADHAMS L. J. & WOODCOCK C. M; 2005.** Insect host location: a volatile situation. *Trends in Plant Science* 10: 269-274.
- BURANDAY R. P. & RAROS R. S; 1975.** Effects of cabbage-tomato intercropping on the incidence and oviposition of the diamondback moth, (*Plutella xylostella* L.). *Phillippine Entomology* 2: 369–375.
- CÁCERES L. A; LAKSHMINARAYAN S; YEUNG K. K. C; MCGARVEY B. D; HANNOUFA A; SUMARAH M. W; BENITEZ X. & SCOTT I. M; 2016.** Repellent and Attractive Effects of  $\alpha$ -,  $\beta$ -, and Dihydro- $\beta$ - Ionone to Generalist and Specialist Herbivores. *Journal of Chemical Ecology* 42 (2), 107–117.
- CAMARA M. D; 1997.** Predator responses to sequestered plant toxins in buckeye caterpillars: are tritrophic interactions locally variable? *J. Chem. Ecology* 23: 2093-2106.
- CHAPMAN R. F; 1974.** Chemical inhibition. *Bull. Ent. Res.* 64: 339-363.

- CHAPMAN R. F; 1995.** Chemosensory regulation of feeding. In Chapman R. and De Boer G; (eds.). Regulatory mechanisms in insect feeding, Chapman and Hall, 101-128.
- CLADERON M; NAVARRO S. & DONAHYE E; 1969.** *Ectomyelois ceratoniae* (Zell.) (Lepidoptera: Phycitidae) a major pest of a stored almonds in Isreal. Jornal of stored production research 5: 427-428.
- COLLINGBORN F. M. B; GOWEN S. R. & MUELLER-HARVEY I; 2000.** Investigations into the biochemical basis for nematode resistance in roots of three *Musa* cultivars in response to *Radopholus similis* infection. J. Agric. Food Chem. 5297-5301.
- 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.
- COSSE A. A; ENDRIS J. J ; MILLAR J. G. & BAKER T; 1994.** Identification of volatile compounds from fungus-infected date fruit that stimulate upwind flight in female *Ectomyelois ceratoniae*. Entomol. Exp. Appl. 72: 233-238.
- COX P. D; 1976.** The influence of the temperature and humidity on the life of *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stor. Prod. Res. 12: 111-117.
- COX P. D; 2004.** Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. J. Stor. Prod. Res. 40: 1-25.
- CROOK D. J; KHRIMIAN A; FRANCESE J. A; FRASER I; POLAND T. M; SAWYER A. J. & MASTRO V. C; 2008.** Development of a host-based semiochemical lure for trapping emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). Environ. Entomol. 37: 356-365.
- CROTEAU R; KUTCHAN T. M. & LEWIS N. G; 2000.** Natural products (secondary metabolites). In Buchanon B., Gruissem W; Jones R; (eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 1250-1318.
- CURTIS C. E; CLARCK J. D; CARLSON D. A. & COFFLET J. A; 1987.** A pheromone mimic: disruption of mating communication in the navel orange worm, *Amyelois transitella*, with Z, Z-1,12,14-heptadecatriene. Entomol. Exp. Appl. 44: 249-255.
- DAKHIA N; BENSALAH M. K; ROUMANI M. & BELHAMRA M; 2013.** Etat phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au bas Sahara-Algérie. Journal Algérien de Régions Aride, numéro spécial, 5-17.

- DALLAIRE R ; 2003.** Effets sous létaux du tebufénozide, un régulateur de croissance d'insectes, sur la communication chimique et le succès reproducteur chez *Choristoneura fumiferana* et *C. rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae). Mémoire de maîtrise en sciences (M. Sc.), Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Quebec, 74 p.
- DE BRUYNE M. & WARR C. G; 2006.** Molecular and cellular organization of insect chemosensory neurons. *Bioessays*, 28: 23–34.
- DELISIE J; MCNEIL J. N; UNDERHILL E. W. & BARTON D; 1989.** *Helianthus annuus* pollen, an oviposition stimulant for the sunflower moth, *Homoeosoma electellum*. *Entomol. Exp. Appl.* 50: 53-60.
- DETHIER V. G; BROWNE L. B. & SMITH C. N; 1960.** The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economic Entomology*, 53: 134–136.
- DETHIER V. G; 1982.** Mechanisms of host plant recognition. *Entomol. Exp. Appl.* 31: 49-56.
- DHOUBI M. H; 1982.** Bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae). *Ann. INRAT.* 55 (4) : 22-48.
- DHOUBI M. H; 1989.** Biologie et écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* dans deux biotopes différents et recherche de méthodes alternatives de lutte. Thèse d'état, Université de Pierre et Marie curie, Paris VI, 241 p.
- DHOUBI M. H; 1991.** Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. *INRAT.* 64 p.
- DICKE M. & SABELIS M. W; 1988.** Infochemicals terminology : based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds. *Funct. Ecol.* 2: 131-139.
- DJERBI M; 1992.** Précis de phoéniciculture. F.A.O, 192 p.
- DORMONT L. & ROQUES A; 2001.** Why a specialized pine cone weevil, *Pissodes validirostris*, does not attack seed cones of Swiss stone pine (*Pinus cembra*)? Host selection vs. host suitability. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 157-163.
- DOUMANDJI S; 1978.** Contribution à l'étude biologique de la pyrale des caroubes, *Ectomyelois ceratoniae*. *Annales de l'institut national agronomique, El-Harrach* 8 (5) : 53-64
- DOUMANDJI S; 1981.** Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le Nord de l'Algérie, *Ectomyelois ceratoniae* zelll. (Lepidoptera : pyralidae). Thèse d'état, Paris VI, 145 p.

- 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.
- 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). II- étude ultra structurale du tube digestif de *Myelois phoenicis* Durrant. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Paris VI, 95 p.
- DOUMANDJI-MITICHE B; 1977.** Les pyrales des dattes stockées. Annales de l'Institut National Agronomique, El-Harrach **7** (1) : 31-58.
- DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMANDJI S; 1993.** La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, 94 p.
- DOW CORNING CORPORATION (DCC); 1999.** Estimation of margin of exposure: a preliminary risk assessment for octamethylcyclotetrasiloxane (D4) based on reproductive toxicity studies. Technical Report I0000-46358.
- DOWSON V. H. W; 1982.** Date production and protection with special reference to North Africa and the Near East. FAO Technical Bulletin N°. 35, 294 p.
- DOWSON V. H. W. & ATEN A; 1963.** Récolte et conditionnement des dattes. F.A.O., Rome, 397p.
- DRANSFIELD J. & UHL N. W; 1986.** An outline of a classification of palms. Principes **30** (1): 3-11.
- DRIDI B., BAOUCHI H., BENSALAH K. & ZITOUN. A; 2001.** Présentation d'une nouvelle méthode biotechnique de lutte contre le ver de la datte *Ectomyelois ceratoniae* (Zell.) dite technique des insectes stériles. Première application dans le Sud-Est du pays. Recueils des communications, Journées techniques phytosanitaires, 58-71.
- EL AREM A; FLAMINI G ; SAAFI E. B ; ISSAOUI M; ZAYENE N ; FERCHICHI A; HAMMAMI M; HELAL A. N. & ACHOUR L; 2011.** Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. Food Chemistry 127: 1744–1754.
- EL HOUMAIZI M. A; 2002.** Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Marrakech, 144 p.
- ELTAYEB E. A; ALHASANI A. S. & FAROOQ S. A; 1999.** Changes in soluble sugar content during development of fruits in some varieties of Oman date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences **2** (1): 255-258.

- ERICKSON J. M. & FEENY P; 1974.** Sinigrin: a chemical barrier to the black swallowtail butterfly *Papilio polyxenes*. Ecology 55:103-111.
- ESCOFIER B; 1990.** Analyse des correspondances multiples conditionnelle. Modulad 5: 13-28.
- FAGHIIH A. A; 2004.** Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 181 p.
- FAUCHEUX M. J; 2006.** Antennal sensilla of male *Lophocorona pediasia*. Common 1973 and their phylogenetic implications (Lepidoptera: Lophocoronidae). Ann. soc. entomol. France 42 (1): 113-118.
- FEENY P; 1976.** Plant apparency and chemical defense. Recent Adv. Phytochem. 10: 1-40.
- FEENY P; 1992.** The évolution of chemical ecology: contributions from the study of herbivorous insects. In Rosenthal G. A. and Berenbaum M. R; (eds.). Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites. Vol. II. Evolutionary and ecological processes. New York, Académie Press, 1-44.
- FEUCHT W; TREUTTER D. & CHRIST E; 1997.** Role of flavanols in yellowing beech trees of the Black forest. Tree Physiol. 335-340.
- FINCH S; 1996.** Appropriate/inappropriate landings, a mechanism for describing how under sowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. IOBC/WPRS Bulletin 19 (11): 102–106.
- FINCH S. & COLLIER R. H; 2000.** Host-plant selection by insects – a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. Entomol. Exp. Appl. 96: 91–102.
- FINCH S. & KIENEGGER M; 1997.** A behavioural study to help clarify how under sowing with clover affects host plant selection by pest insects of brassica crops. Entomol. Exp. Appl. 84: 165–172.
- FINCH S. & SKINNER G; 1982.** Trapping female cabbage root flies (*Delia radicum* (L.)) (Diptera: Anthomyiidae) with allylisothiocyanate-baited traps. Bulletin of Entomological Research 72: 165–173.
- FRANCIS F; 2003.** Interactions tritrophiques : étude du modele brassicaceae -pucerons - coccinelle predatrice. These de doctorat, faculté universitaire des sciences agronomiques de gembloux, Belgique, 280 p.
- FRAZIER J. L; 1986.** The perception of plant allelochemicals that inhibit feeding. In Brattsten L. B. and Ahmad S; (eds.). Molecular aspects of insect plant associations. New York, Plenum Press, 1–42.

- GABEL B; THIERY D; SUCHY V; MARION-POLL F; HRADSKY P. & FARKAS P; 1993.** Composition attractive des femelles de Lépidoptères Tortricidés. Brevet international, WO 93/00805 ; déposé le 1/7/1992 et délivré le 1/01/1993.
- 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.* 126: 347-363.
- GILBERT L. E; 1972.** Pollen feeding and reproductive biology of *Heliconius* butterflies. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 69: 1403-1407.
- GONZALEZ R. H; 2003.** Las pollilas de la fruta en chile (Lepidoptera : Tortricidae, Pyralidae). Santiago Univesidad de chile. Serie ciencias agronomicas 9: 179-188.
- GOTHILF S; 1968.** The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoinae* (Zeller) in Israel. II. Mass culture on artificial diet. *Israël journal of Entomology* 3 (2): 109-118.
- GOTHILF S; 1969.** The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zell. in Israel. II. Effect of food, temperature and humidity on development. *Israël journal of Entomology* 4 (1): 107-116.
- GOTHILF S; 1970.** The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) in Israel. III. Phenology on various hosts. *Israël journal of Entomology* 5: 161-175.
- GOTHILF S; LEVY E. C; COOPER R. & LAVIE D; 1975.** Oviposition stimulus of the moth *Ectomyelois ceratoniae*: the effect of short-chain alcohols. *Journal of Chemical Ecology* 1 (4): 457-464.
- GREENACRE M. & BLASIUS J; 2006.** Multiple Correspondence Analysis and Related Methods. CRC Press, USA, 608 p.
- GUIDO F; BEHIJA S. E; MANEL I; NESRINE Z; ALI F; MOHAMED H; NOUREDDINE H. A. & LOTFI A; 2011.** Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. *Food Chem.* 127:1744-1754.
- HADJAB 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 de magister, Univ. Biskra, 56 p.
- HAGERMAN A. E; RIEDL K. M; JONES G. A. & SOVIK K. N; 1998.** High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46 (5): 1887-1892.
- HAMMACK L; 2001.** Single and blended maize volatiles as attractants for diabroticite corn rootworm beetles. *J. Chem. Ecol.* 27: 1373-1390.

- HANNACHI S; KHITRI D; BEN KHALIFA A. & BRAC DE LA PIERE R. A; 1998.** Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Agence nationale d'éducation et de publication (Anep), Alger, 225p.
- HARBORNE J. B; 1993.** Introduction to chemical ecology. 4<sup>th</sup> edition. Academic press, London, 317 p.
- HARRAK H; REYNES M; LEBRUN M; HAMOUDA A. & BRAT P; 2005.** Identification et comparaison des composés volatils des fruits de huit variétés de dattes marocaines. *Fruits* 60: 267–278.
- HAYNES K. F. & BAKER T. C; 1989.** An analysis of amenotactic flight in female moths stimulated by host odor and comparison with the male's response to sex pheromone. *Physiol. Entomol.* 14: 279-289.
- HAYNES K. F; ZHAO J. Z. & LATIF A; 1991.** Identification of floral compounds from *Abelia grandiflora* that stimulate upwind flight in cabbage looper moths. *J. Chem. Ecol.* 17: 637-646.
- HICK A. J; LUSZNIAK M. C. & PICKETT J. A; 1999.** Volatile isoprenoids that control insect behaviour and development. *Nat. Prod. Rep.* 16: 39-54.
- HILDEBRAND J. G; 1995.** Analysis of chemical signals by nervous systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 92: 67-74.
- HILL S. R; HANSSON B. S. & IGNELL R; 2009.** Characterization of antennal trichoid sensilla from female southern house mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say. *Chemical Senses* 34 (3): 231–252.
- HODEK I. & HONEK A; 1996.** Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 464 p.
- HOLLEY A; 1999.** Éloge de l'odorat. Ed. Odile Jacob, Paris, 276 p.
- HONDA K; 1986.** Flavanone glycosides as oviposition stimulants in papilionid butterfly. *Papilio protenor*. *J. Chem. Ecol.* 12: 1999-2010.
- HONDA K; 1990.** Identification of host plant chimecals stimulating oviposition by swallowtail butterfly, *Papilio protenor*. *J. Chem. Ecol.* 16: 325-337.
- HONDA K; 1995.** Chemical basis of differential oviposition by Lepidopterous insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 30: 1-23.
- HOSSEINI S. A; 2017.** Chemical ecology of moths: Role of semiochemicals in host location by *Ectomyelois ceratoniae* and mate guarding by *Heliothis virescens*. Thesis, University of Amsterdam, 116 p.

- HOSEINI S. A; GOLDANSAZ S. H; SADEGHHASANI S. & MOUSAVI S. G; 2014.** A field screening of 10 high yield pomegranate cultivars for resistance to the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, in the climate condition of Karaj, Alborz, Iran. Proceedings, 21<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress, 23-26 August; Urmia, Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran, 754-782.
- HOUGH-GOLDSTEIN J. A; 1990.** Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 19: 234-238.
- HOWSE P. E; STEVENS I. D. R. & JONES O. T; 1998.** Insect pheromones and their use in pest management. Ed. Chapman and Hall, New York, N. V; 179 p.
- HUIGNARD J; 2013.** Les plantes et les insectes : une lutte permanente. *INSECTES* 168 (1) : 3-8.
- IDDER-IGHILI H; 2008.** Interaction entre la pyrale des dates *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) et quelques cultivars de dates dans les palmeraies de Ouargla (Sud-Est algérien). Mémoire de magister, université Kasdi Merbah-Ouargla, 102 p.
- IDDER M. A; 2002.** La préservation de l'écosystème palmeraie : une priorité absolue ; cas de la cuvette d'Ouaragla. Proceeding du séminaire international sur le développement de l'agriculture saharienne comme alternative aux ressources épuisables. Biskra, 22 - 23 Octobre. Univ. Mohammed khidher, Biskra, 38-44.
- IDDER M. A., IDDER-IGHILI H ; SAGGOU H. & PINTUREAU B; 2009.** Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) sur différentes variétés du palmier dattier *Phoenix dactylifera* (L.). *Cah. Agric.* 18 (1): 63-71.
- ISHIDA T; ENOMOTO H. & NISHIDA R; 2008.** New attractants for males of the solanaceous fruit fly *Bactrocera latifrons*. *J. Chem. Ecol.* 34: 1532– 1535.
- JADDOU H; MHAISEN M.T. & AL-HAKIM M; 1984 .** Flavour volatile analysis of Zahdi dates by gas liquid chromatography. *Date Palm J.* 3 (2): 367–379.
- JEAN-BLAIN C; 1998.** Aspects nutritionnels et toxicologiques des tanins. *Rev. Méd. Vét.* 149: 911 920.
- KAFKA W. A; 1987.** Similarity of reaction spectra and odor discrimination: single receptor cell recordings in *Antheraea polyphemus* (Saturniidae). *Journal of Comparative Physiology (A)* 161: 867-880.
- KARLSON P. & LUENSCHER M; 1959.** Pheromone; a new term for a class of biologically active substances. *Nature (London).* 183: 55-56.

- KASHKULI A. & EGHTEDAR E; 1975.** Biologie und Oekologie von *Specterobates ceratoniae* (Lep. Pyralidae) in der Provinz Fars. Entomol. Phytopathol. Appl. 41: 21-32.
- KEANEY T. H; 1906.** Date varieties and Date Culture in Tunis. Washington, U.S.D.A; Bureau of Plant Industry, Bulletin N° 92; 112 p.
- KENNEDY J. S; BOOTH C. O. & KERSHAW W. J. S; 1961.** Host finding by aphids in the field. Visual attraction. Annals of Applied Biology 49: 1–21.
- KHOUALDIA O; JARRAYA A; MARRO J. P & BRUN J; 1995.** Un trichogramme, nouveau parasite d'*Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) en Tunisie. Ann. INRAT. 145-151.
- KISHANI FARAHANI H. & GOLDANSAZ S. H; 2013.** Is host age an important factor in the bionomics of *Apanteles myeloenta* (Hymenoptera: Braconidae)? Eur. J. Entomol. **110** (2): 277–283.
- KOGAN M; 1976.** The role of chemical factors in insect/plant relationships. Proc. XV Congr. Entomol. 211-227.
- KOSTAL V. & FINCH S; 1994.** Influence of background on host plant selection and subsequent oviposition by the cabbage root fly (*Delia radicum*). Entomol. Exp. Appl. 70: 153–163.
- KOUL O; 2005.** Insect antifeedants. CRC PRESS, USA, 85 p.
- KUENEN L. P. S. & BAKER T. C; 1982.** Optomotor regulation of ground velocity in moths during flights to sex pheromone at different heights. Physiol. Entomol. 7: 193-202.
- LAMB R. J; 1989.** Entomology of oilseed Brassica crops. Annu. Rev. Entomol. 34: 11-229.
- LANDOLT P. J; 1989.** Attraction of the cabbage looper to host plants and host plant odor in the laboratory. Entomol. Exp. Appl. 53: 117-124.
- LE BERRE M; 1978.** Mise au point sur le problème du ver de la datte, *Myelois ceratoniae* Zell. Bull. Agr. Sahar. **1** (4): 1-36.
- LEBRUN M; BILOT B; HARRAK H. & SELF G; 2007.** The electronic nose: fast and effecient tool for characterizing dates. Fruits **62** (6): 377-382.
- LEPIGRE A; 1963.** Essais de lutte sur l'arbre contre la pyrale des dattes (*Myelois ceratoniae* Zell; Pyralidae). Ann. Epiphytie **14** (2): 85-101.
- LEWIS W. J; HAGEN K. S; ROELOFS W. L. & SCHOONHOVERI L. M; 1980.** Status and potential use of behavioral chemicals in pest management. FAO . Plant protection bulletin 28: 121-128.
- LI S-Q. & ZHANG Z-N; 2007.** The Influence of Volatiles from the Hindgut of the Pine Sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), on its oviposition behavior. Zoological Studies **46** (6): 726-733.

- LIU Y. B. & HAYNES K. F; 1992.** Filamentous nature of pheromone plumes protects integrity of signal from background chemical noise in cabbage looper moth, *Trichoplusia ni*. *Journal of Chemical Ecology* 18: 299–307.
- MAAMRI S; 2008.** Etude de *Pistacia atlantica* de deux régions de sud algérien : dosage des lipides, dosage des polyphénols, essais antileishmaniens. Mémoire de magister, Université de Boumerdes, 139 p.
- MACHEIX J-J; FLEURIET A. & SARNI MANCHADO P; 2005.** Les composés phénoliques dans la plante : structure, biosynthèse, répartition et rôles. In Cheynier V. et Sarni Manchado P; (eds.). *Les polyphénols en agroalimentaire*. Lavoisier, Paris, 510 P.
- M. A. D. R. P; 1996.** Palmiers. Statistiques agricoles. Ed ; Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R/D.S.A.S.I.), Série A, Alger, 5-7.
- M. A. D. R. P; 2013.** Statistique agricoles, superficies et productions. Ed ; Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R/D.S.A.S.I.), série B, Alger, 50 p.
- MAIER V. P. & METZLER D. M; 1964.** Phenolic constituents of the date (*Phoenix Dactylifera*) and their relation to browning. First International Congress of Food Science and Technology, Science Publishers, Inc; New York.
- MALCOLM S. B; 1992.** Prey defence and predator foraging. In Crawley M. J; (eds.). *The population Biology of Predators, Parasites and Diseases*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK; 458-475.
- MANGOLD J. R; 1978.** Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella sp* and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. *Florida Entomol.* 61: 57-61.
- MARION-POLL F ; 2012.** La gustation chez les insectes. In GERVAIS R. et SALESSE R; (eds.). *Odorat et goût : De la neurobiologie des sens chimiques aux applications*. France, Ed. Quae, 265-272.
- MASANTE-ROCA I; ANTON S; DELBAC L; DUFOUR C-M. & GADENNE C ; 2007.** Attraction of the grapevine moth to host and non host plants parts in the wind tunnel; effect of plant phenology, sex and mating statute. *Entomol. exp. et appl.*122: 239-245.
- MASANTE-ROCA I; GADENNE C. & ANTON S; (2002).** Plant odour processing in the antennal lobe of male and female grapevine moths, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Insect Physiology* **48** (2002) 1111–1121.
- MATE-PNUD; 2014.** Rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. Rapport National - Algérie - N°5 MATE/PNUD; 128 p.

- MECHABER W. L; CAPALDO C. T. & HILDEBRAND J. G; 2002.** Behavioral responses of adult female tobacco hornworms, *Manduca sexta*, to hostplant volatiles change with age and mating status. *Journal of Insect Science* **2** (5): 1-8.
- MEDIOUNI J. & DHOUBI M. H; 2007.** Mass-rearing and field performance of irradiated carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia. VREYSEN M. J. B; ROBINSON A.S. and HENDRICHS J; Eds. *Area-Wide Control of Insect Pests* 265–273.
- MEHRNEJAD M. R; 2001.** The current status of pistachio pests in Iran. In Ak B.E. (ed.). XI grempa seminar on pistachios and almonds. CIHEAM, 315-322
- MELGAREJO P; CALIN-SANCHEZ Á; VAZQUEZ-ARAUJO L; HERNANDEZ F; MARTINEZ J. J; LEGUA P. & CARBONELL-BARRACHINA Á. A; 2011.** Volatile composition of pomegranates from 9 Spanish cultivars using headspace solid phase microextraction. *J. Food Sci.* **76**: S114-S120.
- MESSAR E. M; 1995.** Le secteur phoenicicole algérien : situation et perspectives à l’horizon de 2010. CIHEAM, Option Méditerranéennes 99 : 23-44.
- MCNEIL J. N. & DELISLE J; 1993.** Le potentiel de l’écologie chimique dans la lutte contre les insectes nuisibles. *Phytoprotection* **74** (1): 29-39.
- MILLAR J. G; 1990.** Synthesis of 9Z,11 E,13-tetradecatrienal the major component of the sex pheromone of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *Argi. Biol. Chem.* **54** (9): 2473-2476.
- MILLER J. R. & STRICKLER K. L; 1984.** Finding and accepting host plants. In BELL W-J. and CARDE R; (eds.). *Chemical Ecology of Insects*. Sunderland, Sinauer Associates, M. A. 127–157.
- MOERICKE V; 1952.** Farben als Landereize für geflügelten Blattläusen (Aphidoidea). *Zeitschrift für Naturforschung* **7**: 304–324
- MORLAND G; 2015.** The morphology and ecology of the Carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller), in citrus orchards of the Western Cape, South Africa. Thesis, Faculty of AgriScience, Stellenbosch University, 122 p.
- MOZAFFARIAN F; SARAFRAZII A. & NOURI GANBALANI G; 2007.** Sexual dimorphism in the wing shape and size of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran* **26** (2): 61-73.
- MUNIER P; 1973.** Le Palmier dattier. *Techniques agricoles et productions tropicales*. Maison Neuve et Larose, Paris, 217 p.
- MURLIS J; ELKINGTON J.S. & CARDE R.T; 1992.** Odor plumes and how insects use them. *Annual Review of Entomology* **37**: 505–532.

- NANSEN C. & PHILLIPS T. W; 2003.** Ovipositional responses of the indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae) to oils. *Annals of the Entomological Society of America* **96** (4): 524-531.
- 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.* **98**: 725-731.
- NAY J. E; 2006.** Biology, Ecology and Management of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), a pest of dates, *Phoenix dactylifera* L., in southern California. Thesis, university of California Riverside, 296 p.
- NAY J. E; BOYD E. A. & PERRING T. M; 2006.** Reduction of carob moth in Deglet Noor dates using a bunch cleaning tool. *Crop Protection* **25** (8): 758-765.
- NEUNZIG H. H; 1979.** Systematics of immature Phycitines (Lepidoptera: Pyralidae) associated with leguminous plants in the Southern United States. U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin N°1589, 119 p.
- NICOLLE J; 2009.** Développement d'une méthodologie d'analyse de composés organiques volatils en traces pour la qualification de matériaux de construction. Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 169 p.
- OBSERVATOIRE NATIONAL DES FILIERES AGRICOLES ET AGROALIMENTAIRES (ONFAA); 2017.** Rapport sur le commerce extérieur des dattes. INRAA; 8 p.
- OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE (O.N.M); 2016.** Résumé climatologique des années 2011-2016. Station météorologie de l'aérodrome de Touggourt.
- OUENNOUGHI M. & DUBOST D; 2005.** Le voyage forcé des dattiers en Nouvelle Calédonie. *Sécheresse* **16** (4): 241-246.
- PAPET Y; BRUNET B. & MURA P; 2010.** Headspace (HS) and solid phase micro-extraction (SPME). Theory and applications. *Ann Toxicol.* **22**: 75-79.
- PASSOA S; 2004.** Key to larval Lepidoptera likely to be associated with rosaceous tree fruits exported from the northwestern United States to Mexico. U.S. Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and quarantine unpublished training aid. 19 p.
- PAWLISZYN J; 1997.** Solid Phase Microextraction: Theory and Practice. John Wiley and Sons, 247 p.
- PAWLISZYN J; 2000.** Theory of solid-phase microextraction. *J. Chromatogr. Sci.* **38** (7): 270-278.

- PELLMYR O; 1986.** Three pollination morphs in *Cimicifuga simplex*: Incipient speciation due to inferiority in competition. *Oecologia* 68:304–307.
- PERRIN R. M; 1977.** Pest management in multiple cropping systems. *Agro-ecosystems* 3: 93–118.
- PIMENTEL D; 1961.** The influence of plant spatial patterns on insect populations. *Annals of the Entomological Society of America* 54: 61–69.
- PINTUREAU B. & DAUMAL J; 1979.** Les *Ectomyelois* de l'ancien monde, (Lepidoptera : Pyralidae). *Bull. Soc. Ent. France* 27: 84-88.
- PROKOPY R. J; COLLIER R. H. & FINCH S; 1983.** Visual detection of host plants by cabbage root flies. *Entomol. Exp. Appl.* 34: 85–89.
- PROKOPY R. J. & OWENS R. D; 1983.** Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 337– 364.
- RAAD H; 2013.** Rôle et fonctionnalité des récepteurs gustatifs dans les ailes de drosophiles. Thèse de doctorat, Université Nice Sophia Antipolis, France, 146 p.
- RAMASWAMY S. B; 1988.** Host finding by moths: Sensory modalities and behaviours. *J. Insect Physiol.* 34: 235-249.
- RENEWICK J. A. A; 1989.** Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. *Experientia* 45: 223-228.
- RENEWICK J. A. A. & LOPEZ K; 1999.** Experience-based food consumption by larvae of *Pieris rapae*: addiction to glucosinolate. *Entomol. Exp. Appl.* 91: 51-58.
- RENEWICK 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* 3: 33-38.
- RIBEREAU-GAYON P; 1970.** Recherches technologiques sur les composés phénoliques des vins rouges. *Conn. Vigne et Vins* 4 : 63-74.
- RIBEREAU-GAYON J., PEYNAUD E. & SUDRAUD P; 1976.** Sciences et techniques du vin. Tome 1. Ed. Dunod, Paris, 671p.
- ROCHE KING J; CHRISTENSEN T. A. & HILDEBRAND J. G; 2000.** Response characteristics of an identified, sexually dimorphic olfactory glomerulus. *Journal of Neuroscience* 20: 2391–2399.
- ROOT R. B; 1973.** Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monograph* 43: 95–124.

- ROSELAND C. R; BATES M. B; CARLSON R. B. & OSETO C. Y; 1997.** Discrimination of sunflower volatiles by the red sunflower seed weevil. *Entomol. Exp. Appl.* 62: 99-106.
- ROVIRA A. D; 1969.** Plant root exudates. *Botanical Review* 35: 35 – 39.
- RUTLEDGE C. E; 1996.** A survey of identified kairomones and synomones used by insect parasitoids to locate and accept their hosts. *Chemoecology* 7: 121–131.
- SAWSAN, S.M. and M.F.A. AMAL, 2009.** Male Genitalia Morphology of the Carob Moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) with Reference to Their Chemoreceptor. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(1): 89-95.
- SAUVION N; CALATAYUD P. A; THIERY D. & MARION-POLL F; 2013.** Interactions insectes-plantes. Éd. 3. Coédition Quæ IRD, France, 784 p.
- SCHNEIDER D. & STEINBRECHT R. A; 1968.** Checklist of insect olfactory sensilla. *Symposium of Zoological Society of London* 23: 279-297.
- SCHOONHOVEN L. M. & DERKSEN-KOPPERS I; 1976.** Effects of some allelochemicals on food uptake and survival of a polyphagous aphid, *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 19: 52-56.
- SCHOONHOVEN L. M; JERMY T. & VAN LOON J. J. A; 1998.** *Insect-Plant Biology. From physiology to evolution.* Chapman and Hall, UK, 403 p.
- SECRETARIAT GENERAL DU GOUVERNEMENT (S.G.G); 1995.** Décret exécutif N° 95-387 du 5 Rajab 1416 correspondant au 28 novembre 1995. Relative aux ennemis des végétaux et les mesures de surveillance et de lutte qui leur sont applicables. *Journal officiel*, N° 73, 14-16.
- SHARMA R. N. & SAXENA K. N; 1974.** Orientation and developmental inhibition in the housefly by certain terpenoids. *Journal of Medical Entomology* 11 (5): 617-621.
- SIG-INRAA; 2005.** Station expérimentale de Sidi-Mahdi ; Touggourt ; situation et coordonnées. Base de données (interne) de la cellule de système d'information géographique (SIG) de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRAA).
- SINGLETON V. L. & ROSSI J. A; 1965.** Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 15 : 134-145.
- SMITH J. G; 1976.** Influence of crop backgrounds on aphids and other phytophagous insects on Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83: 1–13.
- SOBHANI M; GOLDANSAZ S. H; HATAMI B. & HOSSEINI S. A; 2015.** A field screening of pomegranate cultivars for resistance to the carob moth,

*Ectomyelois ceratoniae*, and compatibility with its larval parasitoids. International Journal of Pest Management **61**(4): 346-352.

- SOGETHA-SOGREAH; 1970.** Participation à la mise en valeur de l'Oued Righ. Etude agro-pédologique, 20 p.
- SOLIS M. A; 1999.** Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U.S. ports of entry: revision of Pyraloidea in "Keys to some frequently intercepted lepidopterous larvae". In Weisman D. M; (1986) (ed.). Proceedings of the Entomological Society of Washington 101: 645-686.
- SOLIS M. A; 2011.** Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U.S. ports of entry: revision of Pyraloidea in "keys to some frequently intercepted lepidopterous larvae" In Weisman D. M; (1986 (updated 2006)) (ed.). Department of Agriculture, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, USA, 58 p.
- STÄDLER E; 1976.** Sensory aspects of insect plant interactions. Proceedings XV International Congress on Entomology, Washington, D.C Entomological Society of America, College Park, Maryland. 228-248.
- STÄDLER E; 1992.** Behavioral responses of insects to plant secondary compounds. In Rosenthal G. A. and Berenbaum R; (eds.). Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites; Evolutionary and Ecological Processes. San Diego, Academic Press, 44–88.
- STANEK V. J; 1977.** Encyclopédie des papillons. Ed. Arithia, Grunt, Paris. 352 p.
- STREBLER G; 1989.** Les médiateurs chimiques. Leur incidence sur la bioécologie des animaux. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, cedex, 246 p.
- TAHVANAINEN J. O. & ROOT R. B; 1972.** The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta crucifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). Oecologia 10: 321–346.
- TEBASSI S; 1 992.** Lutte contre l'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller sur le grenadier dans les oasis littorales. Rapport de stage de fin d'études, I.R.A ; Médenine, Tunisie.
- THEUNISSEN J; 1994.** Effects of intercropping on pest populations in vegetable crops. IOBC/WPRS Bulletin **17** (8): 153–158.
- THIERY D. & VISSER J. H ; 1986.** Masking of host plant odour in the olfactory orientation of the Colorado potato beetle. Entomol. Exp. et Appl. 41: 165–172.
- TINGLE F. C; HEATH R. R. & MITCHELL E. R; 1989.** Flight response of *heliiothis subflexa* (Gn.) females (Lepidoptera: Noctuidae) to an attractant from

- ground cherry, *Physalis angulata* L. J. Chem. Ecol. 221-231.
- TINGLE F. C. & MITCHELL E. R.; 1991.** Effect of oviposition deterrents from elderberry on behavioral responses by *Heliothis virescens* host-plant volatiles in flight tunnel. J. Chem. Ecol. 17: 1621-1631.
- TINGLE F. C.; MITCHELL E. R. & HEATH R. R.; 1990.** Preferences of mated *Heliothis virescens* and *H. subflexa* females for host and nonhost volatiles in a flight tunnel. J. Chem. Ecol. 16: 2889-2898.
- TODD J. L.; MILLAR J. G.; VETTER R. S. & BAKER T. C.; 1992.** Behavioural and electrophysiology of (Z,E) 7,9,11, dodecatrienyl formate, a mimic of the major sex pheromone component of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae*. Journal of Chemical Ecology 18 (12): 2331-2352.
- TRONA F.; CASADO D.; CORACINI M.; BENGTTSSON M.; IORIATTI C. & WITZGALL P.; 2010.** Flight tunnel response of codling moth *Cydia pomonella* to blends of codlemone, codlemone antagonists and pear ester. Physiological Entomology 35: 249–254.
- UNESCO; 1972.** Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Projet ERESS, Rapport final, 7 plaquettes, Paris, France, 122 p.
- UNESCO ; 2006.** Ressources en et Gestion des des aquifères transfrontalier de l’Afrique du Nord et de Sahel. IHP-IV, serie on groundwater N°.11. Seint-Denis, France, 134 p.
- VANDERMEER J.; 1989.** The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, New York, 237 p.
- VANDERSAR T. J. D. & BORDEN J. H.; 1977.** Role of geotaxis and phototaxis in the feeding and oviposition behavior of overwintered *Pissodes strobi*. Environmental Entomology 6: 743-749.
- VAN LOON J. J.; BLAAKMEER A.; GRIEPINK F. C.; VAN BEEK T. A.; SCHOONHOVEN L. M. & DE GROOT A.; 1992.** Leaf surface compound from *Brassica oleraceae* (Cruciferae) induces oviposition by *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). Chemoecology 3: 39-44.
- VÁZQUEZ-ARAÚJO L.; CHAMBERS E.; ADHIKARI K. & CARBONELL-BARRACHINA A.; 2011.** Physico-chemical and sensory properties of pomegranate juices with pomegranate albedo and carpellar membranes homogenate. LWT-Food Science and Technology 44: 2119-2125.
- VELIOGLU Y. S.; MAZZA G.; GAO L. & OOMAH B. D.; 1998.** Antioxydant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. J. Agri. Food Chem. 46: 4113-4117.
- VERSCHAFFELT E.; 1910.** The cause determining the selection of food in some herbivorous insects. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie

van Wetenschappen 13: 536–542.

- VETTER R; MILLAR J; VICKERS N. & BAKER T; 2006.** Mating disruption of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae*, with a sex pheromone analog. Southwest Entomol. 31: 33-47.
- VICKERS N. J. & BAKER T. C; 1997.** Chemical communication in heliothine moths. Correlation between diminished responses to point-source plumes and single filaments tainted with a behavioral antagonist. Journal of Comparative Physiology A 180: 523–536.
- VINSON S. B; 1981.** Habitat location. In Nordlund D. A., Jones R. L. and Lewis W. J; (eds.). Semiochemicals, Their role in pest control. New York, Wiley J. and sons, 51-78.
- VINSON S. B; 1985.** The behavior of parasitoids. In Kerkut G. A. and Gilbert L. I; (eds.). Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry, and Pharmacology. New York, Pergamon press, 417-469.
- VISSER, J. H; 1986.** Host odor perception in phytophagous insects. Annual Review of Entomology. 31: 121–144.
- WARD H. M; 1902.** On the relations between host and parasite in the bromes and their brown rust, *Puccinia dispersa* (Erikss.). Ann. Bot. 16: 233-315.
- WARNER R. L; 1988.** Contribution of the biology and management of carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zell. in Deglet Noor date garden in the Coachella Valley of California. Thesis, University of California Riverside, 280 p.
- 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. 19: 1618- 1623.
- WEISMAN D. M; 1986.** Keys for the identification of some frequently intercepted lepidopterous larvae. U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine series 81: 47-64.
- WHITNEY H. M. & FEDERLE W; 2013.** Biomechanics of plant-insect interactions. Current Opinion in Plant Biology 16: 105–111.
- WIESENBORN W. D. & BAKER T. C; 1990.** Upwind flight to flowers by *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Environ. Entomol. 19: 490-493.
- WITZGALL P. & PRIESNER E; 1991.** Wind tunnel study on an attraction inhibitor in male *Coleophora laricella* (Lepidoptera: Coleophoridae). Journal of Chemical Ecology 17: 1355–1362.
- WOLF V. C; GASSMANN A. & MÜLLER C; (2012).** Choice behaviour and performance of *Cassida stigmatica* on various chemotypes of *Tanacetum vulgare* and implications for biocontrol. Entomol. Exp. et Appl. **144** (1): 78-85.

- WUNDERER H; HANSEN K; BELL T. W; SCHNEIDER D. & MEINWALD J; 1986.** Sex pheromones of two Asian moths (*Cretonotos transiens*, *C. gangis*; Lepidoptera-Arctiidae): behavior, morphology, chemistry and electrophysiology. *Journal of Experimental Biology* 46: 11-27.
- YI S.Y; LI D. Z; ZHOU C.X; TANG Y.L; ABDELNABBY H. E. & WANG M. Q; 2018.** Screening behaviorally active compounds based on fluorescence quenching in combination with binding mechanism analyses of SspOBP7, an odorant binding protein from *Sclerodermus* sp. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 107, Part B: 2667-2678.
- YOUN Y. N; 2002.** Electroantennogram Responses of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) to Plant Volatile Compounds. *J. Econ. Entomol.* **95** (2): 269-277.
- ZACHARUK R. Y; 1985.** Antennae and sensilla. In Kerkut G. A. and Gilbert L. I; (eds.). *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Vol. 6. Oxford, Pergamon Press, 1-69.
- ZIAUTI A; EL MODAFAR C. & BOUSTANI E; 2001.** Rôle des composés phénoliques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans sa défense contre le bayoud (*Fusarium oxysporum* F. sp. Albedinis. Ed. *Phytopathol; Maroc*.
- ZHU J; COSSE A. A; OBRYCKI J. J; BOO K. S. & BAKER T. C; 1999.** Olfactory reactions of the twelve-spotted lady beetle, *Coleomegilla maculata* and the green lacewing, *Chrysoperla carnea* to semiochemicals released from their prey and host plant: electroantennogram and behavioral responses. *J. Chem. Ecol.* 25: 1163-1177.

**SITOGR@PHIE**

- BERREVAL W. H; 1993.** Date palm products. *Agricultural services Bulletin N° 101*. FAO Rome, Italy. (En ligne). <http://www.fao.org/docrep/t0681e/t0681e00.htm>. Consulté le 05/12/2017
- BMEDIA ; 2020.** Les fruits ; la datte : une baie. (En ligne). <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Fruits/datte.htm>. Consulté le 11/10/2020
- CARTE VILLE AEROPORT ALGERIE, 2018.** Carte du monde (En ligne). <http://www.carte-du-monde.net/pays-8-carte-algerie-ville-aeroport.html>. Consulté le 05/11/2018
- COFFI A; PHILIPPE R; ZANNOU BOUKARI E. T. & GLITHO I; 2012.** Efficacité des composés métabolites secondaires extraits des folioles du palmier à huile contre les larves de la mineuse des feuilles, *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) numéro spécial Productions « Végétales & Animales » et « Economie & Sociologie Rurales »*. (En ligne). <http://www.slire.net> . Consulté le 17/09/2017

- DUMOULIN M; 2014.** Applications de la Micro Extraction en Phase Solide (SPME) pour la maîtrise de la qualité et de la sécurité des vins. (En ligne). <https://www.researchgate.net/publication/237578108>. Consulté le 19/7/2016
- FAO ; 2017.** Crops; dates. (En ligne). <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/F> . Consulté le 28/11/2018
- GILLIGAN T. M. & PASSOA S. C ; 2014.** LepIntercept, An identification resource for intercepted Lepidoptera larvae. Identification Technology Program (ITP), USDA/APHIS/PPQ/S&T, Fort Collins, CO. (En ligne). [www.lepintercept.org](http://www.lepintercept.org) . Consulté le 11/1/2015
- GOOGLE EARTH, 2018.** <https://www.google.com/earth/download/ge/maps>. (En ligne). Consulté le 05/11/2018
- GOOGLE MAPS, 2008.** Calcul d'itinéraire, Google Maps. (En ligne). <https://www.coordonnees-gps.fr/itineraire>. Consulté le 23/10/2018
- OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES DE L'ALGERIE (ONSA); 2008.** Touggourt (Ouargla) ; Direction Technique Chargée des Statistiques Régionales, l'Agriculture et de la Cartographie. (En ligne). <https://www.citypopulation.de/php/algeria-ouargla.php?cityid=301301>. Consulté le 23/10/2018
- PICIMBON J. F; 2002.** Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. Médecine sciences **18** (11): 1089–1094. (En ligne). [http://ist.inserm.fr/basismedsci/2002/ms\\_11\\_2002/sommaire/1089\\_Picimbon\\_S.pdf](http://ist.inserm.fr/basismedsci/2002/ms_11_2002/sommaire/1089_Picimbon_S.pdf). Consulté le 14/09/2017
- MILLAR J. G; McELFRESH J. S. & RICE R. E; 1996.** Technological problems associated with use of insect pheromones in insect management .proceedings IOBC wprs. Symposium, Montpellier. (En ligne). <http://phero.net/iobc/Montpellier/idex.html>. Consulté le 08/04/08
- ZAID A. & ARIAS-JIMENEZ E. J; 2002.** Date palm cultivation. FAO Plant production and protection paper 156, Rev. 1. FAO, Rome. (En ligne). <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4360E/y4360e00.htm#Contents>. Consulté le 07/12/2017
- SCIENTIFIC COMMITTEE ON CONSUMER PRODUCTS (SCCP); 2005.** Opinion on Octamethylcyclotetrasiloxane (D<sub>4</sub>). Cyclomethicone (INCI name). Brussels, Belgium, 69 p. (En ligne). [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_sccp/docs/sccp\\_o\\_035.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp/docs/sccp_o_035.pdf). Consulté le 06/02/2020

## ANNEXES

**Annexe 1** : Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte par la technique GC-MS (Extraction par Solvant (ES)).

**Tableau (a)** : Composés volatils identifiés dans le cultivar Deglet-Nour par le biais de la technique GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
Hydrocarbures aliphatiques saturés (Alcanes)	7.0769	Octane, 4-methyl-	
	9.4409	"Octane, 2,6-dimethyl-"	
	9.6428	"Heptane, 3-ethyl-2-methyl-"	
	10.9020	"Nonane, 3-methyl-"	
	12.1790	"Decane"	
	15.4695	"Decane, 3-methyl-"	
	16.9129	"Undecane"	
	24.5690	"Dodecane, 4,6-dimethyl-"	
	24.9372	"Undecane, 2,6-dimethyl-"	
	26.1252	"Tridecane"	Identifié aussi dans Ghars et D.Beidha
	28.7207	"Tetradecane, 1-bromo-"	
	28.9880	"Tridecane, 2-methyl-"	
	29.2612	"Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-"	
	29.4810	"Dodecane, 2,6,10-trimethyl-"	
	30.6274	"Tetradecane"	
	32.5102	"Decane, 4-cyclohexyl-"	
32.6646	"Tetradecane, 5-methyl-"		
33.0151	"Tridecane, 7-hexyl-"		
33.1636	"Tetradecane, 2-methyl-"		
33.4190	"Tetradecane, 3-methyl-"		

	34.4999	"Pentadecane"	Identifié aussi dans Ghars
	38.5507	"Hexadecane"	Identifié aussi dans Ghars
	42.2927	"Heptadecane"	Identifié aussi dans Ghars et D. Beidha
	45.8742	"Octadecane"	
	49.2895	"Nonadecane"	Identifié aussi dans Ghars et D. Beidha
	52.5444	"Eicosane"	Identifié aussi dans Ghars et D. Beidha
	55.6508	"Heneicosane"	Identifié aussi dans Ghars
	57.3495	"Octadecane, 1-chloro-"	
	58.6265	"Docosane"	
	64.2454	"Tetracosane"	Identifié aussi dans Ghars et D. Beidha
	66.8766	"Nonacosane"	Identifié aussi dans Ghars
	69.4425	"Hexacosane"	Identifié aussi dans D.Beidha
<b>Hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes/Alcynes)</b>	55.1519	"1-Nonadecene"	Identifié aussi dans Ghars
	42.0313	"1-Pentadecene"	
	72.2519	"1-Hexacosene"	Identifié aussi dans Ghars
	33.6387	"1-Hexadecene"	
	12.0246	"3-Hexene, 3-ethyl-2,5-dimethyl-"	
	13.9015	"17-Pentatriacontene"	
	76.5640	"2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl-, (all-E)-"	
<b>Hydrocarbures monocycliques saturés</b>	25.0263	"Cyclopentane, 1-pentyl-2-propyl-"	
	28.1505	"Cyclododecane, ethyl-"	
	32.3558	"Cyclopentadecane"	

<b>Hydrocarbures aromatiques</b>	7.3323	"p-Xylene"	
	26.6122	"Naphthalene, 1-methyl-"	
	19.1818	"Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-"	
	8.08	"Styrene"	Identifié aussi dans Ghars
	11.8820	"Benzene, 1,2,3-trimethyl-"	
	12.7789	"3-Methyl-2-(2-oxopropyl)furan"	
	14.8637	"Naphthalene, decahydro-, trans-"	
	17.5424	"trans-Decalin, 2-methyl-"	
	27.6635	"Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6,8-trimethyl-"	
	31.2688	"Naphthalene, 1,4-dimethyl-"	
	31.4470	"Naphthalene, 2,7-dimethyl-"	
	35.7948	"Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-"	
	36.3353	"Naphthalene, 2,3,6-trimethyl-"	
<b>Hydrocarbures terpéniques</b>	13.5035	"Limonene"	Identifié aussi dans Degla-Beidha
<b>Alcools</b>	30.8709	"1-Decanol, 2-hexyl-"	
<b>Aldéhydes</b>	42.1382	"Benzaldehyde, 3-phenoxy-"	
	44.2230	"3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxybenzaldehyde"	
	77.7638	"Octadecanal"(decanal aussi trouvé par justin Nay)	
<b>Esters</b>	23.7315	"Heptafluorobutanoic acid, heptadecyl ester"	
	46.7236	"Isopropyl Myristate"	Identifié aussi dans Ghars et D.Beidha
	47.8402	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl ester)"	Identifié aussi dans Ghars
	50.9051	"Dibutyl phthalate"	Identifié aussi dans Ghars et D. Beidha
	51.2139	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester"	
	63.9127	"Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester"	
	67.7319	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester"	Identifié aussi dans D. Beidha

	77.4134	"Cyclopropanecarboxylic acid, 3-(2,2-dichloroethenyl)-2,2-dimethyl-, cyano(3-phenoxyphenyl)methyl ester, (+/-)-"	Identifié aussi dans D. Beidha
<b>Cétones</b>	26.0360	"2-Piperidinone, N-[4-bromo-n-butyl]-"	
	66.4192	"3,8,8'-Trihydroxy-6,6'-dimethyl-2,2'-binaphthalene-1,1',4,4'-tetrone"	Identifié aussi dans D. Beidha
<b>Amides</b>	75.1267	"13-Docosenamide, (Z)-"	Identifié aussi dans Ghars
<b>Phénols</b>	64.3760	"Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-"	Identifié aussi dans D. Beidha

**Annexe 1(suite) :** Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte par la technique GC-MS (Extraction par Solvant (ES)).

**Tableau (b) :** Composés volatils identifiés dans le cultivar Ghars par le biais de la technique GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
<b>Hydrocarbures aliphatiques saturés (Al canes)</b>	26.0955	"Tridecane"	Identifié aussi dans D. Nour et D.Beidha
	29.3800	"Dodecane, 2,6,10-trimethyl-"	
	30.4848	"Tetradecane"	
	34.0545	"2-Bromo dodecane"	
	34.6484	"Pentadecane"	Identifié aussi dans D. Nour
	38.5983	"Hexadecane"	Identifié aussi dans D. Nour
	42.3818	"Heptadecane"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	45.9633	"Heptacosane"	
	49.3489	"Nonadecane"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	49.5390	"Octadecane"	

	52.6275	"Eicosane"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	55.6983	"Heneicosane"	Identifié aussi dans D. Nour
	58.6978	"Tetratriacontane"	
	62.5585	"Octacosane"	
	64.3523	"Tetracosane"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	67.0429	"Nonacosane"	Identifié aussi dans D. Nour
	72.1153	"1-Diphenylsilyloxyheptane"(à verifier)	
	76.3265	"Z-14-Nonacosane"	
<b>Hydrocarbures aliphatiques insaturés (Alcènes/Alcynes)</b>	33.6506	"1-Decene"	
	48.6896	"Z-8-Hexadecene"	
	55.2350	"1-Nonadecene"	Identifié aussi dans D. Nour
	61.5785	"1-Hexacosene"	Identifié aussi dans D. Nour
<b>Hydrocarbures monocycliques saturés</b>	24.8957	"Cyclopentane, nonyl-"	
	41.5324	"Cyclohexadecane"	
	41.8828	"Cyclobutane, 1,2-diphenyl-"	
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>	8.0213	"Styrene"	Identifié aussi dans D. Nour
	40.4930	"Benzene, 1,1'-(1,3- propanediyl)bis-"	
	44.0746	"Benzene, 1,1'-(1,2- cyclobutanediyl)bis-, trans-"	
	44.6269	"Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro- 1- phenyl-"	
<b>Aldéhydes</b>	42.2095	"Benzaldehyde, 3-phenoxy-"	
<b>Esters</b>	46.7949	"Isopropyl Myristate"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	47.8818	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester"	Identifié aussi dans D. Nour
	50.1804	"Hexadecanoic acid, methyl ester"	

	51.0773	"Dibutyl phthalate"	Identifié aussi dans D. Nour et D. Beidha
	67.7200	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester"	
<b>Cétones</b>	32.9735	"2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-"	
<b>Amides</b>	75.5721	"13-Docosenamide, (Z)-"	Identifié aussi dans D. Nour
<b>Phénols</b>	34.9454	"Phenol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)-"	

**Annexe 1(suite) :** Analyses des substances volatiles de trois cultivars de datte par la technique GC-MS (Extraction par Solvant (ES)).

**Tableau (c) :** Composés volatils identifiés dans le cultivar Degla-Beidha par le biais de la technique GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
<b>Hydrocarbures aliphatiques saturés (Al canes)</b>	26.0006	"Tridecane"	Identifié aussi dans D.Nour et Ghars
	30.3781	"Tetradecane"	
	45.8269	"Octadecane"	
	49.2362	"Nonadecane"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	52.4971	"Eicosane"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	55.6035	"Heptadecane"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	64.2040	"Tetracosane"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	66.8530	"Octacosane"	
	69.4427	"Hexacosane"	Identifié aussi dans Deglet-Nour
<b>Hydrocarbures</b>	76.2435	"Triacotane"	
<b>Hydrocarbures</b>	66.7164	"9-Tricosene, (Z)-"	

<b>aliphatiques</b>	69.3417	"1-Docosene"	
<b>insaturés</b> <b>(Alcènes/ Alcynes)</b>	76.1544	"9-Hexacosene"	
	76.4336	"2,6,10,14,18,22-Tetracosahexaene, 2,6,10,15,19,23-hexamethyl-,(all-E)-"	
<b>Hydrocarbures</b> <b>monocycliques</b> <b>saturés</b>	64.0674	"Cyclotetracosane"	
<b>Hydrocarbures</b> <b>cycliques</b> <b>insaturés</b>	8.0096	"Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene"	
<b>Hydrocarbures</b> <b>terpenique</b>	13.3553	"Limonene"	Identifié aussi dans Deglet-Nour
<b>Alcools</b>	77.6631	"1,22-Docosanediol"	
<b>Aldéhyde s</b>	30.2415	"Vanillin"	
<b>Acides</b> <b>carboxyliques</b>	52.1882	"n-Hexadecanoic acid"	
	57.3854	"9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-"	
<b>Esters</b>	46.6882	"Isopropyl Myristate"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	51.0003	"Dibutyl phthalate"	Identifié aussi dans Deglet-Nour et Ghars
	55.3540	"8,11-Octadecadienoic acid, methyl ester"	
	67.5717	"1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester"	Identifié aussi dans Deglet-Nour
	77.0156	"Cyclopropanecarboxylic acid, 3-(2,2-dichloroethenyl)-2,2-dimethyl-, cyano(3-phenoxyphenyl)methyl ester, (+/-)-"	Identifié aussi dans Deglet-Nour
<b>Cétones</b>	47.2405	"2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-"	
	66.3660	"3,8,8'-Trihydroxy-6,6'-dimethyl-2,2'-binaphthalene-1,1',4,4'-tetrone"	Identifié aussi dans Deglet-Nour
<b>Phénols</b>	64.3109	"Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-"	Identifié aussi dans Deglet-Nour

## Annexe 2 : Analyse des Correspondances principales (ACP).

**Tableau (a) :** Cosinus carrés des variables

<i>Variables</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>
<i>H,al,sat</i>	<b>0,988</b>	0,012
<i>H,al,ins</i>	<b>0,790</b>	0,210
<i>H,cy,ins</i>	<b>0,708</b>	0,292
<i>H,cy,sat</i>	<b>0,708</b>	0,292
<i>H,arom</i>	<b>0,971</b>	0,029
<i>H,terp</i>	0,002	<b>0,998</b>
<i>Alco</i>	0,002	<b>0,998</b>
<i>Ald</i>	<b>0,790</b>	0,210
<i>Est</i>	<b>0,790</b>	0,210
<i>Céto</i>	0,002	<b>0,998</b>
<i>Amid</i>	<b>0,708</b>	0,292
<i>Phén</i>	<b>0,000</b>	0,000
<i>Ac,car</i>	<b>0,708</b>	0,292
<i>Infest</i>	<b>0,967</b>	0,033

**Annexe 3 : Analyse des vapeurs de l'espace de tête (Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (HS-SPME / GC-MS).**

**Tableau (a) :** Composés volatils de la datte du cultivar Degla- Beidha stade phénologique « T'mar » identifiés par la technique SPME headspace GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
<b>Hydrocarbures aliphatiques saturés (Al canes)</b>	14.3140	Undecane	
	18.8347	Dodecane	
	23.2830	"Tridecane"	
	25.4855	"Hexatriacontane"	
	26.5555	Heneicosane	
	27.6350	Tetradecane	
	16.9069	Cyclopentasiloxane, decamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b), D.N (b) (t) et G (b) (t)
<b>Hydrocarbures cycliques saturés</b>			
	24.5746	"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b), D.N (b) (t) et G (b) (t)
<b>Hydrocarbures cycliques insaturés</b>	32.0255	"Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-, (S)-"	
	1.9810	"Furan, tetrahydro-"	
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>	31.0231	"Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-	
<b>Hydrocarbures terpenique</b>	11.1958	dl-Limonene	
	26.1458	Nerol	
<b>Alcool terpénique</b>	14.5020	"LINALOOL L"	
<b>Ester</b>	21.3745	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-, 2-aminobenzoate	
	28.0639	methyl N-methyl anthranilate	
<b>Cétones</b>	15.0466	Thujone	
	20.8733	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	
	23.1047	2-Undecanone	
	30.8110	alpha.-iso-methyl ionone	
<b>Phénol</b>	32.2376	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	

**Annexe 3 (suite) : Analyse des vapeurs de l'espace de tête  
(Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide  
(SPME) / GC-MS.**

**Tableau (b):** Composés volatils de la datte du cultivar Degla-Beidha stade phénologique «Bser» identifiés par la technique SPME headspace GC-MS

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
Hydrocarbures cycliques saturés	16.9131	"Cyclopentasiloxane, decamethyl-"	Identifié aussi dans D.B (t), D.N (b) (t) et G (b) (t)
	24.5760	"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-"	Identifié aussi dans D.B (t), D.N (b) (t) et G (b) (t)
Cétone terpénique	15.0624	".BETA.-THUJONE"	

**Tableau (c) :** Composés volatils de la datte du cultivar Degla-Nour stade phénologique « Bser » identifiés par la technique SPME headspace GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
Hydrocarbures cycliques saturés	16.9083	Cyclopentasiloxane, decamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b) (t), D.N (t) et G (b) (t)
	24.5713	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b) (t), D.N (t) et G (b) (t)
Amine	1.6740	"Benzeneethanamine, 3-benzyloxy-2- fluoro- .beta.-hydroxy-N-methyl-"	

**Annexe 3 (suite) : Analyse des vapeurs de l'espace de tête  
(Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) / GC-  
MS.**

**Tableau (d):** Composés volatils de la datte du cultivar Degla-Nour stade phénologique « T'mar » identifiés par la technique SPME headspace GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
Hydrocarbures cycliques saturés	16.9116	"Cyclopentasiloxane, decamethyl-"	Identifié aussi dans D.B (b) (t) , D.N (b) et G (b) (t)
	24.5793	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b)(t) , D.N (b) et G (b) (t)

**Tableau (e) :** Composés volatils de la datte du cultivar Ghars stade phénologique « Bser » identifiés par la technique SPME headspace GC-MS.

Classes chimiques	T.R	Composés	Remarques
Hydrocarbures cycliques saturés	16.9127	"Cyclopentasiloxane, decamethyl-"	Identifié aussi dans D.B (b)(t) , D.N (b) (t ) et G (t)
	24.5757	"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b)(t) , D.N (b) (t ) et G (t)

**Annexe 3 (suite) : Analyse des vapeurs de l'espace de tête  
(Headspace) par la Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) / GC-  
MS.**

**Tableau (f) :** Composés volatils de la datte du cultivar Ghars stade phénologique « T'mar » identifiés par la technique SPME headspace GC-MS.

<b>Classes chimiques</b>	<b>T.R</b>	<b>Composés</b>	<b>Remarques</b>
<b>Hydrocarbures cycliques saturés</b>	16.9213	Cyclopentasiloxane, decamethyl-	Identifié aussi dans D.B (b)(t) , D.N (b) (t )et G (b)
	24.5794	"Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-"	Identifié aussi dans D.B (b)(t) , D.N (b) (t )et G (b)
<b>Cétone monoterpénique</b>	15.0706	".alpha.-Thujone	

#### Annexe 4: L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

**Tableau (a):** Valeurs propres et pourcentages d'inertie expliquées par les axes dans une Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

Valeur propre	0,702	0,169	0,113	0,092	0,077
Inertie (%)	60,850	14,667	9,816	8,000	6,667
% cumulé	60,850	75,517	85,333	93,333	100,000
Inertie ajustée	0,459	0,010	0,002	0,000	
Inertie ajustée (%)	<b>92,029</b>	<b>2,006</b>	0,311	0,056	
% cumulé	92,029	<b>94,035</b>	94,346	94,402	

**N.B.** La contribution des modalités décrit la part de chaque modalité dans la formation de l'inertie totale de l'axe correspondant. En revanche, si chaque modalité apporte la même part à la formation de l'inertie totale d'un axe donné, cette part serait de 3.5% (soit  $1/J$ ; j: nombre de modalités (dans notre cas sont 28)). Seules les modalités dont la part est  $>3.5\%$  sont à considérer pour l'interprétation des axes.

**Annexe 4 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM).****Tableau (b):** Contribution de groupe de variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)

Cne.mter-0	5	0,064	0,001	0,015
Cne.mter-1	1	0,013	0,004	<b>0,076</b>
H.cy.sat-1	6	0,077	0,000	0,000
Amine-0	5	0,064	0,001	0,015
Amine-1	1	0,013	0,004	<b>0,076</b>
Cne.ter-0	5	0,064	0,001	<b>0,061</b>
Cne.ter-1	1	0,013	0,004	<b>0,303</b>
H.aliph.sat-0	5	0,064	0,018	0,000
H.aliph.sat-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.cy.insat-0	5	0,064	0,018	0,000
H.cy.insat-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.arom-0	5	0,064	0,018	0,000
H.arom-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.terp-0	5	0,064	0,018	0,000
H.terp-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Alco.terp-0	5	0,064	0,018	0,000
Alco.terp-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Ester-0	5	0,064	0,018	0,000
Ester-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Cetone-0	5	0,064	0,018	0,000
Cetone-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Phénol-0	5	0,064	0,018	0,000
Phénol-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Polyph-2	1	0,013	0,004	<b>0,303</b>
Polyph-3	1	0,013	0,003	0,000
Polyph-4	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Polyph-5	2	0,026	0,008	<b>0,152</b>
Polyph-7	1	0,013	0,003	0,000

**Légende :**

**H.aliph.sat** : hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes) ; **H.cy.insat** : hydrocarbures cycliques insaturés ; **H.arom** : hydrocarbures aromatiques ; **H.terp** : hydrocarbures terpéniques ; **Alco.terp** : alcools terpéniques ; **Ester** : esters ; **Cetone** : cétones ; **Phénol** : phénols ; **Cne.mter** : cétones monoterpéniques ; **H.cy.sat** : hydrocarbures cycliques saturés ; **Amine** : Amines ; **Cne.ter** : cétones terpéniques ; **Phénol** : phénols et les polyphénols (En mg EAG/100g de MF)(**Polyph-2**: 370.31, **Polyph-3**: 234.89, **Polyph-4**: 204 ,**Polyph-5**: 141.14, **Polyph-7**: 130.72).

**NB** : - les numéros 2, 3, 4, 5, 7 représentent l'ordre décroissant de la quantité des polyphénols figurée dans le tableau (quantité des polyphénols).

- Les numéros 0 et 1 correspondent à l'absence (0) ou à la présence (1) de l'élément.

**Annexe 4 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM).****Tableau (c):** Cosinus carrés des Variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)

	F1	F2
Cne.mter-0	0,045	<b>0,200</b>
Cne.mter-1	0,045	<b>0,200</b>
H.cy.sat-1	0,000	0,000
Amine-0	0,045	<b>0,200</b>
Amine-1	0,045	<b>0,200</b>
Cne.ter-0	0,045	<b>0,800</b>
Cne.ter-1	0,045	<b>0,800</b>
H.aliph.sat-0	0,999	0,000
H.aliph.sat-1	0,999	0,000
H.cy.insat-0	0,999	0,000
H.cy.insat-1	0,999	0,000
H.arom-0	0,999	0,000
H.arom-1	0,999	0,000
H.terp-0	0,999	0,000
H.terp-1	0,999	0,000
Alco.terp-0	0,999	0,000
Alco.terp-1	0,999	0,000
Ester-0	0,999	0,000
Ester-1	0,999	0,000
Cetone-0	0,999	0,000
Cetone-1	0,999	0,000
Phénol-0	0,999	0,000
Phénol-1	0,999	0,000
Polyph-2	0,045	<b>0,800</b>
Polyph-3	0,033	0,000
Polyph-4	0,999	0,000
Polyph-5	0,113	<b>0,500</b>
Polyph-7	0,033	0,000
Infest	0,028	0,000

**Annexe 4 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM).****Tableau (d):** Valeurs tests des Variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)

Cne.mter-0	0,475	1,000
Cne.mter-1	-0,475	-1,000
H.cy.sat-1		
Amine-0	0,475	1,000
Amine-1	-0,475	-1,000
Cne.ter-0	0,475	<b>-2,000</b>
Cne.ter-1	-0,475	<b>2,000</b>
H.aliph.sat-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.aliph.sat-1	<b>2,235</b>	0,000
H.cy.insat-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.cy.insat-1	<b>2,235</b>	0,000
H.arom-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.arom-1	<b>2,235</b>	0,000
H.terp-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.terp-1	<b>2,235</b>	0,000
Alco.terp-0	<b>-2,235</b>	0,000
Alco.terp-1	<b>2,235</b>	0,000
Ester-0	<b>-2,235</b>	0,000
Ester-1	<b>2,235</b>	0,000
Cetone-0	<b>-2,235</b>	0,000
Cetone-1	<b>2,235</b>	0,000
Phénol-0	<b>-2,235</b>	0,000
Phénol-1	<b>2,235</b>	0,000
Polyph-2	-0,475	<b>2,000</b>
Polyph-3	-0,405	0,000
Polyph-4	<b>2,235</b>	0,000
Polyph-5	-0,751	-1,581
Polyph-7	-0,405	0,000

## Annexe 5: L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) (polyphénols).

**Tableau (a):** Valeurs propres et pourcentages d'inertie expliqués par les axes dans une Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>F4</i>	<i>F5</i>
Valeur propre	0,702	0,169	0,113	0,092	0,077
Inertie (%)	60,850	14,667	9,816	8,000	6,667
% cumulé	60,850	75,517	85,333	93,333	100,000
Inertie ajustée	0,459	0,010	0,002	0,000	
Inertie ajustée (%)	<b>92,029</b>	<b>2,006</b>	0,311	0,056	
% cumulé	92,029	<b>94,035</b>	94,346	94,402	

La contribution des modalités décrit la part de chaque modalité dans la formation de l'inertie totale de l'axe correspondant. En revanche, si chaque modalité apporte la même part à la formation de l'inertie totale d'un axe donné, cette part serait de 3.5% (soit  $1/J$ ;  $j$ : nombre de modalités (dans notre cas sont 28)). Seules les modalités dont la part est  $>3.5\%$  sont à considérer pour l'interprétation des axes.

## Annexe 5 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) (polyphénols).

**Tableau (b):** Contribution de groupe de variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)

	Poids	Poids (relatif)	F1	F2
Cne.mter-0	5	0,064	0,001	0,015
Cne.mter-1	1	0,013	0,004	<b>0,076</b>
H.cy.sat-1	6	0,077	0,000	0,000
Amine-0	5	0,064	0,001	0,015
Amine-1	1	0,013	0,004	<b>0,076</b>
Cne.ter-0	5	0,064	0,001	<b>0,061</b>
Cne.ter-1	1	0,013	0,004	<b>0,303</b>
H.aliph.sat-0	5	0,064	0,018	0,000
H.aliph.sat-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.cy.insat-0	5	0,064	0,018	0,000
H.cy.insat-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.arom-0	5	0,064	0,018	0,000
H.arom-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
H.terp-0	5	0,064	0,018	0,000
H.terp-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Alco.terp-0	5	0,064	0,018	0,000
Alco.terp-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Ester-0	5	0,064	0,018	0,000
Ester-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Cetone-0	5	0,064	0,018	0,000
Cetone-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Phénol-0	5	0,064	0,018	0,000
Phénol-1	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Polyph-2	1	0,013	0,004	<b>0,303</b>
Polyph-3	1	0,013	0,003	0,000
Polyph-4	1	0,013	<b>0,091</b>	0,000
Polyph-5	2	0,026	0,008	<b>0,152</b>
Polyph-7	1	0,013	0,003	0,000

### Légende:

**H.aliph.sat** : hydrocarbures aliphatiques saturés (alcanes) ; **H.cy.insat** : hydrocarbures cycliques insaturés ; **H.arom** : hydrocarbures aromatiques ; **H.terp** : hydrocarbures terpéniques ; **Alco.terp** : alcools terpéniques ; **Ester** : esters ; **Cetone** : cétones ; **Phénol** : phénols ; **Cne.mter** : cétones monoterpéniques ; **H.cy.sat** : hydrocarbures cycliques saturés ; **Amine** : Amines ; **Cne.ter** : cétones terpéniques ; **Phénol** : phénols et les polyphénols (En mg EAG/100g de MF) (**Polyph-2**:370.31,**Polyph-3**:234.89,**Polyph-4**:204,**Polyph-5**:141.14, **Polyph-7** :130.72).

*NB* : - les numéros 2, 3, 4, 5, 7 représentent l'ordre décroissant de la quantité des polyphénols figuré dans le tableau (quantité des polyphénols).

-Les numéros 0 et 1 correspondent à l'absence (0) ou à la présence (1) de l'élément.

**Annexe 5 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples  
(ACM) (polyphénols).**

**Tableau (c) :** Cosinus carrés des Variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)

	F1	F2
Cne.mter-0	0,045	<b>0,200</b>
Cne.mter-1	0,045	<b>0,200</b>
H.cy.sat-1	0,000	0,000
Amine-0	0,045	<b>0,200</b>
Amine-1	0,045	<b>0,200</b>
Cne.ter-0	0,045	<b>0,800</b>
Cne.ter-1	0,045	<b>0,800</b>
H.aliph.sat-0	0,999	0,000
H.aliph.sat-1	0,999	0,000
H.cy.insat-0	0,999	0,000
H.cy.insat-1	0,999	0,000
H.arom-0	0,999	0,000
H.arom-1	0,999	0,000
H.terp-0	0,999	0,000
H.terp-1	0,999	0,000
Alco.terp-0	0,999	0,000
Alco.terp-1	0,999	0,000
Ester-0	0,999	0,000
Ester-1	0,999	0,000
Cetone-0	0,999	0,000
Cetone-1	0,999	0,000
Phénol-0	0,999	0,000
Phénol-1	0,999	0,000
Polyph-2	0,045	<b>0,800</b>
Polyph-3	0,033	0,000
Polyph-4	0,999	0,000
Polyph-5	0,113	<b>0,500</b>
Polyph-7	0,033	0,000
Infest	0,028	0,000

**Annexe 5 (suite): L'Analyse des Correspondances Multiples  
(ACM) (polyphénols).**

**Tableau (d): Valeurs tests des Variables, aux 02 premiers facteurs (Axes)**

	F1	F2
Cne.mter-0	0,475	1,000
Cne.mter-1	-0,475	-1,000
H.cy.sat-1		
Amine-0	0,475	1,000
Amine-1	-0,475	-1,000
Cne.ter-0	0,475	<b>-2,000</b>
Cne.ter-1	-0,475	<b>2,000</b>
H.aliph.sat-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.aliph.sat-1	<b>2,235</b>	0,000
H.cy.insat-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.cy.insat-1	<b>2,235</b>	0,000
H.arom-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.arom-1	<b>2,235</b>	0,000
H.terp-0	<b>-2,235</b>	0,000
H.terp-1	<b>2,235</b>	0,000
Alco.terp-0	<b>-2,235</b>	0,000
Alco.terp-1	<b>2,235</b>	0,000
Ester-0	<b>-2,235</b>	0,000
Ester-1	<b>2,235</b>	0,000
Cetone-0	<b>-2,235</b>	0,000
Cetone-1	<b>2,235</b>	0,000
Phénol-0	<b>-2,235</b>	0,000
Phénol-1	<b>2,235</b>	0,000
Polyph-2	-0,475	<b>2,000</b>
Polyph-3	-0,405	0,000
Polyph-4	<b>2,235</b>	0,000
Polyph-5	-0,751	-1,581
Polyph-7	-0,405	0,000