



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR - KHENCHELA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

En Biologie et Physiologie Animale

OPTION : Biologie et contrôle des populations d'insectes

Thème

*Synthèse bibliographique des différents
travaux de lutte biologique appliqués sur les
insectes ravageurs de palmier dattier et des
agrumes.*

Présenté par :

SEBAA Meriem

Encadré par :

RAIS Lynda

Soutenu le : 06/07/2017

Jury de soutenance :

Mme KELLIL Hadia	Maître Assistant A	PRESIDENTE	Univ. Khenchela.
Mme RAIS Lynda	Maître Assistant A	ENCADREUR	Univ. Khenchela.
Mme GAGUI Fatima	Maître Assistant A	EXAMINATEUR	Univ. Khenchela.

Année Universitaire : 2016-2017

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et les moyens pour suivre nos études et la volonté pour la réalisation de ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement **M^{me} RAYS Linda**, enseignante au Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, - Université de Khenchela - pour la confiance qu'il nous a accordé en acceptant de nous encadrer ; pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études, pour son aide, ses critiques et ses suggestions, et surtout sa "gentillesse et sa simplicité" qui ont été pour nous d'un grand apport*

*J'exprime ma profonde gratitude à **M^{me} KELLIL Hadia** enseignante au Département d'Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, - Université de Khenchela - d'avoir accepté la présidence du jury de cette thèse, qu'il trouve ici l'expression de nos profonds respects.*

*A **M^{me} GAGUI Fatima**, enseignant au Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, - Université de Khenchela - qu'il veuille accepter mes sincères remerciements pour avoir bien voulu juger ce travail.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont beaucoup apporté au niveau scientifique, et sans qui, notre travail n'aurait pu aboutir.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à tous et à toutes.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère...

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Je tiens à vous dire que Vous avez comblés ma vie de tendresse d'affection et de compréhension, Rien au monde ne pourrait compenser les efforts et les sacrifices que vous avez consentis pour mon bien être, et la poursuite de mes études dans de bonnes conditions. Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte.

Que Dieu, vous procure santé, Bonheur et longue vie.

*Aux êtres les plus chers à mon Cœur
mes frères et sœurs chacun à son nom,
A tous mes amis (es)*



Meriem

La liste des Figures

Figure 1. Hyphes et mycélium de <i>Beauveria bassiana</i>	08
Figure 2: Pénétration au travers de la cuticule de l'insecte.....	10
Figure 3 : <i>Coccinella septempunctata</i> pondant ses œufs.....	14
Figure 4: Staphylinidae.....	15
Figure 5 : <i>Carabus coriaceus</i>	16
Figure 6 : Chrysopidae.....	17
Photo 7 : <i>Aphidoletes aphidimyza</i>	18
Photo 8 : <i>Episyrphus balteatus</i>	19
Figure7 : Braconidae.....	21
Figure 8 : Ichneumonidae.....	21
Figure 9 : Pteromalidae.....	22
Figure 10 : le palmier dattier.....	30
Figure 11 : L'arbre de palmier dattier.....	33
Figure 12 : Le tronc de palmiers dattier.....	34
Figure 13 : Schéma d'une palme.....	35
Figure 14. Figuration schématique et description morphologique du palmier dattier.....	36
Figure 15. La composition chimique des dattes pendant leurs stades de développement.....	38
Figure 16 : L'évolution des dattes chez le palmier dattier (Le cycle de vie).....	39
Figure 17 : Œufs de la pyrale des dates.....	48
Figure 18 : Chenille de la pyrale des dates.....	49

Figure 19 : Chrysalide de la pyrale des dates.....	49
Figure 20 : cycle évolutif d'<i>Ectomyeloisceratoniae</i>.....	51
Figure 21: les deux techniques de lâchers de ces Chalcidiens.....	55
Figure 22 : le male et la femelle de cochenille blanche.....	59
Figure 23 : Cochenilles femelles vivantes de <i>Parlatoria blanchardi</i>.....	61
Figure 25 : <i>Cybocephalus seminillum</i>.....	64
Figure 26 : <i>Pharoscymnus ovoïdeus</i>.....	64
Figure 27 : Histogramme de la production mondiale des agrumes	69
Figure 28 : Répartition des agrumes en Algérie	70
Figure 29 : production des agrumes en Algérie (tonnes).....	71
Figure 30 : La production totale des agrumes en Algérie.....	71
Figure 31: feuilles et branches d'orange.....	72
Figure 32 : fleures d'orange.....	73
Figure 33 : Les fruits d'orange.....	74
Figure 34 : Cycle phénologique des agrumes.....	75
Figure 35 : Aspect général du mâle et de la femelle de <i>Ceratitis capitata</i>.....	81
Figure 36 : Les œufs de <i>C. capitata</i>	81
Figure 37 : Les larves de troisième stade de <i>C. capitata</i>.....	82
Figure 38 : Les pupes de <i>C .capitata</i>	82
Figure 39 : Cycle de développement de <i>C.apitata</i>.....	84

La liste des tableaux

Tableau 1 : Production mondiale de dattes	32
Tableau 2 : variation des effectifs en production réelle.....	33
Tableau 3. Caractéristiques morphologiques et physico-chimique de la datte des principales variétés en Algérie.....	42
Tableau 4 : Les principaux maladies et ravageurs du palmier dattier	43
Tableau 5 : Taux d'attaque des dattes Deglet Nour par la Pyrale et pourcentages de parasitisme par le Trichogramme avant et après les lâchers en 1983.....	55
Tableau 6 : Les principaux pays producteurs.....	68
Tableau 7 : Les ennemies naturelles des agrumes	77

Les annexes :

Annexe 1 : Stades d'évolution de la datte¹ (Barreveld, 1993); ² (Munier, 1973)

	Stades de développement de la datte				
	I	II	III	IV	V
Irak¹	<i>Hababouk</i>	<i>Kimri</i>	<i>Khalal</i>	<i>Routab</i>	<i>Tamr</i>
Algérie²	<i>Loulou</i>	<i>Khalal</i>	<i>Bser</i>	<i>Martouba</i>	<i>Tamr</i>

Annexe 2: La clé d'identification des stades phénologiques des agrumes selon M. Agusti et al, (1995) résumé

Stade de croissance	Code	Interprétation
0 : Dormance	00	Début de dormance
	01	Début du gonflement des bourgeons
	09	Début du débourrement (les extrémités des feuilles visibles).
1 : développement des feuilles	10	-Séparation des premières feuilles.
	11	Les premières feuilles sont visibles.
	15	D'autres feuilles sont visibles mais n'ont pas encore atteint leur taille finale.
	19	Les premières feuilles complètement développées.
3: développement des pousses	31	Début de la croissance des pousses.
	32	Les pousses ont atteint d'environ 20 % de la longueur finale.
	39	Les pousses ont atteint environ 90% de leur taille finale.
5 : apparition de l'inflorescence	51	Gonflement des bourgeons de l'inflorescence.
	55	les fleurs sont visibles mais encore fermées.
	57	Les sépales sont ouverts: la pointe des pétales, toujours fermés et visible.
	59	La plupart des fleurs avec des pétales formant une boule
6 : La floraison	60	Les premières fleurs sont ouvertes.
	61	début floraison : environ 10%des fleurs sont ouvertes.
	65	Pleine floraison: environ 50% des fleurs sont ouvertes
	69	Fin floraison (tous les pétales sont tombés).
7 : apparition de l'inflorescence	71	Nouaison du fruit : début du grossissement de l'ovaire, début de la chute de jeunes fruits.
	73	Quelques fruits jaunissent : début de la chute physiologique des fruits.
	79	Le fruit a atteint environ 90% de sa taille finale
8 : maturation du fruit et de la graine	81	Début de la coloration du fruit (changement de couleur).
	83	-Le fruit est assez mûr pour être cueilli, bien qu'il n'a pas encore atteint la couleur spécifique à la variété.
	89	-Le fruit a atteint la maturité demandée pour la consommation avec son goût et sa consistance caractéristique.
9 : Sénescence, début de la dormance	91	Fin de la croissance des tiges; le feuillage est entièrement vert.
	93	les vieilles feuilles débutent leur sénescence et commencent à chuter.
	97	Période de dormance hivernal

Introduction

Depuis 40 ans, les terres cultivées ont peu augmenté. Entre 1980 et 2005, elles ont progressé de 4,5 %, soit dix fois moins que l'accroissement de la population mondiale dans le même temps. Le rendement moyen végétal a doublé et a permis de nourrir l'humanité. Les 18 % de terres cultivées qui sont irriguées fournissent 40 % de la production agricole. Alors que la FAO estime qu'il faudra augmenter la production alimentaire de 70 % d'ici 2050 pour couvrir les besoins, les avis divergent sur les ressources disponibles en terres cultivables (FAO, 2011).

Les ravageurs des cultures, appelés aussi « déprédateurs », sont des organismes animaux qui attaquent les plantes cultivées, ou les récoltes stockées, en causant un préjudice économique au détriment des agriculteurs et donc des populations humaines. Les ravageurs font partie des bioagresseurs, aux côtés des agents phytopathogènes, organismes microscopiques responsables de maladies, et des mauvaises herbes qui concurrencent les plantes cultivées. Les ravageurs peuvent provoquer des dégâts directs aux plantes cultivées par leur régime alimentaire (phytophage, xylophage, etc.) ou leur mode de vie parasite, ou indirects lorsqu'ils sont vecteurs de maladies, virales par exemple (Marie, 2007)

Les ravageurs appartiennent à cinq embranchements : mammifères (principalement rongeurs), oiseaux, nématodes, arthropodes (principalement insectes et acariens) et mollusques. (Jean Semal, 1989). Les organismes herbivores ou phytophages sont très nombreux dans la nature, mais seules méritent le nom de ravageurs les espèces qui par leur pullulation peuvent causer des dégâts dans les cultures entraînant des pertes économiques significatives. On estime par exemple que sur un total de 500 000 espèces d'insectes qui ont un régime phytophage, 10 000 d'entre elles seulement présentent des risques pour l'agriculture (Guy Riba, 1989). Il faut en outre considérer le seuil de nuisibilité, ou seuil économique d'intervention, qui correspond à une densité de population de l'organisme ravageur pour laquelle le coût des dégâts engendrés est supérieur au coût du traitement (Jean-Henri Fabre, 1912)

Lutte biologique dans le domaine agronomique, on entend par lutte biologique toute forme d'utilisation d'organismes vivants ayant pour but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des ennemis des cultures. Rongeurs, insectes et acariens, nématodes, agents pathogènes et mauvaises herbes sont justiciable d'une telle lutte, qui est basée sur des

relations naturelles entre individus ou entre espèces, mises à profit par l'homme de diverses manières. L'organisme vivant utilisé comme agent de lutte est un auxiliaire de l'homme. Pour réussir cette intervention bioécologique, il faut une maîtrise de l'élevage de l'auxiliaire de façon à pouvoir le lâcher en abondance suffisante à plusieurs reprises en plusieurs lieux, c'est à dire enrichir périodiquement le milieu en entomophages exotiques ou indigènes, après avoir recueilli une connaissance détaillée de la bio écologie tant de l'auxiliaire que du ravageur à combattre, pour optimiser l'intervention mais aussi pour être capable de tirer des enseignements du succès comme de l'échec éventuel (Jourdhueil et *al.*, 1991).

Dans notre travail, nous avons présenté une synthèse bibliographique sur quelques exemples de lutte biologique pratiqués pour lutter contre les principaux ravageurs des cultures du palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L) et des agrumes (*Citrus*) en Algérie et en Tunisie.

Nous avons choisi ces deux cultures car le palmier dattier et les agrumes sont deux cultures importantes dans l'économie de l'Algérie, de part leur consommation et aussi leur intérêt pour le développement du pays. Plusieurs ennemis naturels s'attaquent à ces deux cultures et par conséquent, limitent leurs développements et diminuent leurs productions. La lutte biologique contre ces insectes ravageurs notamment la Cératite et la pyrale des dattes, qui commence à s'imposer devant les traitements chimiques comme étant une méthode très respectueuse de l'environnement, sans conséquences négatives sur la santé.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté une généralité sur la lutte biologique et ses différents types. Pour le deuxième chapitre, la culture du palmier dattier est expliquée en plus les méthodes de lutte biologique appliquées sur les deux principaux ravageurs ; la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*. Zeller) et la cochenille blanche (*Parlatoria Blanchardi* Targ). Dans le troisième chapitre, nous avons présenté les méthodes de lutte appliquées sur la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*) qui est une ennemie redoutée des cultures des agrumes. A la fin, nous avons terminé le document par une conclusion.

CHAPITRE 1 : Généralité sur la lutte biologique

1. Définition de la lutte biologique

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle. Pendant cette période, des efforts considérables ont été réalisés pour développer cette méthode de la lutte contre les ravageurs (Hoffmann et *al.*, 1994). Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique telle que celle proposée par Van Driesche et Bellows (1996) : « La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénécité ou compétition ». Et selon l'OILB est : « utilisation d'organismes vivants », à la différence du « biopesticide », qui désigne aussi bien des organismes vivants que des substances inertes d'origine biologique, ou encore des produits phytosanitaires dits « biocompatibles », substances actives vivantes ou inertes d'origine biologique ou non, qui peuvent être employées en lutte intégrée) (parasitoïdes, prédateurs, pathogènes, antagonistes ou compétiteurs) pour prévenir ou réduire les dégâts causés aux cultures par des ravageurs ou des maladies».

« Lutte biologique : selon Dajoz (1998), c'est l'utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes pour contrôler les populations d'espèces nuisibles et les maintenir en dessous d'un seuil de nuisibilité.

✓ Si l'ennemi utilisé est un animal (presque toujours un insecte), il s'agit de lutte à l'aide d'entomophages qui peuvent être des prédateurs ou des parasitoïdes.

✓ Si l'ennemi utilisé est un micro-organisme, il s'agit de lutte micro biologique »

Cela implique que nous avons affaire à des systèmes biologiques complexes qui varient dans le temps et dans l'espace (Fimab, 2004). La lutte biologique se base sur la régulation préventive et durable d'importants ravageurs par leurs ennemis naturels. Cette interaction se base alors sur trois éléments: le ravageur, l'auxiliaire et son habitat (Boller et *al.*, 2004).

2. L'historique de la lutte biologique :

La première utilisation référencée de lutte biologique a été effectuée par les Chinois, dans les environs de l'an 304 avant Jésus-Christ. Dans les vergers d'agrumes, les fermiers utilisaient des fourmis tisserandes (*Oecophylla smaragdina Fabricius*) indigènes qui consommaient une variété de ravageurs pour protéger les fruits (Peng, 1983).

Des recherches sur les prédateurs, parasitoïdes et maladies s'attaquant aux ravageurs jalonnent l'histoire mais c'est surtout vers la fin du XIX^{ième} et au XX^{ième} siècle que les principales découvertes et expériences se font (Waage, 2004). En 1868, la cochenille australienne (*Icerya purchasi Maskell*), un insecte parasite qui suce la sève des arbres d'agrumes, a été accidentellement introduite en Floride. Suite aux dommages considérables à l'industrie et en l'absence d'autres moyens de lutte, un entomologiste introduisit une coccinelle naturellement prédatrice (*Rodolia cardinalis Mulsant*) de la cochenille en Australie, ce qui mena au premier grand succès de la lutte biologique classique (Jourdheuil et al., 1991). Les scientifiques croient alors que la lutte biologique est la solution à tous les problèmes et de nombreux insectes sont introduits en Amérique de façon maladroites, sans études préliminaires sérieuses ni période de quarantaine (Turnbull et Chant, 1961).

Après la deuxième guerre mondiale, le DDT est développé et sont découvertes ses propriétés insecticides. L'élaboration de d'autres pesticides chimiques puissants et peu coûteux a diminué l'intérêt pour la lutte biologique et c'est seulement quand des problèmes se sont présentés qu'elle est revenue au goût du jour (Waage, 2004). Le livre de Rachel L. Carson, *Silent spring* (1962), sonne l'alarme et mène au bannissement du DDT en 1972. Le développement de résistances de la part des organismes visés, l'émergence de nouveaux prédateurs jusque là secondaires et les impacts des pesticides de synthèse sur des organismes non visés et l'humain ont mené à des questionnements sur l'avenir des pesticides tels qu'utilisés à cette époque (Jourdheuil et al., 1991). C'est au même moment que se développe la lutte intégrée et que reprennent les recherches en lutte biologique, qui n'ont pas cessé depuis (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995).

3. Le but de la lutte biologique :

Selon Marie (2007), la lutte biologique se révèle être le seul moyen pour réduire l'expansion d'une plante ou d'un insecte exotique, introduit soit volontairement soit par inadvertance dans un écosystème différent de son milieu d'origine. On introduit alors son prédateur, parasite ou concurrent naturel sur ses terres d'origine.

La lutte biologique, commencée depuis plusieurs décennies, gagne à nouveau du terrain. En effet, même si elle a été la pionnière en matière de lutte contre les nuisibles, elle a très largement cédé le pas à la lutte chimique après la seconde guerre mondiale.

Cependant, la lutte chimique présente des inconvénients non négligeables, ne serait-ce que par l'augmentation de la dose efficace afin de pallier à l'apparition de résistance. Elle peut être à ces doses, toxiques pour l'agriculteur, le consommateur et bien sûr l'environnement proche (avec des conséquences sur l'écosystème proche : faune, flore, réserves aquifères...).

En matière de lutte biologique, il ne s'agit pas complètement de faire disparaître une plante ou un insecte nuisible.

La lutte biologique vise à réduire le développement d'une plante ou d'un insecte nuisible en dessous d'un certain seuil de population.

En général, on essaie de mettre en place des organismes auxiliaires spécifiques de la cible et ayant un impact sur l'écosystème le plus faible possible.

Au niveau des terres cultivées, les bio-agresseurs constituent un risque considérable pour celles-ci de part leurs effets directs : affaiblissement de la plante, perte de rendement, voire même destruction totale de la plante cultivée ; ensuite, à cause de certains effets indirects : vecteurs de maladies ou développement de champignons saprophytes.

Il faut alors estimer le moment le plus judicieux pour mettre en place la méthode choisie. En fonction du développement du ravageur, on va calculer le moment où le niveau de sa population va engendrer un dégât sur le rendement de la culture.

On définit le seuil de nuisibilité économique qui correspond au niveau d'intensité de la maladie ou de la population d'un ravageur au-delà duquel la perte économique est supérieure au coût de contrôle de cette maladie ou du ravageur.

Mais, en pratique il faut intervenir avant ce seuil de nuisibilité économique car une fois celui-ci atteint, il est difficile de contrôler pleinement le ravageur.

Ainsi, les notions de seuil d'intervention et seuil d'avertissement ont été suggérées.

Le seuil d'intervention correspond au niveau de dégâts auquel une intervention doit être menée afin d'éviter que les pertes de récoltes dépassent le seuil économique (environ trois semaines entre ces deux seuils).

On a aussi introduit le seuil d'avertissement c'est-à-dire le niveau de dégâts à partir duquel les moyens nécessaires à une action doivent être mobilisés.

4. Les avantages et les inconvénients de la lutte biologique

4.1. Les avantages

- Les avantages environnementaux de la lutte biologique ne sont plus à démontrer, surtout si on la compare à la lutte conventionnelle avec les pesticides chimiques. Ces derniers peuvent causer d'importants troubles à la santé humaine, de la stérilité ou des cancers (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995).
- Les pesticides ont également un impact nocif sur l'environnement et la biodiversité. Certains de ces impacts peuvent avoir de l'influence les uns sur les autres, comme la chute des pollinisateurs qui influence la reproduction de nombreuses plantes à fleur ou la chute d'une proie qui diminue l'occurrence d'un prédateur indigène.
- Elle également a comme avantage de pouvoir être utilisée sans risque dans les endroits très fréquentés, comme en milieu urbain. C'est entre autres ce qui a motivé le choix de l'utilisation du Bt contre la spongieuse dans la région de Vancouver 39 (Winston, 1997).
- Les auxiliaires de lutte biologique étant très spécifiques, les effets sur les humains sont très faibles, voir nuls. Un autre avantage social de la lutte biologique réside dans le potentiel de création d'emplois qu'elle implique. Dépendant de l'utilisation, elle peut nécessiter nombre de personnes, spécialisées ou non : chercheurs, éleveurs, dépisteurs et personnes pour la mettre en place.

4.2. Les inconvénients

La lutte biologique n'est pas parfaite et présente des inconvénients non négligeables. Cette section présente ces inconvénients, risques et limites de cette alternative aux pesticides, en tentant de les adapter au contexte particulier de la province.

- Le principal inconvénient environnemental est plutôt un risque qui était plus présent anciennement mais qui perd de l'ampleur. Lors de l'introduction d'un organisme qui n'est naturellement pas présent dans un milieu à des fins de lutte biologique classique, il est essentiel de s'assurer qu'il ne s'attaque qu'au ravageur ciblé (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995). Si l'auxiliaire n'est pas spécifique, il risque de s'attaquer à des espèces indigènes, de menacer la biodiversité et, ainsi, de troubler l'équilibre écologique du milieu.
- Un autre risque réside dans la contamination possible des auxiliaires introduits par des pathogènes ou par leurs propres ennemis naturels (Greathead, 1995). Cette opération de «purification» des auxiliaires est maintenant chose commune et essentielle à l'introduction sécuritaire des auxiliaires. La présence de contaminants pourrait réduire l'efficacité de l'auxiliaire ou nuire aux organismes indigènes et à la biodiversité.
- Il est également possible qu'en diminuant l'abondance du ravageur ciblé, la niche ainsi libérée soit recolonisée par un nouveau ravageur (Greathead, 1995).
- La lutte biologique est très spécifique mais ceci peut causer problème : là où un seul pesticide à large spectre était utilisé pour contrôler plusieurs ravageurs, il faut utiliser plusieurs agents de lutte biologique.

5. Les différents types de lutte biologique

5.1. La lutte biologique par les microorganismes

La lutte biologique, précisément par utilisation de microorganismes entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les microchampignons, les nématodes et les protozoaires. À ce jour, plusieurs milliers de micro-organismes

entomopathogènes et pathogènes des mauvaises herbes ont été décrits et plus d'une centaine d'espèces sont utilisées en champs (Ignoffo, 1970 ; 1973). Les formulations de biocides à base de micro-organismes deviennent de plus en plus performantes avec des prix compétitifs (Ahmed *et al.*, 1994; Starnes *et al.*, 1993). Selon Ahmed, (1994), l'utilisation des insecticides microbiens augmente rapidement, de 10 à 25 % par année.

- Les agents de lutte entomopathogènes (microbiologique)

a. Microchampignons

Parmi les micro-organismes utilisés en lutte biologique, plus de 700 espèces de microchampignons sont entomopathogènes (Starnes *et al.*; 1993) et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (Wraight et Roberts, 1987; Ferron, 1978). Ils appartiennent au sous-taxon des Mastigiomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina et Deuteuromycotina. Le plus grand nombre de pathogènes se trouvent dans la classe des Zygomycètes, mais les plus utilisées en lutte biologique proviennent des Deuteromycètes (*Fungi imperfecti*). Les espèces des genres *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga* sont les plus utilisées en lutte biologique (Wraight et Roberts, 1987; Goettel, 1992). Ils ont un intérêt agronomique considérable dans la lutte biologique contre les ravageurs de cultures et sont donc l'objet d'études de plus en plus poussées. La pathogénécité de l'inoculum sporal et la spécificité de l'hôte sont deux paramètres important dans le choix de l'isolat fongique.

b. Le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*

Parmi les micro-organismes entomopathogènes ayant un potentiel d'agent de lutte biologique contre les insectes nuisibles, plus de 500 espèces de champignons sont susceptibles d'infecter des insectes (Starnes *et al.*, 1993). *Metarhizium anisopliae* était le premier pathogène utilisé délibérément pour le contrôle d'insecte ravageur par le Russe Eli Metchnikoff (1880) (le père de la lutte microbiologique) dans les années 1880. *B.bassiana* (Hyphomycète) est un microchampignon pathogène pour de nombreux insectes. Sa pathogénécité a été démontrée pour la première fois par Agostino Bassi de Lodi (1835), le précurseur des études des maladies infectieuses, en démontrant pour la première fois qu'un micro-organisme pouvait être responsable de maladie infectieuse chez l'animal. *Beauveria sp.*

a été décrit par la suite par Jean Beauverie en 1911 sous le nom de *Botrytis bassiana*. Le genre a été établi par Vuillemin en 1912 et fut classé dans l'ordre des Hyphomycètes.

Il est important de mentionner que la classification des hyphomycètes a été sujette à plusieurs révisions. A l'heure actuelle, on regroupe sous le nom de Hyphomycetes plus de 10 000 espèces appartenant à plus de 1 800 genres (Subramanian, 1983).

Le mode d'infection de *B. bassiana* se divise en quatre étapes distinctes qui sont **l'adhésion, la germination, la différenciation; la pénétration.**

- **L'adhésion** est caractérisée par un mécanisme de reconnaissance et de compatibilité des conidies avec les cellules tégumentaires de l'insecte (Vey *et al.*, 1982) (fig. 3). Cette phase se scinde en deux étapes distinctes, la première passive ou l'attachement à la cuticule est réalisée grâce à des forces hydrophobiques et électrostatiques (Fargues 1984; Butt, 1990, Boucias *et al.*, 1988) et la seconde active caractérisée par la production d'un mucilage qui va engendrer une modification épicuticulaire (Wraight *et al.*; 1990) aboutissant à la germination (fig. 2).
- Après la phase d'adhésion, **la germination** va être dépendante des conditions environnantes et aussi de la physiologie de l'hôte; (composition biochimique de la cuticule de l'hôte) qui peut favoriser ou inhiber la germination (St-Leger *et al.*, 1989; Butt *et al.*, 1995, Smith et Grula, 1982, Butt, 1990; Butt et Becket, 1994).
- L'avant dernière **phase est la différenciation caractérisée** par la production d'appressorium, structures terminales qui vont servir de point d'encrage, de ramollissement de la cuticule et favoriser la pénétration. La production des appressoria est très dépendante de la valeur nutritive de la cuticule de l'hôte (St-Leger *et al.*; 1989; Magelhaes *et al.*; 1990). Une cuticule nutritive va stimuler la croissance myceliale plutôt que la pénétration (St-Leger *et al.*; 1989).
- La dernière phase est **la pénétration de l'hôte** qui se fait par la combinaison de pression mécanique (Pekrul et Grula, 1979) et enzymatique (Butt, 1990; Charnley, 1989; St-Leger 1993, 1995) telles que les lipases, les protéases et les chitinases (St-Leger, 1995; Segers *et al.*, 1995; Kucera et Samsinakova 1968, Leopold et Samsinakova, 1970), la plus importante dans la pénétration étant les protéases. (St-Leger *et al.*; 1988; 1989; Butt *et al.*; 1990; Bidochka et Khachatourians; 1988). Certaines souches produisent des toxines non

enzymatiques telles que la beauvericine, les beauverolides, les bassianolides, les isarolides qui accentuent et accélèrent le processus d'infection (Roberts 1981; Hajeck et St-Leger, 1994). par la mummification du cadavre transformé en sclérote. Les hyphes traversent le tégument préférentiellement au niveau intersegmentaire puis le recouvre d'un feutrage mycellien blanc cotonneux qui va amorcer la formation des conidiospores (Weiser, 1972).

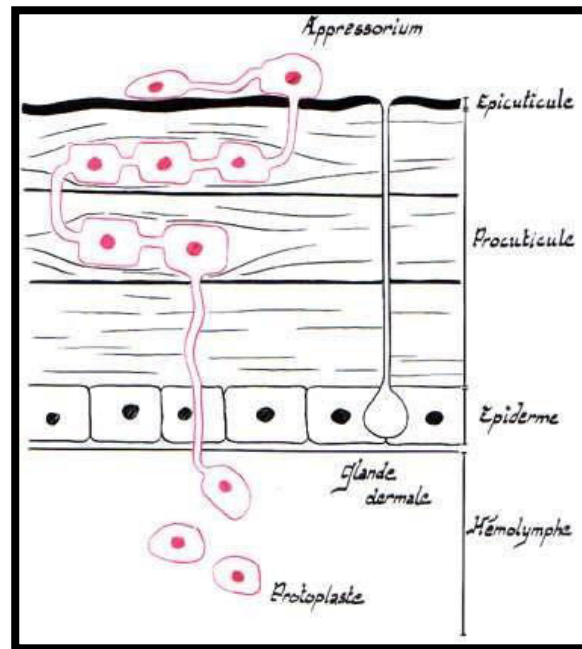


Figure 2: Pénétration de *B. bassiana* à travers de la cuticule de l'insecte
(http://www.inapg.inra.fr/ens_rech/bio/biotech/textes/applicat/agricut/vegetale/procult/intro.htm)

c. Les bactéries

Selon Starnes *et al.*, 1993, plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Ces bactéries entomopathogènes appartiennent surtout à trois grandes familles qui sont les Bacillaceae, Enterobacteriaceae et Pseudomonaceae (Greathead *et al.*, 1994).

À l'heure actuelle, *Bacillus thuringiensis* Berliner et *B. sphaericus* sont les espèces les plus utilisées en lutte contre les ravageurs. Pour *B. sphaericus*, la toxine est localisée dans la paroi sporale et va être libérée par une digestion partielle de la bactérie dans le tube digestif de la larve de l'insecte. La toxine pénètre dans la membrane péritrophique du tube digestif et empoisonne la larve. Les bactéries se développent dans l'hôte et le quittent quand celui-ci se désintègre (Burgess, 1981; Singer, 1981).

Le *Bt* est efficace contre certaines espèces de coléoptères, lépidoptères et diptères (Morris, 1983; Ahmed *et al.*, 1994). Cependant il ne serait pas efficace contre les acridiens en raison de l'acidité intestinale (Greathead *et al.*, 1994). Le *B.t* ne doit pas oblitérer l'utilisation d'autres bactéries qui se sont révélées efficaces comme le genre *Xenorhabdus* (Entérobacteriaceae), très connu pour sa virulence contre les acridiens. Elles forment le plus souvent des symbiotes avec les nématodes qui agissent comme vecteur. Libérées dans l'homocoèle, elles tuent rapidement leur hôte (Greathead *et al.*, 1994).

B. popillae est efficace contre les Scarabaeidae et a été utilisé avec succès contre le scarabée japonais *Popillia japonica* (Hutton et Burbutis, 1974; Miller *et al.*, 1983; Krieg, 1987). Dans le cas de *B. popillae*, les spores ingérées germent dans le tube digestif et traversent la membrane épithéliale, l'insecte meurt par septicémie (Burgers, 1982). *Pseudomonas aeruginosa* et *Serratia marcescens* (Saik *et al.*, 1990) sont des agents potentiels de lutte. L'utilisation répétée des bactéries peut toutefois, comme les pesticides chimiques, entraîner une résistance chez certaines espèces (Dunphy et Tibelius, 1992).

d. Les Virus

Les virus entomopathogènes se divisent généralement en deux grands groupes distincts, d'une part, ceux possédant des corps d'inclusion paracrystallin et ceux sans corps d'inclusion. On les regroupe en sept familles. Ce sont, les Baculoviridae, Reoviridae, Poxviridae (à corps d'inclusion); les Iridoviridae, Parvoviridae, Picornoviridae et les Rhabdoviridae (sans corps d'inclusion) (Faulkner et Boucias, 1985; Arata *et al.*, 1978). Ces familles renferment la plupart des 650 espèces de virus entomopathogènes connues (Khachatourians, 1986). Ce sont les Baculoviridae, les Reoviridae (Miller *et al.*, 1983) et les virus entomopox (poxviridae) qui sont les plus utilisés en lutte biologique, car ils sont bénins pour les vertébrés, les corps d'inclusion ne pouvant se développer que chez les insectes (Paynes, 1982).

Les virus sont des parasites obligatoires et ne peuvent se reproduire que dans les cellules animales ou végétales. Au cours du processus d'infection dans le noyau des cellules, ces virus forment des corps d'inclusion appelés polyèdres qui sont constitués de nombreuses particules virales dans une matrice protéinique composée principalement d'un simple polypeptide, la polyedrine. Les polyèdres ingérés vont être dégradés par les protéases du tube digestif de l'insecte et les virions libérés traversent les cellules intestinales pour se multiplier

dans les hémocytes et dans les tissus adipeux. Il est rapporté par Meynadier *et al.*, (1993) que dans certains cas, les virus liquéfient les corps gras entraînant une turgescence de l'insecte suivi de sa mort. Les polyèdres formés dans le noyau provoquent la polyédrose nucléaire (NPV) et affectent principalement les lépidoptères et hyménoptères tandis que les baculovirus à corps d'inclusion granulaire (GV) causent la granulose et affectent surtout les lépidoptères.

Les caractéristiques principales des bio-insecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement (Dent, 1991). La rémanence des virus est cependant affectée par les radiations UV. Par exemple les NPV et GV sont inactivés après quelques heures d'exposition au rayonnement solaire (Franz, 1971).

Plusieurs expériences ont été effectuées afin de tester l'efficacité du virus de la granulose pour le contrôle du carpocapse en vergers de pommiers. Les résultats des recherches diffèrent beaucoup d'une étude à l'autre, mais généralement, l'application du virus permet une diminution significative de la population de carpocapse de la pomme, ainsi que des dommages à la récolte (Kienzle *et al.*, 2003).

Des essais effectués dans un verger biologique de Mont-Saint-Hilaire au Canada en 2003 et 2004 ont démontré que cet bio-insecticide réduit significativement les dommages causés par le carpocapse (Provost *et al.*, 2006). Une étude allemande a démontré que quatre applications du virus de la granulose pouvaient fournir une protection adéquate contre le carpocapse, même durant une saison chaude et ensoleillée (Huber & Dickler, 1977). En Ontario, sept applications à base de virus de la granulose ont permis une réduction significative des entrées profondes des larves de carpocapse dans les pommes (Jaques *et al.*, 1994). Charmillot & Pasquier (2002) ont conclu après une étude de 7 ans réalisée en Suisse, que seule une combinaison du granulovirus et de la confusion sexuelle pouvait maintenir de façon durable les populations du carpocapse à un faible niveau. Une étude au niveau de la Bulgarie a démontré dans trois sites pilotes que le produit viral de type Madex® pouvait contrôler les larves de carpocapse quand la population a été affaiblie par la technique de la confusion sexuelle (Kutinkova *et al.*, 2010 ;2012).

5.2. La lutte biologique par entomophages (insectes auxiliaires)

Selon Marie (2007). L'organisme antagoniste du ravageur (l'auxiliaire) peut-être un animal, c'est la lutte biologique au sens restreint du terme. Dans la plupart des cas, on utilise un autre insecte, on parlera alors de lutte par entomophage. On distinguera les **prédateurs** qui tuent et mangent plusieurs proies au cours de leur développement et les **parasitoïdes**, qui vivent aux dépens d'un hôte unique, lequel meurt après l'achèvement du développement du parasitoïde

5.2.1. Les prédateurs :

Un prédateur est un organisme vivant qui tue d'autres organismes vivants pour s'en nourrir. On peut opposer parasitoïde et prédateur en ce sens qu'un prédateur dévore plusieurs proies à différents stades de sa vie (larve, imago, adulte). Ils se rencontrent dans des ordres variés :

- Coleoptera (Carabidae, Cicindellidae, Coccinellidae, Staphylinidae...),
- Diptera (Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Syrphidae...),
- Hymenoptera (Formicidae, Sphecidae, Vespidae...),
- Neuroptera (Chrysopidae, Coniopterygidae, Hemerobiidae...),
- Thysanoptera (Aeolothripidae).
- Divers groupes d'arachnides ont aussi leur importance : les araignées en général et diverses familles d'acariens (Phytisiidae...) (Marie, 2007).

On estime globalement à 200000 le nombre d'espèces prédatrices.

L'utilisation de prédateurs en lutte biologique est souvent un succès, et bénéficiant d'une certaine popularité auprès du grand public. On peut citer à titre d'exemple l'utilisation des coccinelles contre les pucerons qui suscitent l'intérêt et l'enthousiasme du public.

Cependant, les prédateurs restent moins spécifiques que les parasitoïdes, ils peuvent en effet s'attaquer à des proies très diverses et même à d'autres auxiliaires (Marie, 2007).

A- Les Coléoptères

Les Coléoptères ont des ailes antérieures rigides appelées élytres qui ont pour

fonction de protéger les ailes postérieures membraneuses.

Parmi les coléoptères auxiliaires, on distingue plusieurs familles, dont les plus importantes sont les suivantes :

- **Coccinellidae :**

Chez les coccinelles, les élytres couvrent la totalité de l'abdomen, et leur corps très bombé est hémisphérique ou ovale. Il en existe de nombreuses espèces, de taille, de forme, de couleur variées. Les œufs jaunes orangés sont pondus en paquet.

Les larves, de forme allongée, sont mobiles et mesurent jusqu'à un centimètre. De couleur foncée avec des tâches plus claires, leur corps est recouvert de soies rigides. La plus connue est la coccinelle à sept points, *Coccinella septempunctata*.



Photo 3 : *Coccinella septempunctata* pond ses œufs. (<http://aramel.free.fr>)

Les espèces plus petites sont acariphages (se nourrissent d'acariens) ou cocciphages (se nourrissent de chenilles), les autres sont aphidiphages et se nourrissent de pucerons de façon non spécifique, et ce, quelque soit le stade de leur développement.

En lutte biologique, les coccinelles aphidiphages ont eu un succès moindre que les cocciphages, et on rapproche à cette constatation deux hypothèses pouvant l'expliquer :

- la théorie de satiété
- la théorie du rapport des temps de développement

Et selon les études menées (Magro et *al.*, 2002 ; Kindlmann et Dixon , 1999), c'est la théorie du temps de développement qui fournit une explication intéressante car les coccinelles qui ont un temps de développement plus long par rapport à celui de leur proie

sont donc moins efficaces à réduire les effectifs des nuisibles.

- **Staphylinidae**

Les staphylins sont des coléoptères dont le corps est allongé : les élytres y sont réduites et ne couvrent pas tout l'abdomen. Leur corps est généralement noir/brun et parfois velu, mesurant entre 0.5 et 3 cm.

Les adultes sont des prédateurs qui se nourrissent des larves de Diptères mais les larves de staphylins sont parasitoïdes des nymphes de Diptères.

En effet, les femelles pondent des œufs dans le sol, et à l'éclosion les larves cherchent des pupes à parasiter. Les cibles sont principalement des mouches (du chou, de l'oignon, des semis). Des essais sont en cours contre la mouche du chou avec *Aleuchara sp.*



Figure 4: Staphylinidae (*Paederus sp* Fabricius,1775) (<https://www6.inra.fr/Coleoptera-Staphylinidae>)

- **Carabidae**

Les carabes ont des élytres qui couvrent la quasi-totalité du corps. Les plus grands peuvent mesurer plusieurs centimètres. Leur corps fin est caractérisé par un écusson trapézoïdal à la face supérieure du thorax, distinct de la tête et des élytres.

Les adultes vivent essentiellement au sol, et sont pour la plupart des prédateurs polyphages : limaces, larves d'insectes et autres petits invertébrés.



Photo 5 : *Carabus coriaceus* (<http://aramel.free.fr>)

B- Les Névroptères

Ces insectes ont des ailes membraneuses très nervurées qui forment au repos un toit sur l'animal, ne se superposant pas. Les chrysopes sont de couleur verte et les hémérobès, brune. Les larves sont des prédatrices voraces qui se servent de leurs longues mandibules courbées comme de pinces pour tenir leurs victimes, et sucer leur sang.

Les Hemerobiidae et les Chrysopidae sont les familles de névroptères les plus importantes pour la lutte biologique.

Les Névroptères sont présents dans les zones de cultures sur l'ensemble du globe, à l'exception de la Nouvelle Zélande pour la famille des Chrysopidae, introduite depuis peu (Wise, 1996). Selon Duelli (2001), il n'existe pas d'espèces spécialistes d'un type de culture particulier. Les principaux genres rencontrés sur les lieux de cultures chez les Chrysopidae sont :

- *Chrysoperla*, fortement répandu sur les cultures du monde entier,
- *Chrysopa* dont les espèces ayant un intérêt en lutte biologique sont surtout présentes dans l'hémisphère nord,
- *Dichochrysa*, genre vivant principalement dans la strate arborescente, utile dans les agroécosystèmes, notamment dans les vergers,
- et *Hemerobius* et *Micromus* de la famille des Hemerobiidae.

- *Chrysopidae*

L'adulte Chrysope mesure environ deux centimètres et possèdent des yeux dorés.

Parmi la dizaine de genres décrits par New (2001 b) et ayant une utilité en protection des cultures, le genre *Chrysoperla* est particulièrement complexe. Il contient des espèces prédominantes en lutte biologique. *Chrysoperla carnea* sensu lato (Stephens), longtemps considérée comme une espèce unique représente 83% de la contribution dans les zones de cultures selon la littérature (Senior & McEwen, 2001). Cette méga-espèce, composée d'une vingtaine d'espèces apparentées, très semblables morphologiquement, est dorénavant appelée le groupe *carnea* (Brooks, 1994)

Le comportement alimentaire change au cours de la vie de *Chrysoperla*. Les larves sont prédatrices, tandis que les adultes sont palynophages. On trouve les adultes dans la strate herbacée et dans la canopée.

Bien qu'aphidiphages, les larves peuvent aussi s'attaquer à d'autres ravageurs comme les cochenilles, les mouches blanches, les acariens et autres insectes à corps mou, ainsi que leurs œufs.

Très efficaces en été, les chrysopes peuvent consommer une trentaine de pucerons par jour et jusqu'à quinze mille acariens tétranyques en une quinzaine de jours.



Figure 6 : Chrysopidae (<https://www6.inra.fr>)

C- Les Diptères

Insectes aux ailes membraneuses (non coriaces), ils n'ont qu'une seule paire d'ailes visibles, la deuxième étant réduite et transformée en balanciers.

Cet ordre rassemble une faune diversifiée au sein de laquelle nous trouvons un certain nombre d'auxiliaires.

- **Cecidomyiidae**

Les cecidomyies ressemblent à de petits moustiques, l'adulte mesure environ deux millimètres.



Photo 7 : *Aphidoletes aphidimyza* (<https://www6.inra.fr>)

Les larves de cette famille sont généralement des ravageurs des cultures, leur causant des galles. Il existe pourtant des larves qui sont quant à elles aphidiphages et acariphages (se nourrissant même de mouches blanches, cochenilles et thrips), et dans ce cas, leur couleur est en général vive, ce qui rend plus facile leur détection au sein d'une colonie de pucerons ou d'acariens.

Aphidoletes aphidimyza, dont l'adulte se nourrit du miellat produit par les pucerons, pond ces œufs au milieu de colonies. Ses larves injectent une toxine dans les pucerons, ce qui les paralyse et dissout leur contenu. Elles peuvent ensuite se nourrir avec le liquide ainsi obtenu et manger de vingt à cent pucerons par jour.

- **Syrphidae**

Diptères de 8 à 15 mm selon les espèces, les syrphes sont souvent confondus avec des Hyménoptères (guêpes). Les larves, apodes, sont aphidiphages non spécifiques, certaines espèces pouvant se nourrir de quarante espèces de proies différentes.



Photo 8 : *Episyrphus balteatus* (<https://www6.inra.fr>)

L'adulte polliniphage et nectariphage pond ses œufs à proximité de colonies de pucerons. Une larve peut alors manger quelques centaines de pucerons en une quinzaine de jours. Avec cinq générations par an, les syrphes sont présents une grande partie de l'année au niveau des champs. Leur détection dans une colonie de pucerons aboutit généralement à la destruction de celle-ci.

5.2.2. Parasitoïdes

Un parasitoïde est un insecte dont le développement se fera aux dépens d'un seul hôte qui va en mourir. Il représente un mode intermédiaire entre les prédateurs et les parasites. Il existe une relation étroite entre l'hôte et son parasitoïde.

La femelle pond les œufs dans l'hôte. Selon la vitesse de développement du parasitoïde, celui-ci peut soit juste parasiter l'œuf de la cible, ou bien, s'il a une vitesse de développement plus lente, être un parasitoïde ovo-larvaire ou ovo-pupal, il existe des parasitoïdes des stades adultes ou même de différents stades.

Le parasitoïde adulte vit libre et mobile.

Ils existent nombre d'espèces parasitoïdes, notamment :

- Dans l'ordre des Diptera (Tachinidae en majorité)
- Dans l'ordre des Hymenoptera (Chalcidoidea et Ichneumonoidea en majorité), parmi lesquels on retrouve la quasi-totalité des insectes utilisés en lutte biologique.

Nombres de programmes ont été menés en vue de l'utilisation des parasitoïdes comme agents de lutte biologique, mais seulement 10% de ceux-ci ont été un succès.

Ce qui est intéressant au niveau des parasitoïdes, c'est leur spécificité d'action sur l'hôte cible de la lutte.

On observe même des hyperparasitoïdes, c'est-à-dire que l'hôte attaqué est lui-même un parasitoïde (attaqué par un autre parasitoïde, par un virus ou une bactérie).

A- Hyménoptères parasitoïdes

De très nombreux insectes provenant de l'ordre des hyménoptères et appelés micro-hyménoptères à cause de leur petite taille (apocrites térébrants), s'attaquent aux différents stades des insectes ravageurs des cultures. Certains de ces auxiliaires sont utilisés en lutte biologique. Souvent difficiles à observer à cause de leur taille, leur activité laisse des traces, par exemple en laissant les téguments vidés de leur hôte avec un trou de sortie s'il s'agit d'un endoparasite, ou par la présence de leurs pupes ou cocons subsistant au contact de la dépouille de l'hôte (exoparasite ou parasitoïde). On trouve ces auxiliaires parmi plusieurs familles.

- **Les Braconidae**

Les Braconidae est une grande famille de guêpes parasitoïdes au sein de l'ordre des Hyménoptères, communément appelé braconides.

C'est une des familles d'insectes les plus riches en espèces (plus de 50 000) difficiles à déterminer. Dans cette famille on utilise *Opius pallipes* (Wesmael 1835) contre *Liriomyza bryoniae* mouche ravageur du céleri ainsi que *Dacnusa sibirica* (Telenga 1934) pour lutter contre les mouches mineuses.

Les femelles ont souvent de longs ovipositeurs. La plupart des espèces de guêpes braconides injectent leurs œufs directement dans le corps d'un hôte, généralement une chenille. La plupart des larves braconides se servent d'un virus qui supprime le système immunitaire permettant au parasite de se développer à l'intérieur de l'hôte (endoparasitoïdes).

La larve mature quitte la chenille en fin de vie et tisse un cocon à côté de son hôte.

La couleur, la texture et la façon dont les cocons sont placés peuvent être une indication sur l'espèce de guêpe.



Figure7 : Braconidae (<https://fr.wikipedia.org>)

- **Les Ichneumonidae**

Les Ichneumonidae est une famille de guêpes parasitoïdes au sein de l'ordre des Hyménoptères, communément appelé ichneumon. Ce sont des parasitoïdes importants des chenilles et chrysalides de Lépidoptères.

Les femelles ont un ovipositeur (parfois plus long que leur corps). Cet organe est utilisé pour la ponte des œufs.

La plupart des espèces de guêpes ichneumon injectent leurs œufs directement dans le corps d'un hôte, généralement dans une chenille. La larve de la guêpe ichneumon vit à l'intérieur du corps de la chenille (endoparasitoïdes) et se nourrit essentiellement de l'hémolymphe de l'hôte. La chenille peut poursuivre son développement (koïnobiont) jusqu'à la fin du développement de la larve ichneumon.



Figure 8 : Ichneumonidae (<https://fr.wikipedia.org>)

- **Les Pteromalidae**

Les Pteromalidae sont une très grande famille des guêpes parasites. La majorité sont (comme la plupart des Chalcidoidea) des parasitoïdes d'autres insectes. Ils se trouvent dans le monde entier dans pratiquement tous les habitats.

A la base, un "pteromalide" est un membre des Chalcidoidea qui n'a que cinq segments de tarse et n'a pas d'autres caractéristiques qui puissent le définir. Incontestablement, cette famille sera divisée en plusieurs familles dans un proche avenir.



Figure 9 : Pteromalidae (<https://fr.wikipedia.org>)

B- Les diptères parasitoïdes

Parmi les diptères parasitoïdes on trouve principalement la famille des Tachinidae, les Tachinidae (sous-ordre Brachycera, tachinaires ou mouches des chenilles)

On connaît plus de 8000 espèces dans cette famille, comprenant essentiellement des insectes parasites ou parasitoïdes d'autres arthropodes. Les adultes sont floricoles. Certaines espèces pondent leurs œufs sur le feuillage, d'autres sur ou dans l'hôte. Parfois aussi des œufs à cuticule très mince sont pondus donnant tout de suite des larves qui doivent chercher leur hôte. Une à cinq larves se développent dans celui-ci. A la fin de leur développement les larves quittent leur hôte et se nymphosent à côté ou dans le sol. Selon les espèces, les tachinaires ont une à plusieurs générations par an. L'hivernation se fait soit au stade larvaire soit au stade pupal. Le parasitisme est très efficace contre les lépidoptères : Noctuidae, Geometridae, Tortricidae et Pyralidae ainsi que les Crambidae, le parasitisme sur les larves de coléoptères (hannetons, négril de la luzerne) est moins efficace (ex. *Dexia rustica*).

5.3. Autre méthodes de lutte biologique :

A- La confusion sexuelle

L'utilisation des phéromones sexuelles pour contrôler les ravageurs fut proposé par Götz (1941), pionnier dans l'étude de l'attraction de *E. ambiguella* et *L. botrana*. Ce n'est que 30 ans plus tard que les structures chimiques des phéromones des ravageurs de la vigne sont devenues notoires (Roelofs et al., 1973; Buser et al., 1974; Arn et al., 1976; Saglio et al., 1977; Arn et al., 1988). Le phénomène d'attraction du mâle vis à vis de la phéromone sexuelle spécifique à son espèce est la base de la lutte. Mais, bien que le piégeage de masse par l'attractivité d'un appât contenant de la phéromone sexuelle se soit montré inefficace pour maîtriser les populations de vers de la grappe, la méthode de piégeage est largement utilisée pour la phénologie du vol des ravageurs. Depuis plusieurs années, la méthode de confusion sexuelle permet la manipulation du comportement d'accouplement des vers de la grappe à l'aide des phéromones sexuelles (Françoise, 2009).

Ce procédé consiste en l'application de nombreuses sources phéromonales dans le vignoble émettant une grande quantité de phéromone sexuelle synthétique, soit un peu plus de 400 mg de phéromone par diffuseur et par jour (D. Pasquier, communication personnelle). Appliquée sur plus de 50% de la surface viticole en Suisse, cette méthode de lutte est spécifique au ravageur cible et ne laisse aucun résidu sur le fruit (Günter et Pasquier, 2008). Les phéromones utilisées sont le (Z)-9-dodécenyl acétate, composante majeure du bouquet phéromonal de *E. ambiguella* et (E,Z)-7,9-dodécadienyl acétate, composante principale du bouquet phéromonal de *L. botrana* (Françoise, 2009)

Bien que la méthode de confusion sexuelle se soit montrée efficace en permettant la limitation des dégâts, cette méthode de lutte présente parfois des échecs inexplicables. Malgré l'ancienneté de cette méthode, les mécanismes affectant le comportement des mâles dans leur recherche de partenaire sont encore mal compris. La confusion sexuelle correspond à une perturbation de l'orientation du mâle dans sa recherche de partenaire (Sanders, 1997), et plusieurs hypothèses de mécanismes mis en jeu sont proposées telles que la compétition entre une femelle et une source synthétique, le camouflage du faisceau phéromonal naturel, le déséquilibre sensoriel ou l'habituation et l'adaptation sensorielle (Bartell, 1982; Cardé et Minsk, 1995; Miller et al., 2006). Cependant, beaucoup de scientifiques s'accordent à dire que l'occupation du mâle par la poursuite de fausses traces phéromonales est le premier comportement entrant en jeu dans l'efficacité de la confusion sexuelle. En effet, le faisceau

phéromonal de la femelle se mêle à la phéromone synthétique présente dans le vignoble. Le mâle est alors confondu, et réalise un vol orienté en poursuivant un faisceau phéromonal synthétique émis par un diffuseur sans pouvoir retrouver sa partenaire, limitant ainsi les accouplements (Arn et Louis, 1997). Le succès de ce mécanisme dépend de trois facteurs:

1) l'attractivité de chaque diffuseur doit être au moins équivalente à celle d'une femelle en appel pour entrer en compétition avec les sources naturelles;

2) il doit y avoir suffisamment de diffuseurs pour que la probabilité de rencontre d'une femelle soit nettement inférieure à celle de rencontrer un diffuseur;

3) le diffuseur doit être suffisamment attractif pour occuper longtemps le mâle en direction ou face à la source afin de diminuer la probabilité de rencontrer un faisceau phéromonal naturel (Sanders, 1997).

B- La lutte par bio-insecticides à base des végétaux

Parmi les méthodes de lutte biologique, les bio-pesticides occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie et ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel, ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles. Les bio-pesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, nématodes et d'extraits de plantes (Vincent, 1998). Ils sont généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologique classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites), quoiqu'ils peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes utiles (Giroux et *al.*, 1994 ; Roger et *al.*, 1995). Parmi ces bio insecticides on peut citer ; le spinosad, l'azadirachtine, *Bacillus thuringiensis* et les différents extraits des plantes toxiques ...etc.

Il existe un grand nombre de plantes qui ont des propriétés pesticides. Les flores locales, cultivées ou spontanées, offrent beaucoup de possibilités pour la lutte phytosanitaire. Un exemple bien connu est celui du Neem ou Margousier d'Inde (*Azadirachta indica*), un arbre présent un peu partout en Afrique. Toutes Ses parties, mais surtout ses graines, contiennent une substance active (azadirachtine) que l'on peut utiliser comme insecticide, et qui est efficace contre un grand nombre d'insectes tels que la Noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*), la Teigne des choux (*Plutella xylostella*), la Coccinelle et des cucurbitacées (*Henosepilachna elaterii*), les thrips et les pucerons. Les autres produits végétaux possédant des propriétés insecticides sont le pyrèthre, la roténone (extraite du

Derris), le piment, l'ail, le curcuma ou le tabac dont les extraits sont surtout efficaces contre les pucerons et les thrips. En outre, beaucoup d'autres plantes ont des effets insectifuges (basilic, carotte citronnelle, écorce de citrus, eucalyptus, oignon, tagète et même les feuilles de tomate), fongicides (ail, amarante, manioc amer, oignon, papayer, piment rouge, ricin,...), nématocides (crotalaire, lilas de Perse, ricin, tagète,...). Leur efficacité dépend de l'organe de la plante utilisé (graines, écorce, feuilles, tiges, bulbes,...) et du moment de prélèvement de celui-ci (P.I.P., 2011).

C- Modes d'action des plantes à effets pesticides

Les substances actives contenues dans ces plantes agissent de différentes manières sur les insectes et les maladies:

- **Sur les insectes, elles ont un :**

- Effet répulsif : les insectes sont repoussés par le goût et l'odeur de ces substances

- Effet insecticide : par ingestion des feuilles traitées, certains insectes meurent.

- Effet sur le comportement sexuel : après traitement avec certaines plantes alternatives, on constate un changement de comportement ou de diminution de la capacité de reproduction pouvant aller jusqu'à la stérilité complète de l'insecte.

- **Sur les maladies, elles :**

- Inhibent le développement des champignons

- Renforcent les défenses immunitaires des plantes contre la plupart des parasites (mildiou, oïdium,...) (Dagnoko, 2009).

D- La Technique de l'Insecte Stérile (TIS) ou lutte autocide

D.1. Historique

La TIS a été inventée par Knipling dans les années 30. Knipling, un entomologiste du département de l'agriculture des Etats-Unis (USDA), a provoqué la stérilité chez la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*) par des processus chimiques (chimiostérilisants) et physiques (rayon gamma). La première utilisation concluante de la TIS sur le terrain visait à contrôler cette mouche à Curaçao (Pays-Bas) en 1953 (Hendrichs et al.,

1995). Dès 1959, cette technique était utilisée pour éradiquer cette même mouche dans le sud-est des Etats-Unis. Elle a été aussi utilisée en Italie, en Espagne, au Mexique, au Nicaragua, au Pérou et en Tunisie.

Cette technique a aussi marqué un succès contre d'autres insectes nuisibles comme la Lucilie bouchère (*Cochliomyia hominivorax*) (Lindquist et al., 1992) et *Glossina austeni* (vecteur de la maladie de sommeil) (Dyck et al., 2000; Vreysen et al., 2000). D'autres essais ont réussi à réduire les populations de glossines à Burkina Faso et Nigeria (Oladunmade et al., 1990; Feldmann et Hendrichs, 2001).

D.2. Principe

Elle consiste à élever massivement des insectes dont les mâles sont rendus sexuellement stériles par le biais de radiations ionisantes (rayons X ou γ). La stérilisation affecte souvent les gamètes des individus traités devenus ainsi porteurs de mutations dominantes qui empêchent le développement normal de l'embryon (Baumhover et al., 1955 ; Campion, 1972 ; Davidson, 1974 ; Robinson et al., 2005).

Les mâles stériles sont ensuite lâchés en nombre plus grand que celui des mâles existant dans la nature. Ils entrent en compétition avec des mâles sauvages pour s'accoupler avec des femelles sauvages. Quand une femelle s'accouple avec un mâle stérile, il n'y aura pas de progéniture; ainsi, la population de la génération suivante est réduite (Knippling, 1955 ; McInnis et al., 1996 ; Cayol, 2000 et Cayol et al., 2002 ; Lance et al., 2000 ; Lux et al., 2002).

D.3. Effet de l'irradiation

L'irradiation des mâles de la cératite entraîne de graves dommages affectant les fonctions vitales. Les doses stérilisantes des Diptères sont comprises entre 20 et 160 Gy (Hallman, 2000). Sur l'appareil reproducteur, l'irradiation cause la stérilité de l'insecte (incapacité des femelles de pondre des œufs, incapacité des mâles à produire du sperme et de les transférer, incapacité de s'accoupler, mutations dominantes létales dans les cellules reproductives des mâles et femelles) (Lance et McInnis, 2005). Elle entraîne également une diminution de la longévité, l'incapacité de voler, de s'alimenter (Calkins et Parker, 2005; Dowell et al., 2005).

Sur l'appareil digestif, l'irradiation cause la dégénérescence des tissus digestifs. En effet, elle affecte le mur œsophagien, détruit la muqueuse et les cellules épithéliales (Gomes et *al.*, 2002).

Sur la flore microbienne, l'irradiation réduit le nombre et la taille des bactéries (Marchini et *al.*, 2002). En outre, elle provoque leur inactivation et un déséquilibre de la population (San Andres et *al.*, 2007).

D.4. Conditions de réussite de la TIS

Il s'avère nécessaire que l'application de la technique de l'insecte stérile soit précédée par l'étude de l'écologie, la distribution et la dispersion de l'insecte ravageur afin d'étudier la dynamique de la population et le degré de l'infestation (Hendrichs et *al.*, 2005).

Le comportement de l'insecte stérile doit lui aussi être bien connu (Lance et Mcinnis, 2005). Il faut, par ailleurs, préparer le potentiel humain et les moyens adéquats. Selon Knippling (1979), les critères qui doivent être réunis avant de considérer l'approche de la TIS dans une stratégie de lutte sont les suivants:

- Un élevage de l'insecte cible doit être développé, produisant des insectes de bonne qualité et en nombre suffisant pour inonder la population sauvage.

- Trouver une bonne dose d'irradiation qui n'affecte pas les qualités intrinsèques de l'insecte.

- Les mâles lâchés doivent être suffisamment compétitifs dans l'accouplement pour qu'il y ait transfert du sperme aux femelles sauvages accouplées.

- Des estimations précises de la population naturelle sont nécessaires pour déterminer le nombre d'insectes stériles à lâcher. Quand les populations sauvages sont très denses, elles doivent être réduites préalablement par d'autres moyens (chimiques notamment) à un niveau tel qu'il serait possible d'utiliser la TIS.

- Les comportements des insectes à lâcher doivent correspondre à ceux des insectes sauvages. Dans ce même contexte, Vreysen et *al.*, (2005) accorde une importance majeure pour l'étude de la dispersion des insectes lâchés afin de la comparer à celle des insectes sauvages.

- Le degré de migration de l'insecte de l'extérieur de la zone de lâcher vers celle-ci et son impact sur l'efficacité de la TIS doivent être considérés.

- Les suivis rigoureux des taux d'accroissement des populations naturelles durant les différentes saisons et leur degré d'immigration dans la zone traitée sont aussi d'une importance capitale (Lance et Mcinnis, 2005).

D.5. Applications de la TIS dans le monde

La TIS a été principalement étudiée chez les espèces de Diptères et elle présente de nombreux avantages. Le cas le plus frappant est celui de la mouche du bétail *Cochlomyia hominivorax* (Coquerel) où en une seule génération on a pu éradiquer cet insecte des Etats Unis de l'Amérique (Van Den et Brande et Pelerents, 1962; Bushland, 1971).

Entre 1990 et 1991, cet insecte a aussi été complètement éliminé de la Lybie où des cartons entiers des mâles de lucilies bouchères stériles ont été lâchés par avion sur une superficie de 400 000 kilomètres carrés (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005).

La même chose se produisait au Guatemala et au Belize en 1994, au Salvador en 1995, et au Honduras en 1996. Il y a des campagnes en cours contre la mouche au Mexique, au Nicaragua, au Costa Rica et en Jamaïque, tous avec l'assistance financière du département de l'Agriculture des États-Unis (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005).

En outre, dans la région méditerranéenne, la mouche de l'olive, *Bactrocera oleae* représente un important ravageur de l'olivier. Cet insecte a été contrôlé par la TIS depuis 1960 par Melis et Baccetti (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005).

En plus de ces cas bien connus, nombreuses autres espèces de Diptères ont été maîtrisées à l'aide de la TIS ; c'est le cas de la mouche de melon *Dacus cucurbitae*, la mouche orientale des fruits *Dacus dorsalis* et la mouche Tsé-Tsé (La Chance, 1985).

La TIS a été également utilisée au Québec pour réduire l'ennemi numéro un de la culture de l'oignon, la mouche *Delia antiqua*. Appliquée sur 4000 hectares, le niveau de dommages à la récolte a été (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005).

La mouche des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedmann), est également l'un des principaux candidats pour la TIS. En 1982, Patton a signalé que la cératite a été éradiquée

d'environ trois millions d'hectares en Amérique (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005). Egalement, deux autres programmes, utilisant la TIS contre la cératite, ont été conduits à Moscamed au Mexique et Maghrebmed en Afrique. Programme Moscamed au Mexique

Suite à la présence de la cératite signalée dans le sud du Mexique en 1977, un programme de grande envergure baptisée «Moscamed » intégrant la TIS et d'autres méthodes de lutte, notamment des pulvérisations d'appâts empoisonnés à été lancé en 1976, il a pour objectifs de:

- Arrêter la progression de la cératite vers le nord du Mexique et d'éviter son établissement d'abord au Mexique et ultérieurement aux Etats-Unis.

- Eradiquer la cératite au Sud de Mexique.

- Eradiquer à long terme la cératite de l'Amérique Centrale et du Panama.

Le programme est financé par des agences internationales (l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) et l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et la coopération de 3 pays : Etats-Unis, Guatemala et Mexique. Ce programme a permis d'éliminer la cératite dans le sud du Mexique et d'arrêter sa progression vers d'autres pays voisins (1977 in Gahbiche, 1993).

Programme « Maghrebmed » En 1986, la division mixte FAO/IAEA avait approuvé la possibilité d'utilisation de la TIS en Afrique du Nord pour éradiquer la cératite dans quatre pays (Tunisie, Algérie, Libye et Maroc). Un programme régional baptisé Maghrebmeda été mis en œuvre en 1988 pour une durée de plus de dix ans où certaines organisations ont été sollicitées pour son financement. Le programme envisagé, avait pour objectif la protection de l'environnement et la diminution de l'utilisation des pesticides qui sont devenus des considérations dominantes. La première phase de ce programme était de déterminer l'étendue de l'infestation et de comprendre la relation entre le développement de l'insecte et la fructification de ses différentes plantes hôtes (AIEA, 1995).

Chapitre II : Quelques méthodes de lutttes biologiques appliquées sur les insectes ravageurs de palmier dattier

I.1. Généralités sur le palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.)

Le palmier dattier, *Phœnix dactylifera* L. (Arecaceae), se cultive pour ses fruits dans les régions chaudes, arides et semi-arides du globe (Munier, 1973). L'origine du palmier cultivé est controversée. Les recherches se poursuivent encore aujourd'hui. Pour Zohary et Spiegel-Roy (1975) ainsi que Zohary et Hopf (1988), l'ancêtre sauvage du palmier dattier est toutefois identifié. Il est distribué sur la frange méridionale chaude et sèche du Proche-Orient, au Nord-Est du Sahara et au Nord du désert d'Arabie. La famille des Arecaceae est apparue au Crétacé supérieur (Sénonien) et le genre *Phœnix* durant le tertiaire (Eocène) (Doyle, 1973; Uhl et Dransfield, 1987). Les fossiles rencontrés aussi bien en Amérique du Nord qu'en Europe plaident pour une origine antérieure à la séparation des continents. Les noyaux de dattes trouvés près des points d'eau de gisements néolithiques semblent indiquer qu'une cueillette avait alors lieu sur des arbres non cultivés. Toutefois, la culture du dattier se pratique 10.000 ans avant J. C. Les Phéniciens ont introduit la culture du palmier dattier en Afrique du Nord (Bouguédoura, 1979). Elle a connu un grand essor chez les Arabes au septième siècle puis pendant le douzième siècle. Pour Hilgeman (1972) cité par (Bouguédoura, 1979), c'est en 1890 que les palmiers en provenance d'Algérie, d'Egypte et d'Arabie Saoudite ont été introduits aux Etats-Unis.



Figure 10 : Le palmier dattier

II.2. Position systématique

Selon Uhl et Dransfield (1987), le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une plante Angiosperme Monocotylédone, classée comme suit :

Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Groupe : Spadiciflores

Ordre : Palmales

Famille : Arecaceae (Palmaceae)

Sous- famille : Coryphoïdaea

Tribu : Phoeniceae

Genre : *Phoenix*

Espèce : *Phoenix dactylifera* L.

Le genre *Phoenix* comporte au moins douze espèces, dont la plus connue est *dactylifera* et dont les fruits " dattes " font l'objet d'un commerce international important (Espiard, 2002).

I.3. L'importance économique de la culture palmier dattier

I.3.1. Production des dattes dans le monde

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5ème rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi-arides. D'après la F.A.O., la production mondiale de dattes est estimée à 7.62 millions de tonnes en 2010. Les principaux pays producteurs de dattes les plus importants sont : l'Egypte, l'Iran, l'Arabie Saoudite, les Emirats arabes, l'Irak, le Pakistan et l'Algérie et le Soudan. Selon les données de la FAO, l'Algérie serait le quatrième producteur mondial de dattes. Du point de vue quantitatif, la production algérienne représente 7% de la production mondiale, mais du point de vue qualitatif, elle occupe le premier rang à la variété Deglet- Nour, la plus appréciée mondialement (FAO., 2010).

Tableau 1 : Production mondiale de dattes (FAO., 2010)

Production de dattes en tonne (t)	
Pays /Années	2010
Monde	7.626.447.60
Afrique	3012389.00
Algérie	710000.00
Egypte	1.352.950.00
Libye	161.000.00
Niger	39.684.00
Maroc	119.360.00
Soudan	431.000.00
Tunisie	145.000.00
Asie	4567126.60
Iran	1.023.130.00
Arabie Saoudite	1.078.300.00
Irak	566.829.00
Emirats arabes	775.000.00
Amérique	30.811.00
Mexique	4.150.00

I.3.2. Production de la datte en Algérie

L'Algérie est l'un des plus importants pays producteurs de dattes. La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (Deglet-Nour) est très apprécié par les consommateurs (MA/DSAAEE., 2001), 164.453 tonnes (33 %) des dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes soit 17 % des dattes molles (Ghars et analogues). Actuellement, la palmeraie algérienne est constituée de plus de 11 millions de palmiers répartis à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf (Buelguedj, 2007). Près de 58.14% de la production nationale de dattes est réalisée par les deux wilayas suivantes : El-Oued (29.54%) et Biskra (28.6%) (Anonyme, 2002). Les cultivars sont le fruit de la sélection paysanne, ils sont qualifiés de "variétés locales". Deglet Nour pour sa haute qualité et son appréciation à travers le monde (Hannachi et *al.*, 1998 ; Ma/Dsae, 2001).

Tableau 2 : variation des effectifs en production réelle (Anonyme, 2006)

Année	Palmiers productifs
1999/2000	1901582
2000/2001	1998575
2001/2002	2012579
2002/2003	2188661
2003/2004	2228912
2004/2005	2260804
2005/2006	2350596

I.4. Description générale des organes du palmier dattier

Le Palmier Dattier est une plante monocotylédone à croissance apicale dominante. Le diamètre du tronc de l'arbre demeure généralement stable sous les mêmes conditions à partir de l'âge adulte. On distingue 3 parties : un système racinaire, un organe végétatif composé du tronc et de feuilles et un organe reproductif composé d'inflorescences mâles ou femelles. Les valeurs quantitatives et qualitatives des organes végétatif et reproductif sont variables. Il semble possible de caractériser les cultivars par la comparaison de la plupart de ces paramètres qui forment des index taxonomiques différentiels.



Figure 11 : L'arbre de palmier dattier (<https://sites.google.com/site/palmierdattierens>)

I.4.1. Système racinaire

La principale étude de l'organisation du système racinaire est celle de Munier (1973). Ce système racinaire ne comporte pas de ramifications. Il présente, en fonction de la profondeur quatre zones:

- **Zone 1 ou racines respiratoires:** A moins de 0,25 m de profondeur, les racines peuvent émerger du sol.

- **Zone 2 ou racines de nutrition:** Les racines se trouvent à une profondeur pouvant aller de 0,30 m à 1,20 m.

- **Zone 3 ou racines d'absorption:** Les racines rejoignent le niveau phréatique.

- **Zone 4 ou racines d'absorption de profondeur:** Les racines caractérisent par un géotropisme positif très accentué. Elles peuvent atteindre une profondeur de 20 m (Munier, 1973).

I.4.2. Système végétatif aérien

Le tronc ou stipe monopodique, est généralement cylindrique. Il est toutefois tronconique chez certaines variétés. Il porte les palmes qui sont des feuilles composées et pennées issues du bourgeon terminal. Chaque année, apparaissent 10 à 20 feuilles. Une palme vit entre 3 et 7 ans (Munier, 1973).



Figure 12 : Le tronc de palmiers dattier (<https://sites.google.com/site/palmierdattierens>)

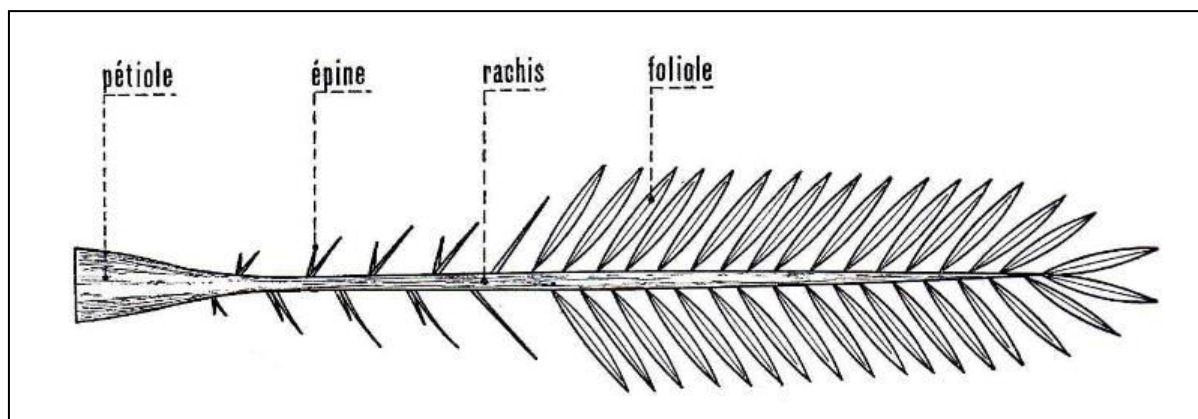


Figure 13 : Schéma d'une palme (Munier, 1973).

I.4.3. Organes floraux

Le dattier comme toutes les espèces de la tribu des Phoeniceae, est dioïque (Bouguedoura, 1991). D'après Beal (1937), il est diploïde avec $2n = 36$ parfois $2n = 16$ et $2n = 18$. Les fleurs du dattier sont portées par des pédicelles rassemblés en épi composé appelé spadice, enveloppé d'une grande bractée membraneuse entièrement fermée, la spathe. La spathe s'ouvre d'elle-même suivant une ligne médiane. Chaque spadice ne comporte que des fleurs du même sexe. Les spathes sont de forme allongée. Celles des inflorescences mâles sont plus courtes et plus renflées que celles des inflorescences femelles (Toutain, 1972).

I.4.4. Fruit ou datte

La datte est une baie composée d'un mésocarpe charnu protégé par un fin épicarpe. L'endocarpe se présente sous la forme d'une membrane très fine entourant la graine, appelée communément noyau (Munier, 1973; Djerbi, 1994). La datte provient du développement d'un carpelle. Après la fécondation, la nouaison se produit et le fruit évolue en changeant de taille, de poids, de couleur et de consistance (Munier, 1973; Djerbi, 1994).



Figure 13 : le fruit de palmier dattier (la datte) (<http://espace.algerie.over-blog.com/article-deglet-nour-64428722.html>2006)

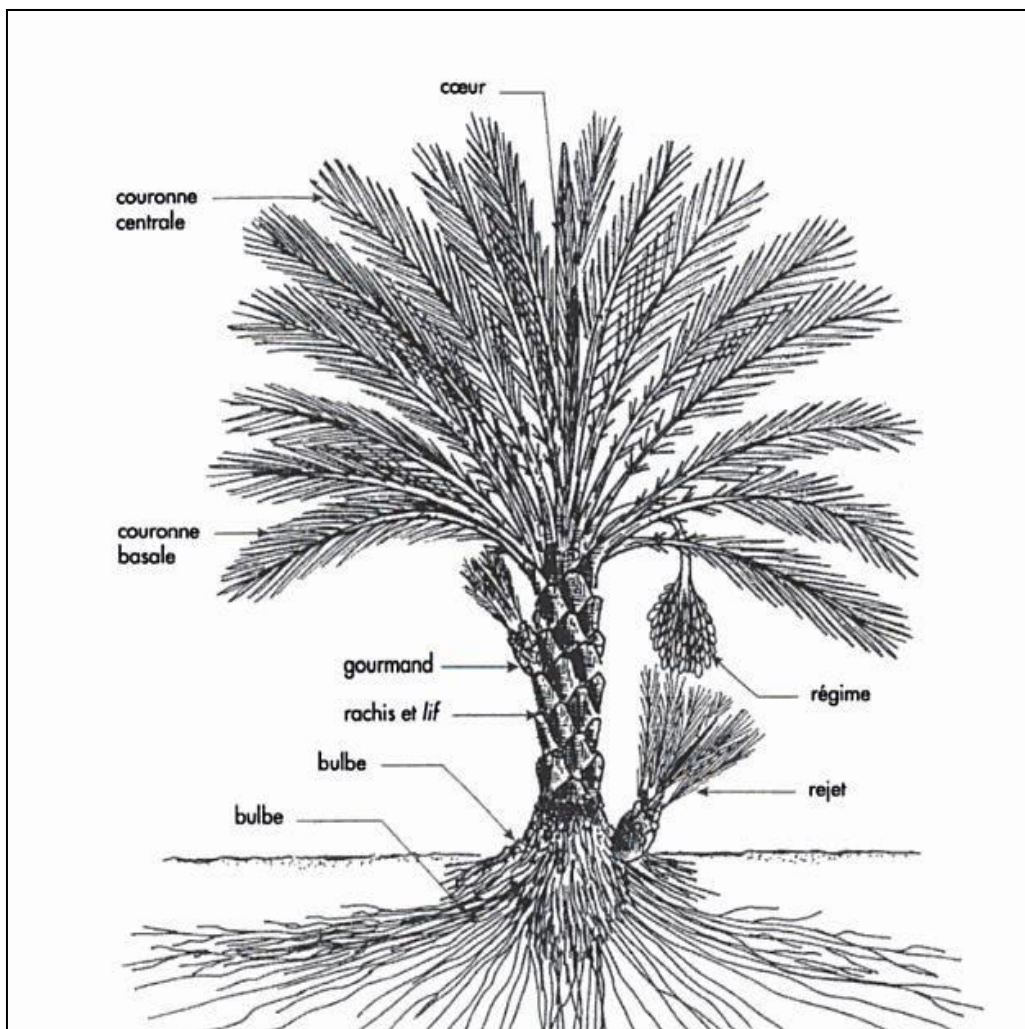


Figure 14. Figuration schématique et description morphologique du palmier dattier (Munier, 1973)

I.5. Evolution de la datte selon les différents stades de développement (Le cycle phénologique de datte)

L'évolution des dattes chez le palmier dattier jusqu'à maturité passe par cinq stades. 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) qui se manifestent par le changement de la couleur, texture, flaveur, goût et les caractères physicochimiques.

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

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

Il est astringent à cause du taux élevé en tanin, l'acidité est assez élevée, avec des taux moyens en protéines de 5,6%, en lipides 0,5%, et en cendres de 3,7% (Al-Hooti et *al.*, 1998).

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

Les teneurs en protéines, lipides et cendres diminuent jusqu'à 2,7 ; 0,3 et 2,8%, respectivement. Les fruits atteignent 32,5 mm de longueur et 21 mm de diamètre, tandis que le poids augmente à 8,7 g (Al-Hooti et *al.*, 1997).

- **Stade IV (Martouba)** : Chez certains cultivars le stade Mertouba correspond à la datte mûre. Le poids et la teneur en eau diminuent, et la couleur devient brune au cours des 2 à 4 semaines de cette phase.

A cette étape les protéines et les cendres diminuent respectivement jusqu'à 2,6 et 2,6%, les tanins se fixent sous l'épicarpe du fruit (Al-Hooti et *al.*, 1998).

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

Le poids, les dimensions, la forme et la couleur de la datte varient en fonction des cultivars et des conditions de culture. La consistance constitue aussi une caractéristique du cultivar car la datte peut être molle, demi-molle ou sèche (Djerbi, 1994). La chaire de la datte mûre est composée en majorité de sucres soit 70% à 75% du poids sec sans la graine. Il s'agit du saccharose, du glucose, du galactose, du xylose, etc. Le taux d'humidité du fruit est inférieur à 40% au stade de maturité, quelle que soit la consistance (molle, demi- molle). Abdel Salam (1994) cité par Benmehcene (1998), rapporte que la datte est riche en vitamine A, moyennement riche en vitamine B1, B2, B7, et pauvre en vitamine C. Elle contient des éléments minéraux, surtout du potassium, mais aussi du phosphore, du calcium et du fer.

C'est l'étape la mieux appréciée par le consommateur et s'apprête mieux à la conservation. Un certain nombre de cultivars ne sont pas autorisés à atteindre ce stade et sont vendus dans le commerce, soit comme fruit au stade Bser et Martouba. De nombreux auteurs ont adapté la terminologie utilisée en Irak (Annexce 1) (Barreveld, 1993; Munier, 1973)

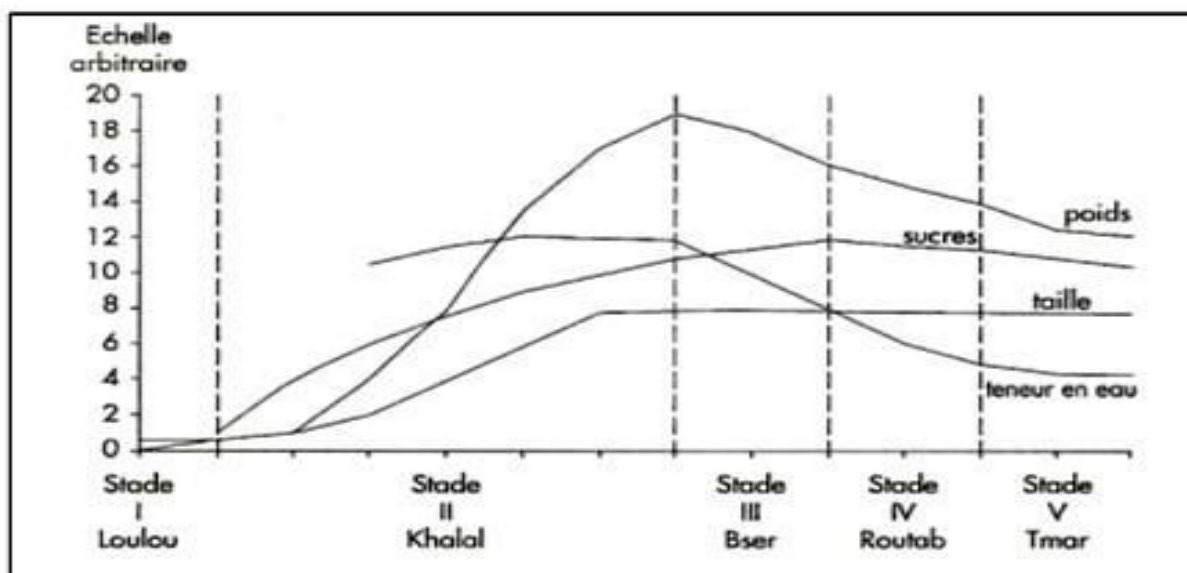


Figure 15. La composition chimique des dattes pendant leurs stades de développement (Munier, 1973).

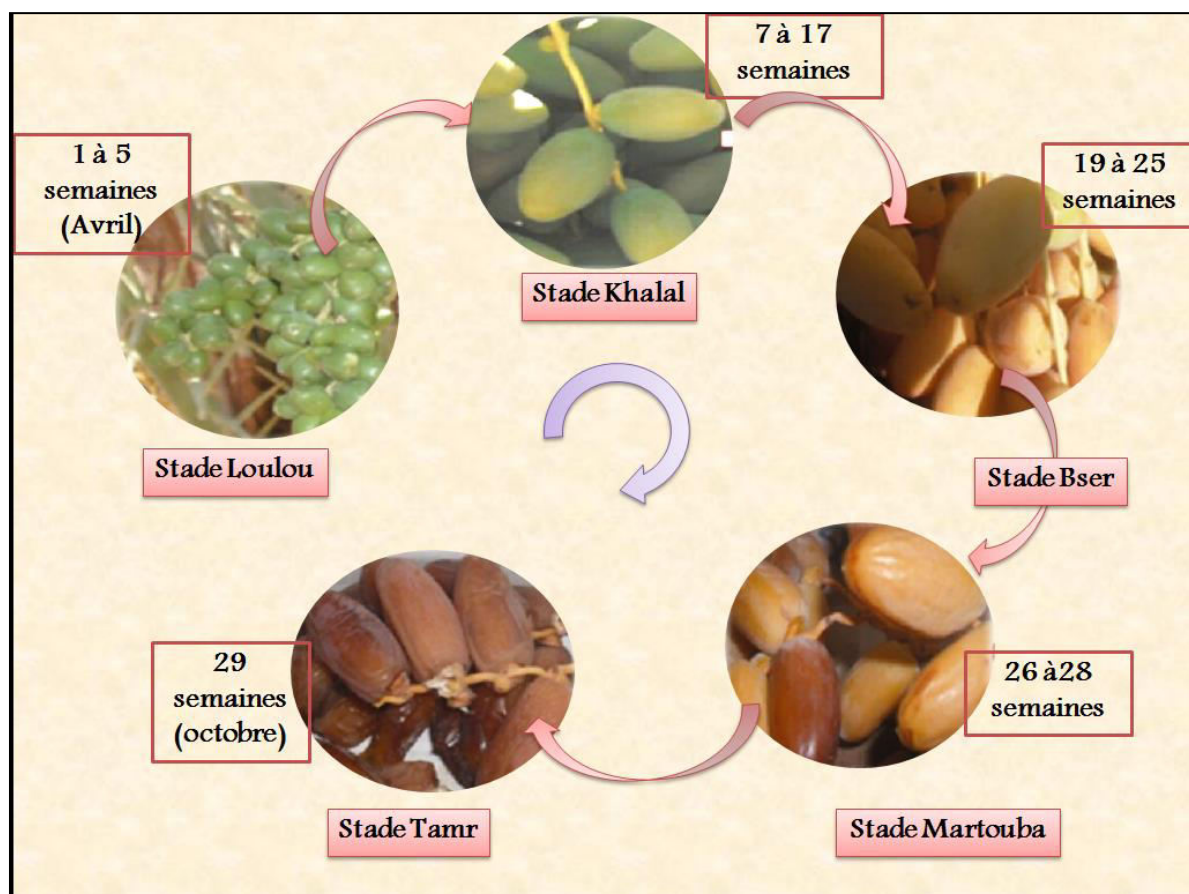


Figure 16 : L'évolution des dattes chez le palmier dattier (Le cycle de vie) selon Zouioueche (2011) et Barreveld (1993)

I.6. Exigences climatiques du palmier dattier

I.6.1. La température

D'après Munier (1973), le palmier dattier est une espèce thermophile dont le zéro de végétation est 10 °C. Le palmier dattier à une activité végétative qui se manifeste à partir d'une température de plus 7°C à plus 10°C, selon les cultivars et les conditions climatiques locales.

Selon le même auteur, le palmier dattier atteint son intensité maximale à une température dépassant les 30°C, elle se stabilise puis décroît vers 38 à 40°C. Il est constaté aussi que l'action du froid se manifeste à des températures variables selon les cultivars, l'âge de l'individu et la durée de son action. La somme des températures nécessaire à la fructification (indice thermique) et de 1000 à 1660°C, selon les régions phoenicoles (Munier, 1973).

I.6.2. La lumière

Le dattier est une espèce héliophile, et la disposition de ses folioles facilite la photosynthèse, la faible luminosité favorise le développement des organes végétatifs au dépend de la production de dattes, ainsi les fortes densités de plantation sont à déconseiller (Munier, 1973).

I.6.3. L'Eau

Le palmier dattier est cultivé comme arbre fruitier dans les régions arides et semi-arides chaudes du globe, cependant, sa culture est toujours localisée aux endroits où les ressources hydriques sont pérennes pour pouvoir subvenir à ses besoins (Munier, 1973).

En Algérie, les doses d'irrigations utilisées en phœniciculture sont de l'ordre de 28.000 m³ /ha/an (Q = 0,90 litres/s/ha) dans la région de Oued Righ et de 15.000 m³ / ha / an (Q = 0,50 litres/s/ha) dans les Zibans (Toutain, 1967).

I.6.4. Le Sol

Les palmiers sont cultivés dans des sols très variés ils se contentent de sols squelettiques : sableux, sans aucune consistance mais affectionne les sols meubles et profonds assez riches ou susceptibles d'être fertilisés. C'est une espèce qui craint l'argile (Anonyme, 1993).

I.6.5. L'humidité de l'air

Les faibles humidités de l'air stoppent l'opération de fécondation et provoquent le dessèchement des dattes au stade de maturité, au contraire les fortes humidités provoquent des pourritures des inflorescences et des dattes, respectivement au printemps et à l'automne.

Donc, le dattier est sensible à l'humidité de l'air (Munier, 1973). Les meilleures dattes sont récoltées dans les régions où l'humidité de l'air est moyennement faible (40%) (Bouguedoura, 1991).

I.6.6. Le vent

Les vents ont une action mécanique et un pouvoir desséchant. Ils augmentent la transpiration du palmier, entraînent la brûlure des jeunes pousses et le dessèchement des dattes (Bouguedoura, 1991).

Les vents ont aussi une action sur la propagation de quelques déprédateurs du palmier dattier comme l'*Ectomyelois ceratoniae* (Haddad, 2000).

I.7. Les variétés de palmier dattier

Les variétés de dattes sont très nombreuses, seulement quelques-unes ont une importance commerciale. La reconnaissance des variétés de dattiers et leurs classifications est délicate elle repose sur l'observation de l'ensemble de la plante et notamment les caractères des fruits qui se différencient par : la saveur, la consistance, la forme, la couleur, le poids et les dimensions...et (Belguedj 2001). D'ailleurs sont les seuls, caractères suffisamment stables pour permettre une classification des variétés. Couramment, on classe les dattes :

I.7.1. Selon la consistance

Les dattes sont regroupées en trois catégories suivant leur consistance, cette classification a été établie par les américains est valable pour les variétés d'Algérie (Ghazi et Sahraoui, 2005).

D'après (Boukhiar 2009) la classification de la datte selon leur consistance à maturité et la texture de fruits (Daas amieur, 2009), trois catégories ont été distingué (Fig. 11). En effet, la classification de datte selon leur consistance est valable aussi pour les autres pays phoenicicoles (Espiard, 2002), par exemple :

- **Dattes molles** : Ahmar (Mauritanie), Kashram et Miskani (Egypte, Arabie-Saoudite), Ghars (Algérie).
- **Dattes demi-molles** : Deglet-Nour (Tunisie, Algérie), Mejhoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie-Saoudite)
- **Dattes sèches de consistance dure**: Degla-Beïda et Mech-Degla (Tunisie et Algérie), Amersi (Mauritanie).

Le tableau ci-dessous, résume les principales variétés de dattiers avec quelques caractéristiques morphologiques et physico-chimiques de la datte.

Tableau 3. Caractéristiques morphologiques et physico-chimique de la datte des principales variétés en Algérie ⁽¹⁾ Belguedj (2002) ; ⁽²⁾ Hannachi et al., (1998).

Variété	Consistance et forme	Couleur au stade (B'ser-maturité)	Longueur / diamètre (cm)	Maturation	Poids moyen (g)	Sucres totaux (% MS)
<i>Deglet Nour</i> ⁽¹⁾	Demi-molle, fuselée à ovoïde	Roux claire jaunâtres	6/1,8	Octobre - Novembre.	12	71,37
<i>Ghars</i> ⁽²⁾	Très molle	Jaune-brun foncé	4/1,8	Août-Septembre	9	85,28
<i>Mech Degla</i> ⁽¹⁾	Sèche, sub cylindrique	Jaune orangé	3,5/1,8	Octobre	6,5	80,07
<i>Degla Beidha</i> ⁽²⁾	Sèche, fuselée	Jaune-marron clair à beige	4,5/2	Octobre	7	74
<i>Hamraye</i> ⁽²⁾	Molle-ovoïdale	Rouge-noire avec des reflets rougeâtres	4/1,6	Octobre	8	9,02
<i>Tafezouine</i> ⁽¹⁾	Molle, cylindrique, allongée	Jaune-ambrée marron	4,2/2	Octobre	10,6	56,90
<i>Tanteboucht</i> ⁽¹⁾	Molle, arrondie	Abricot-ambrée	3	Octobre	10	56,20
<i>Arrechti</i> ⁽¹⁾	Demi-molle, oblongue	Jaune orangé, brun	4/2	Octobre	12	66,70
<i>Bent Kbala</i> ⁽¹⁾	Molle, ovoïde	Jaune-ambrée	-	Août- Octobre	-	10,75

I.7.2. Selon la date de maturation

Les variétés de dattes sont divisées en trois groupes selon leur maturation : variétés précoces (type Ghars), variétés demi-précoces (types Haloua, Ytima) et variétés tardives (type Deglet Nour).

I.7.3. Selon la commercialisation

Les différentes dattes qui existent sur le marché national et international repose sur la qualité du fruit (Toutain, 1977). Elles sont réparties en deux catégories ; dattes à haute valeur marchande, représenté par la variété Deglet Nour (46% de la production nationale) et dattes communes, qui sont généralement de faible valeur marchande (Toutain, 1992).




I.8. Les principaux ennemis du palmier dattier

Jerraya (1996), signale l'existence d'une cinquantaine d'espèces s'attaquant au palmier dattier.

selon Calcat (1959), Balachowsky (1962), Benchennouf (1971), Munier (1973), Guessoum (1985), Brun (1990), Tirichine (1992), Tirichine (1994), Djerbi (1996), Peyron (2000), Khoualdaia (2003) et Zouiqueche (2008), les principaux ravageurs et les maladies les plus fréquentes du palmier dattier sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 4 : Les principaux maladies et ravageurs du palmier dattier

Le type	Le nom		Symptômes et dégâts	La lutte
	commun	scientifique		
champignon	bayouth disease	<i>Fusarium oxysporum f. sp. Albedinis</i>	-Dessèchement unilatéral des palmes qui prennent un aspect plombé. -Le bourgeon terminal fini par se dessécher, entraînant la mort de l'arbre.	Les seules voies efficaces de la lutte sont les mesures prophylactiques et l'utilisation de variétés résistantes.
	khamedj	<i>Mauginiella scaettae</i>	-L'apparition sur les tissus des jeunes spathes lors de leur émergence, des taches elliptiques ou allongées, roussâtres puis brunâtres.	-Le nettoyage d'un arbre après la récolte. -Incinération des spathes ou inflorescences infectées. -Eviter l'usage de pollen issu de spathes infectées. -Traitement avec des fongicides.

<p>Acarien</p>	<p>Boufaroua</p>	<p><i>Oligonychus afrasiaticus</i> Mc Gregor</p>	<p>-Révélé par l'existence de toiles soyeuse blanc-grisâtres. -L'épiderme des fruites vertes est rapidement détruit</p> 	<p>- effectuer un épandage du soufre et de chaux sur les régimes ou la pulvérisation d'un acaricide.</p>
<p>insecte</p>	<p>Pyrale de datte (ver de la datte)</p>	<p><i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller</p>	<p>-Les chenilles se développent à l'intérieur des dattes, affectant fortement leur qualité marchande et deviennent inconsommables</p> 	<p>-elle est basée essentiellement sur des mesures prophylactiques et sur la lutte chimique et aussi la lutte biologique.</p>
	<p>La cochenille blanche</p>	<p><i>Parlatoria blanchardi</i> Targ</p>	<p>-petits boucliers cireux blanc légèrement grisâtre ou brunâtre recouvrant les folioles, les rachis et même les fruits et forment un encroutement.</p> 	<p>-Tailler les palmes fortement infestées et les incinérer -utilisation des ennemis naturels (EX: <i>Chilocorus bipustulatus</i> .var. <i>iranensi</i>). -Traitement avec des insecticides.</p>

	Apate monachus	<i>Apate monachus</i>	<p>se manifeste au niveau du rachis des palmes, ou l'insecte creuse ses galeries, les palmes perdent ainsi leur résistance, devenant fragiles à la moindre agitation du vent se cassent facilement.</p> 	<p>-éliminer pendant l'hiver et avant la reprise d'activité de l'insecte, les palmes attaquées et les incinérer, détruire les larves dans les galeries à l'aide de fil de fer et boucher les trous d'entrée par une substance chimiques, argileuse ou avec du mastic.</p>
--	-----------------------	-----------------------	---	---

II. 1. Présentation du ravageur *Ectomyelois ceratoniae*. Zeller

La pyrale des dattes est parmi les ravageurs les plus anéantissant de la production des dattes. Les stocks de celles-ci pourraient être considérés comme réservoirs d'insectes, surtout celles qui restent sur l'arbre (Le Pigre, 1972). Elle est aussi appelée pyrale du caroubier. Outre les gousses du caroubier, les larves se nourrissent d'une large gamme de fruits tels que les coings, les grenades, les figues et notamment les dattes dont elle cause des dégâts considérables (Khoualdia, 2003).

II.1.1.Position systématique

En raison de son ubiquité, de sa polyphagie et de sa polychromie, *E. ceratoniae* a reçu plusieurs appellations (Lepigre, 1963).

D'après Doumandji (1981), l'espèce *ceratoniae* a été décrite à partir d'un spécimen provenant d'Autriche. Le type du genre selon Hubner correspondait à l'espèce *cribrella*. Le genre *Ectomyelois* a été crée en 1966 par Heinrich regroupant cinq espèces *ceratoniae* Zeller 1839, *decolor* Zeller 1881, *furvidorssela* Raganot 1888, *muriscis* Dyar 1914, et *zetecki* Heinrich 1956.

La taxonomie de la pyrale des dattes se base essentiellement sur les critères morphologiques des adultes (Doumandji, 1981)

- **Embranchement:** Arthropodes
- **Sous embranchement :** Mandibulates
- **Classe :** Insectes
- **Sous classe :** Ptérygotes
- **Division :** Exopterygota
- **Ordre :** Lepidoptera
- **Famille :** Pyralidae
- **Sous famille :** Phycitinae
- **Genre :** *Ectomyelois*
- **Espèce :** *Ectomyelois ceratoniae* Zeller 1839
-

II.1.2. Caractéristiques morphologiques

1- **Adulte** : La pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller est un petit Lépidoptère de 6 à 12 mm de longueur et de 16 à 22 mm d'envergure (Dhouibi, 1991). D'après les travaux de Doumandji-Mitiche (1977) et Doumandji (1981), le papillon présente deux formes différentes suivant l'origine 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 espèces appartenant au genre *Ectomyelois* se distinguent par leurs nervures médianes M2 et M3 des ailes antérieures et postérieures qui sont séparées sur les deux tiers de leur longueur au lieu d'être fusionnées comme chez *Ephestia* (Dhouibi, 1991).

Les ailes antérieures sont ornées de dessins plus ou moins marqués. Les ailes postérieures sont bordées d'une frange soyeuse (Dhouibi, 1991).



Figure 18 : l'adulte d'*Ectomyelois ceratoniae*

(<http://www.ctd.tn/fr/pyraledesdattes-html>)

.2- **Œuf** L'œuf possède une forme oblongue, dont sa taille peut atteindre 0,6 à 0,8 mm. Il est de couleur blanche au début et il devient rose au bout de 24 heures. Sa surface présente un aspect réticulé (Doumandji, 1981). Il est enfermé dans une coquille translucide, d'aspect chagriné, qui laisse apparaître la coloration orangée ou jaune des éléments internes (Le Berre, 1978).

Les œufs stériles sont rares. Ils se caractérisent par une coloration blanc- grisâtre permanente et un affaissement au bout de 2 à 3 jours (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1976).

Le zéro de développement embryonnaire se situe à 15°C. Et le niveau thermométrique optimum pour l'embryogenèse est de 30°C. Sa durée moyenne est de 8,3 jours et elle n'est que de 3 jours à 30°C. (Gothilf, 1969).



Figure 17 : Œufs de la pyrale des dattes (Toumi et al., 2015)

3- Larve De l'ordre de 1mm à l'émergence, la chenille de la pyrale des dattes peut être d'une taille d'environ 18mm au cours de son dernier stade larvaire (Dhouibi, 1991).

Sa durée de vie larvaire peut aller de 6 semaines à 6 mois suivant la température ambiante (Le Berre, 1978). Elle se loge entre la pulpe et le noyau et remplit peu à peu l'espace libre des dattes de fils de soie et d'excréments (Doumandji-Mitiche, 1977).

La chenille présente 3 paires de pattes thoraciques et 5 fausses pattes abdominales ornées de crochets, dont le nombre permet de caractériser avec la taille et les dimensions de la capsule céphalique les divers stades larvaires.

D'après Doumandji (1981), la couleur de la chenille dépend de la plante hôte sur laquelle elle se nourrit. Celle qui se trouve dans les dattes elle est rose ou blanc- jaunâtre avec une tête rouge brun.

La chenille de cette espèce est reconnaissable par la présence d'un anneau complet entourant la soie située au dessus du stigmate du 8^{ème} tergite abdominal. Cet anneau prend la forme d'un arc sur les autres segments (Dhouibi, 1991).



Figure 18 : Chenille de la pyrale des dattes (Toumi et al., 2015)

4- Chrysalide : d'après Dhouibi (1991) La chrysalide mesure environ 8mm de longueur et possède un corps de forme cylindroconique. Elle est caractérisée par la présence de 7 paires d'épines sur les sept premiers segments abdominaux et deux crochets à l'extrémité abdominale. Le prothorax est généralement rugueux, avec une carène médiodorsale irrégulière. Le même auteur a mentionné que son enveloppe chitineuse est de couleur brune et généralement entourée par un fourreau de soie lâche tissé par la chenille avant sa mue nymphale.

Dans la plupart des cas, la chrysalide se trouve dans la datte où la chenille a effectué son développement. Dans ce cas, elle est orientée de telle façon que sa partie céphalique se trouve en contact avec un orifice ménagé 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 crévaces des murs, sur les caisses et même dans les fentes du stipe dur du palmier dattier.



Figure 19 : Chrysalide de la pyrale des dattes (Toumi et al., 2015)

II.1.3. Le cycle biologique :

Ectomyelois ceratoniae est un micro lépidoptère, qui accomplit son cycle biologique par le passage de différents stades: adulte, œuf, chenille, Nymphe.

D'après Gothilf (1969) .les émergences des adultes ont lieu dans la première partie de la nuit. Les papillons s'accouplent à l'air libre ou même à l'intérieure des enclos où ils sont nés sans avoir besoin de voler au préalable. La copulation est relativement longue, elle dure plusieurs heures (Wertheimer, 1958). Une femelle émet en moyenne de 60 à 120 œufs qui éclosent trois à quatre jours après cette ponte (Le Berre, 1978).

Selon Wertheimer (1958), la chenille néonate aussitôt après sa naissance, cherche un abri et de la nourriture. Elle fore des trous et creuse une galerie et se localise entre la pulpe et les noyaux. Cet orifice, de petite taille, est bouché par un réseau soyeux blanchâtre. La croissance des chenilles se fait par mues successives, elle dure suivant la température ambiante de 6 semaines à 8 mois (Vilardebo, 1975).

Lorsqu'elle atteint sa taille maximale, le fruit dans lequel elle se trouve est très attaqué, sa pulpe est remplacée par des excréments, des fils de soie et des capsules, reliquat des différentes mues.

La chenille du dernier stade tisse un cocon soyeux et elle se transforme en nymphe qui présente toujours la tête tournée vers l'orifice qui se situe au niveau du pédoncule operculé par de la soie. Ainsi, au moment de l'émergence, le papillon n'aura à fournir qu'un léger effort pour s'échapper (Doumandji-Mitiche, 1977).

D'après Lepigre (1961, 1963) la nymphose a une durée indéterminée. L'imago qui en résulte à une durée de vie de 3 à 5 jours pendant laquelle il va s'accoupler et pondre. Il est extrêmement rare de trouver dans la même datte deux larves d'*Ectomyelois ceratoniae*, cela est dû au phénomène de cannibalisme qui caractérise cette espèce (Le Berre, 1978).

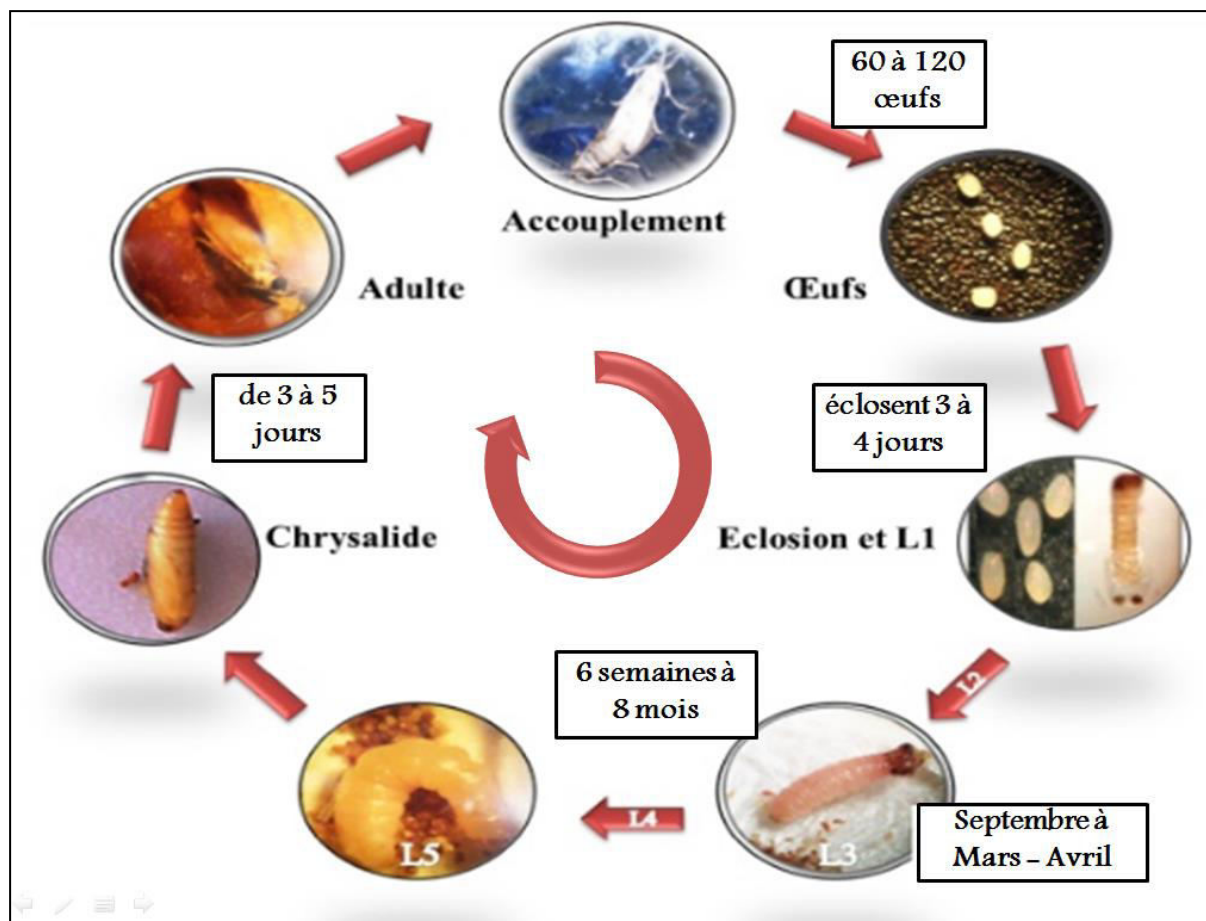


Figure 20 : cycle évolutif d'*Ectomyelois ceratoniae* (Toumi et al., 2015)

II.1.4. Plantes hôtes:

L'*Ectomyelois ceratoniae* est une espèce très polyphage. D'après Doumandji (1981), le nombre de plantes hôtes reconnues est de 49 dans le monde, 32 espèces en Algérie dont 25 dans la Mitidja. Les principales et les plus importantes espèces en Algérie sont: le caroubier *ceratonia siliqua*. Le néflier du japon *Eribotrya japonica*, l'oranger *Citrus sinensis*, le grenadier *Punica granatum* L. et le palmier dattier *phoenix dactylifera* L.

Secondairement viennent *Acacia feresiana* L, *R'tem retama bovei* L. pour les plantes occasionnelles sont signalés l'Amandier *Prunus amygdalus* L, l'Abricotier *Prunus armeniaca* L et les Figuier *Ficus carica* L. (Doumandji, 1981).

II.1.5. Les dégâts :

Selon Wertheimer (1958), Lepigre (1963), Ben Addoune (1978) et Idder (1984), le pourcentage d'attaque le plus élevé est de 10 % et peut atteindre 30 % au Nord de l'Algérie.

Le Berre (1975), précise que les dattes molles comme Ghars sont les plus infestées que les Demi-molle, elle-même plus attaquées que les sèches. Il note aussi un niveau d'infestation de 8 % pour la variété Ghars, 7 % pour la variété Deglet Nour et 1,2 % pour Mech Degla.

En Tunisie, *E. ceratoniae* reste le ravageur le plus abondant et le plus important sur le plan économique dans les zones phœnicicoles, on estime environ 20 % des dattes de la variété Deglet Nour sont régulièrement attaquées (Khoualdia et Marroj, 1996). Dans les oasis Tunisiens, la culture de grenadier est en voie de disparition à cause des attaques de la pyrale qui peuvent atteindre jusqu'à 80 % de la production (Khoualdia et *al.*, 1995). Alors qu'au Maroc, ce ravageur cause jusqu'à 30 % de perte dans les récoltes de dattes (Bouka et *al.*, 2001). En Californie la pyrale des dattes est considérée comme l'espèce la plus économiquement nuisible pour la culture de palmier dattier, infestant 10 à 40 % de la récolte de Deglet -Nour annuellement (Farrar, 2000).

D'après Haddad (2000), le taux d'infestation des dattes varie de 22,5 % sur la variété Deglet Nour à 23,33 % (Saggou, 2001). En revanche, Munier (1973), estime que le pourcentage des fruits attaqués à la récolte est habituellement de 8 à 10 % mais cette proportion peut être plus élevée et peut atteindre les 80 %. Aussi, Idder et *al.*, (2009), ont enregistré dans les palmeraies de la région de Ouargla, un niveau d'infestation de 57 %.

II.2. Synthèse sur les méthodes de lutte biologique appliquées contre la Pyrales des dattes

A. Par les lâchers des parasitoïde

A.1.1. Par les deux espèces de la famille Trichogammatidae

Les parasites oophages du genre *Trichogramma*, (Hyménoptéra, Chalcidaidea, Trichogammatidae) sont de plus en plus connus parmi les auxiliaires utilisés en lutte biologique.

Les premiers essais de lâchers massifs de Trichogrammes sont réalisés par Vassiliev a Tachkent en 1904 et par Radietsky près de Samarkhand en 1910 contre le carpocapse des pommes, (Benassy Et Milaire, 1971). En 1927, les premiers lâchers expérimentaux aux U.S.A. sont faits par Flanders sur le même ravageur cite ci-dessus.

En 1956, c'est RAO (In Lederle Et Bontemps, 1975) qui lutte en Inde contre le Borer de la canne à sucre (*Proceras sacchariphagus* à l'aide de *Trichogramma evanescens*. Les ooparasites de ce groupe ont été utilisés par Breniere a Madagascar en 1960, (Breniere, 1965).

En Bulgarie, les travaux concernant l'étude de Trichogrammes et leur utilisation ont débuté en 1963, (Karadjov, 1973).

En 1970, 170 hectares de champs de cotonniers entourés de maïs, ont été traités à l'aide de *Trichogramma sp*, pour lutter contre *Heliothis zea* et *Alabama argillacea* en Amérique centrale, à El-Salvador, (Vigil, 1971). Voegele et al (1975) utilisent pour la première fois en France ou plus exactement en Alsace *Trichogramma evanescens* contre la Pyrale du maïs. Ils obtiennent un fort pourcentage de parasitisme compris entre 81 et 96 %

En Algérie, les premiers essais de lâchers des Trichogrammes ont été faits d'une part en 1978 dans une caroubraie où le pourcentage du parasitisme naturel était nul et d'autre part en 1981 dans un verger d'agrumes en Mitidja où le parasite était initialement absent, condition nécessaire pour estimer plus tard l'efficacité de nos lâchers, (Doumandji-Mitiche et Doumandji, 1982).

Dans la carouberaie d'El-Alia, l'impact de nos lâchers demeure faible dans les conditions où ils ont été faits. En effet, au point de lâcher 5,8 % des œufs sont parasités mais à 200 m ce taux n'atteint que 0,7 % de l'ensemble des œufs. Par contre, l'installation du chalcidien dans les œufs d'*E. cetratoniae* sur *Citrun* a été rapide atteignant au bout de quelques semaines un maximum de 84,6 % (Doumandji - Mitiche, 1983).

Considérant de ces résultats encourageants qu'ils ont pu obtenir, ils ont décidé de réaliser des essais de lâchers à l'aide de ces Trichogrammes dans les Palmeraies du Sud Algérien, où la Pyrale provoque de gros dégâts sur dattes et précisément sur "Deglet Nour" dans une Palmeraie, à Ouargla.

A.1.1.1. Par *Trichogamma embryophagum* Hartig (Hymenoptera, Trichogrammatidae)

Selon Idder (1984). Dans la région de Ouargla, Doumandji-Mitiche pu prélever des dattes des stocks en décembre 1981, ainsi qu'au sol en mars et en avril 1982, Suite à ce travail, IDDER a pu échantillonner en 1983 des dattes des régimes, des cornafs et des cœurs de Palmiers, ainsi qu'au sol et dans les lieux de stockage. Des lâchers de Trichogrammes ont eu lieu en été et en automne 1983.

Ils sont choisis deux parcelles, La parcelle 1 (P1) est située dans la zone de Mekhadma distante de 1,5 km du centre de la ville de Ouargla. Et la parcelle 2 (P2) se localise à Saïd Otba, à une distance de 0,6 Km du centre de la ville de Ouargla.

Deux techniques de lâchers de ces Chalcidiens ont été adoptées. La première réside tout simplement dans la fixation du tube à essai renfermant 100 à 150 individus de Trichogrammes au niveau du régime (figure 23). La deuxième consiste à envelopper entièrement le régime dans un sac en toile fine à l'intérieur duquel est placé au préalable le tube à essai renfermant 100 à 150 individus de Trichogrammes. Les lâchers ont eu lieu 30 minutes avant le crépuscule, moment qui correspond au début des émergences des pyrales(Figure B).

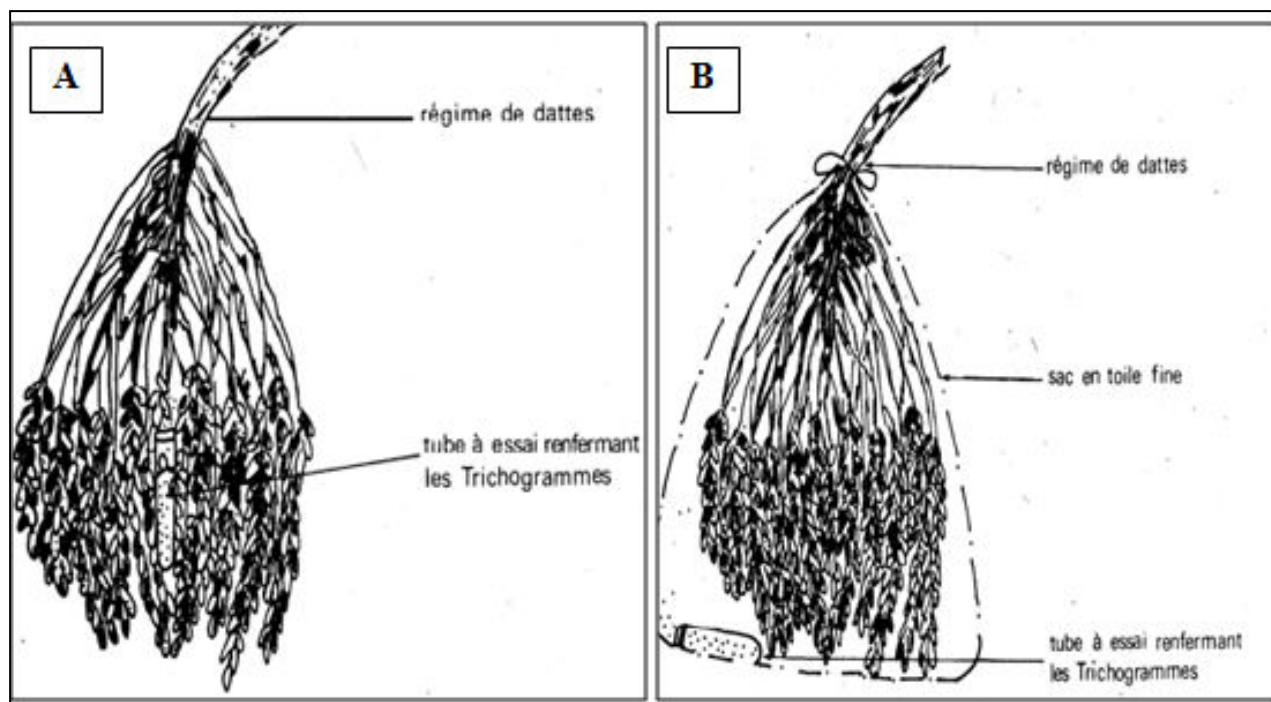


Figure 21: Les deux techniques de lâchers des deux espèces *Trichogramma sp*

Les résultats concernant les attaques des dattes par des diverses formes d' *E. cenatoniae* en été et en automne 1983 et les taux de parasitisme obtenus avant et après les lâchers des *Trichogrammes* ; être consigner dans le tableau 5

Tableau 5 : Taux d'attaque des dattes Deglet Nour par la Pyrale et pourcentages de parasitisme par *Trichogramma sp* avant et après les lâchers en 1983

Parcelle		Taux d'attaque des dattes par <i>E. Ceratoniae</i> sur régimes		% parasitisme par <i>Trichogramma sp.</i>					
				P1			P2		
		P1	P2	T.W	W.P	P %	TW	WP	P %
Avant les lâchers	Développement complet du fruit	0 %	0 %	0	0	0 %	0	0	0 %
	Début maturité du fruit (1 Oct)	0 %	4,3 %	9	0	0 %	0	0	0 %
Après les lâchers	Fruit visqueux (10 Oct)	18 %	24,1 %	59	0	0 %	30	0	0 %
	Fruit prêt à la récolte (30 Oct)	16,9 %	24,2 %	124	24	19,35 %	78	12	15,38 %

T.W = Nombre total d'œufs d'*E.ceratoniae*

W.P = Nombre d'œufs parasités par *T. embryophagum*

P % = Pourcentage de parasitisme par *T. embryophagum*

a) Les résultats :

Selon Idder et Doumandji-Mitiche (1983), Dans la parcelle 1, la variété, "Deglet Nour" est attaquée à 18 % le 10 octobre lorsque le fruit est à l'état visqueux et à 16,9 % le 30 octobre sur les fruits prêts à la récolte.

les fruits de la parcelle 2 présentent un taux d'attaques dues à *E. ceratoniae* de 24,1 % et de 24,2 % respectivement à l'état "fruits visqueux" et fruits "prêts à la récolte".

Avant les lâchers des Trichogrammes, le taux de parasitisme était nul dans les deux parcelles. Après les lâchers, ce taux atteint respectivement 19,35 % dans la P1 et 15,38 % dans la P2.

b) Discussion :

Au début du stade de développement complet du fruit, les attaques d'*E. ceratoniae* sont nulles dans les 2 parcelles. En effet, la Pyrale trouve des difficultés à déposer ses œufs sur les fruits à péricarpe encore rigide et de plus les fruits ne sont pas encore attractifs.

Au niveau des régimes, les attaques commencent à se manifester au début de la maturation des fruits et s'accroissent lors de leur état visqueux.

Avant les lâchers de Trichogrammes, sur 59 œufs comptés en P1 et 30 œufs en P2, aucun n'était parasité. Après les lâchers, en P1 24 œufs sur 124 contenaient le Trichogramme nous donnant un taux de parasitisme de 19,35 % et en P2, 12 sur 78 étaient parasités donnant 15,38 %.

c) Conclusion

Donc, d'après les résultats obtenus, les lâchers de Trichogrammes dans les Palmeraies de Ouargla en vue de lutter contre la Pyrale des dattes, *Ectameylois ceratoniae*, pourraient donner de bons résultats.

Il est à noter aussi que l'activité des Trichogrammes sur les œufs d'*E. ceratoniae* dépend étroitement de la période de lâcher qui correspond à Ouargla au stade du fruit visqueux entre le 10 et le 15 Octobre,

A.1.1.2. Par *Trichogramma cordubensis* Vargas et Cabello (Hymenoptera, Trichogrammatidae)

Par la même technique de lâchers de *Trichogramma embryophagum* signalée par Idder et Doumandji-Mitiche en (1983), Idder *et al.*, en (2008) sont lâchers de *Trichogramma cordubensis*. Où ils sont choisis une parcelle A situé à 6 km de la ville d'Ouargla.

Leur expérimentation a été réalisée à partir de 12 palmiers dattiers, dont 4 ont servi de témoins et 8 autres sont reçu des lâchers de trichogrammes. Ces arbres ont été choisis aléatoirement dans la parcelle.

Une semaine après le lâcher, des observations ont été effectuées afin de quantifier les œufs parasités par les trichogrammes et d'établir des pourcentages de parasitisme. Des comparaisons ont en fin été réalisées entre ces pourcentages avant et après les lâchers du parasitoïde, et parmi les arbres traités et témoins.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Aucun œuf parasité n'a pu être observé sur les dattes des palmiers témoins. Ceci est vrai aussi bien avant qu'après le lâcher de parasitoïdes. Sur les arbres où des trichogrammes ont été lâchés, un pourcentage de parasitisme allant de 47 à 64 est par contre apparu. Ce pourcentage atteint 54 sur l'ensemble des arbres traités. Le fait que les arbres témoins n'aient pas été atteints par les trichogrammes semble indiquer que leur action reste limitée à l'arbre qui a reçu le lâcher. Des arbres témoins sont en effet très proches, à une dizaine de mètres, des arbres traités.

L'utilisation de deux espèces différentes de trichogrammes *T. embryophagum* et *T. cordubensis* dans la lutte contre la pyrale des dattes *E. ceratoniae* dans les palmeraies à Ouarglaa conduit, à chaque fois, à des résultats satisfaisants.

Il serait souhaitable de tester d'autres espèces de trichogrammes afin de retenir les plus performantes.

B. Par le lâcher des mâles stériles (Lutte autocide)

La technique d'insectes stériles consiste aux lâchers inondatifs des mâles d'*Ectomyelois ceratoniae* issus d'élevage en masse dont la fertilité à été préalablement annihiler par irradiation à fin qu'ils empêchent leurs congénères de se reproduire (Dridi *et al.*, 2001).

En 1999, l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) a mis en œuvre un programme de lutte par le biais de la technique des insectes stérile (TIS). Cette méthode consiste à la production en masse des individus mâles de la pyrale des dattes dans des conditions contrôlées et leurs irradiations par les rayons gamma au niveau du centre de recherche nucléaire d'Alger. Ces individus irradiés ont été ensuite lâchés dans les zones phoénicoles (Biskra, El-Oued et Ouargla) (Dridi *et al.*, 2001). D'après ces auteurs les résultats préliminaires sont très encourageants et souhaitent de généraliser cette technique.

Mais, sous genre de méthode de lutte reste applicable au niveau des stations expérimentales (INPV), où les résultats d'études sont non publiées et aussi le manque des banques des données parce que l'appareil qui contient les rayons les rayons responsable de la stérilité des mâles est indisponible en Algérie pour accélérer et de faciliter l'application de cette méthode, aussi la mentalité des agricultures algériens est confiné à les méthodes habituelles et traditionnelles (communication avec le directeur de INPV de Biskra, 2014).

II.2. Présentation de cochenille blanche : *Parlatoria blanchardi* Targ.

La cochenille blanche est l'un des ravageurs touchant la vigueur et même la survie des palmiers dattiers par le biais de ses générations, au nombre de cinq, qui s'interfèrent dans l'année, et dont la plus dangereuse est celle qui parvient du mois de septembre au mois de décembre où apparaissent de nombreuses nymphes (Derhab, 2004).

Elle apparaît comme des écailles cireuses de forme ovale et de taille variable (1 et 1,5 mm) ; sa couleur est blanche ou grise, sur les palmes et les folioles. En cas de fortes attaques, elle apparaît sur les fruits. Ces écailles ne sont autre que des cuticules de mutations et des sécrétions cireuses servant à la protection de l'insecte qui vit en dessous d'elles (El-Hadj et *al.*, 2005).



Figure 22 : le male et la femelle de cochenille blanche
(<http://fcic.co/en/gallery/parlatoria-balancharidi.html>)

II.2.1.Position Systématique

En se basant sur les caractères morphologiques des mâles et femelles, Balachowsky (1954) a proposé une nouvelle classification des cochenilles, ainsi la position systématique de la cochenille blanche du palmier dattier est la suivante :

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Division : Exopterygota

Super ordre : Hemipteroidea

Ordre : Homoptera

Sous ordre : Sternorrhyncha

Super famille : Coccidae

Famille : Diaspididae

Sous famille : Diaspidinae

Tribu : Parlatorini

Sous tribu : Parlatorina

Genre : *Parlatoria*

Espèce : *Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti, 1868.

II.2.2. Les caractères morphologies

1. Œufs :

D'après Smirnof (1954) ; l'œuf est allongé, de couleur rose pâle, à enveloppe externe très délicate, disposé sous le follicule maternel, groupés en nombre de 11 en moyenne. Ils mesurent environ 0,04 mm de diamètre et leur période d'incubation est de 3 à 5 jours.

2. Larves :

2.1. Larves mobiles :

Sont de couleur rouge clair, ont des pattes bien développées, explorent le support végétal puis se fixent. Leur activité varie de quelques heures à trois jours selon les conditions du milieu (Smirnof, 1954).

2.2. Larves fixes :

Deux à trois jours les larves mobiles se fixent, elles se couvrent d'une sécrétion blanchâtre, qui forme le follicule du premier âge (pseudo bouclier). Après la première mue, elles sécrètent un deuxième bouclier et deviennent apodes, donc les larves sont au deuxième stade qui correspond à la différenciation du mâle et la femelle (Smirnof, 1954).

2.3. Femelle :

La jeune femelle est rouge claire, elle rosit plus pour arriver à une teinte lilas au cours de sa croissance, la longueur de la femelle adulte est de 1,2 à 1,4 mm. Le follicule de la femelle adulte mesure de 1,2 à 1,6 mm de long et 0,3 mm de large. Il est de forme ovale, très

aplati, de couleur brun, recouverte par un bouclier cireux, constitue la masse extérieure du follicule (Balachowsky et Mesnil, 1935).



Figure 23 : Cochenilles femelles vivantes de *Parlatoria blanchardi* (Gros x4) (SAIGHI et al., 2015)

2.4. Mâle :

Le mâle présent un follicule blanc, de forme allongée, mesure 0,8 à 0,9 mm de longueur. Le mâle adulte est de couleur roux jaunâtre, porte généralement une paire d'ailes transparentes, trois paires de pattes, une paires d'antenne bien développées et deux yeux globuleux (Smirnoff, 1954).

II.2.3. Plantes hôtes

En plus de *Phœnix dactylifera*, *P. blanchardi* est susceptible de se développer sur les plantes suivants (Munier, 1973) :

- *Phœnix canariensis* Hort. ; *Phœnix reclinata* Jacq. ; *Hyphaene thebaïca* Mart.
- *Washingtonia filifera* Wendl. ; *Latania* sp. ; *Philadelphus coronaries* L.

II.2.4. Cycle biologique

La femelle de *P. blanchardi* est ovipare, elle pond ses œufs sous le follicule, l'échelonnement de la ponte est de deux semaines au début de printemps et de deux à six jours en été. Après éclosion des œufs, les jeunes larves restent un certain temps sous le bouclier maternel puis quittent ce dernier pour aller se nourrir sur les différentes organes du palmier (Balachowsky, 1950 et Dhouibi, 1991).Après fixation sur le support végétal, la larve du premier stade L1 s'élargie, s'aplatie et sécrète un bouclier blanc qui devient graduellement brun puis noir.

Après une semaine environ, les larves L1 mue et donne naissance à des larves de deuxième stade L2, ce dernier dure deux ou trois semaines, permettant ainsi une différenciation nette des larves mâles et femelles (Smirnoff, 1957).

Selon, Smirnoff,(1954), les larves du deuxième stade futur femelle, passe par une autre mue pour donner les femelles immatures puis des femelles en parturition avec une troisième sécrétion qui termine la confection du bouclier qui acquiert sa forme et sa taille définitive.

D'après Tourneur et Lecoustre (1975), les larves du deuxième stade futur mâle subit une mue qui aboutit à la pronymphe ou protonymphe puis une troisième mue donne la nymphe ou deutonymphe. Une quatrième mue transforme la nymphe en adulte.

La durée des différents stades est de trente à quarante jours. Une fois envolé, le mâle reste deux à quatre jours, car ces pièces buccales sont atrophiées (Smirnoff, 1957).

Donc les jeunes larves passent par trois stades larvaires avant donner la femelle adulte (2 mues) alors que le mâle passe par cinq stades larvaires (4 mues) (Dhouibi, 1991).

II.2.5. Les dégâts

Parlatoria blanchardi, est l'un des principaux ennemis du palmier dattier. Les dégâts causés par ce ravageur sont très importants. La cochenille préfère les endroits ombragés ayant une humidité relative élevée (Dhouibi, 1991).

El-Haidari (1980), signal que tous les stades de la cochenille blanche vivent et s'alimentent normalement sur les folioles des palmes qu'ils peuvent recouvrir entièrement, mais ils sont susceptibles de s'attaquer aux divers organes du palmier (palmes, hampe florale et même les fruits).

D'après El-Haidari et Al-Hafidh (1986), le niveau d'infestation de la cochenille blanche sur les palmes, varie selon les différentes couronnes du palmier ou bien l'âge des palmes, il est très élevé dans la couronne extérieure, avec un degré moins dans la couronne intérieure et plus faible au cœur.

C'est un insecte phytophage, pourvu d'un appareil buccal du type piqueur suceur, muni d'un rostre lui permettant de se fixer, de s'alimenter en sève et d'injecter dans les tissus

végétaux du palmier une certaine quantité d'une toxine qui altère la chlorophylle (Iperti et Laudeho, 1969 ; Munier, 1973). Les folioles jaunissent et ne peuvent assurer leurs fonctions physiologiques, les palmes deviennent brunes ou vertes sales, et de loin paraît grises, par la forte infestation. En outre, la formation d'encroûtement par une importante invasion de *P. blanchardi*, sur les folioles et le rachis, épuise le palmier, entrave la photosynthèse, gêne la transpiration et la respiration, provoquant ainsi le vieillissement rapide et une mort prématurée des palmes et voir même un dépérissement des jeunes Djebbars (Smirnoff, 1957 et Munier, 1973).

Dans le cas d'une importante infestation, la cochenille blanche peut aussi envahir les fruits et causée de sérieux dégâts. Les dattes attaquées se rident, se déforme, se déprécie, s'arrêtent dans leur développement, se dessèchent sans atteindre leur complète maturité, leur aspect devient défectueux, impropre à la consommation et leur valeur marchande diminue considérablement, il en résulte, par conséquent, des dégâts très importants qui se traduisent par une baisse considérable des rendements (Munier, 1973 et El-Haidari, 1980).

A Colomb-Béchar, plus de cent mille dattiers étaient en plein dépérissement en 1924; à Inzegmir (Touat), plus de mille palmiers dattiers sont morts de 1912 à 1926 (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Au Maroc, Munier, (1973), signale que les pertes de récoltes, sont arrivées jusqu'à 80% en 1952 à Erfoud. Le même auteur, estime une diminution de la production de 50 à 60 % dans la palmeraie de Risani à Tafilalet, après les trois années qui ont suivi son infestation par *P. blanchardi*, ce qui peut nous renseigner sur les énormes pertes causées par ce ravageur.

- la lutte contre la cochenille blanche par les lâchers des auxiliaires

Le meilleur procédé de lutte consiste en la limitation de la cochenille par d'autres insectes (prédateurs) qui en font leur nourriture (Delassus et Pasquier, 1931 in Bensaci et Oualan, 1991). Les ennemis naturels de cette diaspine sont divers comprenant des (Coccinellidae et Nitidulidae) et des Névroptères (Chrysopidae), (Madkouri, 1970). Cependant, les possibilités d'interventions biologiques se sont limitées à l'utilisation de prédateurs coccineillidés.

En Adrar et au Tagan Mauritanien où il a été effectué l'étude des prédateurs indigènes, les principales espèces recensées sont deux coccinelles *Pharoscygnus ancharago*,

Phaoscymnus semiglobosus, et un Nitidulidae *Cybocephalus seminulum*., Ces derniers ont une efficacité non négligeable dans ces régions, mais elle est réellement insuffisante pour enrayer la prolifération de la cochenille, dès que les conditions deviennent favorables à celle-ci, (Munier, 1973).

A Ouargla sur trois biotopes différents (Zenkri, 1988) signale parmi les prédateurs indigènes, une Coccinellidae *Pharoscymnus semiglobosus* qui détient le taux de prédation le plus important et c'est le seul qui répond aux conditions d'élevage. Le taux moyen de prédation de *Parlatoria blanchardi* par *Pharoscymnus semiglobosus* est de 13,68 %. (Bensaci et Oualan, 1991).

Les ennemis naturels de *Parlatoria blanchardi* présents dans les palmeraies ne sont pas suffisants pour limiter les populations de cette cochenille. C'est pourquoi, il serait intéressant, dans le cadre d'une lutte biologique, de faire des élevages puis des lâchers de coccinelles pour diminuer efficacement les populations de ce ravageur.

En Algérie (Bechar), la première tentative de lutte biologique contre *Parlatoria blanchardi*, était mené par Balachowsky en 1925 par deux prédateurs autochtones, *Pharoscymnus anchorago* Faim. (Coccinellidae) et *Cybocephalus palmarum* Pey. (Nitidulidae), découvert la même année par Balachowsky dans la région de Biskra et d'Oued Rhir où ils dévorent les jeunes larves et les œufs sous les boucliers. (Balachowsky, 1925, 1926 et 1937).

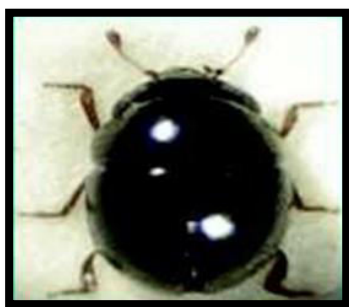


Figure 25 : *Cybocephalus seminillum*

(x 16)(Mebarki, 2009)

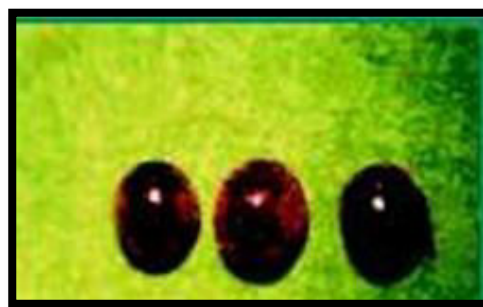


Figure 26 : *Pharoscymnus ovoideus*

(x 8) (Idder, 2008)

Depuis l'introduction de ces prédateurs, qui se sont multipliées en abondance dans les oasis de Bechar où leur acclimatation a parfaitement réussi, les attaques sont moins vigoureuses et les dégâts se sont atténués (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Ces travaux ont été repris par Salhi en 1998 dans la région de Biskra, qui a montré que, les lâchers des prédateurs autochtones, *P. semiglobosus* Karch. (Coccinellidae), *Pharoscymnus ovoïdeus* Smith (Coccinellidae) et *Cybocephalus palmarum* Pey. (Nitidulidae), dans des palmeraies infestées par la cochenille blanche, à raison de cinquante individus par palmier, ont donné des résultats encourageants, avec un taux de prédation de 50 % (Salhi, 2000).

Ces prédateurs autochtones ont une efficacité non négligeable dans nos régions, mais elle est réellement insuffisante pour freiner la prolifération de *Parlatoria blanchardi*. Donc il est nécessaire de recourir à d'autres espèces allochtones telle que *Chilocorus bipustulatus* L. var. *iranensis* (Coccinellidae) dont le taux de multiplication et de voracité est beaucoup plus élevé que celui de nos prédateurs indigènes (Iperti *et al.*, 1970).

En Afrique du Nord, le *C. bipustulatus* var. *iraniensis*, est introduit pour la première fois dans les palmeraies de Mauritanie en vue d'une lutte biologique contre la cochenille blanche du palmier dattier. Bien qu'elle marque un ralentissement d'activité à deux époques de l'année, cette coccinelle survit aux dures conditions de la saison estivale et résiste parfaitement aux conditions de la période froide (Iperti *et al.*, 1970).

Les premiers lâchers du prédateur allochtone, débute en 1967 et se poursuivent jusqu'à la fin de 1969, recouvrant ainsi 120000 palmiers (Iperti, 1970). Après sa propagation et son acclimatation dans les différentes palmeraies mauritanienne, *C. bipustulatus* var. *iraniensis* a pu réduire le niveau d'infestation de *Parlatoria blanchardi*, de la note 1 - 2 à 0,5 pour 90 % des palmiers (Iperti *et al.*, 1970 ; Munier, 1973).

Les résultats obtenus en Mauritanie ont permis d'envisager des opérations similaires dans d'autres pays phœnicicoles, notamment le Niger. Cette opération, débute en 1972, avec l'introduction de 6000 individus de la Mauritanie, pour élevage et acclimatation, les lâchers ont commencé en 1973 jusqu'à 1974 avec 22300 prédateurs lâcher dans les palmeraies du Niger. Tout au long de l'année 1973, le niveau d'infestation de la cochenille blanche n'a pas cessé de baisser, il est tombé de la note 3,5 – 4 à 0,5, mais en été, il faudrait conserver en permanence une couverture végétale dans la palmeraie, permettant à la coccinelle de se maintenir et de se multiplier chaque année, et de fournir éventuellement le matériel biologique indispensable à la lutte contre la cochenille blanche du palmier dattier (Tourneur *et al.*, 1976).

Madkouri, (1975), a étudié la bio écologie des deux prédateurs exotiques de *Parlatoria blanchardi*, *C. bipustulatus* var. iraniensis et *Chilocorus cacti* L qui ont pu arrêter la pullulation de la cochenille blanche du palmier dattier dans les régions phœnicicoles du Maroc. Dans les années 1992 et 1994, des essais d'acclimatation et des lâchers ont été réalisés dans la palmeraie tunisienne de Segdoud, et les résultats sont très satisfaisants (Khoualdia et al., 1997). L'introduction de ces coccinelles a permis, après un mois des lâchers d'abaisser le niveau d'infestation de *P. blanchardi*, de la note 4,5 à 2,5, quelques mois plus tard, les populations de la cochenille n'ont jamais dépassé la note 2 et baisse jusqu'à la note 0,5 (Khoualdia et al., 1997). Les travaux de Tourneur et al., (1976), ont montré que la coccinelle *C. bipustulatus* var. iraniensis peut limiter les dégâts de *P. blanchardi* en six mois à condition d'utiliser 400 individus par 60 à 100 palmiers dattiers et l'existence d'une couverture végétale dans les palmeraies comme zone de refuge estivale.

Le facteur température permet d'ailleurs de distinguer trois dynamiques de développement des populations : un développement optimal lorsque la température moyenne est comprise entre 20 et 30°C, un développement très faible à nul lorsque la température moyenne est inférieure à 16°C ou supérieure à 33°C, et un développement ralenti lorsque la température moyenne est comprise entre 16 et 19°C ou entre 31 et 33°C. La température semblerait être le facteur déterminant dans la dynamique des populations de *P. blanchardi*.

Dans la région d'Ouargla, nous avons pu déterminer l'existence de trois générations de *Parlatoria blanchardi*, une première génération hiverno-printanière, une deuxième génération estivale et une troisième génération estivo-automnale. La génération G1 est la plus importante en termes d'effectifs et donc de dégâts. La génération G3 est aussi relativement importante contrairement à la génération G2.

Selon Idder (2011) la lutte biologique nécessite en outre un certain degré de technicité pour mener à bien les élevages destinés à multiplier les auxiliaires et pour suivre régulièrement les relations auxiliaires-ravageurs existant dans les palmeraies

Donc, en Algérie les méthodes des lâchers des auxiliaires contre les cochenilles blanches est confiné de plus entre les lutttes habituelles où les agricultures se basent sur la lutte physique qu'elle est facile à mettre en pratique puisqu'elle ne nécessite aucune technicité élevée et peut être appliquée à n'importe quel moment de l'année, et la lutte chimique qu'est également efficace puisqu'elle permet d'obtenir une rapide et forte mortalité des cochenilles.

I. Les agrumes (*Citrus*)

I.1. Généralités sur les agrumes (*Citrus*)

Les agrumes sont des petits arbres ou arbustes de taille moyenne, cultivés dans l'ensemble des régions chaudes, tropicale et subtropicale. Ils sont originaires d'Inde, de Chine, d'Australie septentrionale et de la nouvelle Calédonie. Ils étaient traditionnellement cultivés dans les jardins. Le terme agrume désigne les seules espèces utilitaires du genre *Citrus* et de deux genres voisins : *Fortunelles* et *Poncirus*, il s'applique aussi bien aux arbres qu'à leur fruit (Pesson et Louveaux, 1984).

I.1. Position systématique

La position taxonomique des agrumes d'après (Jacquemend et Bicollel, 1986) se présente par la classification de Tanaka :

Embranchement : Spermaphytes.

Sous/ embranchement : Angiospermes.

Classe : Eudicots.

Ordre : Géraniales.

Famille : Rutaceae.

Sous / famille : Aurantoideae.

Tribu : Citreae.

Sous/ tribu : Citreeneae.

Genre : *Citrus*.

Les Rutaceae comprennent plus de 700 espèces, en grande partie arborescente, appartenant aux pays chauds. C'est une famille qui n'offre qu'un petit nombre de caractères.

La systématique des *Citrus* est très difficile à cause des croisements intergénétiques et interspécifiques qui s'opposent facilement entre eux.

Il existe deux systèmes principaux de classification pour le genre *Citrus* : Celui Single qui ne comprend que 16 espèce et celui de Tanaka beaucoup plus précis avec 156 espèces.

Les principales espèces cultivées du genre *Citrus* sont :

Citrus sinensis (L) : Oranger.. *Citrus nobilis* Lour : Mandarinier à gros fruits ; *Citrus unichin*(MAK) Marc : Mandarinier à Satsuma ; *Citrus deliciosa* Ter : Mandarinier commun ; *Citrus reticulata* blanc : Clémentinier ; *Citrus limon* : Citronnier.

I.3. L'importance économique de la culture d'agrume

Plus de 50% des agrumes cultivés sont sous un climat estival aride, alors que le territoire d'origine connaît les pluies de mousson d'été qui atteignent et dépassent même souvent 1200 mm par an, tandis que ces zones à climat estival aride ont une pluviosité annuelle souvent inférieure à 100 mm. Webber (1948) et Hume(1957).

Si la production agrumicole se caractérise par une vaste dispersion dans le monde entre les quatrièmes parallèles nord et sud, l'essentiel des tonnages est récoltés dans quelques régions seulement: le bassin méditerranéen, les Etat Unis, le Brésil, la république Sud-Africaine et le Japon sont en effet les principaux centres producteurs.

Cette inégale répartition de la production agrumicole mondiale entre pays producteurs est liée à la position géographique de ceux-ci.

En effet, un peu moins de 4/5 de tonnages récoltes sont dans l'hémisphère nord, bien que la zone d'origine des agrumes se situé entre le 30°de latitude nord et le 10° de latitude sud.

I.3.1. Dans le monde

Les agrumes, première production fruitières mondiale pour la saison 2001-2004,104 millions de tonnes dont :

- 60%d'orange
- 18% petits agrumes (mandarines, clémentine...)
- 11% de citrons et de limes
- 5% de pomelos

Pour les différents types d'agrumes, les principaux pays producteurs sont les suivants (classement par rapport aux statistiques de la FAO en 2004). (Voir tableau N°02)

Tableau 6 : Les principaux pays producteurs (FAO, 2004)

Oranges	Brésil, Etats-Unis, Mexique, Inde, Chine, Espagne, Iran, Italie, Egypte, Indonésie
Petites agrumes	Nigeria, Chine, Syrie, Guinée, Japon, Arabie-Saoudite, Inde, Sierra, Leone, Angola, Tunisie.
Citron et citron vert	Mexique, Inde, Espagne, Argentine, Brésil, Etats-Unis, Chine, Italie, Turquie.
Pomelo	Etats-Unis, Chine, Afrique de Sud, Mexique, Cuba, Argentine, Inde, Turquie, Tunisie.

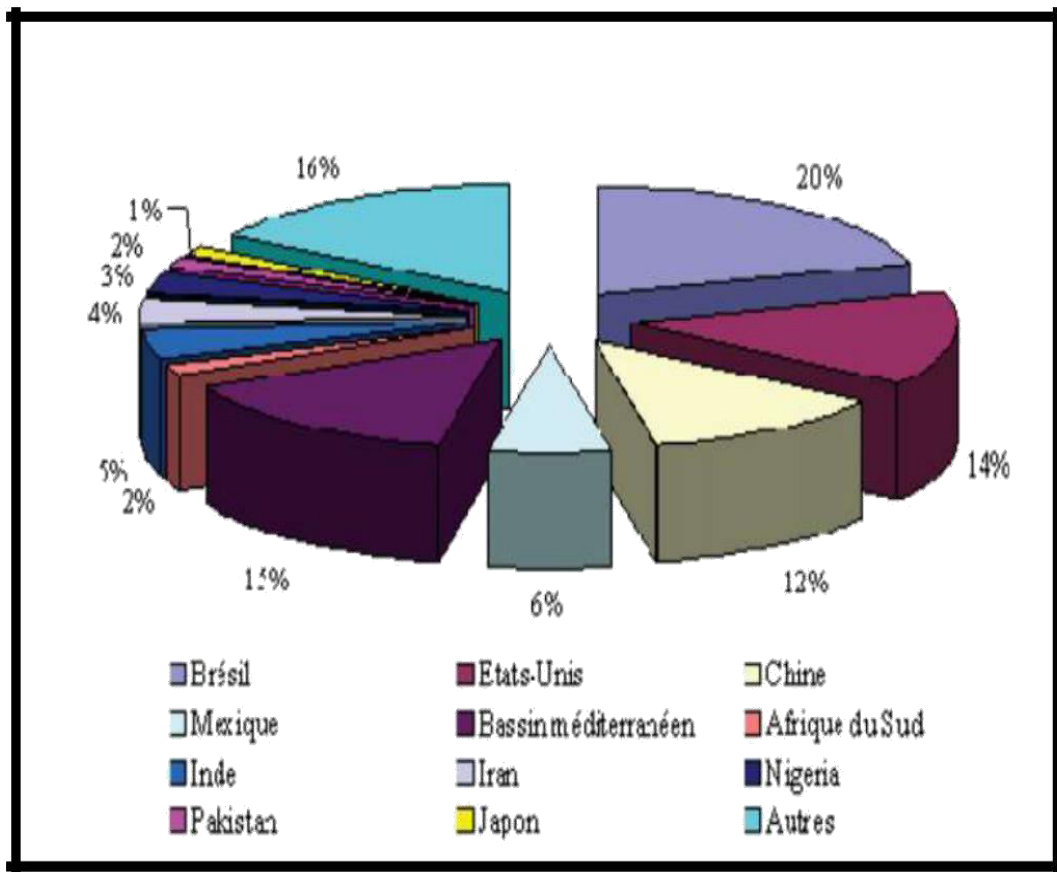


Figure 27 : Histogramme de la production mondiale des agrumes (FAO, 2016)

I.3.2. En Algérie

Selon Aouane et Ghezli (2001), à l’instar de l’arboriculture fruitière, l’agrumiculture occupe une place primordiale et constitue l’une des préoccupations majeures des décideurs au niveau du ministère de l’agriculture algérien. Le programme de reconversion mis en œuvre vise à réinstaurer l’agrumiculture dans des zones de prédilection à travers une démarche d’adaptation des systèmes de production aux vocations pédoclimatiques de chaque zone.

La culture commerciale des *Citrus* est localisée dans les zones irrigables, dans la partie nord du pays (Figure 27), où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite (Rebour, 1948). En effet, le verger agrumicole algérien se localise essentiellement dans la plaine de la Mitidja en raison de son exigence en eau et qualité de sol (Karboa, 2001).

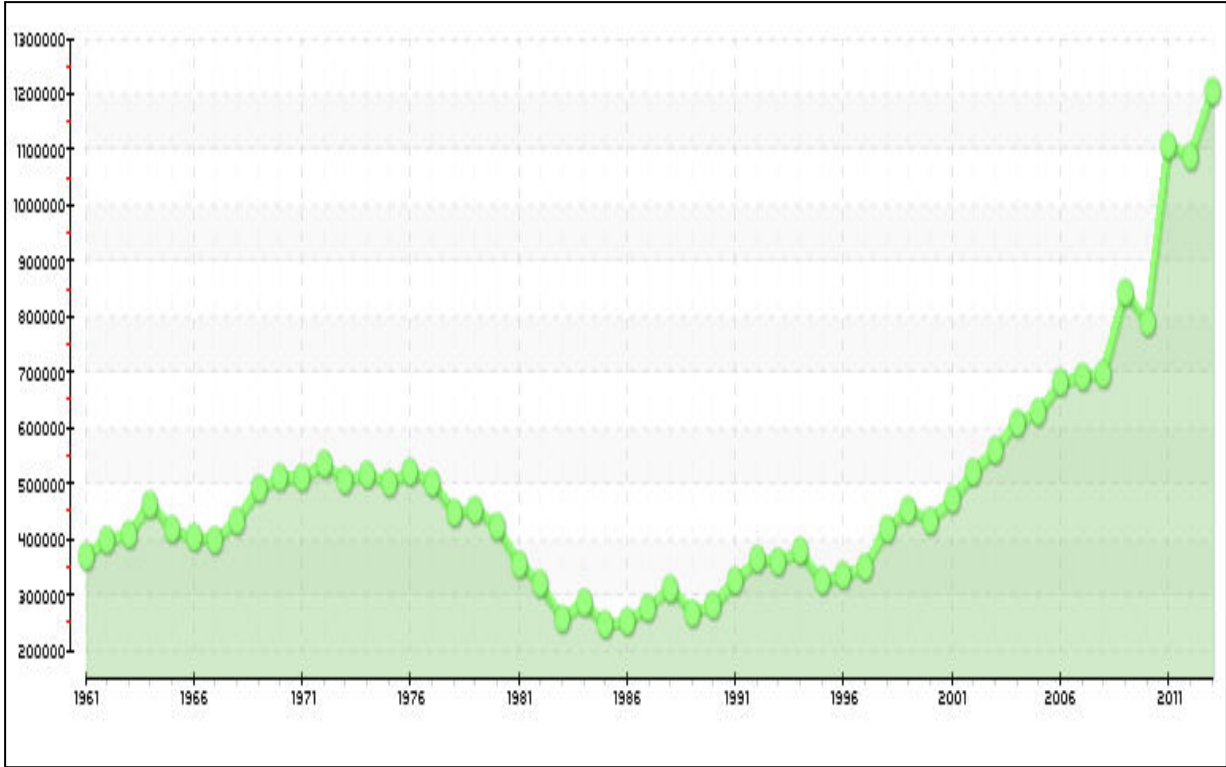


Figure 29 : production des agrumes en Algérie (tonnes) (FAO, 2015)

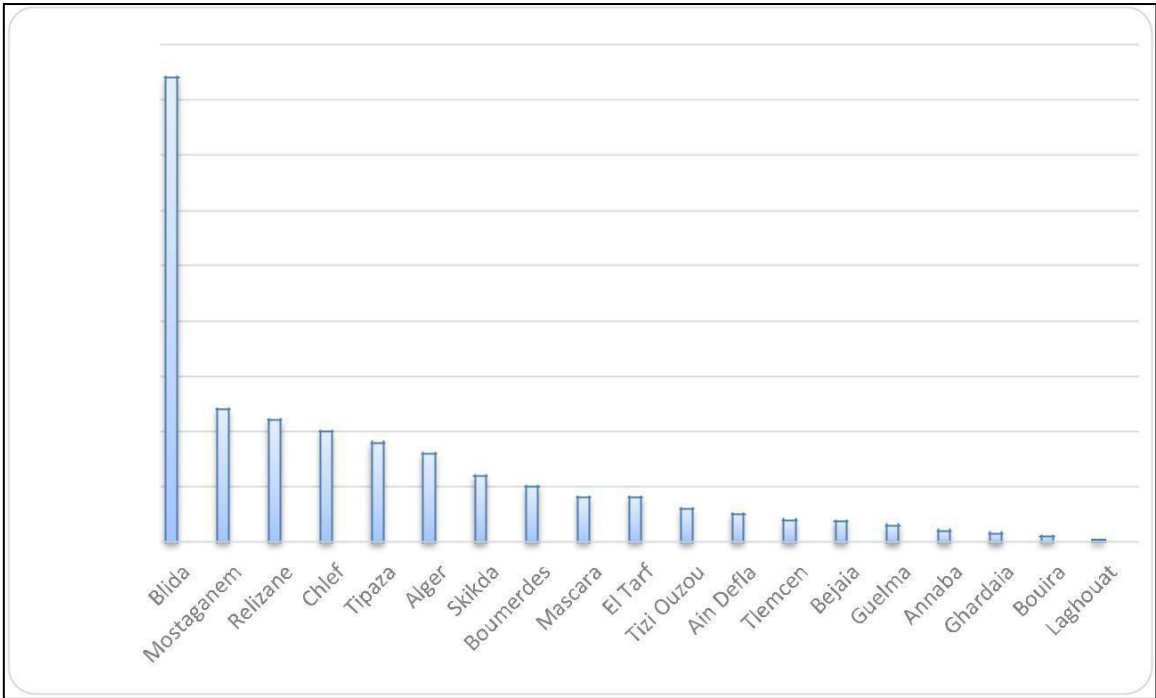


Figure 30 : La production totale des agrumes en Algérie (FAO, 2013)

I.4. Caractère morphologique de citrus

I.4.1. L'apparence

La forme et la croissance des arbres varient selon leur génétique et la matière dont ils sont implantés (soit par ensemencement des graines soit par greffage). Généralement, les citronniers *Citrus limon* présentent de longues branches qui ont une croissance assez lente, la forme typique chez *Citrus simensis* (orange douce) tend à être conique vers le sommet et rétrécie vers la base de l'arbre. Avec un tronc droit ; les branches sont longues, compactes et horizontales (Fig. N°01). Chez les pamplemoussiers *Citrus grandis*, le tronc est large (0,5-0,75m de diamètre) avec un semis conique (Praloron, 1971).

Les arbres issus de graines tendent à avoir plus d'épines et une croissance plus droite de branches que ceux issus à partir du greffage (Roberto, 1982).

I.4.2. Les feuilles et les branches

Les feuilles sont simples, de 4 à 8 cm de longueur, unifoliées, denses, avec des pétioles ailés et articulés. Elles sont oviformes, ovales ou elliptiques, avec un aigu ou obtus, et contiennent des essences dans des poches, libres une fois écrasées (Fig. N°02). Les jeunes brindilles sont orientées vers le haut ; elles sont vertes, axillaires et unilatérales tandis que les brindilles et les branches plus anciennes, sont de couleur terreuse (circulaire dans la section transversale) et multilatérales (Mackee, 1985).



Figure 31: feuilles et branches d'orange (Belhia, 20015)

I.4.3. Les fleurs

Les fleurs ont entre 2 à 4 cm de diamètre, axillaires, parfumées, simples souvent parfaites (ayant les étamines et les pistils fonctionnels) et parfois staminées (comportant des étamines tout en étant dépourvues de pistils), le calice est lobé, composé généralement de cinq pétales avec des glandes d'essences aromatique. Les étamines sont entre 20 et 40. Les pétales sont de couleur blanc-rosâtre, rose-violette, vers l'extérieur chez le citron et rougeâtre chez les autres variétés d'agrumes (Fig. N°03). L'ovaire est sur monté d'un stigmate en masse, composé de 8 à 18 loculés (cavités), avec 4 à 8 ovules par loculé, dans deux rangées (Somon, 1987).



Figure 32 : fleurs d'orange (Belhia, 2015)

I.4.4. Les fruits :

Le genre *Citrus* comme toutes les plantes de la famille des rutaceae, possède un fruit très particulier, « Agrume » ou « Hespéride » (Fig. N° 03). C'est une baie indéhiscente puisqu'il est charnu, globuleux ou ovoïdal et contient des pépins, mais la partie charnue très juteuse a une origine particulière ; elle est due à la prolifération de poils succulents issus de l'endocarpe, c'est la partie consommée. La taille des fruits varie de 4cm de diamètre pour le citron à plus de 25cm pour le pamplemousse (Stone, 1970).

L'endocarpe charnu est divisé en 7 à 14 segments, séparés par des septal minces (cloison des segments). Chaque segment contient des pulpes (vésicules à jus) qui contiennent un jus acide et parfois sucrée. Le mésocarpe blanc a une consistance spongieuse qui couvre de nombreuses glandes sécrétrices d'essence qui donnent son odeur particulière à l'orange (Purseglove, 1974).



Figure33 : Les fruits d'orange (Belhia, 2015)

I.4.5. Les graines

Les graines sont blanches à verdâtres, aplaties et angulaires. Elles sont généralement polyembryonique, signifiant que plusieurs embryons sont “ zygotiques“ (résultant de l'union d'un gamète male et d'un gamète femelle) ou « Nucellaire » (qui a rapport aux nucelles) .Les embryons zygotiques sont issus de la pollinisation de l'ovaire, c'est-à-dire de la reproduction sexuée, donc, leur qualité corticole ne soit pas toujours semblable avec celle de l'arbre parent, tandis que les embryons nucellaires sont complètement issus de la plante mère et présentent des caractéristiques très similaires avec celle de l'arbre parent (Manner, 2005).

I.4.6. Le système racinaire

Chez les agrumes, le système racinaire occupe plus de 70% de la taille de l'arbre, les racines ont un pivot qui peut dépasser 2m au dessous de la surface, ces racines fibreuses se prolonge généralement bien au-delà de la canopée (écran formé par la partie supérieure de la végétation du verger), (Walter et Sam 2002)

I.5. Cycle de développement

Le cycle de développement des agrumes se caractérise par la succession de deux phénomènes : la croissance végétale et la fructification (Rebour, 1950).

➤ **La croissance végétale** : Elle se manifeste sur les jeunes ramifications de trois périodes.

✓ **La première poussée de sève (PS1) au printemps** : c'est la prédominante (fin février-début mai), elle est la pousse la plus importante, non seulement par le nombre et la longueur des rameux émis, mais aussi par le fait qu'elle est la pousse florifère.

✓ **La pousse d'été (PS2) (juillet-aout)** : généralement elle est moins importante que celles de printemps

✓ **La pousse d'automne (PS3) (Octobre-fin Novembre) :** elle assure le renouvellement des feuilles.

➤ **La fructification :** elle est caractérisée par quatre phrases distinctes

✓ **La floraison :** Elle a lieu en printemps (fin mars, début mai). Le nombre de fleurs portées par un arbre est très important. Il est estimé pour un arbre adulte d'orange à 60000 (Loussert, 1987), mais seulement 1% de ces fleurs donnera des fruits.

✓ **La pollinisation et la fécondation :** Elle a lieu durant les mois mai et juin.

✓ **La nouaison et la fructification :** Le grossissement du fruit est très rapide après sa nouaison. Il a lieu en mai - juin, il dépend de l'âge de l'arbre, des conditions climatiques et de l'alimentation hydrique.

✓ **La maturation des fruits :** Le fruit atteint son calibre final en octobre, après une continuité de grossissement pendant Juillet-Aout-Septembre. La maturité est marquée par un changement de couleur et par la qualité de la teneur en jus de sa pulpe.

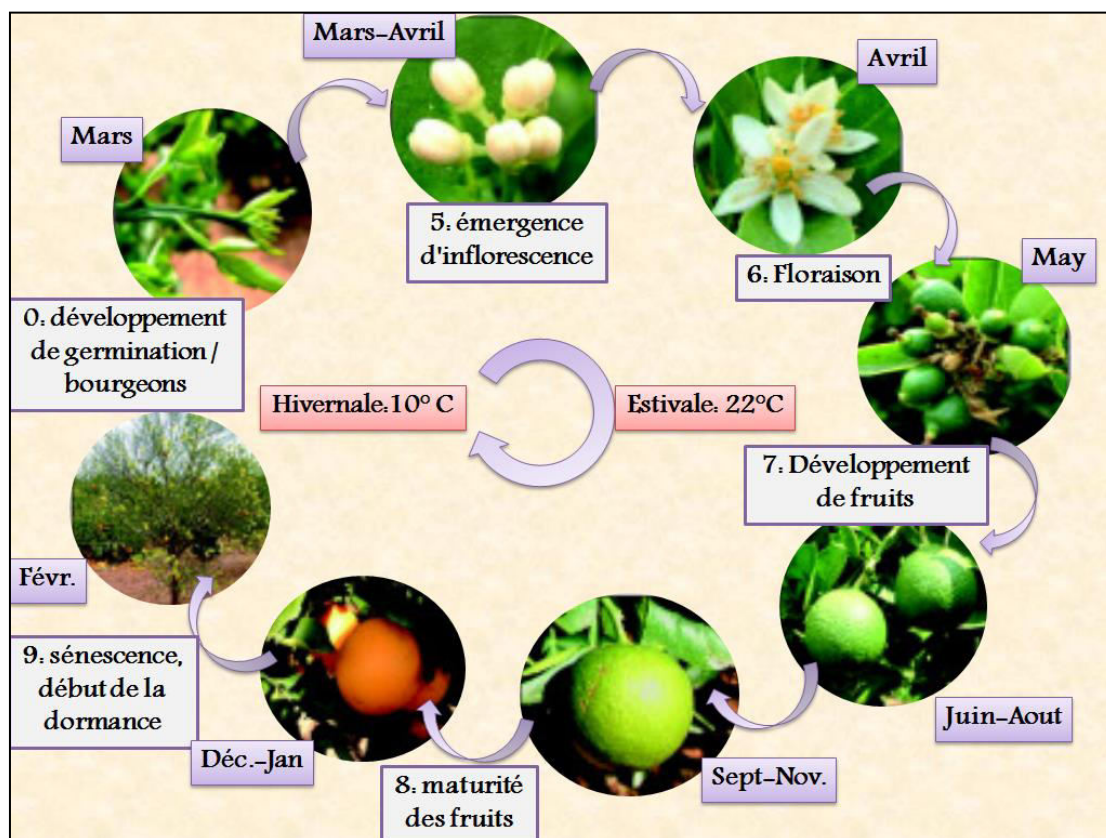


Figure 34 : Cycle phénologique des agrumes selon l'échelle de BBCH (2013) (image personnelle)

I.6. L'exigences climatiques

I.6.1. La température :

Les agrumes sont sensibles à toutes les températures inférieures à 0°C, par contre ils peuvent supporter des températures élevées supérieures à 30°C à condition qu'ils soient convenablement alimentés en eau. Les températures moyennes annuelles favorables sont de l'ordre de 14°C. La température moyenne hivernale est de 10°C et la température moyenne estivale est de 22°C (Loussert, 1985).

I.6.2. La pluviométrie :

Les citrus comptent parmi les arbres fruitiers les plus exigeants. Les besoins annuels varient entre 1000 à 1200 mm, dont 600 mm pendant l'été, qui ne peuvent être fournis que par l'irrigation surtout dans les zones méditerranéennes (Mutin, 1977).

I.6.3. L'humidité :

Elle ne semble pas avoir une forte influence sur le comportement des agrumes aux mêmes. Elle a par contre, des incidences sur le développement de certains parasites ainsi que la fumagine et les moisissures (Loussert, 1989). Certains ravageurs comme les cochenilles peuvent proliférer en colonies importantes. Une humidité basse provoque une intense respiration du végétal et ainsi les besoins en eau augmentent.

I.6.3. Le vent :

Blondel (1959), qualifie le vent comme étant l'ennemi le plus important des agrumes. Les dégâts qu'il cause dans les jeunes plantations sont incalculables suite à la chute précoce des fruits. Les oranges doivent être protégés des vents par l'installation de brise vent de *Casuarina*, de *Cypres*, d'*Acacia* et de *Pinus* (Loussert, 1985).

I.7. Les variétés des agrumes

L'analyse du polymorphisme au niveau moléculaire (Torres, et al., 1978 ; Harda et al., 1986 ; Green et al., 1986 ; Roose 1988 ; Ollitrault, 1990) a permis de préciser l'organisation génétique du genre *Citrus*. Les structures intraspécifiques apparaissent très contrastées :

Chapitre III :quelque méthode de luttés biologiques appliquées sur la culture des agrumes

- *Citrus medica* (Cédratier) présente une diversité allélique très faible due à une forte homozygotie et un faible polymorphisme entre cultivars.

- *Citrus paradisi* (Pomelo), *C. sinensis* (Oranger) et *C. aurantium* (Bigaradier) présentent des structures intraspécifiques similaires. La diversité allélique et l'hétérozygotie sont modérées et le polymorphisme intercultivar est inexistant.


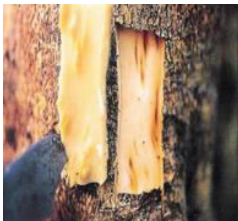
- *Citrus limon* (Citronnier) est très hétérozygote mais ne présente aucun polymorphisme intervariétal.






- *Citrus latifolia* et *C. aurantifolia* (Limettiers à gros et à petits fruits) sont également fortement hétérozygotes.

- *Citrus grandis* (Pamplemoussier) et *C. reticulata* (Mandarinier) offrent une très grande richesse allélique principalement due à un important polymorphisme intervariétal.



I.8.4. Les ennemies naturelles des agrumes

Tableaux n°7 : des ennemis naturels des agrumes (Elisabeth et Julien, 2014)

Maladies et ravageurs	Le Nom		Symptômes	Moyenne de lutte
	Commun	Scientifique		
Les maladies virales	La Psorose écailleuse	<i>Citriovirus psorosis var. vulgare</i> FAW	L'écorce crevasse uniquement à l'intérieur et surtout au fond des dépressions et il y a une formation de gomme. 	-Choisir des variétés résistantes, porte greffe et greffon.
	La Tristeza	<i>Citriovirus viatoris</i> FAW	-Des nécroses de l'écorce 	

Maladie cryptogamique	La gombose	<i>Phytophthora parasitica</i>	-Il y a une formation de gomme. 	-Eviter les terrains lourds -Choisir des variétés résistantes -Utilisation des fongicides
	L'Antracno-se	<i>Colletotric bumgloeoporio-ides</i>	-Dessèchement des rameaux et des branches -Chute de feuille 	-Eliminer tous les rameaux malades et de les incinérer
	La Fumagine	<i>Capnodium oleaginum</i> ou <i>Fumago salicina</i>	-Affaiblissement de l'arbre 	-Utilisation des fongicides à base de cuivre
Les insectes et les ravageurs	La mineuse des agrumes	<i>Phyllocnistis citrella</i>	-Les feuilles sont détruites et enroulées 	-Effectuer une taille adéquate en éliminant les gourmands et en irriguant raisonnablement.
	La mouche des fruits	<i>Ceratitis capitata</i>	-Les fruits touchés jaunissent plus rapidement tombent précocement et sont véreux 	-La pose des pièges et le traitement

Chapitre III :quelque méthode de lutttes biologiques appliquées sur la culture des agrumes

	Aleurodes et les cochenilles	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	<p>-Attaque les feuilles et les fruits.</p> 	<p>-Tailler les arbres -Utilisation des insecticides</p>
		<i>Pseudococcus citri</i>		
	Teigne	<i>Trichophyton tonsurans</i>	<p>-Les chenilles perforent fleurs et jeunes fruits</p>	<p>-Traiter au début de floraison avec insecticides</p>
Pucerons	<i>Aphis spiraecola</i>	<p>Enroulement des feuilles</p> 	<p>Utilisation des prédateurs (coccinelles)</p>	
	<i>Toxoptera aurantii</i>			

II. Généralité sur *Ceratitis capitata* (Mouche méditerranéenne des fruits) :

II.1. Position systématique et synonymes :

La Cératite est une espèce qui a été décrite sous plusieurs noms à partir du XIX siècle (Fellah, 1996). Elle a porté le nom de :

Trypeta capitata Wiedmann en 1824 ; *Petalophora capitata* Macepi en 1825 ; *Trypeta citriperda* Mac leay en 1829 ; *Trypeta hispanicade* Brème en 1842 ; *Ceratitis flexuosa* Walk en 1856 ; *Pardalaspis asparagi* Bezzi en 1942

Dans le langage commun, l'espèce se nomme Cératite ou encore mouche méditerranéenne des fruits, et pour les anglo-saxons "Mediterranean fruit fly, medfly" (Fellah, 1996).

D'après Dyck et *al.* (2005), la position de la Cératite ou la mouche méditerranéenne des fruits est la suivante :

Règne : Animal

Phylum : Arthropodes

Classe : Insectes (Hexapodes)

Ordre : Diptères

Sous ordre : Brachycères

Famille : *Tephritidae*

Espèce : *Ceratitis capitata*

II.2. Caractéristiques morphologiques :

C. capitata, comme d'autres Cératites, possède des ailes avec des bandes, et un scutellum renflé qui est tacheté de jaune et noir. Le dessin des mouchetures grises des cellules basales de l'aile différencie les *Ceratitis sp.* de la majorité des autres genres de Téphritides. Récemment, on a proposé des sondes à ADN comme moyen pratique de discrimination entre tous les stades vivants des trois principaux Téphritides présents à Hawaii (*C. capitata*, *Bactrocera cucurbitae* et *B. dorsalis*) (Haymer et *al.*, 1994).

1. Adulte :

L'adulte de la Cératite mesure 4,5 à 6 mm, il est caractérisé par un corps jaune, marqué de taches blanches, marron, bleues et noires, les ailes présentent une marbrure et un mésonotum noir luisant (Thomas et *al.*, 2001).

Les ailes sont tenues écartées perpendiculairement au corps, elles sont marquées d'une bande transversale jaune salie de taches grises estompées, une autre bande de la même couleur longe l'extrémité de la marge supérieure (1).

L'abdomen élargi comporte des bandes transversales alternées grises et rousses. Chez la femelle il se termine par l'organe de ponte, l'oviscapte.

La tête porte deux yeux composés et une paire d'antennes à une soie. Les mâles possèdent deux soies orbitales antérieures allongées et terminées chacune par une petite palette en forme de losange de couleur noirâtre. Les femelles ont un ovipositeur court, large, aplati et rougeâtre à jaune (1).

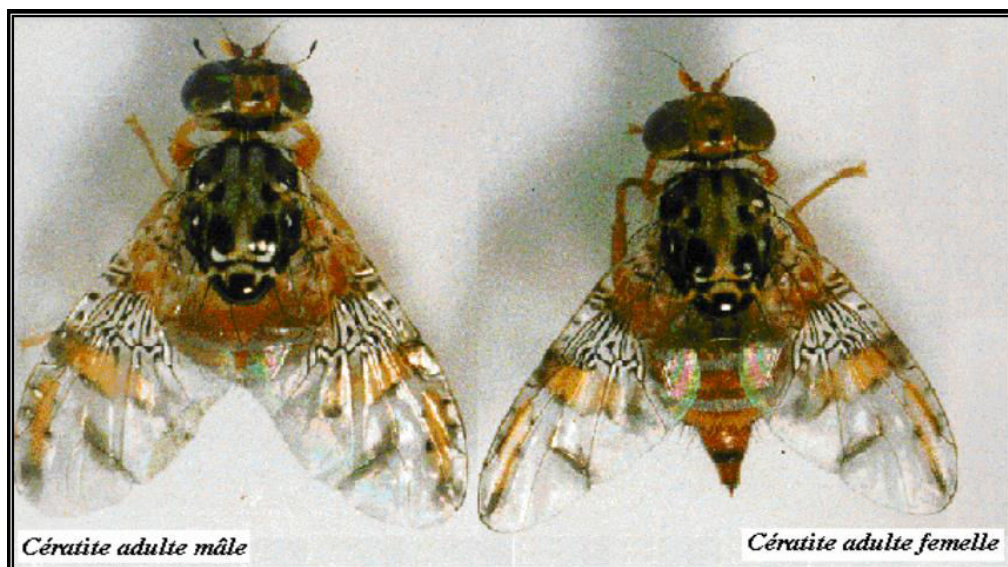


Figure 35 : Aspect général du mâle et de la femelle de *Ceratitits capitata* (Belhia, 2015)

2. Œuf :

De couleur blanche nacré, brillant, de forme allongée et arquée en son milieu, convexe du côté dorsal et concave du côté ventral. Le tégument est nettement visible à la loupe binoculaire et on distingue bien ses particularités au microscope. Il mesure entre 0,9 à 1,1 mm de longueur et 0,2 à 0,25 mm de largeur, translucide à la ponte puis devient blanc nacré de forme allongée et arquée en son milieu (Thomas et *al.*, 2001).



Figure36 : Les œufs de *C. capitata* (G x40) (Belhia, 2015)

3. Larve :

Les Larves de la Cératite sont apodes, acéphales, lisses et de couleur blanche crème. Elles sont de formes coniques, effilées dans leur partie antérieure et subcylindrique tronquées dans leur partie postérieure et elles possèdent des antennes peu visibles et des pièces buccales réduites aux crochets mandibulaires noirâtres (Thomas et al, 2001). La Cératite possède trois stades larvaires L1, L2, L3, qui se différencient par la présence, le nombre et la taille des stigmates ; Le stade L3 réalise un saut larvaire caractéristique de l'espèce et tombe dans le sol où la larve s'enfonce et se nymphose pour donner la puppe (Thomas et al, 2001).

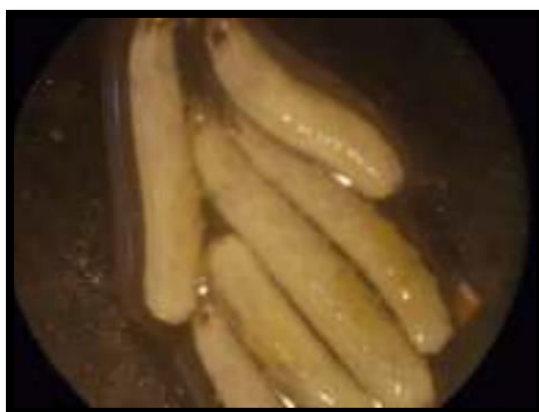


Figure 37 : Les larves de troisième stade de *C. capitata* (G x40). (Belhia, 2015)

4. Puppe :

Le troisième stade larvaire (L3) ne rejette pas son exuvie larvaire qui va lui servir d'une enveloppe à l'intérieur de laquelle il se nymphose formant le puparium. La puppe est de 4 à 5 mm de longueur, à la forme d'un petit tonnelet elliptique, lisse et résistant. Elle change progressivement de couleur pour devenir brun foncé (Jerraya, 2003).



Figure 38 : Les pupes de *C. capitata* (G x40) (Belhia, 2015)

II.3. Cycle biologique

Le cycle de développement de la Cératite est régi par l'interaction d'un ensemble de facteurs biotiques (disponibilité de l'espèce fruitière hôte et le degré de maturité du fruit) et abiotiques (température) (Gahbiche, 1993). Le cycle complet de cette espèce varie de 4 à 17 semaines en fonction de la température. La Cératite est une espèce poly voltine, le nombre de générations par an est déterminé essentiellement par la température. C'est ainsi que plusieurs générations peuvent se succéder durant l'année (Chouibani et *al.*, 2016).

➤ **Ponte et incubation**

Les femelles font pénétrer leur ovipositeur jusqu'à une profondeur d'approximativement deux millimètres (Filippi, 2003). Elles déposent entre 5 et 10 œufs par fruit. De plus, elles sont capables d'effectuer plusieurs pontes jusqu'à ce que le nombre total d'œufs pondus atteigne 300 à 400 œufs (Atcitrus, 2002 in Elaini, 2003).

Le trou de ponte est facile à remarquer sur quelques fruits (agrumes et abricots) (Praloron, 1971). L'incubation des œufs est de 2 à 5 jours en été et plus de 20 jours en hiver (Delassus et *al.*, 1931).

➤ **Développement larvaire**

La durée du développement larvaire, qui comprend trois stades (L1, L2, L3), peut varier fortement pour une espèce donnée en fonction du fruit hôte (Carey, 1984 ; Zucoloto, 1993).

La larve de troisième stade « asticot » quitte le fruit par une brusque détente. Elle retombe sur le sol dans lequel elle s'enfonce pour se nymphoser, donnant alors une puppe. Cette transformation ne dure que quelques heures (Duyck, 2005).

De cette puppe émerge un adulte qui recommence le cycle à nouveau (Sproul, 1983 in Ali Ahmed- Sadoudi, 2007).

L'adulte sort de la puppe après environ une quinzaine de jours de développement (à $25 \pm 1^\circ\text{C}$) (Wong & Ramadan, 1992). Ces espèces sont protandriques, les mâles émergeant un à deux jours avant les femelles (Pemberton & Willard, 1918; Willard, 1920). Ces dernières s'accouplent presque immédiatement après l'émergence (Hagen, 1953).

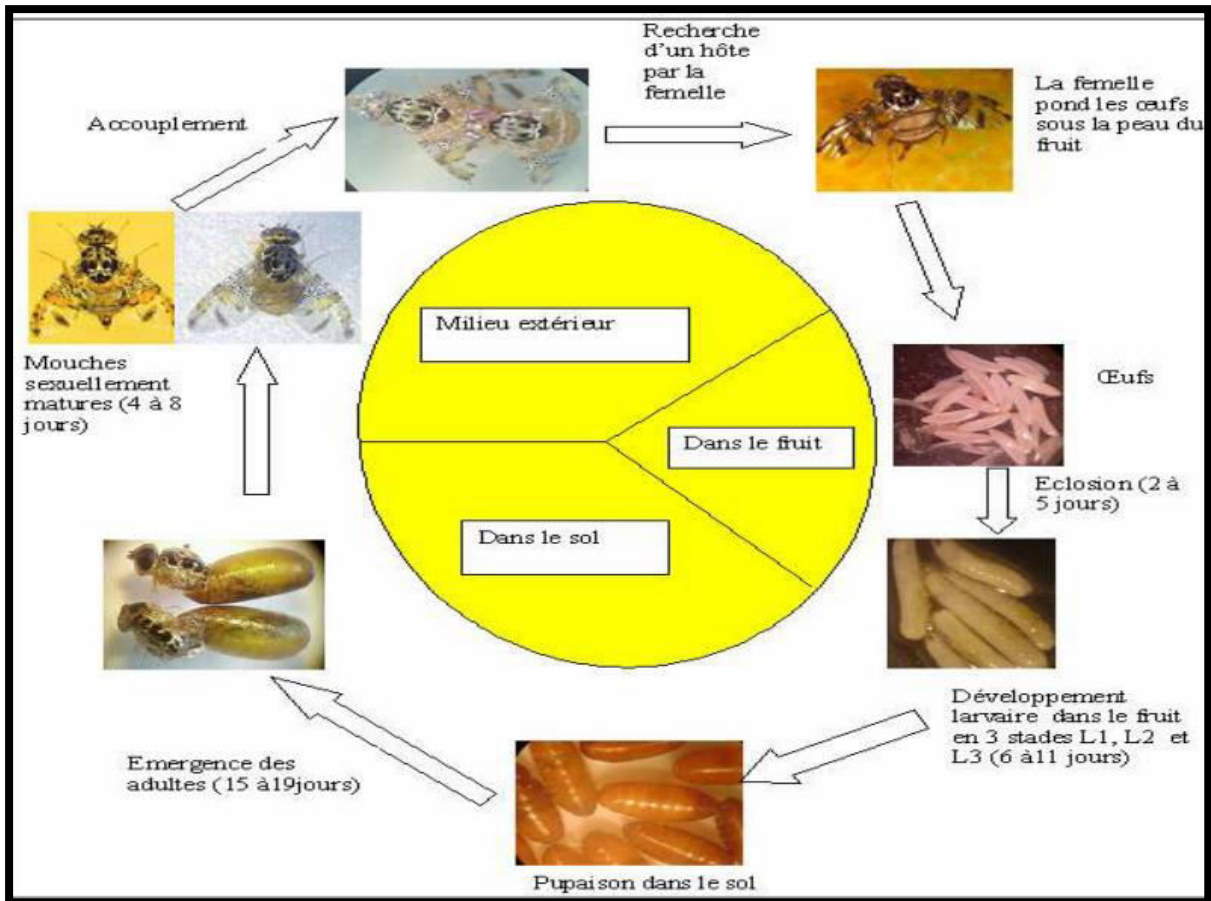


Figure 39 : Cycle de développement de *C. capitata* (Belhia, 2015)

II.4. Plantes hôtes

La Cératite est connue par sa large gamme d'hôtes, elle est le ravageur polyphage le plus dangereux des Tephritidae dans les régions tropicales et subtropicales. Elle est connue d'avoir 353 plantes hôtes dont les : *Myrtaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Sapotaceae* et *Solanaceae* (elle peut aussi attaquer quelques cultures maraichères comme tomates et poivron et le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) (Jacquemond et *al.*, 2013)

II.5. Les dégâts

La polyphagie de la Cératite et sa présence tout au long de l'année font d'elle un ennemi redoutable des productions fruitières dans plusieurs régions du monde. Ses dégâts s'accroissent avec la polyculture et les conditions climatiques favorables ; les dégâts les plus importants s'observent dans les régions côtières (Gahbiche, 1993). Ils peuvent revêtir trois formes :

a- Les piqûres stériles laissent des traces auréolées brunâtres à la surface de Técoorce (fruits de Citrus) qui déprécient la valeur marchande du fruit

b- L'attaque suivie du développement des larves, se manifeste par une tache décolorée qui tranche avec la couleur normale du fruit et devient brune et molle au terme de leur croissance. A ce stade, le fruit pourrit en totalité ou en partie attirant toute une foule d'organismes décomposeurs (insectes, champignons...) et devient impropre à la consommation.

c- La chute des fruits : les fruits attaqués tombent à même le sol avant d'atteindre leur maturité et sont irrécupérables. Il en est ainsi de plusieurs espèces fruitières dont la production peut être détruite dans une proportion allant de 80 à 100 %.

Dans une estimation économique récente pour la région du Moyen Orient (Palestine, Jordanie, Liban et Syrie), la perte annuelle causée par la Cératite a été estimée à 132 millions de dollars américains (Enkerlin et Munford, 1998). Dans la région du Maghreb (Algérie, Libye, Maroc, et Tunisie), les pertes financières imposées par la mouche des fruits s'élèvent à 100 millions de dollars américains chaque année (Driouchi, 1990).

III. La lutte autocide contre la cératite des agrumes

III. 1. Applications de la TIS dans le monde

La mouche des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedmann), est également l'un des principaux candidats pour la TIS. En 1982, Patton a signalé que la cératite a été éradiquée d'environ trois millions d'hectares en Amérique (Arnaud, 1999 ; Christopher, 2005).

Egalement, deux autres programmes, utilisant la TIS contre la cératite, ont été conduits à Moscamed au Mexique et Maghrebmed en Afrique.

III. 2. Programme Moscamed au Mexique

Suite à la présence de la cératite signalée dans le sud du Mexique en 1977, un programme de grande envergure baptisée «Moscamed » intégrant la TIS et d'autres méthodes de lutte, notamment des pulvérisations d'appâts empoisonnés à été lancé en 1976, il a pour objectifs de:

- Arrêter la progression de la cératite vers le nord du Mexique et d'éviter son établissement d'abord au Mexique et ultérieurement aux Etats-Unis.
- Eradiquer la cératite au Sud de Mexique.
- Eradiquer à long terme la cératite de l'Amérique Centrale et du Panama.

Le programme est financé par des agences internationales (l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) et l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et la coopération de 3 pays : Etats-Unis, Guatemala et Mexique. Ce programme a permis d'éliminer la cératite dans le sud du Mexique et d'arrêter sa progression vers d'autres pays voisins (1977 in Gahbiche, 1993).

Programme « Maghrebmed » En 1986, la division mixte FAO/IAEA avait approuvé la possibilité d'utilisation de la TIS en Afrique du Nord pour éradiquer la cératite dans quatre pays (Tunisie, Algérie, Libye et Maroc). Un programme régional baptisé Maghrebmed a été mis en œuvre en 1988 pour une durée de plus de dix ans où certaines organisations ont été sollicitées pour son financement. Le programme envisagé, avait pour objectif la protection de l'environnement et la diminution de l'utilisation des pesticides qui sont devenus des considérations dominantes. La première phase de ce programme était de déterminer l'étendue

de l'infestation et de comprendre la relation entre le développement de l'insecte et la fructification de ses différentes plantes hôtes (AIEA, 1995)

III. 3. L'application de la TIS en Tunisie

la TIS fût pratiquée pour la première fois en 1970 contre la cératite, dans le cadre d'une coopération avec le Département de l'Agriculture des Etats-Unis « USDA». Des études préliminaires ont été menées afin de déceler les possibilités ainsi que les contraintes de la réalisation de tels projets (Harris, 1970).

Un élevage d'une souche bisexuelle a été conduit dans l'unité d'élevage de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Les lâchers ont été effectués à Ghar el melh sur une superficie de 600 hectares. Cette première tentative d'utilisation de la TIS a échoué parce que les femelles stériles continuaient à garder leur instinct de ponte et piquaient les fruits, ce qui déprécie la qualité des récoltes. De plus, la présence de plusieurs fruits hôtes à maturités chevauchantes et l'utilisation de Lycium et du Figuier de Barbarie en tant que brise-vent ou haies a limité significativement la portée de l TIS. Une deuxième tentative de contrôle de la cératite au moyen de la TIS a été conduite dans les oasis de Tozeur, après l'apparition de la souche à déterminisme sexuel génétique, en lâchant uniquement des mâles stériles. Elle a permit une réduction significative de la population de la cératite. Cependant, après une durée plus ou moins longue, le seuil initial d'infestation s'est rétablit (Anonyme, 1993).

En 2002, il y'a eu création et installation d'une unité pilote de production des mâles stériles au Pôle Technologique de Sidi Thabet, avec l'appui du département de la coopération technique de l'AIEA et de la division mixte (FAO) /AIEA.

En 2004 et 2005, cette unité avait une capacité de production de 10 à 12 millions de mâles stériles par semaine destinés à être lâchés sur 5000 hectares au Cap Bon dans la zone de Hammamet. Ensuite, un lâcher a été effectué en 2006 au niveau du bloc central de Béni Khaled. Une année plus tard, il y'a eu remplacement de la souche par une nouvelle, indemne de recombinants puisque le taux de recombinants a dépassé les seuils tolérés (Anonyme, 1993).

Conclusion

L'agriculture biologique reste un défi que seul un investissement en recherche pourra relever. En effet, la lutte aux insectes ravageurs en agriculture biologique nous confronte à la complexité des interactions écologiques.

Les travaux sur la dynamique des populations des espèces ravageurs des cultures en Algérie vise à la surveillance et le traitement des fléaux agricoles contre lesquels les agriculteurs n'ont pas les capacités d'intervention. La veille de proximité en apportant aux agriculteurs l'information préventive sous forme d'avertissement agricole. La modernisation et la maîtrise des techniques de protection des cultures en privilégiant les solutions qui respectent l'environnement.

Cette approche est une synthèse bibliographique qui vise à la connaissance de l'histoire, le but, les avantages et les inconvénients et les différentes méthodes utilisés dans la lutte biologique contre les ravageurs des cultures.

Plus que jamais on sait aujourd'hui qu'il va falloir procéder à une forte évolution des pratiques de l'agriculture intensive afin que celle-ci soit plus respectueuse de l'environnement, plus durable et nécessairement compatible avec la rentabilité économique des exploitations agricoles et des filières de production. Dans ce contexte, la lutte biologique présente de nombreux atouts que l'on peut fonder sur quatre constats : de nombreux succès sont acquis et pourront être suivis par d'autres tout aussi performants ; les connaissances de la biologie des ennemis des cultures ou des auxiliaires ainsi que des déterminants écologiques, physiologiques et génétiques de leurs populations sont de mieux en mieux connus ; la préservation de la biodiversité sera un critère croissant de l'impact écologique des pratiques agricoles, ce qui doit favoriser les méthodes de lutte biologique ; enfin, il va falloir faire appel à des procédés de lutte durable même s'ils sont moins efficaces, ce qui privilégiera à nouveau des approches biologiques.

Pour autant le développement de la lutte biologique continue d'être confronté à certaines difficultés : l'emploi des procédés de lutte biologique implique souvent des compétences de terrain encore insuffisamment développées ; la lutte biologique s'inscrit parfois dans une logique de contrôle réduit des populations des ennemis des

cultures qui n'est encore facilement admis ni par les producteurs, ni par le commerce, ni malheureusement par la plupart des consommateurs ; le manque d'une réglementation adaptée pénalise depuis trop longtemps le développement de la lutte biologique ; l'évaluation des bénéfices économiques d'un programme de lutte biologique, notamment par acclimatation, demeure trop fragmentaire et trop rare, empêchant ainsi une communication incitative sur le réel apport de la lutte biologique.

C'est donc vers une intégration harmonieuse de différents procédés de lutte eux-mêmes intégrés dans des systèmes agricoles innovants que s'orientent tant l'agriculture pourvoyeuse des grands marchés que l'agriculture de niche, plus inféodée aux marchés locaux et régionaux.

La liste des références

- Anonyme, 2005. Agriculture, échanges et environnement. Le secteur des grandes cultures. Ed. OCDE, 361p.
- Biocontrol Information Ressource for ERMA New Zealand Applicants (BIREA) (2007). Environmental risks of biological control. In Biocontrol Information Ressource for ERMA New Zealand Applicants, Background information, [En ligne]. http://www.b3nz.org/birea/index.php?page=background_risks (Page consultée le 25 mars 2010).
- Boller, E.F., Häni, F., Poehling, H.-M., 2004. Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at the farm level, temperate zones of Europe. IOBCwprs, Commission on Integrated Production Guidelines and Endorsement, Switzerland.
- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- Burgess, H. D., Croizer, G., et Huber, J., 1980. A review of safety tests on baculoviruses, Entomophaga, 25, 329.
- Cécyre, A. (2000). La lutte biologique : à quel prix ? In Agri-Réseau. Horticulture ornementale – Serre, [En ligne]. <http://www.agrireseau.qc.ca/horticultureserre/documents/c%C3%A9cyre%20Lutte%20bi%E2%80%A6%20Agrir%C3%A9s%20eau.pdf> (Page consultée le 15 mars 2010).
- Dajoz, R. 1998. Les insectes et la forêt: Role et diversité des insectes dans le milieu forestier. Technique & Documentation, Londres, Paris 594 pp. pp..
- Fargues, J. 1972. Étude des conditions d'infection des larves de doryphore *Leptinotarsa decemlineata* Say par *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Fungi imperfecti). Entomophaga 17: 319- 337.
- FAO (2006), Agricultural Commodity Markets and Trade : New Approaches to Analyzing Market Structure and Instability. Rome

- FIMAB (Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Biologique), 2004. Manuel de formation de l'IFOAM sur l'agriculture biologique dans les pays tropicaux. FIBL, Institut de recherche de l'agriculture biologique, Frick, Suisse.
- Greathead, D. J. (1995). Benefits and risks of classical biological control. In Hokkanen, H.M.T et Lynch, J.M. (réd.), *Biological control benefits and risks* (Chapitre 5, p. 53- 63).
- Guy Riba, et Christine Silvy, 1989, *Combattre les ravageurs des cultures: enjeux et perspectives*, Paris, INRA, , 230 p.p. 15.
- Ignoffo, C. M. 1970. Proceedings of the Tall Timbers Conference on Ecology of Animal Contributions by Habitat Management, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station: 47-57.
- Ignoffo, C. M., 1973. Vertebrates and entomopathogens, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 217, 165.
- Ignoffo, C. M. 1973. Effects of Entomopathogens on Vertebrates. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 217: 141-165.
- Ahmed, S. I. et S. R. Leather. 1994. Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management - some points for consideration. *Intern. J. Pest Management* 40: 287-292. Afrikjan, E. G., V. A. Tchilingirln et L. A. Tchil-Akopln. 1969. Bakterialnii incekticidnii preparat BIP-805. *Biol. j. Armenii*, t. 22, 3-7.
- Hoffmann, G.M., Nienhaus, F., Schönbeck, F., Weltzien, H.C., Wilbert, H., 1994. *Lehrbuch der Phytomedizin*. Blackwell Wissenschafts Verlag, Berlin.
- Jean-Henri Fabre, *Les ravageurs, récits sur les insectes nuisibles à l'agriculture*, C. Delagrave, 1912, 284 p.
- Jean Semal, 1989, *Traité de pathologie végétale*, Presses agronomiques de Gembloux, 621 p. p.11
- Jourdheuil, P., Grison, P. et Fraval, A. (1991). La lutte biologique, un aperçu historique. In Institut national de la recherche agronomique (INRA). *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, [En ligne]. <http://www.inra.fr/dpenv/jourdc15.htm> (Page consultée le 2 février 2010).
- Lambert, L. (2009). Outils innovateurs en PBI. In Agri-Réseau. *Horticulture ornementale –*

Serre, [En ligne].
<http://www.agrireseau.qc.ca/horticultureserre/documents/Innovative%20tools%20in%20IPM%20GREENSYS%2017juin09%20Final.pdf> (Page consultée le 12 juin 2010).

- Peng, S. (1983). Biological control - One of the fine traditions of ancient Chinese agricultural techniques. *Scientia Agricultura Sinica*, no 1, p. 92-98.
- Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United-States. *Environment, Development and Sustainability*, vol. 7, p. 229-252
- Turnbull, A.L. et Chant, D.A. (1961). The practice and theory of biological control of insects in Canada. *Canadian journal of zoology*, vol. 39, p. 697-753.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment (1995). Biologically based technologies for pest control. In Princeton University. *Biologically based technologies for pest control*, [En ligne]. <http://www.princeton.edu/~ota/disk1/1995/9506/9506.PDF> (Page consultée le 20 janvier 2010).
- Van Driesche, R.G., Bellows Jr., T.S., 1996. *Biological Control*. Chapman and Hall, New York. 539 pp.
- Réseau Biocontrôle (2006). Deux enquêtes sur l'attitude des canadiens. *Dossiers Biocontrôle*, janvier, p. 8.
- Réseau Biocontrôle (2005). Contrôle des vers blancs des pelouses à l'aide de nématodes. *Dossiers Biocontrôle*, mars, p. 5
- Waage, J. (2004). La lutte biologique – Réaliser la promesse. *Dossiers Biocontrôle*, décembre, p. 1.
- Winston, M.L. (1997). *Nature wars : people vs pests*. Cambridge, Harvard University Press, 210 p.
- Ré Blanc G. Une approche intégrée en protection des cultures Présentation du 18/11/2006
- Ré Ferron P. La lutte biologique : définition, concept et stratégie Les dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique II, 1999, n°19, P 7-18
- Ré Ferron P. Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application Les

- dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique II, 1999, n°19, P 19-28
- R Fraval A., Villemant C. La lutte biologique contre le Bombyx disparate *Lymantria dispar* au Maroc Les dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique II, 1999, n°19, P 127-130
 - R Gambart T. Les arthropodes vecteurs de maladies infectieuses chez l'homme Thèse de doctorat de pharmacie (13/05/2005)
 - R James C. Etat mondial des plantes biotechnologiques/GM commercialisées : 2006 N°35 R 2006
 - R Jourdheuil P., Grison P., Fraval A. La lutte biologique : un aperçu historique Les dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique II, 1999, n°19, P 213-234
 - R Journal Officiel De La Republique Francaise Arrêté du 10 juin 1998 (transposition en droit français de la directive 95/44/CE) JORF du 16 juillet 1998, P 10930-10936
 - R Journal Officiel De L'union Europeenne Directive 95/44/CE du 26 juillet 1995 JO n° L 184 du 03/08/1995, P 0034-46
 - R Lacey L., Goettel M. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21st century Entomophaga, 1995, vol 40 (1), P 3-27
 - R Silvy C. Quantifions le phytosanitaire III Les dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique II, 1999, n°19, P 201-212
 - R Silvy C., Riba G. Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes Les dossiers de l'environnement de l'INRA Lutte biologique. II, 1999, n° 19, P 157-201
 - Anonyme, 2003- Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla, année 2002.1 Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire wilaya de Ouargla, 170 p.
 - Anonyme, 2005- Monographie de la région de Ouargla. Edit. la wilaya de Ouargla, 161 p.
 - Bagnouls F., Gaussen G., 1953- Période de sécheresse et végétation. Les Comptes rendus de l'Académie des sciences, 236 : 1076-7
 - BAGNOULS F. et GAUSSEN G., 1957- Climats biologiques et leur classification. Annales de Géographie, 355 : 193-220.
 - BEKKARI A. et BEN ZAOUÏ S., 1991- Contribution à l'étude de la faune des palmeraies de deux régions du Sud-est algérien (Ouargla et Djamaà). Thèse Ing. Sahara., Ins. Tech. Agro. Sahar., Ouargla, 145p.
 - BENMAHCENE S., 1998- Contribution à l'amélioration des aspects de la conduite du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).Thèse de Magister en Sci.Agro.,I.N.A. El Harrach, Alger, 173 p.
 - BOUAFIA S., 1985- Bio-écologie du Boufaroua : *Olygonychus afrasiaticus* (Mc.Gregor)

- (Acarina-Tetranychidae) à l'I.T.A.S. de Ouargla et utilisation de *Trichogramma embryophagum* (Hartig) comme agent de lutte biologique contre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller). Mémoire Ing. d'état, I.N.A., El-Harrach, Alger, 67 p.
- CHEHMA A., 2006 - Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algériens. Ed. Labo. Eco. Sys., Univ. Ouargla, 140p
 - CORNET, 1952- Essai sur l'hydrogéologie du Grand Erg Occidental et des régions limitrophes. Trav. Inst. Rech. Sah., Paris, tome 8: 71-122.
 - CÔTE M., 2005- La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien. Edition Karthala. 306p.
 - DAJOZ R., 1985- Précis d'écologie. Edit. Dunod Paris 505 p.
 - DJERBI M., 1994- Le précis de la phœniciculture. Ed. FAO, Rome, 191 p.
 - DOUMANDJI SE., 1981- Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le Nord de l'Algérie, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller(Lepidoptera-Pyralidae). Thèse doctorat ès Science, Univ. Paris VI, 1981, 138 p.
 - DOUMANDJI-MITICHE B., 1983- Contribution à l'étude bio-écologique des parasites et prédateurs de la pyrale des caroubes *Ectomyelois ceratoniae* en Algérie en vue d'une éventuelle lutte biologique contre ce ravageur. Thèse Doctorat ès-Science.Naturelles. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 1983, 253 p.
 - HADDAD L., 2000- Quelques données sur la bio-écologie d'*Ectomyelois ceratoniae* dans les régions de Touggourt et Ouargla, en vue d'une éventuelle lutte contre ce déprédateur. Mémoire Ing., I.T.A.S., Ouargla, 62 p.
 - HALITIM A., 1985- Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes Plaines Steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Rennes, 383 p.
 - HAMDIAISSA B., 2001- Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micro morphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 12 (3) 198 p.
 - Hannachi S, Khitri D., 1991- Inventaire et identification des cultivars de dattiers dans la cuvette de Ouargla : organisation de la variabilité. Mémoire Ing. Agr., INFSAS, Ouargla, 58 p.
 - Idder M.A., 2008- La biocénose comme indicatrice des modifications climatiques: cas de l'exploitation agricole de l'ITAS de Ouargla. Les journéesinternationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides; du 15 au 17 décembre 2007. CRSTRA, Biskra.
 - Idder M.A., 1992- Aperçu bioécologique sur *Parlatoria blanchardi* Targ.(Homoptera,

- Diaspididae) en palmeraies de Ouargla et utilisation de son ennemi *Pharoscymnus semiglobosus* Karsh. (Coleoptera, Coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, INA, El-Harrach, Alger, 102p.
- Idder M.A., 2000- La phœniciculture dans la vallée de l'oued mya : contraintes et orientations pour un développement durable. El - Oued, du 1 au 4 Octobre 2000. Federation of Arab Scientific Research Council. CRSTRA. Congrès Scientifique Arabe. El-Oued, p.p. 299-304.
 - Idder A., 1984- Inventaire des parasites d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller dans les palmeraies de Ouargla et lâchers de *Trichogramma embryophagum* Hartig contre cette pyrale. Mémoire Ing. Agr.I.N.A.EL Harrach, Alger, 70p.
 - Idder H., Idder M.A., Et Raache A., 2000- Etude comparative des taux d'infestation de deux variétés de dattes (Deglet Nour et Ghars) par la pyrale de dattes : *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera- Pyralidae) dans deux biotopes différents : palmeraie à plantation anarchique et palmeraie à plantation organisée dans la région de Ouargla. *Atelier sur la faune utile et nuisible du palmier dattier et de la datte*. I.A.S. Ouargla, pp. 4-10.
 - Idder-Ighili H., 2008- *Interactions biologiques et agronomiques entre la pyrale des dattes Ectomyelois ceratoniae Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) et quelques variétés de dattes dans les palmeraies de Ouargla (Sud-Est algérien)*. Thèse magister Agronomie Saharienne, Univ. Ouargla. 102 p.
 - Idder M.A., 1984- *Inventaire des parasites d'Ectomyelois ceratoniae ZELLER (Lepidoptera, Pyralidae) dans les palmeraies de Ouargla et lâchers de Trichogramma embryophagum HARTIG (Hymenoptera- Trichogrammatidae) contre cette pyrale*. Mémoire Ing. Agro., I.N.A., El-Harrach, Alger, 70 p.
 - Idder A., 1991- *Contribution à l'étude bioécologique de l'acarien Oligonychus afrasiaticus (Mc Gregor) (Acarina – Tetranychidae) dans la palmeraie de l'ITAS*. Mémoire Ing. Etat, I.N.F.S.A.S., Ouargla, 48 p.
 - Idder M.A., 1992 - *Aperçu bioécologique sur Parlatoria blanchardi Targ. (Homoptera, Diaspididae) en palmeraies de Ouargla et utilisation de son ennemi Pharoscymnus semiglobosus Karsh. (Coleoptera, Coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique*. Thèse de Magister en Sciences Agronomiques, I.N.A., El- Harrach, Alger, 102 p.
 - Idder M.A., 2000- La phœniciculture dans la vallée de l'oued Mya : contraintes et orientations pour un développement durable. El - Oued, du 1 au 4 Octobre 2000.

Federation of Arab Scientific Research Council. CRSTRA. *Congrès Scientifique Arabe. El-Oued*, pp. 299-304.

- Idder M.A., 2002- La préservation de l'écosystème palmeraie : une priorité absolue ; cas de la cuvette de Ouargla. *Séminaire international sur le développement de l'agriculture saharienne comme alternative aux ressources épuisables*. Biskra du 22 au 23 octobre. Université Mohamed Khider de Biskra, pp.38-44.
- Idder M. A, 2006- La préservation de l'écosystème palmeraie. Tentative de lutte biologique en palmeraie contre deux principaux ravageurs de la datte et du palmier dattier : *Ectomyelois ceratoniae* et *Parlatoria blanchardi* par l'utilisation de *Trichogramma embryophagum* et *Pharoscymnus semiglobosus*. *Euromediterranean Workshop of Animal Ecology. ; Du 22 au 24 novembre*. Université Annaba, pp. 8-11.
- Idder M.A., 2008- La biocénose comme indicatrice des modifications climatiques : cas de l'exploitation agricole de l'ITAS de Ouargla. *Les journées internationales sur l'impact des changements climatiques sur les régions arides et semi arides; du 15 au 17 décembre*. CRSTRA, Biskra.
- Idder M.A., 2009- La biodiversité, source d'intensification de la lutte biologique en palmeraies. *Séminaire international sur la Biodiversité Faunistique en Zones Arides et Semi Arides du 21 au 23 Novembre*, Faculté SNV/STU, Université Kasdi Merbah-Ouargla.
- IDDER M.A. Et PINTUREAU B., 2009- Efficacité de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) comme prédateur de l'acarier *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) dans les palmeraies de la région d'Ouargla en Algérie. *Fruits*, 63 :85-92.
- Idder. M.A., Boussaid L., Et Maache L., 2000- La cochenille blanche ; *Parlatoria blanchardi*. *Atelier sur la faune utile et nuisible du palmier dattier et de la datte*. I.A.S., les 22-23 février, CUO –CRSTRA.
- Idder M.A., Zenkhri S. Et Dadamoussa B., 2006- lutte biologique contre la cochenille blanche du palmier dattier à l'aide de la coccinelle *Pharoscymnus semiglobosus* dans le Sud est algérien. *Conférence Internationale Francophones d'Entomologistes*. Rabat du 2 au 6 juillet.
- Idder M.A., Bensaci M., Oualan M. Et Pintureau B., 2007- Efficacité comparée de trois méthodes de lutte contre la Cochenille blanche du Palmier dattier dans la région d'Ouargla (Sud-est algérien) (Homoptera, Diaspididae). *Bul. Soci. Entom. France*, 112 : 191-196.
- Idder M.A., Bolland P., Doumandji-Mitiche B. Et Pintureau B., 2009- Efficacité de *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello (Hymenoptera, Trichogrammatidae) pour

- lutter contre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) dans la palmeraie de Ouargla, Algérie. *Recherche Agronomique*, 23 : 58-64.
- Idder M.A., Idder-Ighili H., Saggou H. Et 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.). *Cahiers Agriculture*, 18 : 63-71.
 - Illiassou A., 2004- Bioécologie des sauterelles et des sauteriaux de quatre stations d'études dans la cuvette de Ouargla. Mém. Ing. Agro. Univ. Ouargla, 68p.
 - Munier P., 1973- Le palmier dattier. Paris, Ed. Maison neuve et Larose, 221 p.
 - Ozenda P., 1983 – Flore du Sahara. ED .centre nati. rech .sc. Paris, 622 p
 - Ouelde H'mlla M., 1998– Effete de la date de ciselage sur la production dattier chez deux cultivars: Deglet Nour et Ghars dans la région de Ouargla. Mémoire Ing. Ang.I.T.A.S. Ouargla,125p
 - Passager .,1957- Ouargla (Sahara Constantinois). Etude historique, géographique et médicale. Arch. Inst. Pasteur d'Alger, 35 (2): 99-200.
 - Peyron G., 2000- Cultiver le palmier dattier. Ed. CIRAD, France, 110 p.
 - Quezel P., 1963- La végétation au Sahara. Edit. Masson et Cie, Paris, 33 p.
 - Raache A., 1990- Etude comparative des taux d'infestation de deux variétés de dattes (Deglet-Nour et Ghars) par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) dans deux biotopes différents (palmeraies moderne et traditionnelle) dans la région de Ouargla. Mémoire Ing., ITAS, Ouargla, 85 p.
 - Saggou H., 2001- Relation entre les taux d'infestation par la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et différentes variétés de dattes dans la région d'Ouargla. Mémoire Ing. Agr., I.A.S., Ouargla, 70 p.
 - Savorin M.J.- 1930- Les territoires du sud de l'Algérie. Esquisse géologique et hydrologique. Imprimerie algérienne, 65p.
 - Toutain G., 1972- Observations sur la reprise végétative du palmier dattier. Al Awania, 43 : 81-94.
 - Toutain G., 1979- Eléments d'agronomie sahariennes. De la recherche au développement. Paris: INRAIGRET, 276 p.
 - Wertheimer M., 1958 Un des principaux parasites du palmier dattier: Le Myelois. decolor. Fruit, volume 13,n°8,pp 109
 - Abdelli O., 1996 - Etude de quelques aspect de la bio-écologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), (Diptera : Trypetidae) dans le parc de Chaib. Thèse. Mag. Inst. Sc. Nat. Uni. Tizi Ouzou. 76 p.

- Aboussaid H., El Messoussi S. et Oufdou K., 2007 - Activité insecticide d'une souche marocaine de *Bacillus thuringiensis* sur la mouche méditerranéenne : *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera : Tephritidae). *Afrique Science*, 5 (1) : 160-172.
- Ali Ahmed-Sadoudi D., 2007 - Bio-écologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Trypetidae) dans quelques vergers de la Kabylie. Thèse de Doctorat. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 197 p.
- Bateman M. A., 1972 -The ecology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.*, (17) : 493 - 518.
- Bénédicte et Bachès M., 2002 - Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96 p.
- Bennai M. et Hamadache A., 2012 - Protection Phytosanitaire des Arbres Fruitiers et de la Vigne. Ecole National Supérieur d'Agronomie, El Harrach, Alger, 152 p.
- Bernard B., 2014 -Le contrôle autocide des insectes ravageurs de grande dimension. Une méthode efficace et durable en rapide développement. Académie d'Agriculture de France, 11 p.
- Bertin Y., Didier C. et Ducelier D., 1998 - Protection phytosanitaire des agrumes. CIRO-FLHOR., pp. 73 - 76.
- Biche M., 2012 - Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Institut national de la protection des végétaux, le ministère de l'agriculture et du développement rural et FAO, 36 p.
- Bodenheimer F. S., 1951 - Citrus entomology. Ed. Dio. Junk Denhang, 663 p.
- Bonnier G. et Douin R., 1990 - La grande flore, de Gaston Bonnier. Ed. Belin, Paris, p.p. 203-204.
- Boudi M., 2005 - Vulgarisation agricole et pratiques des agrumiculteurs de la Mitidja. Institut national Agronomique, El Harrach, Alger, 133 p.
- Buyckx E. J., 1994 - Unfecundated dates, host of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the oases of Tozeur. Proceeding of IOBC/WPRS Int. Open Meet. Working group fruit flies of economic importance, Lisbon, Portugal. 14-16 Oct. 1993, Bulletin 17 : 25 - 37.
- Chapot H. et Delluchi V. L., 1964 - Maladies, troubles et ravageurs des agrumes.18 p.
- Chouibani M., Ouizbouben A. et Kaack H., 2015 - Protection intégrée des agrumes. Direction de la Protection des Végétaux-des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes, Maroc, 77p.
- D.S.A., 2009 - Donnée hydrologique et pédologique de la ferme pilote El Fhoul. 1 p.
- D.S.A., 2015 - Données statistiques sur la production des agrumes de la wilaya de Tlemcen. 1 p.

- Dekhli L., 2006 - Estimation de l'infestation par *Ceratitis capitata* (Wied. 1824) et suivi de la dynamique de ses populations sur différentes espaces et variétés fruitières a Tizi-ouzou et Boumerdes. Thèse. Ing. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Univ. Tizi-Ouzou, 90 p.
- Delassus M., Brichet J., Balachowsky A. et Lepigne A., 1931 - Les ennemis des cultures fruitières en Algérie et les moyens pratiques de les combattre. Ed. Recher.Agro. Algérie, pp. 53 - 62.
- Delrio G., 1985 - Tephritid pests in citriculture. CEC/Proc. Experts meting. Acireal; Balkema Rotterdam Integrated pest control in citrus. Ed. Recher, Cavaloroand Dimartino, pp. 135-149.
- De-Rocca-Sierra D. et Ollitrault P., 1992 - Les ressources génétiques chez les agrumes. Le courrier de l'environnement de l'INRA, 3 p.
- Dhouibi M. H., Gahbich H. et Saadie B., 1995 - Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitiscapitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. Fruits, Vol. 50, n°1, p.p. 39 - 49.
- Djebaili S., 1984 - Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien Algériens. Ed. Office des Publ. Univ., Alger, 177 p.
- Dreux P., 1980 - Précis d'écologie. Ed. Presse universitaire de France, Paris, 231 p.
- Driouchi A., 1990 - Evaluation économique des pertes causées par la mouche méditerranéenne des fruits : cas de l'économie agricole Tunisienne Rapport de mission d'un expert consultant AIEA/FAO. Division de l'assistance technique et de la coopération, 22 p.
- Duyck P. F. et Quilici S., 2001 - Etude comparée de la biologie du développement chez trois espèces de mouches des fruits (*Ceratitis* spp.)(Diptera : Tephritidae), nuisibles aux cultures fruitiers a la Reunion. AMAS : Food and Agricultural Research Council, Reunion, Mauritius, p.p. 105-113.
- Dyck V. A., Hendrichs J. and Robinson A. S., 2005 - Sterilizing insects with ionizing radiation. Sterile Insect Technique, principals and practice in Area-wide integrated pest management, 799 p.
- Elisabeth et Julien J., 2014 - Cultiver et soigner Les fruitiers. Ed. Sang de la terre et Eyrolles, Paris, 495 p.
- Emberger L., 1955 - Une classification biogéographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier, 7: 43 p.
- Emilien L., et Jocelyne G., 1975 - Les agrumes : cultures pérennes. Polycope, ITA, Mostaganem, vol. 3 et 4, 231 p.
- Enkerlin W.R. and Mumford J. D., 1998 - Economic evaluation of three alternative methods

- for control of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Palestine, Jordan, Lebanon and Syria. Final report to IAEA, pp. 1066-1072.
- Estienne P. et Godard A., 1970 – Climatologie. Ed. Armand Colin. Collection, Paris, 365 p.
 - Fellah H., 1996 - Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedmann 1829 (Diptera: Tephritidae) sur fruits d'été. Mémoire de Fin d'Etudes de Cycle de Spécialisation. Institut National Agronomique de Tunisie, Tunisie, 237 p.
 - Fellah H. et Dhouibi M. H., 1995 - Piège sexuel de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* Wied (Diptera, Tephritidae). Act. Des 2ème Jour. Nat. Sur les acquis de la Rech. Agro. Halie. Et Vété. Vol. 2, Horti., p.p. 282-295.
 - Gahbiche H., 1993 - Contribution à l'étude de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedmann (Diptères, Tephritidae) dans deux biotopes du Nord de la Tunisie. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation de l'INAT, pp. 5-107.
 - Jacquemond C., Curck F. et Coord, 2013 - Les clémentines et autres petits agrumes. Ed. Quae. Versailles Cedex. France. 363 p.
 - Jarraya A., 2003 - Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord. Leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts, leur contrôle. Edition Climat Publications, Tunis, 415 p.
 - Haymer D. S., Tanaka T. and Teramae C., 1994 - DNA probes can be used to discriminate between Tephritid species at all stages of the life cycle. Journal of Economic Entomology, 87: 741-746.
 - Kazi Tani C., 1995 -Possibilité d'enrichissement par introduction d'essences feuillues dans les monts de Tlemcen. Thèse d'ingénieur d'état en foresterie, Fac. Sci., Tlemcen, 93 p.
 - Larousse, 2002 - Larousse Agricole. Ed. Larousse, Paris, 767 p.
 - Liquido N. J., Shinoda L. and Gunninghm R. T., 1991 - Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). An Annotated World Eeview, Misc. Publication 77, Ent. Soc. America, 52 p.
 - Loussert R., 1987 - Les agrumes, arboricultures. Ed. Mkalles–Mar Roukoz. Liban. Technique scientifique universitaire, 113 p.
 - M. A. P. M., 2013 - Note de veille secteur agrumicole Novembre 2013. Note stratégique, n° 97, 19 p.
 - Maddison. P. A. and Bartlett. B.Y. 1989 - A contribution towards the zoogeograph of the

- Tephritidae. In. A.S. Robinson & G. G. Hooper (ed). Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, vol.3, p.p. 27-35.
- Mostefai N., 2012 - La diversité avienne dans la région de Tlemcen (Algérie occidentale) État actuel, impact des activités humaines et stratégie de conservation. Thèse doct. univ. Tlemcen, p. 41.
 - Nicanor J., Roy T. and Susumu N., 1990 - Host plants of Mediterranean fruit fly (Diptera: Trypetidae) on the Island of Hawaii (1949-1985 Survey). J. Economic Entomol. Vol. 83, n° 5, p.p. 1864 - 1878.
 - O.E.P.P., 1996 – *Ceratitis capitata* : In: Organismes de quarantaine pour l'Europe. Ed. CAB international, Wallingford, Royaume-Uni. 3 p.
 - Oukil S., 1995 - Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité (Diptera : Trypetidae). Thèse 3eme cycle, Univ. Aix. Marseille III, Fac. Sc. Tech-St Jérôme, 138 p.
 - Oukil S., Bues R., Toubon J.F. and Quilici S., 2002 - Allozyme polymorphism in populations of *Ceratitis capitata* from Algeria, the north western Mediterranean coast and Reunion Island. Fruit, (57) : 183- 191.
 - Praloran J. C., 1971 - Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Maisonneuve et Larox, T. 11 et 12, Paris, 665 p.
 - Ramade F., 1984 - Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397 p.
 - Sampaio G. H., Myazaki I. and Olivera D.A., 1984 - Possible factors determining the degree of susceptibility of certain citrus varieties to attack by fruit flies. Biologico, p.p. 273-284.
 - Smail O. et Kheddouci D., 2000 - Relations entre le degré d'infestation de différentes variétés fruitières par *Ceratitis capitata* Wied, 1824 (Diptera ; Trypetidae) et les caractéristiques physico-chimiques des fruits dans différents vergers de la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse Ing. Univ. Tizi-Ouzou, 64 p.
 - Soria F., 1963 - Etude des populations et de dispersion de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Trypetidae) en Tunisie a l'aide des radios - isotopes. Int. Atomic. Energy. Agency IAEA I Vienne, p.p. 357-363.
 - Spiegel-Roy P. and Goldschmidt E. E., 1996 - Biology of citrus. Cambridge University Press. Cambridge. UK., 230 p.
 - Swingle W. T., 1948 - The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. In : The citrus Industry History Botany and Breeding, (Webber H.J., Batchelor L.D). University of

California Press. Los Angeles. USA, p.p. 129-479.

- Thomas M. C., Heppner R. E., Woodruff H. V., Weems G. J. and Fasulo T. R., 2001 - Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitidis capitata* (Weidman) (Insecta: Diptere: Tephritidae), Entomologie section circulars, (4) : 230-273.
- Van-Ee S., 2005 - La culture fruitière dans les zones tropicales. Wageningen Reboijr H. (1966) - Des agrumes - Manuel des cultures de Citrus pour le bassin Méditerranéen. Ed. Baillère et Fils, Paris, 264 p.
- Moulai R., 1994 - *Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques au laboratoire de Stethorus punctillum (Weise) (Coleoptera - Coccinellidae), prédateur de Tétranyques*. Mémoire Ing. Etat, INA, Alger, 88 p.
- Munier P., 1973- *Le palmier dattier*. Ed. Maison Neuve et Larose, Paris, 231 p.
- Virbel-Alonso C., 2011 - Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles, 15 p.
- Walali-Loudyi D. E. M., Skiredji A. et Hassan E., 2003 - Fiches techniques : le bananier, la vigne, les agrumes. Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, 4 p.
- Whit I. M. and Elson-Haris M. M., 1992 - Fruit Flies of Economic Significance: their identification and bionomics. C.A.B. ACIAR, 601 p.
- Zucoloto F. S., 1993 -Acceptability of different Brazilian fruits to *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) and fly performance on each species. Brazilian J. M. Biol. Res., (26): 291-298.
- Zucoloto F. S., Maria P. S. and Bravo I., 2005 - Influence of protein on feeding behaviour of *Ceratitidis capitata*: Comparaison between immature males and females. Neotropical Entomology, 34 (4): 539-545

Les site web

http://www.inapg.inra.fr/ens_rech/bio/biotech/textes/applicat/agricut/vegetale/procult/intro.htm

<http://aramel.free.fr>

<https://www6.inra.fr/Coleoptera-Staphylinidae>

<https://www6.inra.fr>

<https://fr.wikipedia.org>

<https://sites.google.com/site/palmierdattierens>

<http://espace.algerie.over-blog.com/article-deglet-nour-64428722.html2006>

<http://www.ctd.tn/fr/pyraledesdattes-html>

<http://fcic.co/en/gallery/parlatoria-balanchardi.html>

Résumé :

La lutte biologique, laissée de côté un temps après l'essor des pesticides chimiques, peut être utilisée par toutes personnes désireuses de s'en servir, qu'il s'agisse du particulier, de l'agriculteur ou bien des collectivités locales, nationales ...

Après avoir fixé les bases du concept de lutte biologique, nous décrivons les différents types d'auxiliaires existants, en fait une synthèse bibliographique des différents travaux de lutte biologique appliqués sur les insectes ravageurs de palmier dattier et des agrumes.

Mots clés : Lutte biologique, Auxiliaires, Synthèse, Insectes ravageurs, Palmier dattier, Agrumes

Summary :

The biological control, left aside a time after the rise of the chemical pesticides, can be used by all people wishing to use it, that it is about the individual, the farmer or the local, national authorities ...

After having laid down the bases of the biological control concept, we describe the different types of existing auxiliaries, in fact a synthesis of the different biological control works applied on insect pests of date palm and citrus fruits.

Key words: The biological control, auxiliaries, synthesis, insect pests, date palm, citrus fruits

ملخص:

يمكن استخدام مكافحة البيولوجية، التي تركت جانبا بعد وقت من ظهور المبيدات الكيميائية، من قبل جميع الناس الراغبين في استخدامه، أن الأمر يتعلق بالفرد أو المزارع أو السلطات المحلية ...

بعد أن وضعنا أسس مفهوم مكافحة البيولوجية، نحن تصف أنواع مختلفة من المساعدين الحاليين، كما قمنا بتحليل لمختلف وأهم أعمال مكافحة البيولوجية المطبقة على الآفات الحشرية لنخيل التمر والحمضيات.

كلمات المفتاح: مكافحة البيولوجية، المساعدين الحاليين، تحليل، الآفات الحشرية، نخيل التمر، الحمضيات.