

Etudes préliminaires sur les champignons entomopathogènes des pucerons de l'artichaut en Tunisie

Guesmi-Jouini Jouda^{(1)*}, Boughalleb-M'hamdi Naima⁽²⁾ & Ben Halima-Kamel Monia⁽¹⁾

⁽¹⁾ UR 04AGRO4: Invertébrés, Microorganismes, malherbes nuisibles: Méthodes alternatives de lutte. Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Chott Mariem. Université de Sousse, Tunisie. Fax: +216 73 32 75 91; Tél.: +216 73 72 75 44; *E-mail: joujouda21@yahoo.fr.

⁽²⁾ UR Cultures maraîchères conventionnelles et biologiques. Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Chott Mariem. Université de Sousse, Tunisie.

L'isolement à partir des cadavres de *Capitophorus elaeagni* (Del Guercio) (Hemiptera: Aphididae) montrant des symptômes naturels de mycoses entomopathogènes, dans des parcelles d'artichaut en Tunisie, a révélé la présence de deux types de colonies mycéliennes de couleur crème. Le repiquage sur milieux spécifiques a permis l'identification de deux espèces de *Fusarium*: *F. sacchari* (Butler and Hafiz Khan) Gams (1971) et *F. semitectum* (Berkeley and Ravenel, 1875). Les tests de pathogénicité *in vitro* ont montré que les traitements à base de ces espèces ont été mortels pour *Aphis fabae* (Scopoli), *Brachycaudus cardui* L., *C. elaeagni* et *Dysaphis cynarae* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) et ont reproduit les symptômes rencontrés au champ. En outre, les tests de virulence ont montré que *F. semitectum* est l'espèce entomopathogène la plus virulente avec un taux de mortalité dépassant 90 % et que *C. elaeagni* est l'espèce aphidienne la plus sensible alors que *A. fabae* est la plus résistante aux différents traitements. De plus, le TI_{50} le plus court a été de l'ordre de 31 heures enregistré avec *F. semitectum* alors que *F. sacchari* a nécessité 52 heures pour induire 50 % de la mortalité pour les individus de *C. elaeagni*.

Mots clés: champignons entomopathogènes, pucerons, artichaut, Tunisie.

The isolation from *Capitophorus elaeagni* (Del Guercio) (Hemiptera: Aphididae) cadavers showing natural symptoms of entomopathogenic fungi, in Tunisian artichoke plots, revealed the presence of two types of cream-coloured mycelia. The subculture on selective media permitted the identification of *Fusarium* species: *F. sacchari* (Butler and Hafiz Khan) Gams (1971) and *F. semitectum* (Berkeley and Ravenel, 1875). *In vitro* pathogenicity tests have showing that treatments based on these species were lethal for *Aphis fabae* (Scopoli), *Brachycaudus cardui* L., *C. elaeagni*, and *Dysaphis cynarae* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) and have reproduced the same symptoms observed in the fields. Moreover, virulence assays showed that *F. semitectum* is the most virulent entomopathogenic specie with a mortality rate exceeding 90 % and that *C. elaeagni* is the most sensitive aphids' specie; whereas, *A. fabae* is the most resistant specie for both treatments. Moreover, the shortest TI_{50} (31 hours) was recorded by *F. semitectum* while *F. sacchari* required 52 hours to induce 50 % of mortality for individuals of *C. elaeagni*.

Keywords: entomopathogenic fungi, aphids, artichoke, Tunisia.

1. INTRODUCTION

Les pucerons sont probablement les insectes phytophages causant les plus grandes pertes économiques au vu de leurs caractères morphologiques et biologiques qui en font des ravageurs majeurs des cultures (Blackman & Eastop, 1984). En effet, leur petite taille caractéristique, leur potentiel biotique élevé (Hulle *et al.*, 1999) et leur polymorphisme (Dixon, 2000) leur permettent l'accomplissement des

fonctionnalités de reproduction, de dispersion et de survie en fonction des conditions du milieu (Miyazaki, 1987); leurs conférant, ainsi, des pullulations spectaculaires et difficilement prévisibles (Robert, 1988).

Toutefois, le recours à la lutte chimique a conduit progressivement à des problèmes d'ordres génétiques, environnementaux et sanitaires (Roush & McKenzie, 1987). Dans un concept de promotion de l'agriculture durable, la

conservation de la biodiversité impose de nouveaux défis pour la protection des cultures et la gestion des ravageurs en se basant sur les connaissances scientifiques des peuplements aphidiens et sur les facteurs agissant sur leur dynamique (Riba & Silvy, 1989; Allen & Rajotte, 1990; Wiseman, 1994).

Dans le cadre de la subvention de la culture d'artichaut en Tunisie, une étude de la dynamique des pucerons inféodés à cette culture a été abordée (Guesmi, 2008) par l'identification des espèces incriminées, leur succession spatiotemporelle, leur évolution en fonction de la phénologie de la plante (Guesmi *et al.*, 2010) et par la détermination de la richesse de la faune auxiliaire (Guesmi *et al.*, 2009). Dans ce contexte, l'étude des champignons entomopathogènes, constitue un bon modèle pour aborder le principe de lutte biologique et intégrée contre les pucerons. En effet, grâce à sa morphologie particulière à fort volume végétatif et à sa pérennité (Dridi, 2003), la plante d'artichaut offre un nid de prédilection naturel pour ces pathogènes, contrairement aux prédateurs ou parasitoïdes gênés par cette morphologie végétale offrant un milieu d'homochromie pour les pucerons (Guesmi, 2008). Par ailleurs, la connaissance et la maîtrise des paramètres biologiques et physiologiques sous-tendant les champignons entomopathogènes en Tunisie, restent négligées voire absentes. Ainsi, cette étude propose, l'identification des champignons entomopathogènes isolés à partir des cadavres de pucerons sur artichaut, la détermination de leur pathogénicité et leur virulence et la détermination des degrés de sensibilités des différentes espèces aphidiennes envers ces champignons.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Elevage des pucerons

Des collectes régulières d'aptères *Aphis fabae* (Scopoli), *Brachycaudus cardui* L., *C. elaeagni* et *Dysaphis cynarae* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae), ont été effectuées à partir des plants d'artichaut de la parcelle expérimentale du domaine de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem. Après identification, les différentes espèces aphidiennes ont été élevées séparément sur de jeunes plants d'artichaut cultivés en pots à une température de $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une photopériode de 16 heures d'éclairement.

2.2. Origine des isolats:

Les différentes souches des champignons entomopathogènes rencontrés lors des suivis ont été isolées, comme la plupart des hyphomycètes, directement du cadavre de l'insecte (Goettel & Inglis, 1997). Des cadavres de *Capitophorus elaeagni* montrant des symptômes de mycoses entomopathogènes ont été placés dans boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA (Potato-Dextrose-Agar) pour permettre le développement du champignon (Papierok & Hajek, 1997). Les boîtes ont été incubées à une température de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative de $75 \pm 5\%$ jusqu'à la multiplication importante du pathogène. La purification des isolats développés a été effectuée par des repiquages successifs sur le milieu d'isolement jusqu'à l'obtention d'une culture pure. Le repiquage des champignons à identifier s'est effectué à la suite du prélèvement des explants fongiques en bordure des colonies développées sur les milieux d'isolement.

2.3. Préparation des suspensions sporales

A partir des souches mères sur PDA, les boîtes de Pétri ont été ensemencées puis incubées à $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et % d'humidité relative. Après trois semaines, les colonies développées ont été grattées par des aiguilles lancéolées et mises en suspension dans 100 ml de PDL (Potato-Dextrose-Liquid). Pour homogénéiser la suspension, celle-ci a été agitée, à 148 RPM, durant 10 jours à $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et 12 h d'éclairement.

2.4. Essai biologique

Afin de déterminer les propriétés insecticides des différents isolats, nous avons adopté la méthode d'inoculation directe par trempage (Butt & Goettel, 2000) technique recommandée par la FAO comme méthode standard de la détection et de mesure de la résistance des pucerons aux insecticides (FAO, 1979; Stribley *et al.*, 1983; Furk and Roberts, 1985; tous cité par Devonshire & Rice, 1988) et particulièrement pour mesurer la toxicité des champignons par contact (Butt & Goettel, 2000).

L'expérimentation a été conduite sur les différentes espèces aphidiennes identifiées comme nuisibles à l'artichaut à savoir: *A. fabae*, *B. cardui*, *C. elaeagni*, et *D. cynarae*.

Pour chaque isolat et pour chaque espèce aphidienne, les pucerons sont trempés pendant 10 secondes dans la suspension du champignon préparée à une concentration de l'ordre de 10^7 spores/ml (Gannasi *et al.*, 2006). Par la suite, sur des sections rectangulaires de feuilles d'artichaut, désinfectées au préalable avec l'eau de Javel, puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée, les pucerons traités sont répartis, à raison de 6 individus par boîte de Pétri avec cinq répétitions par traitement. Quant aux témoins, ils ont été trempés dans de l'eau distillée avant d'être répartis de la même manière. Ainsi, l'évaluation du pouvoir pathogène est réalisée sur la base de 30 pucerons adultes aptères pour chaque espèce fongique ainsi que pour chaque espèce aphidienne. De plus, une association entre les champignons entomopathogènes a été appliquée pour vérifier leur effet conjoint pour chaque aphide.

La mortalité des individus traités est contrôlée journalièrement à partir du jour du traitement jusqu'à la mort de tous les individus notant que les sections foliaires sont remplacées chaque deux jours par de nouvelles désinfectées et rincées. À chaque contrôle, les insectes morts sont éliminés avant la sporulation du pathogène pour éviter la transmission horizontale de l'infection dans une même boîte. De plus, les cadavres sont incubés dans des chambres humides puis repiqués sur milieu PDA afin de ré-isoler le pathogène et vérifier si la mortalité est réellement due à l'infestation par des champignons entomopathogènes.

2.5. Analyse statistique

Les propriétés insecticides des deux isolats ont été estimées par l'analyse de leur temps létaux moyens et le pourcentage de mortalité. Les différences entre les traitements utilisées sont déterminées en utilisant une analyse de variance à une variable de classification, à l'aide du logiciel statistique SPSS 13. La comparaison des différents traitements a été effectuée par le test du Ducan.

3. RESULTATS

3.1. Infections naturelles des champignons entomopathogènes

Symptomatologie

Le suivi des populations aphidiennes dans les artichautières a permis l'observation de quelques pucerons mycosés pendant l'automne et l'hiver des années 2007 et 2008 (Fig. 1). Les individus infectés ont montré des symptômes variés qui se manifestent sur les larves, les nymphes et les adultes aptères et ailés. En effet, si les pucerons mycosés sont vivants, ils présentent une coloration orangée brillante (Fig. 2A) ou orangée mate (Fig. 2B), brune (Fig. 2C) ou marron (Fig. 2D). En outre, si les pucerons sont morts, les cadavres sont de couleur orangée (Fig. 2E) marron (Fig. 2 F, G, H) ou noire et peuvent présenter sur leurs téguments un mycélium blanc (Fig. 2H, I, O, P, Q, R), brun clair (Fig. 2J, K, L) ou marron (Fig. 2M, N). Par ailleurs, il est à noter que les individus ailés présentent sur leurs corps des mycéliums de couleur blanche (Fig. 2U) ou brune (Fig. 2V) ou marron (Fig. 2W) alors qu'au niveau alaire, les mycéliums sont sous forme de fins filaments brillants (Fig. 2X). Ainsi, cette multitude de variabilité symptomatologique a été expliquée par deux hypothèses: soit il s'agit de l'attaque de différents agents pathogènes dans une même colonie aphidienne, ou bien ce sont les symptômes d'un même champignon à différents stades de son développement et qui change d'aspect au cours de son évolution dans l'hôte.

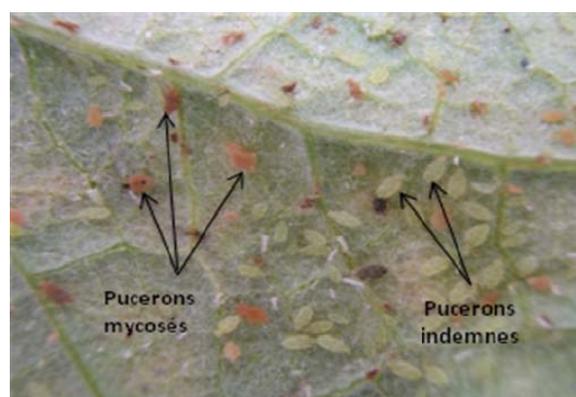


Figure 1: Colonies aphidiennes comprenant quelques individus mycosés sur feuilles d'artichaut

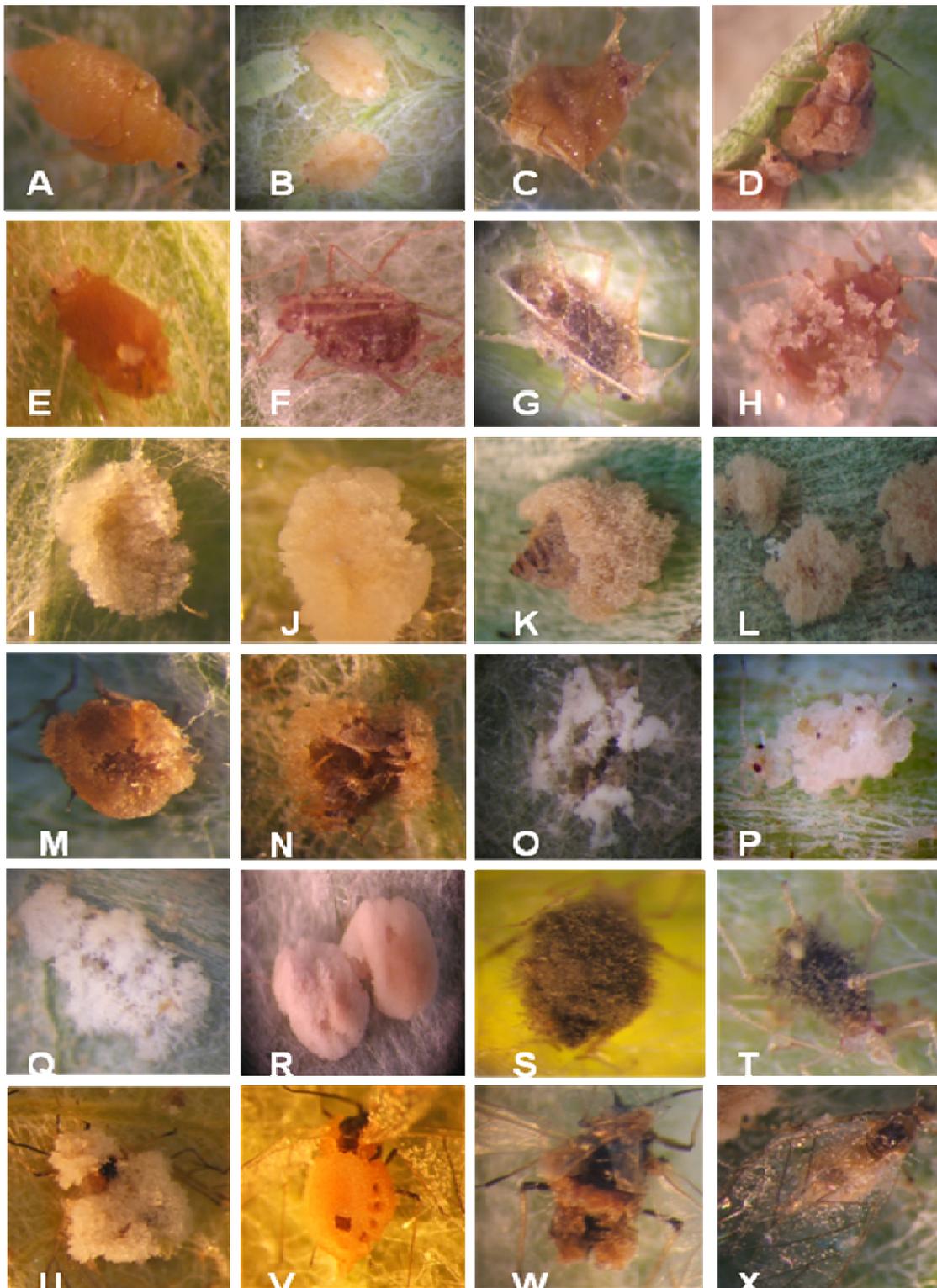


Figure 2: Symptomatologie des mycoses fongiques selon le stade biologique et le niveau d'infection

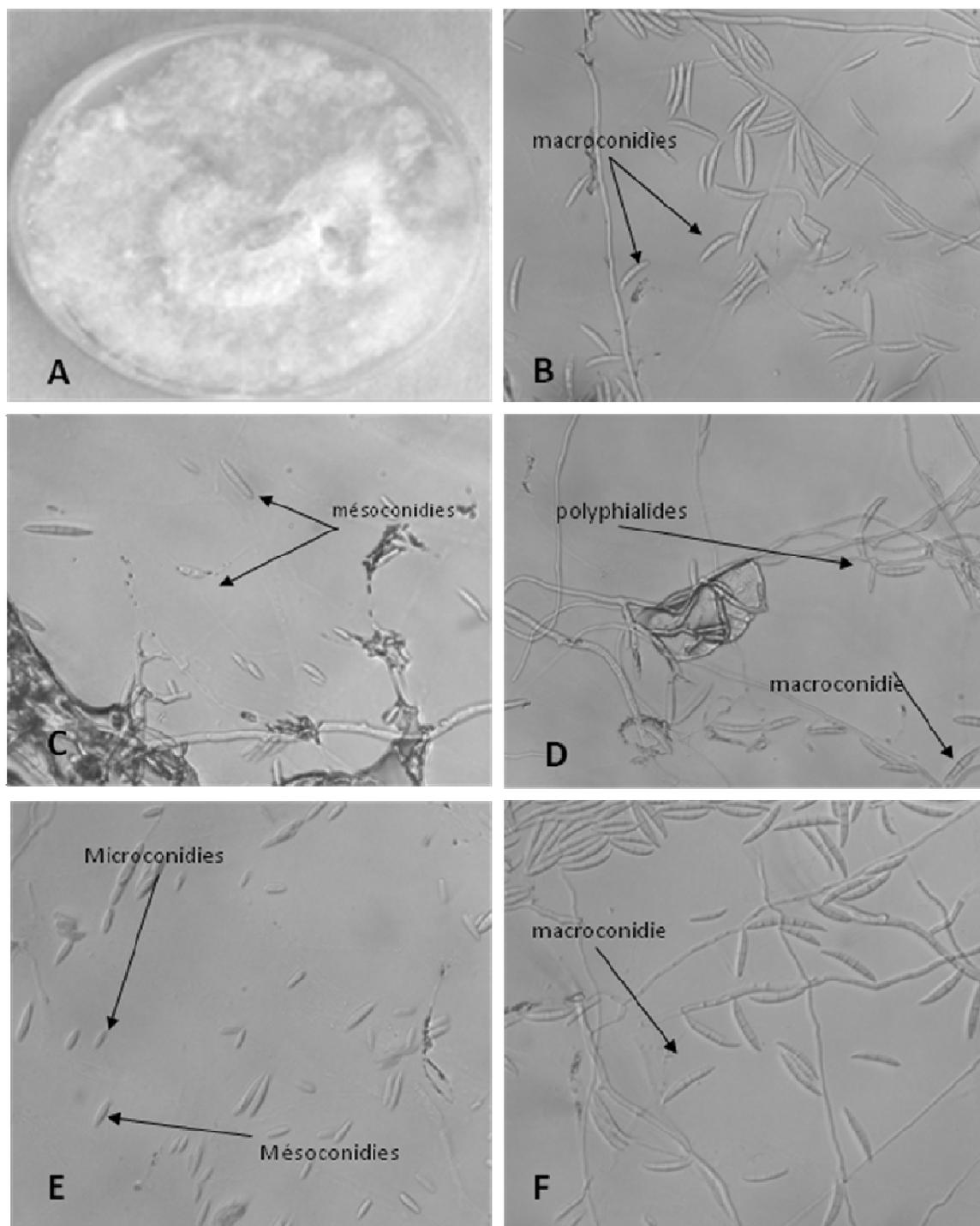


Figure 3: Observation microscopique de *F. semitectum* et *F. sacchari*. **A:** Colonies mycéliennes caractéristiques du genre *Fusarium*; **B:** Macroconidies de 3 à 5 cloisons de *F. semitectum*; **C:** Mésoconidies de *F. semitectum*; **D:** Macroconidies et Polyphialides de *F. semitectum*; **E:** Microconidies et mésoconidies de *F. sacchari*; **F:** Macroconidies à 3 cloisons de *F. sacchari*.

Identification morphologique

L'isolement sur milieu standard de PDA a montré la présence de colonies mycéliennes de couleurs crème (Fig. 3A). L'observation microscopique révèle la présence d'un mycélium septé et des conidies caractéristiques du genre *Fusarium*.

Ainsi, le repiquage sur milieux PDA a permis l'identification de deux espèces de *Fusarium*. Il s'agit de *F. semitectum* (Berkeley & Ravenel, 1875) caractérisé par la présence de macroconidies ayant trois à cinq cloisons (Fig. 4 B), de mésoconidies (Fig. 3 C) et de polyphialides (Fig. 3 D), mais les microconidies font défaut. La

seconde espèce est *F. sacchari* (Butler and Hafiz Khan) Gams (1971) caractérisée par la formation de microconidies, mésoconidies (Fig. 3 E) et des macroconidies à trois cloisons (Fig. 3 F).

3.2. Essai biologique

Test de pathogénicité

La vérification de la pathogénicité des champignons collectés et identifiés, a été réalisée par évaluation de leur aptitude à induire l'infection et / ou des mortalités au sein des colonies aphidiennes. En effet, les tests de pathogénicité ont révélé que les traitements à base

des deux espèces de champignons ainsi que leur combinaison ont été mortelles pour les différentes espèces aphidiennes (Tableaux 1 et 2 et Fig. 4).

D'autant plus, il faut souligner que les différents traitements ont donné lieu à des symptômes plus ou moins semblables à ceux rencontrés aux champs mais qui diffèrent entre eux selon l'espèce aphidienne, le genre et l'espèce fongique mais aussi selon le stade de développement du pathogène dans son hôte. Ainsi, l'étude de la symptomatologie a révélé la caractérisation de différents types de symptômes en se basant sur l'aspect morphologique extérieur de l'insecte hôte et son pathogène (Tableaux 1 et 2 et Fig. 4).

Tableau 1: Symptomatologie des infections entomopathogènes des traitements à base de *F. semitectum* et *F. sacchari* sur *A. fabae* et *B. cardui*

Traitements	Espèces aphidiennes	
	<i>A. fabae</i>	<i>B. cardui</i>
<i>F. semitectum</i>	Pucerons morts de couleur noire et présentant des filaments blancs, ou verts	Pucerons morts couverts par des filaments de couleur crème ou brune
<i>F. sacchari</i>	Pucerons morts et de couleur noires et attachés à la surface foliaire par des filaments blancs	Pucerons morts de couleur noire mate et cadavre vidé et aminci
<i>F. semitectum</i> / <i>F. sacchari</i>	Pucerons morts de couleur noire et présentant des filaments blancs, verts ou noirs	Pucerons morts, cadavre noir et corps partiellement ou totalement dilaté

Tableau 2: Symptomatologie des infections entomopathogènes des traitements à base de *F. semitectum* et *F. sacchari* sur *C. elaeagni* et *D. cynarae*

Traitements	Espèces aphidiennes	
	<i>C. elaeagni</i>	<i>D. cynarae</i>
<i>F. semitectum</i>	Pucerons morts, cadavre de couleur brune ou marron avec des filaments blancs ou verts	Pucerons morts de couleur noire et présentant des filaments blancs, verts ou noirs
<i>F. sacchari</i>	Pucerons morts, cadavre de couleur brune ou marron et entouré par des filaments blancs ou verts	Pucerons morts et de couleur noire et attaché à la surface foliaire par des filaments blancs
<i>F. semitectum</i> / <i>F. sacchari</i>	Pucerons morts, cadavre de couleur brune ou marron entourés par des filaments blancs ou verts	Pucerons morts, cadavre dilaté, couleur orangée ou pucerons morts de couleur noire et présentant des filaments blancs, verts

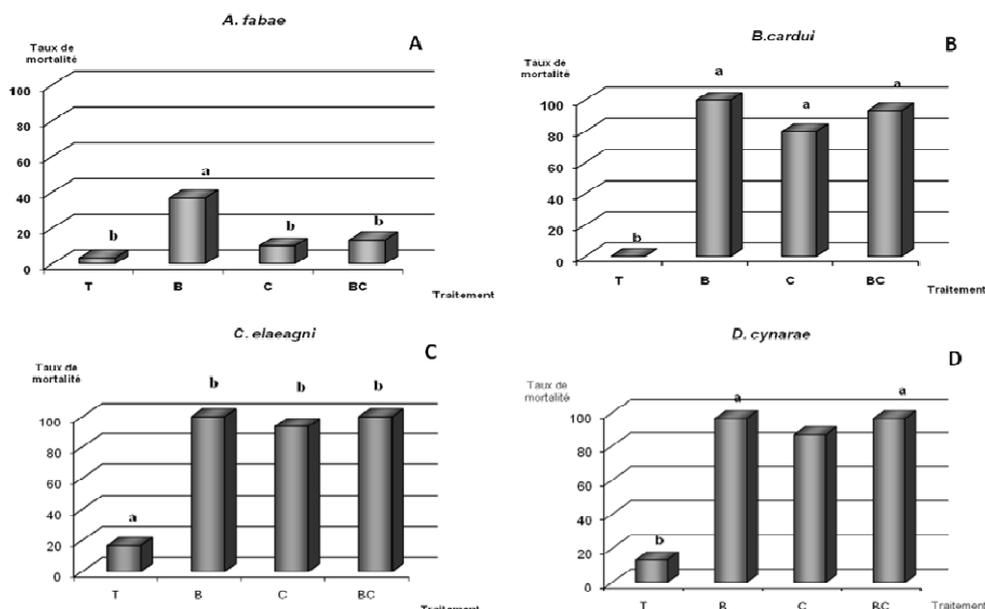


Figure 4: Taux de mortalité chez *A. fabae* (A), *B. cardui* (B), *C. elaeagni* (C) et *D. cynarae* (D) selon les différents traitements à base des suspensions sporales; (B: *F. semitectum*; C: *F. sacchari*; BC: *F. semitectum* + *F. sacchari* et T: Témoin)

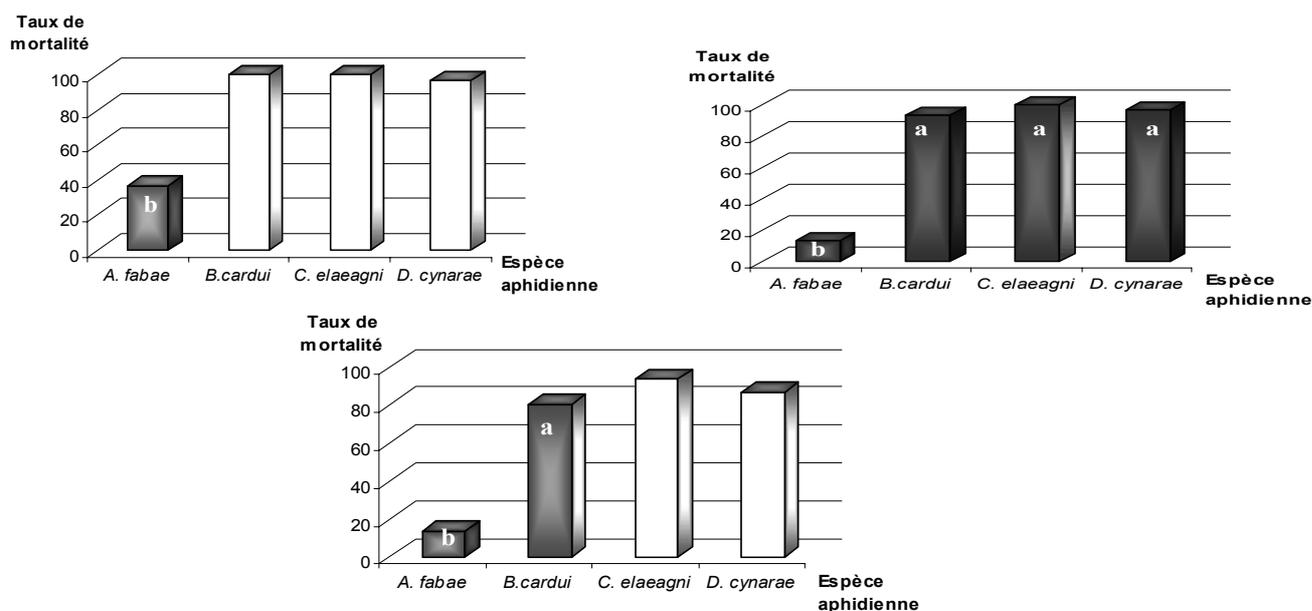


Figure 5: Taux de mortalité chez les différentes espèces aphidiennes traitées par *F. semitectum* (A), *F. sacchari* (B) et *F. sacchari/F. semitectum*. Les graphiques ont été réalisés avec la moyenne de 5 répétitions pour chaque traitement et pour chaque espèce aphidienne testés selon le test de Duncan. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha \leq 0,05$.

Etude de virulence

Le suivi des pucerons traités par les formulations entomopathogènes à base de *F. semitectum* et *F. sacchari* a permis de remarquer que la toxicité provoquée par ces traitements diffèrent entre eux selon les espèces aphidiennes et fongiques et selon l'interaction entre ces deux paramètres. Ceci concerne aussi bien le taux de mortalité que le

temps d'action (temps léthal pour 50 % des individus traités: TL 50).

Effet des traitements

La mortalité de *C. elaeagni* a été totale suite au trempage dans la suspension sporale de *F. semitectum* et *F. sacchari*. De même, le traitement par *F. sacchari/F. semitectum* a

engendré un taux de mortalité dépassant 90 % (Fig. 4C). En outre, dans le cas de *B. cardui*, une forte sensibilité dépassant 85 % a été enregistrée suite au traitement par *F. semitectum* et à base de *F. sacchari*/*F. semitectum*. Alors qu'avec *F. sacchari* la mortalité était de l'ordre de 80 % (Fig. 4B). De même, les traitements ont manifesté une notable virulence envers *D. cynarae* avec une mortalité dépassant 90 % pour *F. semitectum* et *F. sacchari*/*F. semitectum*. Quant au traitement avec *F. sacchari*, la mortalité observée a été de 86 % (Fig. 4D).

Toutefois, une moindre pathogénicité a été enregistrée envers *A. fabae* pour les différents traitements où le taux de mortalité a varié de 20 à 40 % (Fig. 4A). Ces résultats ont été confirmés par une analyse statistique à une variable selon le test de Duncan qui a distingué pour chaque espèce aphidienne, une différence hautement significative entre les traitements et les témoins (Fig. 4).

Sensibilité des espèces aphidiennes

L'analyse du taux de mortalité démontre que les espèces aphidiennes ont réagi différemment suite aux traitements. En effet, le traitement des adultes aptères par *F. semitectum* a engendré des mortalités spectaculaires chez les différentes espèces aphidiennes où *C. elaeagni* et *B. cardui* sont les plus sensibles et dont la mortalité était totale. De même, le taux de mortalité enregistré pour *D. cynarae* était très élevé dépassant 95 %. Cependant, *A. fabae* a eu une réponse moins sensible avec un taux de mortalité n'atteignant pas les 40 % (Fig. 5).

D'ailleurs, l'analyse statistique chez les différentes espèces aphidiennes en fonction des traitements a distingué une différence hautement significative entre *A. fabae* ayant un taux de mortalité moyen de l'ordre de 13 % comparé aux autres espèces aphidiennes qui ont présenté une mortalité supérieure ou égale à 80 % suite au traitement fait à base de *F. sacchari* (Fig. 6). De même, la suspension sporale de *F. sacchari* / *F. semitectum* a engendré des réponses similaires à celles causées par *F. sacchari* ou *F. semitectum* chez les pucerons hôtes. En effet, l'analyse statistique montre une différence significative entre le taux de mortalité faible chez *A. fabae* (13 %) face aux mortalités spectaculaires chez *C. elaeagni*, *B. cardui* et *D. cynarae* dont la mortalité enregistrée a dépassé 93 % des échantillons traités (Fig. 6). Ces résultats ont été

confirmés par une analyse statistique à une variable selon le test de Duncan qui a distingué pour chaque traitement, une différence hautement significative entre le groupe comportant *C. elaeagni*, *B. cardui* et *D. cynarae* d'une part et le groupe d'*A. fabae* d'autre part.

Temps moyen de mortalité

Un autre paramètre a été étudié afin de comparer les différents traitements en fonction du temps léthal moyen défini par la mortalité de 50 % des individus traités. Le TI_{50} le plus court, pour *C. elaeagni*, a été enregistré avec le traitement *F. semitectum* (31 h 7 mn), suivi de *F. sacchari* / *F. semitectum* (33 h 8 min) alors que le traitement à base de *F. sacchari*, a nécessité 52 h 48 min (Fig. 6A). Concernant *B. cardui*, la moitié des mortalités est notée plus rapidement avec le champignon *F. semitectum* au bout de 35 h 6 min et l'action la plus retardée est celle de *F. sacchari* après 58 h et 11 min (Fig. 6B). Quant à *D. cynarae*, des mortalités de 50 % des insectes traités sont atteintes au bout de 43h 24 mn suite au traitement par *F. semitectum*, alors que le traitement par *F. sacchari* a entraîné les mêmes mortalités après 56 h 27 min (Fig. 6C). Néanmoins, nous n'avons pas noté chez *A. fabae* des mortalités atteignant 50 % pour les différents traitements à l'exception du traitement à base de *F. semitectum* et dont le TI_{50} est de 136 h 46 mn (Fig. 6D).

4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La majorité des insectes sont sensibles aux microorganismes dont les champignons, les bactéries et les virus (Scholte *et al.*, 2004). Approximativement, 750 espèces de champignons décrites sont des pathogènes obligatoires ou facultatifs sur un ou plusieurs stades de développement des insectes dans des habitats aquatiques, terrestres et souterrains (McCoy *et al.*, 1988). En effet, en conditions naturelles, le développement des colonies de pucerons est fréquemment menacé par l'infection des champignons entomopathogènes qui sont leur première cause de mortalité (Remaudière *et al.*, 1981). Les champignons entomopathogènes et leurs métabolites affectent plusieurs traits de la biologie de l'insecte tels que: la survie, le développement, la fécondité et la prise de nourriture (Amiri *et al.*, 1999; Ekesi *et al.*, 2001;

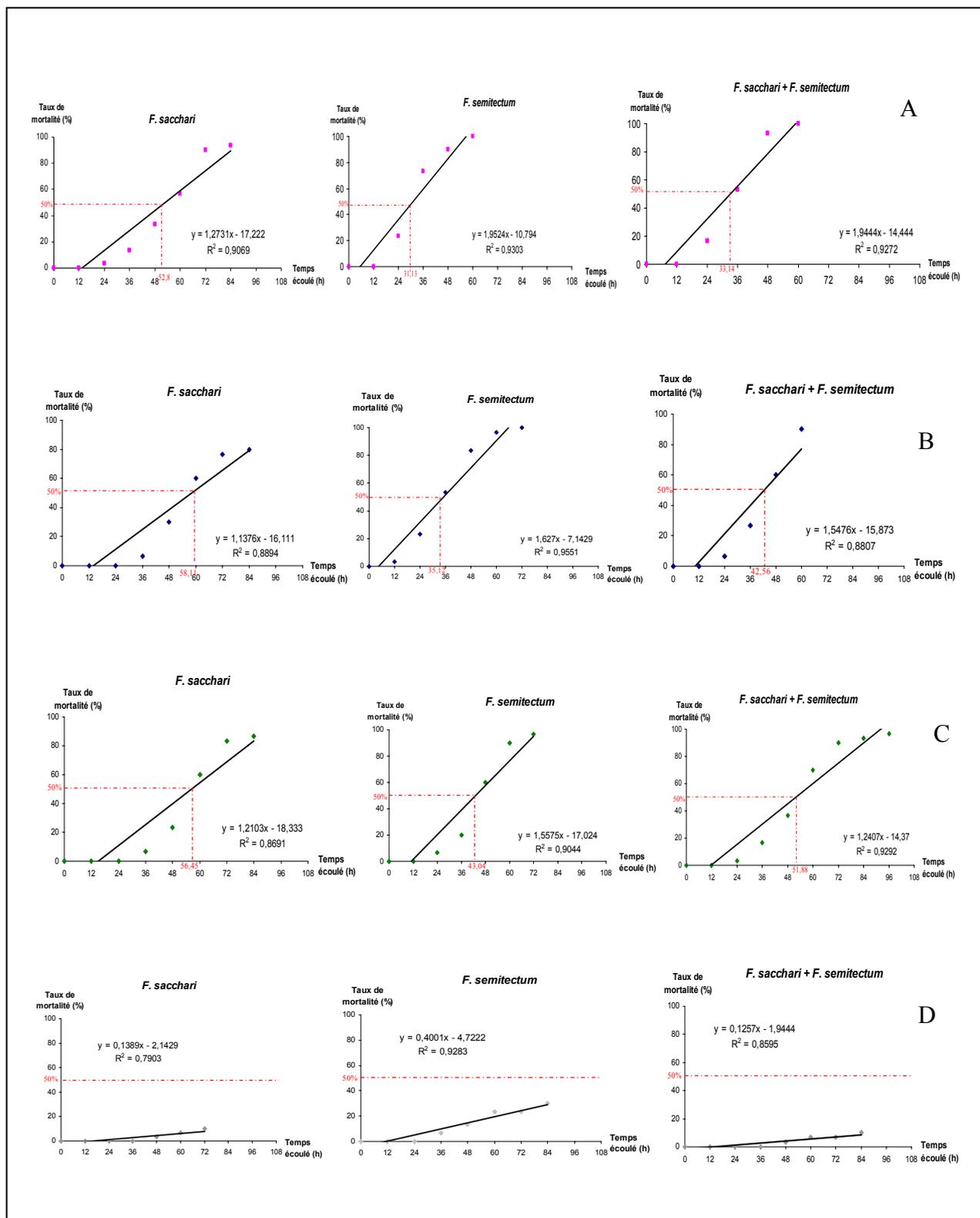


Figure 6: Evolution de la mortalité des individus de *C. elaeagni* (A), *B. cardui* (B), *D. cynarae* (C) et *A. fabae* (D) en fonction du temps et détermination du TI50.

Ganassi *et al.*, 2006). L'ensemble de ces perturbations pourrait réduire les dégâts directs des pucerons notamment l'affaiblissement général

de la plante et les dégâts indirectement par transmission des virus (Mulè *et al.*, 1992).

Durant l'automne et l'hiver des années 2007 et 2008, différentes mycoses ont été observées au sein des colonies aphidiennes. La détermination des agents causaux de ces symptômes observés a nécessité une analyse mycologique pour l'identification morphologique des champignons isolés. Ainsi, 2 espèces entomopathogènes ont été caractérisées au départ des pucerons, à savoir *Fusarium semitectum* et *Fusarium sacchari* qui ont montré des pouvoirs pathogènes non négligeables. Ceci plaide en faveur de leur virulence non seulement envers *C. elaeagni*, l'espèce aphidienne à partir de la quelle nous avons isolés les champignons, mais aussi envers les quatre espèces de pucerons identifiées comme nuisible pour l'artichaut en Tunisie à savoir: *Aphis fabae*, *Brachycaudus cardui*, *Capitophorus elaeagni* et *Dysaphis cynarae* (Guesmi, 2008). Le degré de virulence a été estimé en fonction de l'aptitude du champignon à induire la maladie et/ou la mort chez les pucerons traités mais aussi via le calcul du TL₅₀ et de la détermination de la sensibilité des espèces aphidiennes envers les traitements. Ainsi, il s'est avéré que *Fusarium semitectum* est l'espèce fongique la plus virulente avec une mortalité totale chez *C. elaeagni* et dépassant 90 % chez les autres espèces. Dans ce contexte, il est intéressant de noter que *Fusarium semitectum* a été rapporté comme entomopathogènes sur d'autres pucerons notamment *Aphis gossypii* Glover (Mikuntham et Manjunatha, 2005); ce champignon a été également identifié comme entomopathogènes sur thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood (Mikuntham & Manjunatha, 2005), acariens *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Humber & Hansen, 2005; Mikuntham & Manjunatha, 2007) et sur les aleurodes *Aleurodicus dispersus* Russel (Parker *et al.*, 1996; Aiswary *et al.*, 2007). De plus, il est à signaler que les travaux de Gupta *et al.* (1991) ont pu isoler, à partir de *F. semitectum* une substance toxique aux insectes appelée beauvaricine, mycotoxine émergente. Cependant, à notre connaissance, l'entomopathogénicité de *F. sacchari* n'a pas été démontrée sur les pucerons et n'a jamais été signalé. De futures études devront compléter l'identification des champignons isolés en se basant sur les critères morphologiques et moléculaires plus poussés.

Bibliographie

- Allen W.A. & Rajotte E.G. (1990). The changing role of extension entomology in the IPM area. *Annual Review of Entomology* **35**, p. 379-397.
- Amiri B., Ibrahim L. & Butt T. (1999). Antifeedant properties of destruxins and their potential use with the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* for improved control of crucifer pest. *Biocontrol Science and Technology* **9**, p. 487-498.
- Blackman R.L. & Eastop V.F. (1984). *Aphids on the world's crops: an identification guide*. John Wiley & Sons Limited, New York, 476 p.
- Butt T.M. & Goettel M.S. (2000). *Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes*. K.R.S. CABI Publishing, New York, 320 p.
- Dixon A.F.G. (2000). Population dynamics of the sycamore aphid *Drepaosiphum plataoides* (Schr.) (Hemiptera: Aphididae): migratory and trial flight. *The Journal of Animal Ecology* **52**, p. 585-606.
- Dridi B. (2003). *Un système intégré de micro propagation de l'artichaut (Cynara scolymus L.)*. Thèse de doctorat, Université de Gent, Belgique, 175 p.
- Ekesi S., Egwurube E.A., Akpa A.D. & Onu I. (2001). Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for the control of the groundnut bruchid, *Caryedon serratus* on groundnut. *Journal of Stored Products Research* **37**, p. 313-321.
- Ganassi S., Moretti A., Stornelli C., Fratello B. & Pagliai A.M. (2006). Effect of *Fusarium*, *Paecilomyces* and *Trichoderma* formulations against aphid *Schizaphis graminum*. *Mycopathologia* **151**, p. 131-138.
- Goettel M.S. & Inglis J. (1997). The safety of fungal biocontrol agents to invertebrates. *Journal of Applied Entomology* **131**, p 118- 125.
- Guesmi J. (2008). *Contribution à l'étude de la bioécologie des pucerons de l'artichaut (Cynara scolymus L.)*. Mémoire de Mastère, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Tunisie, 130 p.
- Guesmi J., Ben Halima-Kamel M. & Al-Mohandes-Dridi B. (2009). Diversity of natural enemy associated to aphid's artichoke in different area of production in Tunisia. *Communication présentée au 7th International Symposium on Artichoke, Cardoon and their wild relatives*. June 16th-19th, 2009, Saint Pol de Léon, Bretagne, France.

- (2010). Aphids attacking artichoke in Tunisia: Identification and populations evolution. *Tunisian Journal of Plant Protection* **5**, p. 83-90.
- Gupta S., Krasnoff S.B., Underwood N.L., Renwick J.A. & Roberts D.W. (1991). Isolation of beauvericin as an insect toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. *Mycopathologia* **115**, p. 185-189.
- Humber R.A. & Hansen K.S. (2005). *Host by Fungus*. ARSEF index. (<http://www.arsef.fpsnl.cornell.edu/mycology/ARSEF>; [22/08/2007]).
- Hulle M., Turpeau-Aït-Ighil E., Robert T.M. & Monnet Y. (1999). *Les pucerons des plantes maraîchères: Cycles biologiques et activités de vol*. INRA/ACTA, Paris, 136 p.
- McCoy C.W., Samson R.A. & Boucias D.G. (1988). Entomogenous fungi. In Ignoffo C.M. & Mandava N.B. (éd.), *Handbook of Natural Pesticides Microbial Pesticides. Entomogenous Protozoa and Fungi. Vol. V*, p. 151-236. CRC Press, Inc. Boca Raton, Finland.
- Mikuntham G. & Manjunatha M. (2005). Isolation and pathogenicity of entomopathogenic fungi against chili thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood. In Journal of Insect Science (ed.), *Proceeding of the VIIIth International Symposium on Thysanoptera and Tospoviruses Asilomar*, Pacific Grove, California, September 11-15, 2005, available online: insectscience.org/7.28.
- Mulè G., D'Ambrosio A., Logrieco A. & Bottalico A. (1992). Toxicity of mycotoxins of *Fusarium sambucinum* for feeding in *Galleria mellonella*. *Entomologia Experimentalis & Applicata* **62**, p. 17-22.
- Myazaki N. (1987). Morphology of Aphids. In Minks A.K. & Harrewijn P. (éd.), *Aphids, their biology, natural enemies and control, Vol. A*, p. 1-22. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Remaudières G., Latgé J.P. & Michel M.F. (1981). Ecologie comparée des entomophoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. *Entomophaga* **26**, p. 157-178.
- Riba G. & Silvy C. (1989). *Combattre les ravageurs des cultures: enjeux et perspectives*. Editions INRA, Paris, 230 p.
- Robert Y. (1988). Particularités éthologiques des aphides: Cycles, comportement de vol. In ANP. PENSAM (ed.), *Journées d'information sur les invertébrés vecteurs d'agents phytopathogènes*, Paris, 14-16 Octobre 1987, p. 61-70.
- Roush R.T. & McKenzie J.A. (1987). Ecological genetics of insecticides and acaricides resistance. *Annual Review of Entomology* **32**, p. 83-88.
- Scholte E.J., Knols B.G.J., Samson R.A. & Takken W. (2004). Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. *Journal of Insect Science* **4**, p. 19-24.
- Wiseman B.R. (1994). Plant resistance to insects in Integrated Pest Management. *Plant Disease* **78**, p. 927-932.

(25 réf.)