

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBAKR BELK AÏD – TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
l'Univers



Département d'Ecologie et Environnement
Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels

Thèse de Doctorat

Spécialité : **Ecologie Animale**

Présenté par :

Mr BOUNOUIRA Yassine

THEME

**Activités biologiques de la diatomite sur les bioagresseurs
des cultures en vue d'une lutte naturelle et biologique**

Jury :

Président :	Mr Mesli Lotfi	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur :	Mme Gaouar Benyelles Nassira	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur :	Mr Aboura Redda	MCA	Université de Tlemcen
Examineur:	Djabeur Abderezzak	Professeur	Université d'Oran 2
Examinatrice:	Djazouli Zahreddine	Professeur	Université de Blida

Année Universitaire 2019 – 2020

Remerciements

Merci à Dieu de m'avoir donné la chance de suivre le chemin de la science.

En premier lieu, je tiens à adresser toute ma reconnaissance à mon encadreur Mme Gaouar Benyelles Nassira, Professeur au Département Ecologie et Environnement (Faculté SNV/STU) Université de Tlemcen, pour avoir accepté de diriger ce travail avec beaucoup de compétence, collaboration et encouragements. Elle s'est considérablement investie dans la réussite de ce mémoire et les résultats obtenus tiennent essentiellement à son accompagnement.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur Mesli L., Professeur au Département d'Ecologie et Environnement pour m'avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury.

Mes plus vifs remerciements vont à Mr Aboura R., Maître de Conférences au Département d'Ecologie et Environnement, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait Mr Djabeur Abderezzak, Professeur à l'Université Oran 2, en acceptant d'être parmi les examinateurs externes de ce travail, je suis très heureux de bénéficier de ses observations.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à Mr Djazouli Zahreddine, Professeur à l'Université de Blida d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes vifs remerciements et ma reconnaissance vont particulièrement à Mme Msaad M., PHD (CNSTN) Technopole de Sidi Thabet en Tunisie pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et m'avoir autorisé à réaliser mes tests de toxicité.

Je remercie vivement et chaleureusement Mr CHAEIB Ikbal, Maître de Conférences au CRRHAB Chott-Mariem en Tunisie pour m'avoir accueilli dans son laboratoire ; je tiens à lui exprimer ma sincère reconnaissance surtout pour sa précieuse collaboration et pour m'avoir permis et aidé à réaliser une partie de ce travail.

Je remercie Mme Haouala Rabiaa, Professeur à l'Université à Chott-Mariem en Tunisie pour ses conseils judicieux et pour m'avoir recommandé auprès de ses collègues.

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

A TOUS CEUX QUI M'AIMENT

Yassine

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. Les diatomées	
1. Biologie des diatomées (Bacillariophycées)	4
1.1. Structure cellulaire.....	4
1.2. Description du frustule	5
2. Principaux gisements de diatomite en Algérie	7
3. Domaines d'utilisation de la diatomite.....	7
II. Les Agrumes	
1. Origine géographique	9
2. Taxonomie	9
3. Espèces et variétés.....	10
4. Morphologie de la plante hôte (Citrus sinensis).....	11
4.1. Système racinaire.....	11
4.2. Tronc.....	12
4.3. feuilles	12
4.4. fleurs	12
4.5. Fruits.....	13
4.6. Graines.....	13
5. Principales maladies des agrumes	14
5.1. Désordres physiologiques.....	14
5.2. Maladies bactériennes.....	14
5.4. Maladies cryptogamiques	14
III. Mouche méditerranéenne des fruits <i>Ceratitis capitata</i>	
1. Présentation de la mouche méditerranéenne	19
2. Taxonomie	19
3. Origine et aire de répartition	20
4. Caractéristiques morphologiques de la cératite.....	20

4.1. œuf.....	21
4.2. Larve.....	21
4.3. Pupa.....	21
4.4. Adulte.....	22
5. Cycle de développement.....	23
5.1. Ponte et incubation.....	23
5.2. Développement larvaire.....	23
6. Nombre de générations.....	24
7. Dégâts causés par la cératite.....	25

IV. La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

1. Importance économique de la culture.....	26
1.1. Dans le monde.....	26
1.2. En Algérie.....	27
2. Différents types de cultures de pomme de terre.....	27
3. Régions de production de la pomme de terre.....	28
4. Caractéristiques de la plante.....	29
4.1. Taxonomie.....	29
4.2. Description de la plante.....	30
4.3. Caractéristiques du tubercule:.....	30
4.4. Cycle biologique.....	31
5. Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie.....	32
5.1. Maladies causées par des bactéries.....	32
5.2. Maladies causées par des champignons.....	33
5.3. Maladies virales de la pomme de terre.....	33
5.5. Ravageurs de la pomme de terre.....	34

V. Les Agriotes ou vers fil de fer

1. Systématique.....	36
2. Agriotes.....	37
2.1. Description.....	38
2.2. Biologie et écologie (Simone et al., 2011).....	38
2.2.1. Vol et accouplement des adultes.....	38
2.2.2. Ponte.....	39

2.2.3. Larves	39
2.2.4. Importance et symptômes des dégâts	40
3. Surveillance et prédiction des attaques	40
3.1. Pièges à phéromones	40
3.2. Pièges appâtés	41
3.3. Lutte directe	41
3.3.1. Insecticides	41
3.3.2. Traitement des semences en grandes cultures	42

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

PARTIE I. ETUDE DU MILIEU	43
1. Introduction.....	43
2. Situation géographique de la Wilaya de Tlemcen	43
3. Climatologie.....	43
3.1. Précipitations	43
3.2. Températures	46
3.3. Synthèse bioclimatique.....	46
3.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	46
3.3.2. Indice d'aridité de De Martonne	47
3.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	48
4. Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt	50
5. Méthodologie.....	50
5.1. Choix des données et des stations météorologiques	48
6. Facteurs climatiques	51
6.1. Pluviosité	51
6.1.1. Régimes pluviométriques.....	51
6.2. Températures	53
7. Synthèse bioclimatique	54
7.1. Indice d'aridité de Martonne	54
7.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	55
7.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	55
PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE.....	57
1. Etude de la diatomite	57

1.1.	Caractérisation physico-chimique et minéralogique de la diatomite.....	57
1.2.	Diffraction des rayons X (DRX)	57
2.	Etude entomologique.....	58
2.1.	Activité insecticide de la diatomite contre <i>Ceratitis capitata</i>	58
2.1.1.	Echantillonnage	59
2.1.2.	Bio-essais de l'activité insecticide	60
2.2.	Activité insecticide de la diatomite contre les agriotes	61
2.2.1	Collecte des insectes et bio-essais dans le laboratoire	61
2.2.2.	Tests insecticides	61
3.	Etude mycologique	62
3.1.	Culture in vivo	62
3.2.	Culture in vivo	62
4.	Activités antibactériennes de la diatomite	63
5.	Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats.....	64

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS	65
1.	Analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX).....	65
2.	Activités antibactérienne et antifongique de la diatomite	67
3.	Activité insecticide de la diatomite sur les différents stades de la cératite.....	67
3.1.	Etude entomologique	67
3.1.1.	Etude des infestations en fonction des trous de ponte	68
3.1.2.	Etude des infestations en fonction des fruits chutés	69
3.1.3.	Etude de la cinétique des infestations	70
3.2.	Impact de la diatomite sur les larves de <i>Ceratitis capitata</i>	71
3.2.1.	Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves de la cératite	72
3.2.2.	Corrélation entre les taux de mortalité des larves et les concentrations de la diatomite	73
3.2.3.	Moyennes marginales estimées de la mortalité larvaire.....	73
3.2.4.	Pourcentages de mortalités totales pour les doses utilisées.....	74
3.3.	Activité insecticide de la diatomite sur les pupes de <i>Ceratitis capitata</i>	74

3.3.1.	Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les pupes de <i>Ceratitis capitata</i>	75
3.3.2.	Corrélation entre les taux de mortalité des pupes et les concentrations de la diatomite	76
3.3.3.	Moyennes marginales estimées de mortalité des pupes de <i>C. capitata</i>	76
3.3.4.	Pourcentages de mortalité totale des pupes pour les doses de TD utilisées	77
3.4.	Activité insecticide de la diatomite sur les adultes de <i>Ceratitis capitata</i>	78
3.4.1.	Estimation des valeurs de concentration létale (CL) pour la population des adultes de <i>C. capitata</i>	79
3.4.2.	Corrélation entre les taux de mortalité des adultes et les concentrations de la diatomite	79
3.4.3.	Moyennes marginales estimées de mortalité des adultes de <i>C. capitata</i>	80
3.4.4.	Mortalité cumulée	80
4.	Activité insecticide de la diatomite sur les Agriotes <i>Agriotes lineatus</i>	81
4.1.	Concentrations efficaces de la terre de diatomées (TD).....	81
4.2.	Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves des agriotes..	82
4.3.	Moyennes marginales estimées de la mortalité	83
4.4.	Corrélation entre les taux de mortalité des agriotes et les concentrations de la diatomite	84
4.5.	Mortalité cumulée.....	84
	Discussion.....	85
1.	Lutte contre la cératite et la microflore qui lui est associée	85
1.1.	Etude écologique	85
2.	Etude de l'efficacité de la diatomite	90
2.1.	Activité antimicrobienne.....	90
2.2.	Activité insecticide	91
	CONCLUSION.....	94
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétés physiques des différentes variétés de kieselguhr	6
Tableau 2: Principaux gisements de diatomite en Algérie (Meradi, 2009).....	7
Tableau 3: Critères de la classification botanique chez les agrumes	11
Tableau 4 : Dates d'apparition et de répartition de <i>Ceratitis capitata</i> dans le monde.....	20
Tableau 5 : Les ravageurs de la pomme de terre.....	35
Tableau 6: Répartition des agrumes dans la Wilaya de Tlemcen	44
Tableau 7 : Régime saisonnier des pluies à la station de Zenata	45
Tableau 8 : Stations météorologiques étudiées (ancienne et nouvelle période).....	50
Tableau 9 : Indice d'aridité de Martonne.....	54
Tableau 10 : Quotient pluviothermique d'Emberger.....	55
Tableau 11: Analyses physico-chimiques d'un échantillon de la terre de diatomée	66
Tableau 12 : Test ANOVA pour la mortalité des larves de la cératite traitées	71
Tableau 13 : Susceptibilité de populations des larves de la cératite aux différentes concentrations de la diatomite (TD).....	72
Tableau 14 : Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les larves de la cératite.....	73
Tableau 15 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre le taux de mortalité des larves de la cératite et les doses utilisées.....	73
Tableau 16 : test ANOVA pour la mortalité des pupes de la cératite	75
Tableau 17 : Susceptibilité des populations de pupes de la cératite aux différentes concentrations de diatomite	75
Tableau 18 : Valeurs estimées des concentrations létales pour les pupes de la cératite après traitement par la diatomite.....	76
Tableau 19 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre les taux de mortalité des pupes de la cératite et les doses	76
Tableau 20 : test ANOVA pour la mortalité les adultes de la cératite	78
Tableau 21 : Susceptibilité des populations adultes de la cératite aux différentes concentrations de la diatomite (TD).....	78
Tableau 22 : Valeurs estimées des concentrations létales pour les adultes de la cératite après traitement par la diatomite.....	79
Tableau 23 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre le taux de mortalité des adultes de <i>C. capitata</i> et les doses utilisées.....	80

Tableau 24 : Test ANOVA pour la mortalité des larves des agriotes (taupins).....	81
Tableau 25 : Susceptibilité des populations de larves des agriotes aux différentes concentrations de la diatomite (TD).....	82
Tableau 26: Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les larves des agriotes.....	83
Tableau 27 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre les taux de mortalité des agriotes et les concentrations de la diatomite.....	84

Liste des figures

Figure 1 : Structure du frustule d'une diatomée (<i>Navicula</i> sp.) (Round et al., 1990).....	5
Figure 2 : Représentation schématique faisant apparaître les composants siliceux de la paroi cellulaire des diatomées	6
Figure 3 : Coupe d'une orange présentant des schizolysigènes	10
Figure 4 : photo d'un oranger.....	12
Figure 5 : fleur de <i>Citrus sinensis</i> L.....	13
Figure 6 : œufs de <i>C. capitata</i> (Khimoud et Louni , 2008).....	20
Figure 7: Adultes de la cératite (a1 et a 2 : femelle ; b1 et b2: mâle) (Rigamonti, 2005)	21
Figure 8 : Cycle de développement de <i>C.capitata</i> (Khimoud et Louni, 2008)	23
Figure 9: Schéma représentant le nombre de générations possibles en Algérie (Oukil, 1995)	24
Figure 10 : Production en tonnes de la pomme de terre des principaux pays producteurs en 2010.....	28
Figure 11 : Répartition spatiale de pomme de terre en Algérie.....	29
Figure 12 : Cycle végétatif de la pomme de terre (Soltner, 2005).	32
Figure 13 : photo d'un agriote sp (SIMSEK, 2012).....	37
Figure 14: Ver fil de fer, larve du taupin.....	39
Figure 15: Cycle de développement de trois à cinq ans de trois espèces de taupins	40
Figure 16 : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen	44
Figure 17 : Valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie pour la période 1986-2016 à la station de Zenata.....	46
Figure 18 : Valeurs moyennes mensuelles de la température pour la période 1986-2016 à la station de Zenata.....	46
Figure 19 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) pour la période 1986-2016 de la station de Zenata.....	47
Figure 20 : Climagramme d'Emberger pour la station météorologique de Zenata	49
Figure 21 : Situation générale de la wilaya de Tissemsilt	50
Figure 22: Evolution des précipitations annuelles (1984-2018).....	52
Figure 23 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018).....	52
Figure 24 : Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018).....	53
Fig. 25: Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018).....	55
Figure 26: Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) de la période (1984-2018) Station de Ain Bouchekif (Tiaret).	56
Figure 27 : Principe de la DRX	58
Figure 28 : Bio-essais contre les adultes de la cératite	60

Figure 29 : Bio-essais contre les larves et pupes de <i>C. capitata</i>	61
Figure 30 : Bio-essais contre les agriotes	62
Figure 31 : Activité antifongique de la diatomite (in vitro)	62
Figure 32 : Activité antifongique de la diatomite (in vivo).....	63
Figure 33: Activités bactéricides de la diatomite	63
Figure 34 : structure microscopique de la diatomite	65
Figure 35: Raies de diffraction X obtenues sur notre échantillon de diatomite	66
Figure 36 : Activités antibactérienne et antifongique de la diatomite	67
Figure 37 : Moyennes des trous de ponte par orange selon l'année.....	68
Figure 38 : Moyennes des trous de ponte par orange selon l'orientation.....	68
Figure 39 : Moyennes des fruits chutés selon l'année.....	69
Figure 40 : Variation du nombre de fruits chutés.....	70
Figure 41 : Répartition temporelle (cinétique) du nombre de piqures	70
Figure 42 : Répartition temporelle (cinétique) des fruits chutés	71
Figure 43 : Moyennes marginales estimées de la mortalité des larves de <i>C. capitata</i>	74
Figure 44 : Evolution des mortalités larvaires par rapport aux doses de la diatomite.....	75
Figure 45 : Moyennes marginales estimées de mortalité des pupes de la cératite	77
Figure 46 : Evolution des pourcentages des mortalités pupales par rapport aux doses de diatomite utilisées.....	77
Figure 47 : Moyennes marginales estimées de mortalité des adultes de la cératite	80
Figure 48 : taux de mortalité cumulés des populations des adultes de la cératite.	81
Figure 49 : Activité insecticide de la diatomite sur les larves de <i>Agriotes lineatus</i> ou agriotes.....	82
Figure 50 : Moyennes marginales estimées de mortalité des larves de <i>Agriotes lineatus</i>	83
Figure 51 : Taux de mortalité cumulés des populations des larves des Agriotes	84

INTRODUCTION

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le parasitisme est le plus commun des modes de vie sur cette planète, impliquant des représentants des principaux taxons, depuis les plus simples organismes unicellulaires à des vertébrés complexes (Morel, 1974). Chaque espèce est potentiellement victime de plusieurs parasites; en conséquence, le nombre d'espèces parasites excède grandement le nombre d'espèces «autonomes». On estime aujourd'hui que la moitié des organismes vivants sont des parasites (Price, 1980).

L'écologie parasitaire est une discipline en plein développement, notamment en raison de la prise en considération, par les écologues, du rôle potentiel des parasites dans les processus de régulation des populations hôtes et de leur impact sur l'équilibre et le fonctionnement des écosystèmes. Aussi l'écologie cherche à connaître les conditions d'existence des organismes par rapport à leur milieu physique et biotique. D'une part, elle étudie les exigences des organismes envers le milieu et leurs adaptations à celui-ci ; d'autre part, elle recherche comment le milieu influe sur les organismes.

La protection des cultures contre les organismes qui leur sont nuisibles s'inscrit, comme d'autres secteurs de l'agriculture, dans une démarche nouvelle. Celle-ci est la conséquence logique de l'évolution des connaissances et des techniques, mais aussi d'une attitude nouvelle de la société. Depuis quelques années, en effet, celle-ci exprime son souci de la garantie de la qualité tant des produits qu'elle consomme que de l'environnement dans lequel elle évolue. Or les méthodes de lutte classiquement préconisées contre les organismes nuisibles aux cultures reposent sur des traitements chimiques curatifs, dont les effets indirects sont souvent nocifs pour l'homme et la biosphère, en dépit de rigoureuses précautions d'emploi. C'est pourquoi il est impératif d'adopter une stratégie globale de protection intégrée des cultures, donnant la priorité aux méthodes préventives et aux solutions biologiques d'intervention (Kebdani, 2017).

Les pertes de récolte sont globalement évaluées à environ 40% de l'ensemble de la production potentielle des cultures, alors que les demandes qualitative et quantitative restent croissantes (Norrbon, 2004).

INTRODUCTION

Sans lutte contre les insectes, les maladies et les mauvaises herbes, les pertes de récoltes peuvent être très importantes. Selon Oerke et Dehne (1997), les dégâts seraient de l'ordre de 400 milliards de dollars avec 80% de perte pour le cotonnier, le riz et la pomme de terre, et de l'ordre 60 % pour le maïs.

Parmi les divers pesticides à effet rémanent, les organophosphorés et les pyréthroïdes sont les plus utilisés (Zettler et Arthur, 2000 ; Collins, 2006, Nighat et al., 2007). Mais les résidus de ces insecticides synthétiques réduisent l'acceptabilité du consommateur car il y a une demande croissante d'aliments sans résidus. De plus, le développement de résistances chez les insectes nuisibles aux insecticides largement utilisés (Arthur et Zettler, 1992 ; Irshad et Gillani, 1992), les préoccupations environnementales et les risques pour la santé ont nécessité l'évaluation de nouvelles substances, plutôt naturelles, pour la gestion des ravageurs. Ainsi des alternatives aux pesticides chimiques tels que les terres à diatomées ont également été évaluées avec une bonne efficacité insecticide (Subramanyam et Hagstrum, 2000 ; Stathers et al., 2002), les conservateurs de grains résiduels continuent à jouer un rôle prépondérant dans la gestion des ravageurs des denrées stockées (Arthur, 1996).

De nombreux producteurs de cultures hésitent à utiliser des pesticides chimiques synthétiques et ont plutôt commencé à utiliser des poussières inertes naturelles telles que la terre de diatomées pour contrôler les insectes (Stathers et al., 2002).

Les terres à diatomées (TD) sont des substances d'origine naturelle qui ont été certifiées comme insecticides organiques et qui sont non toxiques et écologiquement sans nuisance (Ross, 1981). Les poussières de silice des TD ont donné des résultats variables lorsqu'elles ont été utilisées contre différents organismes cibles (Korunic, 1997a, b).

En outre, la poussière de silicate est utilisée pour lutter contre les parasites domestiques (Melichar et Willomitzer, 1967), les parasites structuraux (Ebeling et Wagner, 1959) ainsi que pour protéger les plantes sur le terrain (Ebeling, 1971).

Le but de cette étude était d'évaluer pour la première fois l'efficacité de la terre de diatomée sur des bioagresseurs de la pomme de terre et de l'oranger en Algérie en évaluant ses activités insecticide, antifongique et antibactérienne.

Notre travail est structuré de manière classique, il s'articule autour de quatre chapitres :

INTRODUCTION

- Le premier chapitre présente une revue bibliographique sur la diatomite, les parasites étudiés et leurs plantes hôtes, cette partie englobe tout ce qui concerne les agrumes dont *Citrus sinensis* et les pommes de terre, leurs taxonomies, les principales variétés et les ennemis qui peuvent s'attaquer à ces plantes.
- Le second chapitre « Matériel et Méthodes » présente les régions d'étude (Tissemsilt et Tlemcen) et les méthodes utilisées dans le laboratoire pour faire les tests biologiques ; antifongique, antibactérienne et insecticides de la diatomite.
- Le troisième chapitre rassemble les résultats concernant les analyses physico-chimiques de la diatomite et ses activités biologiques. Les résultats sont soutenus par des analyses statistiques et leur discussion par rapport aux études précédemment menées.
- Enfin, une conclusion générale met l'accent sur les perspectives et les travaux qui restent à mener en se référant à de nouvelles voies d'approche qui pourraient peut-être élucider certains problèmes causés par ces bioagresseurs.

CHAPITRE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Les diatomées

Dans notre travail, nous nous intéressons à un matériau local appelé la diatomite ou terre de diatomée, qui est plutôt abondante en Algérie. La diatomite est aussi appelée kieselguhr, c'est une roche sédimentaire siliceuse, poreuse et friable formée entièrement ou presque de "squelettes" de diatomées (Figure 1).

Les diatomées ou Bacillariophycées font partie de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Elles sont très anciennes puisque les premières diatomées fossiles datent du Crétacé (120 millions d'années) (Gold, 2002).

Les diatomées sont des cellules eucaryotes enchâssées dans une paroi de silice hydratée (le frustule) qui se compose de deux unités imbriquées : l'épivalve et l'hypoalve. Ces deux valves sont reliées par des ceintures connectives, constituées de fines bandes siliceuses (Duke et Reimann, 1977). L'accumulation d'un dépôt siliceux se constitue après dégradation de la matière organique. Les dépôts de silice de diatomées fossiles constituent une roche appelée diatomite (Kroger et al., 2002).

Les recherches ont clairement montré qu'une application de silicium pouvait contribuer de manière significative à la réduction des dommages causés par les parasites et les maladies (Belanger et al., 1995; Ma et takahashi, 2002; Meyer et Keeping, 2005; In Laing, 2006).

1. Biologie des diatomées (Bacillariophycées)

Les diatomées sont membres de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Ces micro-algues unicellulaires, dont la taille varie de quelques μm à plus de $500\mu\text{m}$ pour les plus grandes, constituent la majeure partie du phytoplancton lacustre et marin. Les diatomées sont omniprésentes, depuis le début du Jurassique (Kooistra et Medlin 1996), elles colonisent divers types de substrats dans des conditions et des milieux très différents, des eaux pures aux plus polluées.

1.1. Structure cellulaire

Les diatomées sont caractérisées par la présence d'une paroi très différenciée autour de la cellule, principalement constituée de silice (le frustule). Cette paroi externe est formée de deux valves emboîtées (l'épivalve et l'hypoalve, de plus petite dimension), reliées entre elles

par des ceintures connectives (l'épicingulum et l'hypocingulum) (Fig. 1). Les diatomées produisent des substances extracellulaires polymériques (Extracellular Polymeric Substances, EPS), qui peuvent s'organiser en tubes, pédoncules, fibrilles ou former une enveloppe adhésive autour du frustule (Hoagland et al., 1993).

Ces substances mucilagineuses sont excrétées par la cellule au niveau des perforations réparties sur toute la surface du frustule (Round et al., 1990) (Figure 1). Elles sont considérées comme étant en grande partie responsables du succès biologique des diatomées, jouant un rôle dans leur mobilité, leur adhésion au substrat, dans la formation des colonies et contre la dessiccation (Hoagland et al., 1993).

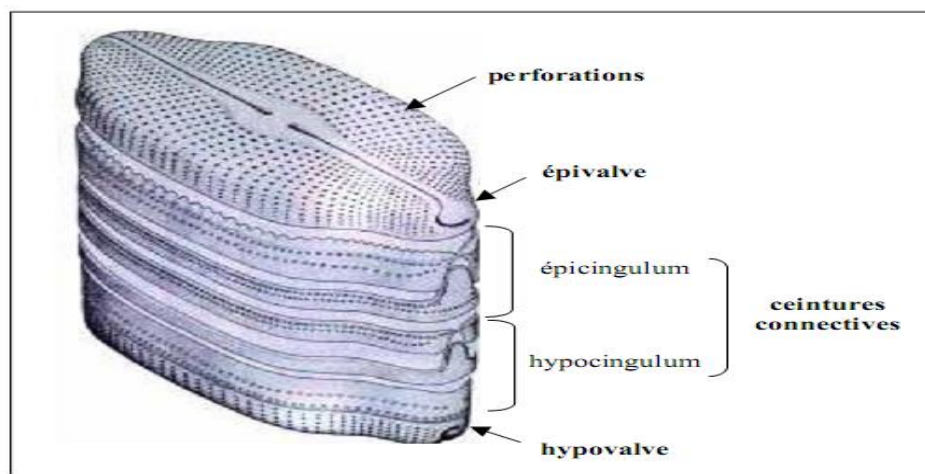


Figure 1 : Structure du frustule d'une diatomée (*Navicula* sp.) (Round et al., 1990)

Le protoplasme sous-jacent ne présente pas de caractéristique particulière. Il contient les mêmes organites que les autres algues eucaryotes : noyau, mitochondries, dictyosomes, chloroplastes, vacuoles, etc. (Figure 1). Les chloroplastes présentent une couleur jaune pâle à brune, qui a déterminé le classement des diatomées dans le groupe des "algues brunes" et qui est due aux pigments caroténoïdes (β -carotène, diatoxanthine, diadinoxanthine et fucoxanthine), masquant la couleur des chlorophylles (chlorophylles a et c).

1.2. Description du frustule

Le frustule est fait de silice amorphe faiblement cristallisée et de composés organiques. Même s'il existe plus de 200 000 espèces, il semblerait que le frustule soit constitué des mêmes éléments : deux parties imbriquées telle une boîte de Pétri (Falciatore et Bowler, 2002), l'épithèque et l'hypothèque (Figure 2). La première représente la plus grande partie et reçoit l'hypothèque. Lors de la division asexuée, chaque thèque constitue l'épithèque de la cellule

filles. Ainsi, la taille moyenne des cellules d’une même population tend à décroître. Chaque thèque est constituée d’une valve (la partie plane de la thèque) et de bandes intercalaires (‘girdle bands’). Ces bandes sont synthétisées à la fin de la division cellulaire (Zurzolo et Bowler, 2001). Les dernières bandes, appelées bandes pleurales, semblent particulières et différentes des autres.

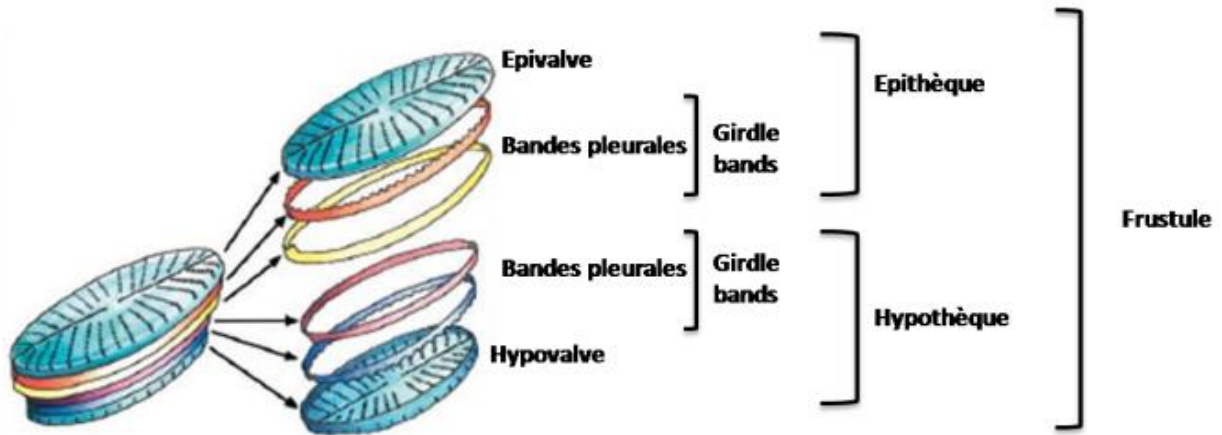


Figure 2 : Représentation schématique faisant apparaître les composants siliceux de la paroi cellulaire des diatomées (Zurzolo et Bowler, 2001)

La couleur du kieselguhr dépend de sa pureté. La couleur blanche correspond à un kieselguhr pur. La présence d’impuretés rend sa couleur plus au moins grise. La densité apparente varie de 112 à 320 kg/m, mais dans certain cas, elle peut aller jusqu’à 960 kg/m³ (Meradi, 2009).

Le tableau 1 présente quelques propriétés physiques de différentes variétés de kieselguhr.

Tableau 1 : Propriétés physiques des différentes variétés de kieselguhr (Taibi, 2001).

Propriétés	Kieselghur Américain séché	Kieselg. Danois calciné	Kieselg. Américain calciné	Kieselg. Français calciné	Kieselg. Allemand calciné	Kieselg. USA activé
Couleur	Blanche Grise	Jaune Marron	Rose	Jaune Marron	Marron	Blanche
pH	7	5.2	7.5	6.9	7	9.7
Diamètre moyen (µm)	14.2	19.3	15.9	14.1	13.9	30.1
Perméabilité	0.06	0.09	0.28	0.09	0.08	1.6
Quantité cristalline %	2	2.2	7.6	9.2	9.8	59.7
Densité g/l	288	280	271	255	209	290

2. Principaux gisements de diatomite en Algérie

Le tableau 2 présente les principaux gisements et la composition chimique de la diatomite en Algérie

Tableau 2: Principaux gisements de diatomite en Algérie (Meradi, 2009).

Gisement (wilaya)	Accès desserte	Géologie	Composition, qualité	Utilisations (Production)	Réserves, Conditions de gisement
Noumène (Tlemcen)	W108: 4km Port: Ghazaouet 40km	diatomite avec marnes (Miocène)	Al ₂ O ₃ 6,0% SiO ₂ 57,5% Fe ₂ O ₃ 2,3% CaO 13,34% MgO 2,3% K ₂ O 0,87%	Charge et adsorbants	Très importantes, faible recouvrement
Grimez-secteurs Chadlia et Tahalait (Mascara)	Prox. RN4-RN6 Usine: 16km Port: Ghazaouet 50km	Miocène terminal	Al ₂ O ₃ 3,32% SiO ₂ 59,86% Fe ₂ O ₃ 1,5% CaO 12,8% MgO 4,73%	Filtration, Charge et adsorbants (production DIATAL)	1 Mt exploitables réserves géologiques: 6Mt (5 à 7 couches de 0,5 à 4 m d'épaisseur)
Cadeau (mascara)	Prox. RN13	Miocène terminal	Qualité moyenne	Charge, ciment	8 couches de 0,4 à 4,5m d'épaisseur, gisement à réévaluer
AbdelMalek Ramdane (ex Ouillis) Mostaganem	Prox, RN11 Port: Mostaganem 35km	Miocène supérieur	SiO ₂ >80% Peu carbonatée	Charge, adsorbant, ciment. Exploitation arrêtée	Environ 15 couches de 0,2 à 1m sur 20m d'épaisseur (surface 3ha, peu de recouvrement) Gisement à réévaluer.
Beni Zagouani (Mostaganem)	Prox. RN11	Miocène terminal		Charge, adsorbant, ciment	Réserves 0,36 Mt
Djebel Meni (Mostaganem)	Prox. RN11	Miocène	Peu carbonatée	Charge, adsorbant, ciment	Couche de 1,5m d'épaisseur
Guellal (Mostaganem et Relizane)	Prox. W8A	Miocène terminal	Al ₂ O ₃ 3,5% SiO ₂ 61,6% Fe ₂ O ₃ 2% CaO 13,3% MgO 0,96% K ₂ O 0,6%	Charge, adsorbant, ciment	Couches de 0,5 m Relizane) terminal CaO 13,3% ciment à 2 m d'épaisseur

3. Domaines d'utilisation de la diatomite

Selon Meradi (2009), le kieselguhr est utilisé dans les domaines suivants (exprimé en % de la production mondiale) :

- 60 % pour la filtration des huiles végétales et minérale, les jus de fruits et les eaux industrielles ;
- 25 % pour la fabrication de peintures, pesticides et comme charge dans de nombreux autres produits ;
- 15 % pour l'industrie d'isolation (très faible conductibilité thermique).

La structure alvéolaire de la diatomite est utilisée pour filtrer diverses boissons alcoolisées, le sucre, l'huile, des produits chimiques organiques/inorganiques et de l'eau. On s'en est déjà servi également pour éliminer les bactéries et les virus de l'eau des réseaux publics de distribution.

Son inertie chimique, sa surface spécifique élevée et sa capacité d'absorber jusqu'à trois fois son poids de liquide sont des propriétés qui, lorsqu'elles sont réunies, rendent ce minéral utile comme support pour pesticides, comme absorbant dans les litières pour animaux domestiques et comme matière permettant d'absorber du pétrole déversé.

II. Les Agrumes

Le mot agrume provient du latin *acrumen* qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides (Bénédicte et Bachés, 2002).

Les agrumes se distinguent par la grande diversité de leurs familles et de leurs ordres.

L'agrumiculture des pays du Bassin méditerranéen est diversifiée, tant au niveau des variétés cultivées (oranges, mandarines, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses pour ne citer que les plus courants) ce qui reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture (Virbel-Alonso, 2011).

1. Origine géographique

Le genre *Citrus* est originaire des régions tropicales et subtropicales de l'Inde, de la Chine méridionale, de l'Australie septentrionale et de la Nouvelle-Calédonie. La culture des orangers et des pamplemoussiers en Chine remonte à 2400 avant J. C (Manner et al., 2005).

L'orange douce telle que nous la connaissons, ne fera son apparition qu'au cours du XVe siècle, lorsque des navigateurs portugais la découvrent en Chine. Par sa douceur, elle vaincra très vite l'orange amère.

Une fois implanté dans le Bassin méditerranéen, l'oranger a été diffusé à travers le monde par les européens, en Amérique du Nord et du Sud au XVIe siècle, en Afrique du Sud au XVIIe siècle et en Australie au XVIIIe siècle (Webber et Hebert, 1967).

2. Taxonomie

D'après **Guignard (2001)**, la position systématique des agrumes se présente comme suit:

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Eudicotylédones

Sous-classe : Rosidés

Ordre : Rutales

Famille : Rutaceae

Genre : *Poncirus, Fortunella et Citrus*

Le genre *Citrus* est subdivisé en sous genre *C. hystrix*, *C. papeda*, et *C. macroptera*. La différence entre eux se traduit par la présence de gouttelettes d'huile amère dans les vésicules des pulpes de *papeda* (Stone, 1985).

Elles s'identifient par leur appareil sécréteur constitué de poches sécrétrices d'un type particulier dites schizolysigènes (Fig, 3). Leur formation résulte à la fois d'un écartement et de la multiplication des cellules, délimitant la cavité à l'origine de la poche et d'une lyse des cellules les plus internes de celle-ci ; ils ne sont rencontrés dans aucune autre famille (Guignard, 2001).



Figure 3 : Coupe d'une orange présentant des schizolysigènes

3. Espèces et variétés

D'après Virbel-Alonso (2011), les variétés d'agrumes sont très nombreuses. Elles sont mêmes en augmentation car de nouveaux hybrides apparaissent régulièrement sur les marchés de l'agrumiculture des pays du Bassin méditerranéen.

En Algérie, le verger agrumicole est constitué de tous les groupes *Citrus* avec une prédominance des oranges, qui occupe à lui seul 73% de la surface agrumicole totale, suivies du groupe des clémentiniers avec 16% de la surface agrumicole puis du groupe des citronniers avec 6,9% et des mandariniers avec un taux de 4%. Ce groupe, auquel on reproche le manque de résistance du fruit aux intempéries et aux conditions de transport, n'est plus beaucoup

planté ; en dernière place, le groupe des pomelos avec 0,1% de la superficie totale (MADR, 2013).

Dosba (2002) affirme que toute nouvelle variété doit subir un examen DHS:

distinction-homogénéité-stabilité, qui a pour but de la distinguer des autres variétés, connues par leurs propres performances (Tableau 3).

Tableau 3: Critères de la classification botanique chez les agrumes (Manner et al., 2005)

Espèce (nom scientifique)	Nom commun	Taille des épines
Citrus aurantifolia (Cristm)	Citronnier	Arbuste/petit arbre de 4m de hauteur, épineux.
Citrus aurantium L.	Orange amère.	Arbre de 10m de hauteur avec de courtes épines.
Citrus grandis L	Pamplemoussier	Arbre de 12 m de hauteur épineux.
Citrus hystrix DC	Citronnier rugueux	Arbre de 5 m de hauteur avec des courtes épines.
Citrus limon L	Citronnier	Arbre de 6 m de hauteur avec des épines dures.
Citrus macroptera	Montrouzier	Arbre de 5 m de hauteur avec des épines droites.
Citrus medica L	Cédratier	Arbuste de 3 m de hauteur.
Citrus mitis Blanco	Calamondin	Arbre de 12 m de hauteur, épineux.
Citrus paradisi Macf.	Pomelo	Arbre de 15 m de hauteur.
Citrus reticulata Blanco.	Mandarinier	Arbre de 9 m de hauteur, généralement épineux.
Citrus sinensis Osbeck	Orange douce.	Arbre de 12 m de hauteur, les tiges souvent épineuses.

4. Morphologie de la plante hôte (Citrus sinensis)

L'oranger est un arbuste de taille moyenne de 12 mètre de hauteur avec un tronc unique au bois dur et une écorce mince et lisse (Harley et al., 2006).

4.1. 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 de 2 m au-dessous de la surface. Les racines fibreuses se prolongent généralement bien au-delà de la canopée (écran formée par la partie supérieure de la végétation du verger) (Walter et Sam, 2002).

4.2. Tronc

Praloran (1971) signale que les agrumes présentent habituellement un tronc presque cylindrique et parfois un aspect de colonnes entre elles.

4.3. feuilles

Tous les agrumes sont des arbres à feuilles entières et persistantes qui ont une durée de vie limitée, les chutes interviennent naturellement en automne et au printemps quand les nouvelles pousses apparaissent (Bachès et Bachès, 2011). Cependant, les feuilles (Fig. 4) sont très différentes et présentent une grande variabilité de tailles et de forme selon les espèces, les variétés et l'âge de l'arbre et permettent souvent l'identification des agrumes.



Figure 4 : photo d'un oranger

4.4. fleurs

Les fleurs ont entre 2 à 4 cm de diamètre ; axillaires, parfumées, simples, ayant des étamines et des pistils fonctionnels. Le calice est lobé, composé généralement de 5 pétales avec des glandes d'essences aromatiques. Les étamines sont entre 20 et 40. Les pétales sont de couleur blanc-rosâtre, rose-violet vers l'extérieur chez le citron et rougeâtre chez les autres variétés d'agrumes (Fig.5). L'ovaire est surmonté d'un stigmate en masse composées de 8 à 18 locules, avec 4 à 8 ovules par locule, dans deux rangées (Somon, 1987).



Figure 5 : fleur de *Citrus sinensis* L.

4.5. Fruits

Les fruits sont sphéroïdaux ou ovales, en les sectionnant on peut observer :

- **Un épicarpe** : rugueux, robuste, jaune qui entoure et protège le reste du fruit. Cet épicarpe est riche en glandes lysogènes qui contiennent une huile aromatique essentielle volatile, d'une saveur citrique, composées de phéllandrène, limonène...
- **Un mésocarpe** : parenchymateux, blanc, consistant, qui est relié étroitement à l'épicarpe, formant la peau ou l'écorce. Le mésocarpe contient quelques glycosides, comme la linranine et la citrine et les flavonoïdes qui déterminent la vitamine P, le glucose et quelques acides organiques tels que l'acide citrique.
- **Un endocarpe** : charnu et divisé en 7 à 14 segments, séparés par des septas minces «Cloisons des segments», chaque segment contient des pulpes « vésicules à jus » qui contiennent un jus acide et parfois sucré (INRA, 2005).

4.6. Graines

Elles sont blanches à verdâtres, aplaties et angulaires. Elles sont généralement polyembryonnées, signifiant que plusieurs embryons peuvent germer à partir d'un seul ovule fécondé. Les embryons sont zygotiques ou nucellaires. Les embryons zygotiques sont issus de la pollinisation de l'ovaire, c'est-à-dire de la production sexuée, donc leurs qualités horticoles ne sont pas toujours semblables avec celles de l'arbre parent, tandis que les embryons nucellaires sont complètement issus de la plante-mère et présentent des caractéristiques similaires avec celles de l'arbre-parent. Les graines ont une importance majeure pour la détermination et la classification de la variété (Manner et al., 2005).

5. Principales maladies des agrumes

5.1. Désordres physiologiques

- **Les fentes des fruits** : observées chez les fruits à peau mince tels que les mandarines, elles sont provoquées par le climat, le manque d'irrigation et de fertilisation (Tucker et al., 1994).
- **Le pourrissement des racines** : causé par l'irrigation excessive des arbres qui provoque un manque d'oxygène dans les racines (Manner et al., 2005).
- **La carence en minéraux** : la pluie et l'irrigation excessives causent cette carence, ainsi que l'utilisation inappropriée des engrais (Vernière et al., 2003).

5.2. Maladies bactériennes

- **La galle** : l'infection provoque une petite bosse sur un côté de la feuille et une dépression sur l'autre côté ; puis des pustules brunes vont se former sur la peau du fruit devenant subéreuses pendant leur développement, causées par *Elsinoe fawcetti*.
- **Les tâches noires** : provoqués par *Guignardia citricarpa* qui touche les feuilles et les fruits, les symptômes de cette maladie ne sont pas visibles à l'œil nu et les fruits deviennent non commerciabiles (Manner et al., 2005).
- **Citrus canker (le chancre)** : les symptômes de cette maladie se traduisent par des fentes sur les jeunes feuilles et les fruits provoquées par la bactérie *Xanthomonas axonopodis Citri* (Swarup et al., 1991).
- **Citrus greening** : provoqué par une bactérie appartenant aux *Liberobacter* qui se développe dans l'écorce, les feuilles et les nervures des arbres ; le fruit reste de couleur verte d'où le nom « greening ».

5.3. Maladies virales

- **Tristeza** : le virus de la Tristeza est l'un des agents pathogènes les plus virulents des agrumes qui provoque une croissance retardé, des tiges trouées, des feuilles abimées et des fruits jaunes avec une taille réduite (Manzanero, 2004).

5.4. Maladies cryptogamiques

Les agrumes sont exposés à une large gamme de maladies cryptogamiques ou moisissures qui peuvent affecter les fruits.

En dehors des pourritures brunes ou noires des fruits (*Colletotrichum*, *Ploespora* et *Alternaria*), leur importance économique n'est pas très grande, car les dégâts sont limités aux plantations situées en terrains argileux et humides.

- ***Aspergillus sp.***

Les pourritures à *Aspergillus sp.* peuvent toucher toutes les variétés d'agrumes ; elles se développent préférentiellement en entrepôt lorsque les températures sont supérieures à 15°C.

L'espèce *Aspergillus niger*, la plus fréquente, provoque une pourriture molle, épidermique et est accompagnée d'une odeur caractéristique de fermentation. Initialement de couleur claire, elle se couvre ensuite d'amas de spores noires.

- ***Alternaria sp.***

Les spores d'*Alternaria sp.* sont présentes toute l'année dans les vergers ; on les retrouve fréquemment dans les entrepôts. C'est un pathogène des blessures (grattage d'épiderme, plaie de coupe du pédoncule...), mais il pénètre surtout dans les fruits par les ouvertures naturelles (ombilic, cicatrice stylaire, craquelures de base du pédoncule...).

Sur l'épiderme il provoque une pourriture noire, molle, déprimée et entourée d'une bordure brunâtre qui se développe en entrepôt même à des températures basses.

Dans le fruit, il colonise l'axe central et les quartiers; les tissus noircissent. Cette pourriture interne se développe au verger et en entrepôt ; elle est indécélable à la cueillette. Les oranges Navel, les mandarines et les citrons sont les variétés les plus souvent atteintes. Les fruits, même faiblement contaminés, sont impropres à la consommation et à la fabrication de jus (Moreau, 1974).

- ***Cladosporium herbarum***

Ce pathogène est devenu fréquent sur de nombreuses variétés d'agrumes, en Espagne notamment. Il est présent sur différents débris végétaux en décomposition dans les vergers, et contamine les fruits pendant la cueillette.

Son action est similaire à celle d'*Alternaria* : il colonise les blessures de l'épiderme, la zone stylaire, l'ombilic des variétés Navel et la base des pédoncules. Sur la peau, il provoque une nécrose brunâtre souple qui se recouvre progressivement d'un mycélium gris-vert. Dans la zone stylaire, il reste superficiel mais les attaques pédonculaires précoces envahissent ensuite l'axe central.

- ***Geotricum candidum***

Ce champignon induit l'une des plus importantes et des plus nauséabondes pourritures des agrumes (pourriture amère). Elle s'observe sur toutes les variétés, mais plus fréquemment

sur les groupes des citrons et des pomelos. C'est un champignon du sol qui contamine les fruits tombés à terre ou en contact avec des particules de terre souillant les caisses de récolte, lors des périodes pluvieuses.

Les parties atteintes sont rapidement molles, aqueuses et de couleur claire.

L'épiderme, les cloisons et les vésicules à jus sont entièrement dégradés, et le fruit se transforme en une bouillie coulante, sale, d'odeur indésirable mais attractive pour les mouches du vinaigre (drosophiles). La contamination s'étend de fruit en fruit, au cours du stockage (Mazih et al., 2007).

- ***Penicillium digitatum* (pourriture verte) et *Penicillium italicum* (pourriture bleue)**

Ces deux *Penicillium* sont responsables de plus de 80 % des pourritures des agrumes ; toutes les espèces et variétés y sont sensibles. Ces champignons existent dans le monde entier. Ils sont présents en permanence, tout au long de la chaîne, depuis le verger jusqu'aux réfrigérateurs domestiques, en passant par les stations d'emballage, les véhicules de transports, les entrepôts, les magasins de demi-gros et les détails.

Ces deux espèces sont systématiquement associées, mais leurs biologies diffèrent par leurs modes d'infection et par les symptômes qu'elles provoquent (Mazih et al., 2007).

Penicillium italicum est responsable de " la pourriture bleue " des agrumes, ainsi nommée à cause de la couleur de ses spores. C'est un parasite des épidermes intacts, plus redoutable de ce fait que *P. digitatum*. Ses spores sont présentes tout au long de la chaîne, de l'emballage à la consommation. L'épiderme atteint s'éclaircit, devient mou, puis un duvet mycélien blanc apparaît, qui se couvre rapidement de spores bleues. La chair est simultanément contaminée et le fruit, même partiellement atteint, devient inconsommable.

Les spores sont facilement transportées d'un fruit à l'autre, et la pourriture se propage aussi directement par contact. Aux températures basses d'entrepôt, son activité est supérieure à celle de *P. digitatum*. Les deux espèces peuvent cohabiter sur un même fruit, *P. italicum* venant parfois se surimposer à *P. digitatum*, mais jamais l'inverse.

Penicillium digitatum est responsable de " la pourriture verte " des agrumes, ainsi nommée à cause de la couleur de ses spores qui, en fin d'évolution, couvrent la totalité des fruits atteints. C'est strictement un parasite de blessures, ne pouvant pénétrer les épidermes intacts. Les possibilités de contamination au verger existent, mais l'essentiel des infections survient à la récolte, à l'emballage et dans les étapes suivantes de la commercialisation et de la consommation.

Au début, les zones atteintes de l'épiderme s'éclaircissent légèrement, deviennent molles, puis il se développe un fin mycélium blanc vif, à accroissement régulier et circulaire, dont le centre se couvre de spores vertes.

En fin d'évolution, les spores vertes recouvrent la totalité du fruit ; l'épiderme, flavedo et albédo, et la pulpe sont entièrement envahis. Dès le début de l'infection, le fruit a une saveur indésirable.

- ***Trichoderma viride***

C'est un agent fréquent et important des agrumes entreposés. Il colonise de préférence les blessures profondes de l'épiderme. Il induit, autour du point de pénétration, une large zone brune, souple au toucher, qui se couvre progressivement d'un mycélium blanc, ponctué ensuite de petits amas de spores vert émeraude plus au moins foncées.

L'odeur des fruits atteints rappelle celle de la noix de coco. Présent en permanence dans les sols de vergers, il contamine les fruits en contact avec des particules de terre au moment de la récolte.

- **Pourrissement des racines et gommose**

Dû à (*Phytophthora citrophthora* ; *P. parasitica* ; *P. palmivora*). Le champignon *Phytophthora* provoque la pourriture des racines qui empêche l'absorption de l'eau et des minéraux. Ce champignon peut affecter aussi l'écorce et le cambium qui commencent à sécréter une sorte de gomme claire, cette maladie est appelée « gommose » (Christien et al., 2002). Ces derniers ajoutent que ces maladies fongiques (gommose...) peuvent entraîner des pertes de récolte importantes ainsi que le dépérissement de l'arbre.

- ***Phytophthora sp.***

N'importe quelle espèce du genre *Phytophthora* inféodée aux agrumes, peut occasionner ce qu'on appelle communément "la pourriture brune à *Phytophthora*".

En principe, les fruits de toutes les variétés peuvent être infectés, mais il existe quelques légères différences de sensibilité. Ainsi les oranges se révèlent être plus souvent atteintes que les citrons ou les mandarines.

Toutes les espèces de *Phytophthora* provoquent les mêmes symptômes. Ils s'expriment au début par une décoloration ponctuelle de la peau, vert clair sur les citrons non mûrs, brun clair sur les oranges à maturité. Ensuite la zone nécrosée s'étend et se colore de différentes teintes, plus ou moins foncées de brun, selon les fruits. En entrepôt, un fin feutrage mycélien blanc apparaît dans les zones brunes atteintes.

Au verger, les fruits, surtout ceux situés sur les branches basses, sont infectés par les éclaboussures de pluie ou par les irrigations sous frondaison entraînant les spores.

Au conditionnement, les eaux de lavage sont souvent contaminées. En entrepôt la pourriture s'étend de fruit en fruit par contact (Chouibani et al., 1997).

- **Tâches graisseuses** : cette maladie touche les régions chaudes et humides, elle est causée par le champignon *Mycosphaerella citri* responsable des fentes brun-noirâtres au niveau de la partie antérieure des feuilles et d'autres très petites sur la peau du fruit.

III. Mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*

1. Présentation de la mouche méditerranéenne

La mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann), généralement appelée Medfly en anglais, est l'un des phytoparasites les plus destructifs au monde, qui touche les vergers de fruits (Thomas et *al.*, 2001). Elle constitue l'un des principaux ravageurs d'importance économique pour les diverses familles botaniques et les cultures fruitières (Duyck, 2005).

Elle a été découverte par Wiedemann en 1824, et considérée comme parasite des agrumes en 1829 (Wiedemann, 1829).

2. Taxonomie

L'espèce *Ceratitis capitata* (Wied, 1824) est communément connue sous le nom de Cératite, mouche des fruits ou mouche méditerranéenne des fruits. D'après Seguy (1934) et Dyck et al. (2005), *C. capitata* Wied est positionnée dans la systématique comme suit:

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Diptera
- **Sous ordre** : Brachycera
- **Division** : Cyclorrapha
- **Groupe** : Schizophora
- **Super famille** : Trypetidea
- **Famille** : Tephritidae
- **Genre** : *Ceratitis*
- **Espèce** : *Ceratitis capitata*

3. Origine et aire de répartition

La mouche méditerranéenne des fruits est le plus important ravageur des fruits dans le monde entier (Boudjlida et Soltani, 2011). C'est une espèce très polyphage qui s'est établie dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales.

Des études récentes sur ses plantes hôtes et parasitoïdes, ainsi que l'analyse des microsatellites ont permis de confirmer qu'elle serait originaire de l'Afrique du Sud-Est (Bonizzoni et al., 2000 ; De Meyer et al., 2004).

La cératite est une espèce cosmopolite. Cayol et al. (2002) ont rapporté qu'elle a réussi à se disperser à travers les cinq continents en moins de 150 ans (Tableau 4).

Cette large dispersion est due à la rapidité des transports ainsi qu'à l'augmentation des échanges internationaux des produits agricoles, ainsi qu'à sa grande capacité d'adaptation aux différents types de climats grâce à sa variabilité génétique.

Tableau 4 : Dates d'apparition et de répartition de *Ceratitis capitata* dans le monde (Harris,1984).

Contrées ou Continents	Pays	Année d'apparition
Afrique	Algérie	1858
	Tunisie	1885
	Afrique du Sud	1889
	Egypte	1904
Europe	Espagne	1842
	Italie	1863
	Sicile	1878
	France	1900
	Turquie	1904
Proche Orient	Liban	1904
	Palestine	1904
Pacifique	Australie	1898
	Tasmanie	1900
Amérique du Sud	Brésil	1901
	Argentine	1905
	Paraguay	1955
	Pérou	1956
	Chili	1963
Amérique centrale	Costa Rica	1955
	Nicaragua	1961
	Panama	1975
	Guatemala	1975
	Equateur	1976
	Mexique	1977
Amérique du Nord	Hawaii	1910
	Floride	1929
	Texas	1966
	Californie	1975

4. Caractéristiques morphologiques de la cératite

4.1. œuf

Il est lisse, brillant et de couleur translucide lorsqu'il est fraîchement pondu, puis devient blanc nacré. Sa forme est allongée et arquée en son milieu, convexe du côté dorsal et concave du côté ventral. Sa longueur fait entre 0,9 et 1.1mm et sa largeur entre 0,20 à 0,25 mm (Balachowsky et Mesnil, 1935 ; Bodenheimer, 1951) (Figure 6).



Figure 6 : œufs de *C. capitata* (Khimoud et Louni , 2008)

4.2. Larve

La larve du premier stade est transparente et mesure 1mm. A ce stade, le squelette céphalopharyngien n'est pas mélanisé.

Au deuxième stade, les individus deviennent partiellement transparents et présentent la couleur de l'aliment ingéré. Leur taille est variable et la base des crochets buccaux est mélanisée. Lorsque le développement est achevé, la larve atteint 7 à 9mm ; à ce stade, les crochets buccaux sont totalement pigmentés. Les nutriments dont les larves se nourrissent sont les glucides, les protéines et l'eau ; ils sont tirés du milieu dans lequel elles se développent, c'est-à-dire la pulpe du fruit (Duyck, 2005).

Le dernier stade se distingue, aussi des autres par son comportement. La larve se livre à une série de petits sauts qu'elle exécute et quitte ainsi le fruit.

4.3. Puppe

Le troisième stade larvaire (L3) ne rejette pas son exuvie larvaire qui va lui servir d'enveloppe à l'intérieur de laquelle il se nymphose formant le puparium. La puppe est de 4 à 5

mm de longueur, elle a la forme d'un petit tonnelet elliptique, lisse et résistant. Elle change progressivement de couleur pour devenir brun foncé (Jerraya, 2003).

4.4. Adulte

C'est une mouche qui mesure entre 4 et 5 mm de long (Duyck, 2000). Sa tête est grosse, jaune, avec une bande brune claire entre les deux yeux à reflet vert émeraude. Le thorax est noir à prunosités dessinant des bandes argentées ou grises.

Les ailes présentent des colorations typiques en bandes et des taches noires, se différenciant de n'importe quelle autre espèce des mouches des fruits (Weems, 1981 ; Vayssières et al., 2008).

L'abdomen est brun jaunâtre avec des bandes transversales grises. Les ailes sont larges et présentent trois bandes orangées (Fig.7).

Le mâle et la femelle sont facilement distinguables grâce à deux caractéristiques morphologiques ; le mâle est muni de soies céphaliques orbitales noires et aplaties en lamelle à l'apex, dont le rôle est inconnu. La femelle possède une tarière de ponte bien visible (oviscapte) (Duyck, 2005). La figure 8 montre un mâle et une femelle ainsi que la différence au niveau de l'extrémité abdominale entre les deux sexes.

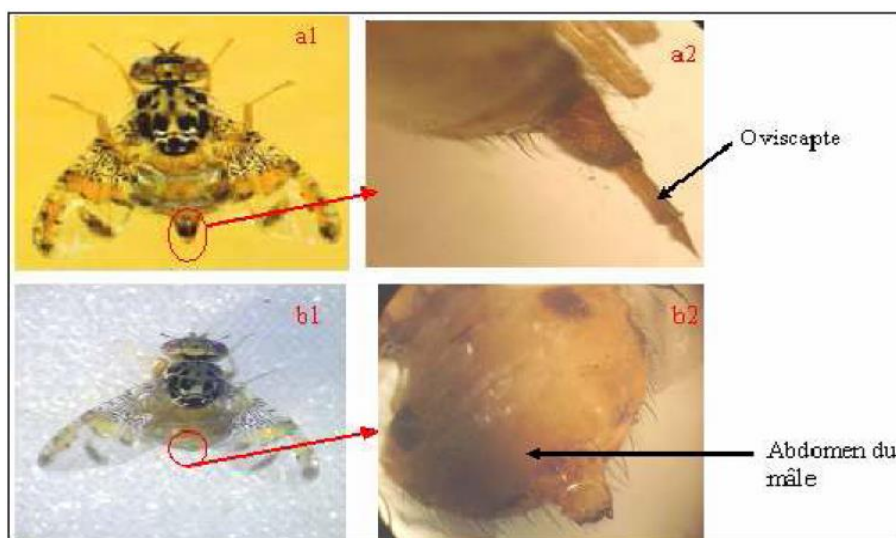


Figure 7: Adultes de la cératite (a1 et a 2 : femelle ; b1 et b2: mâle) (Rigamonti, 2005)

5. Cycle de développement

Le cycle de développement de la cératite est résumé dans la figure 8.

5.1. Ponte et incubation

Les femelles font pénétrer leur ovipositeur jusqu'à une profondeur approximative de 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 (Atcitrus, 2002). Le trou de ponte est facile à remarquer sur quelques fruits (agrumes et abricots).

L'incubation des œufs est de 2 à 5 jours en été et plus de 20 jours en hiver.

5.2. 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.

La larve de troisième stade ou « asticot » quitte le fruit par une brusque détente ; elle retombe sur le sol dans lequel elle s'enfonce pour se nymphoser (figure 8), 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 (Sadoudi, 2007).

D'après Delrio (1985), la durée du cycle de développement de la cératite dans la zone méditerranéenne varie de 20 jours en été à 2 ou 3 mois en hiver.

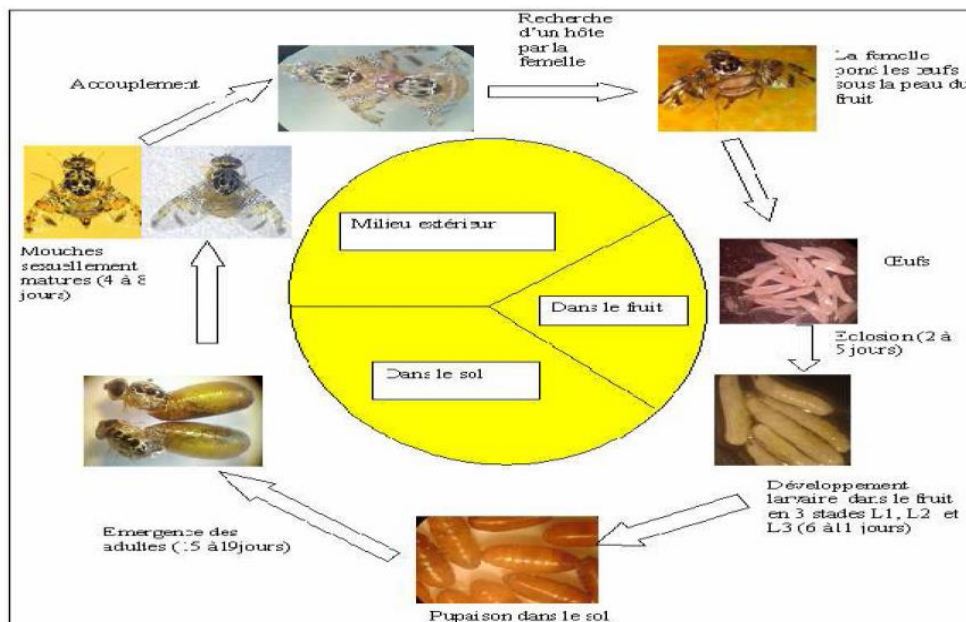


Figure 8 : Cycle de développement de *C. capitata* (Khimoud et Louni, 2008)

6. Nombre de générations

L'évolution complète de la cécidite est très variable pour une même région. Elle dépend des facteurs climatiques, particulièrement la température mais également des espèces fruitières sur lesquelles ont lieu les pontes (Khoury, 1998 ; Ramade, 2003).

Ainsi, on dénombre 12 à 13 générations de cécidites à Honolulu, 12 à Calcutta, 9 au Caire, 6 à 7 dans le Sud de l'Italie, 5 dans le littoral algérien, 3 ou 4 à Nice et 2 dans la région parisienne (Balachowsky et Mesnil, 1935).

Oukil (1995) a résumé le nombre de générations possibles en Algérie comme suit (Fig. 9):

- La première génération qui a lieu en mars-avril ne se trouve que sur les oranges tardives;
- la deuxième génération est composée d'individus peu nombreux et passe presque inaperçue au cours du mois de mai;
- la troisième génération apparaît en juillet où on assiste à des pertes sur des fruits à noyaux (pêche, abricot, prune);
- la quatrième génération s'étale de la fin août jusqu'au début du mois de septembre;
- les deux dernières générations se développent sur les agrumes.

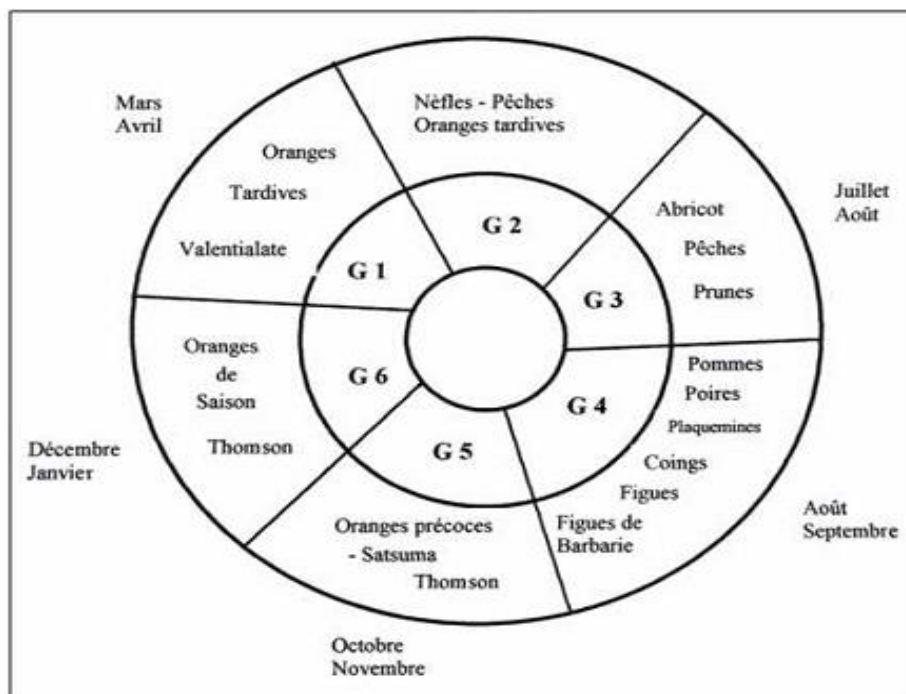


Figure 9: Schéma représentant le nombre de générations possibles en Algérie (Oukil, 1995)

7. Dégâts causés par la cératite

La cératite, ravageur polyphage, est caractérisée par la ponte dans les fruits après leur véraison jusqu'à la maturité complète. Ceci fait que les époques d'infestation coïncident avec la chronologie de maturation des espèces (Lachiheb, 2008).

Les dommages causés par la cératite sont des piqûres de pontes et des galeries dans les fruits, engendrées respectivement par les femelles et les larves.

En outre, ces galeries et ces piqûres constituent une voie de pénétration à des champignons et des bactéries, responsables de la décomposition et la chute prématurée des fruits. Ces dégâts constituent un obstacle majeur pour les exportations en raison de la dévalorisation de la marchandise et des mesures de quarantaine imposées par certains pays importateurs. La cératite s'attaque aux variétés précoces et tardives et celles à peau mince (Chouibani et al., 2003).

IV. La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, et au genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963). Elle comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990 ; Doré et al., 2006).

On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum*, mais dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes (Rousselle et al. 1992; Doré et al., 2006).

Il n'y a pas de document sur la date précise de l'arrivée de cette plante en Europe, il est probable qu'à l'époque, personne n'imaginait l'importance que pourrait prendre cette production agricole. Cependant, la pomme de terre arriva probablement quelques années avant la fin du XVIème siècle et ceci par deux entrées; la première par l'Espagne vers 1570 et la seconde par les îles Britanniques (1588-1593) (Rousselle et al., 1996).

1. Importance économique de la culture

1.1. Dans le monde

Selon la FAO en 2012, sur les 342 millions de tonnes de pommes de terre *Solanum tuberosum* L. produites en 2010, 42,90 % provenaient de l'Europe et 39,30 % de l'Asie. La superficie totale occupée par les cultures de pommes de terre au niveau mondial s'élevait en 2010 à 18 millions d'hectares. En termes de consommation, la pomme de terre est la première racine féculente consommée avec 33,48 kg par habitant par an. Actuellement, elle est le quatrième aliment de base après le riz, le blé et le maïs (El- Zbeita et al., 2012).

L'Europe (comme unité géographique) produit 107 millions de tonnes pour environ six (6) millions d'hectares. Autres zones de production de la pomme de terre : l'Amérique du Nord et du Sud où 14 millions de tonnes sont produites sur 9 millions d'hectares en 2010, et l'Afrique avec 19 millions de tonnes pour 2 millions ha. Pendant les 50 dernières années, la croissance de la production de pomme de terre est due à l'extension cultivée dans les pays développés (Schwartzman et UBIFRANCE, 2010).

La production de la pomme de terre en 2010 dans les principaux pays producteurs est

représentée dans la figure 10, réalisée à partir des données (FAO STAT, 2012)

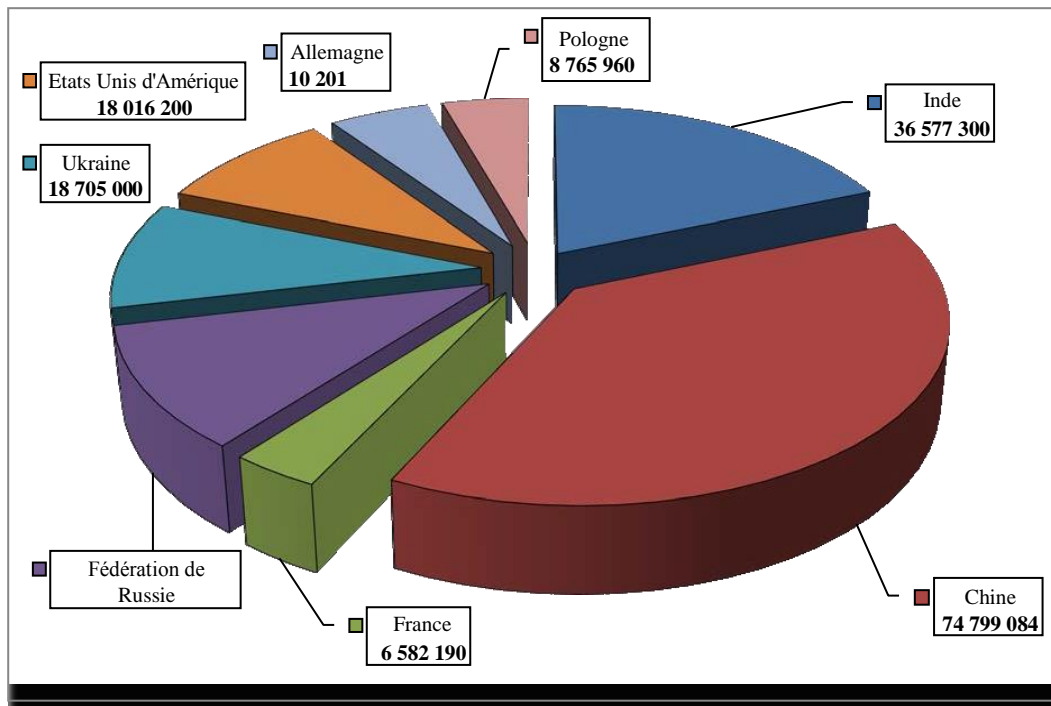


Figure 10 : Production en tonnes de la pomme de terre des principaux pays producteurs en 2010 (FAO STAT, 2012).

Comme le montre la figure 10, les plus grands producteurs de pomme de terre au monde sont en premier la Chine avec 74 799 084 tonnes, vient ensuite l'Inde avec 36 577 300 tonnes, puis la Russie avec 21 140 500 tonnes puis les autres pays.

1.2. En Algérie

La culture de pomme de terre occupe une position dominante dans le système maraîcher, par les surfaces qui lui sont consacrées et par ses volumes de production.

La pomme de terre est surtout cultivée sur la côte méditerranéenne, qui jouit d'un climat tempéré propice à sa culture tout au long de l'année. On en trouve aussi à 500 mètres, sur les montagnes et les vallées entre la côte et les Monts Atlas ainsi que sur les Hauts Plateaux. La consommation annuelle, qui était de 35 kg/par habitant en 1990, est passée à 57 kg en 2005 (FAO, 2008).

2. Différents types de cultures de pomme de terre

En Algérie, la pomme de terre est cultivée selon trois types de culture qui sont placés sous la dépendance du climat en trois groupes de saisons qui sont : culture de primeur, de saison et d'arrière-saison (Reguieg, 2008).

- **La culture de primeurs** : est pratiquée surtout sur le littoral à température douce, en absence de gel et certaines régions du sud (El Oued, Adrar), cela concerne environ 5000 ha; la plantation a lieu en novembre et la récolte en janvier.
- **La culture de saison** : se pratique dans toutes les régions et concerne environ 50000 ha, dont la mise en place de la culture est réalisée en janvier au littoral, en février- mars dans les plaines, en mars pour les Hauts Plateaux et la récolte en mai –juin.
- **La culture d'arrière-saison**: se pratique dans des zones à grande possibilité d'irrigation où presque tout le cycle se déroule en absence de pluie, cela concerne environ 34000 ha. Au littoral, la mise en place de la culture se fait en aout-septembre, et en juillet sur les Hauts Plateaux, les récoltes en octobre –décembre.

3. Régions de production de la pomme de terre

La répartition géographique de la culture de pomme de terre est fortement influencée par les conditions agro climatiques et par les possibilités d'irrigation. Selon les données du MADR (2007), la pomme de terre est cultivée dans toutes les régions du pays (figure 11). Selon Chehat (2008), elle est répartie comme suit :

L'Ouest : Tlemcen, Mostaganem, Chlef, Tiaret, Mascara, avec une superficie de 24212 hectares, soit 30,52 % de la superficie globale.

Le Centre : Principalement dans les wilayas de Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, Bouira et Tizi-Ouzou, couvrant une superficie de 24 426 hectares, soit 30,79% de la superficie globale.

L'Est : Dans les wilayas de Skikda, Guelma, Sétif, Mila et Batna, avec une superficie de plus de 8881 hectares, soit 11,19 % de la superficie globale.

Le Sud : Il s'agit de l'apparition récente du bassin spécifique d'El Oued, où la pomme de terre est devenue en quelques années, une spéculation majeure avec près de 7.000 hectares chaque année.

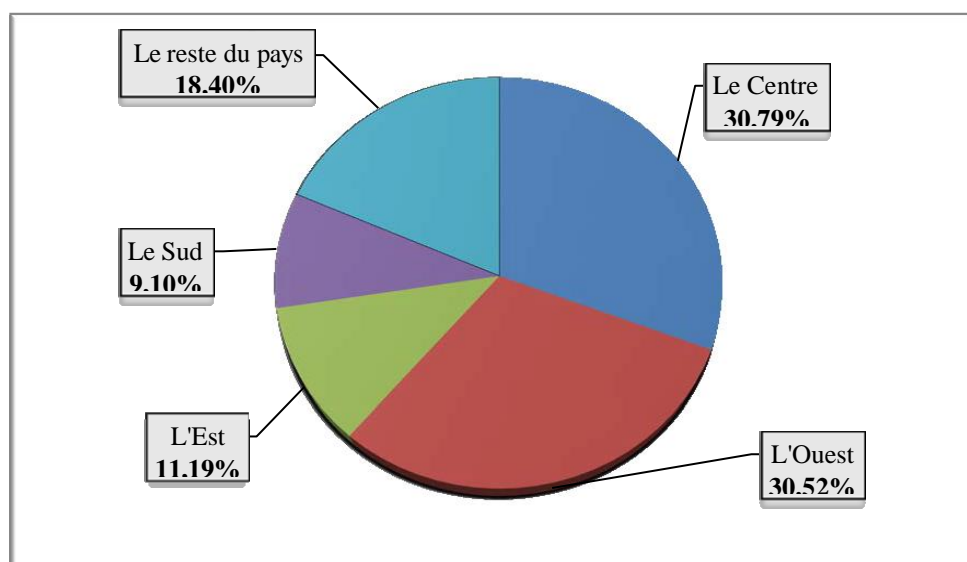


Figure 11 : Répartition spatiale de pomme de terre en Algérie (Source : MADR : Direction des statistiques, 2007).

4. Caractéristiques de la plante

4.1. Taxonomie

Le nom botanique de la pomme de terre est *Solanum tuberosum*, elle appartient à la famille de Solanacées. Le genre *Solanum* est très vaste, il regroupe environ 2000 espèces dont les tomates, aubergines, le tabac...etc (Hawkes, 1990).

D'après Rousselle et al. (1996), au cours du XVIème siècle, la pomme de terre avait plusieurs appellations scientifiques :

Archidna papas peruanorum	DELUCLU (1601)
Papus orbiculatus	JOHN GERARD (1596)
Battuta vigininiana	JOHN GERARD (1597)
Papus orbiculatus	JOHN GERARD (1599)

Selon Boumlik (1995), la pomme de terre est classée comme suit:

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Gamopétales

Ordre : Polémoniales

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

4.2. Description de la plante

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une dicotylédone de la famille des solanacées (Feytaud, 1949). C'est une espèce herbacée vivace par ses tubercules, mais cultivée en culture annuelle (Rousselle et al., 1996).

La plante est constituée de deux parties :

- L'appareil aérien est constitué de plusieurs tiges principales souvent ailées, qui se développent sur chaque tubercule ; les feuilles sont alternes, disposées sur la tige suivant une phyllotaxie spiralee avec une spirale génératrice, tournant le plus souvent dans le sens sénestre (Artschwager, 1918), elles sont composées et comportent de 7 à 15 grandes folioles (Rousselle et al., 1996). Les fleurs sont groupées en inflorescence cymeuse, de couleur variée, du blanc au violet selon les variétés, parfois les deux couleurs se trouvent sur la même fleur.
- L'appareil souterrain est constitué de tubercule mère ; des tiges sous-terraines ou stolon peuvent se ramifier et les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire se forment dans leur région subapicale ; des racines adventives, fasciculées, qui naissent au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons et directement sur tubercule au niveau des yeux.

4.3. Caractéristiques du tubercule:

Quatre principaux critères permettent de caractériser le tubercule (Rousselle et al., 1996).

- **Forme** : les tubercules sont classés en quatre grand types : les claviformes, les oblongues, les arrondis et les cylindriques allongés.
- **Enfoncement des yeux** : la plupart des variétés ont des yeux superficiels, peu d'entre elles ont des yeux demis enfoncés.
- **Couleur et texture de la peau** : la coloration est due à la présence d'un ou plusieurs pigments dans les cellules du périderme, qui donnent à la peau une teinte jaune, rose pâle, bleu-violacée et violet foncé.
- **Couleur de la chaire** : la chaire présente toute une gamme de teintes allant du blanc au jaune.

4.4. Cycle biologique

Le cycle de la pomme de terre est très court (trois à quatre mois), depuis le semis jusqu'à la destruction de l'appareil végétatif (Martin, 2004), il se déroule en trois phases principales à partir de la récolte des tubercules : Phase de croissance, tubérisation et repos végétatif (Fig.12).

➤ **Phase de croissance**

Lorsqu'un tubercule germé est planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées qui donnent au-dessus du sol, des rameaux et en dessous des stolons (Madec, 1966 in Montarry, 2007)

➤ **Tubérisation**

C'est un processus physiologique à développement complexe, qui commence par une inhibition de croissance longitudinale (le stolon aérien), suivi d'une croissance du tubercule. Le stolon souterrain une fois différencié, les cellules et les tissus augmentent de volume en emmagasinant des substances de réserves (Trindale et al., 2004).

➤ **Repos végétatif**

Durant cette phase, le tubercule est placé dans des conditions naturelles optimales (température 15-20°C et humidité relative autour de 90%) mais les bourgeons sont incapables de croître (Trindale et al., 2003). A la fin de ce repos végétatif, le germe entre en croissance s'il n'y a pas de dormance induite par les conditions du milieu (Montarry, 2007). Le repos végétatif a donc des causes internes, probablement liés à l'équilibre entre les facteurs biochimique promoteurs et inhibiteurs de la croissance tandis que la dormance est maintenue par l'effet de facteurs externes, le plus souvent les basses températures (Rousselle et *al.*, 1996).

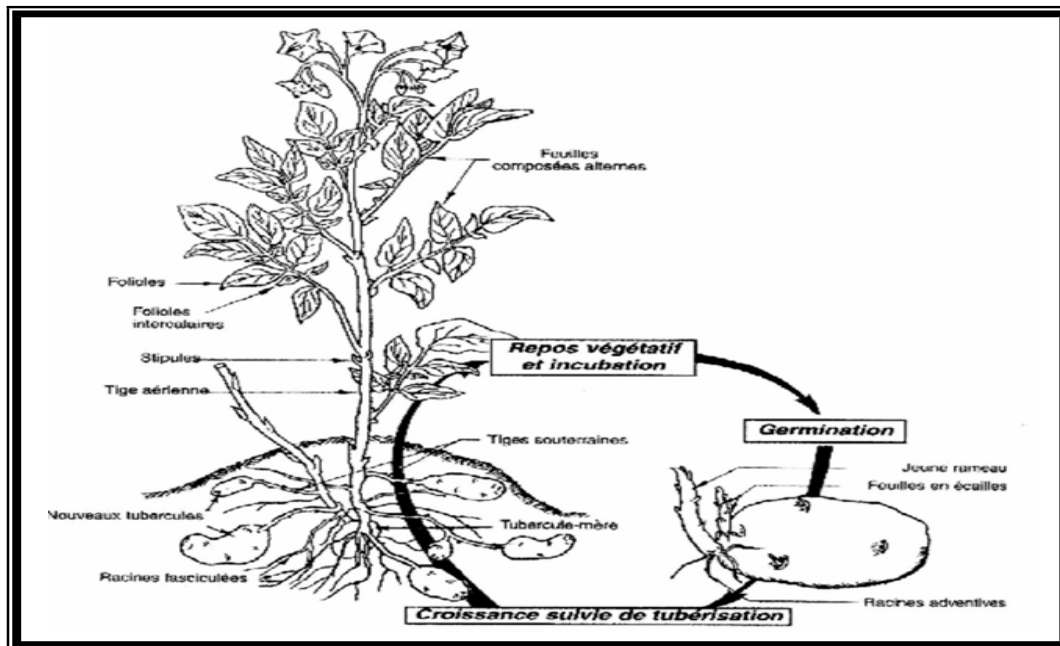


Figure 12 : Cycle végétatif de la pomme de terre (Soltner, 2005)

5. Aspect phytosanitaire de la pomme de terre en Algérie

La pomme de terre peut être infectée par un ensemble de maladies fongiques ou bactériennes qui peuvent toucher toute ou une partie de la plante (racines, tiges, feuilles, tubercules), pendant la phase de végétation et/ou pendant la phase de conservation des tubercules.

Plusieurs maladies ont été signalées par les agriculteurs ou par les organismes de la protection des végétaux (INPV) durant les campagnes des avertissements agricoles dont les plus répandues sont :

5.1. Maladies causées par des bactéries

- **flétrissement bactérien de la pomme de terre**

L'agent causal de cette maladie est *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Spieckermann et Kotthoff, 1914) (Davis et al., 1984). Cette bactérie cause la maladie désignée par la pourriture annulaire de la pomme de terre, la maladie se manifeste par des flétrissements qui se développent sur les feuilles inférieures, soit sur tout le pourtour, soit sur un seul côté de la tige. Les symptômes peuvent être confondus avec ceux dus à *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1896) et en fin d'attaque, avec ceux dus au *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* et *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (AIT OUADA, 2008).

- **La jambe noire**

L'agent causal de cette maladie est *Pectobacterium atrosepticum* (*Erwinia carotovora* subsp *atroseptica*) (Van Hall, 1902) (Dye, 1969), elle été signalée sur pomme de terre à l'ouest du pays, elle est responsable des dégâts sur pomme de terre sous les climats chauds et tempérés. Les symptômes de jambe noire induits, varient d'une pourriture humide à sèche des tiges selon les conditions climatiques, alors que les tubercules peuvent être atteints de pourriture molle au champ et en conservation, pouvant entraîner la contamination rapide des tubercules avoisinants (Helias, 2008). Cette bactérie cause sur les plants atteints une lésion noire à la base de la tige avec un enroulement typique du sommet et un jaunissement généralisé avant de dépérir (AIT OUADA, 2008).

- **La pourriture brune de la pomme de terre :**

Cette maladie est causée par *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1896). L'infection dans le champ se traduit par un flétrissement des feuilles, plus tard un jaunissement et une nécrose brune se développent, puis un brunissement du tissu vasculaire des tiges de plantes flétries. Sur tubercules, le premier stade de l'infection se traduit par une coloration jaune vitreux à brun clair de l'anneau (Henri, 2007).

- **La gale commune**

Plusieurs espèce de *Streptomyces* ont été reconnues responsables de la gale commune, en revanche l'espèce qui cause des dommages en Algérie est *Streptomyces scabiei* Thaxter Waksman et Henrici. La gale commune est principalement retrouvée au niveau des tubercules, bien que dans des cas grave des lésions sur les racines ont été rapportées. La gale commune est caractérisée par des lésions brunâtres qui peuvent être superficielles, élevées ou profondes (Bencheikh et Setti, 2007).

5.2. Maladies causées par des champignons

- **Le Mildiou**

Cette grave maladie qui affecte la culture de pomme de terre est causée par *Phytophthora infestans* (Mont. de Bary) qui s'attaque à tous les organes de la plante (feuilles, pétioles, tiges, jeunes pousses, bouquets terminaux et tubercules) et provoque des épidémies aériennes qui peuvent détruire les cultures en deux semaines, si les conditions climatiques sont favorables

(BENINAL et al.,2009) ; elle représente actuellement l'un des principaux facteurs limitant la survie de cette culture (Bellahcene et al., 2009). Les pertes de rendement engendrées par cette maladie peuvent atteindre 100% ; et en moins de trois semaines une culture de pomme de terre peut être entièrement détruite (Galfout et al., 2009).

- **Le rhizoctone brun**

Cette maladie est causée par *Rhizoctonia solani* (Kühn), elle constitue une menace assez sérieuse sur la récolte de pomme de terre (Ait Ouada et al., 2008).

- **L'alternariose**

Appelée brûlure alternarienne ou maladie des taches brunes ou encore maladie des taches noires (Gaucher, 1997). C'est une maladie très commune des feuilles et des tubercules de pomme de terre. Elle est causées par deux espèces de champignons *Alternaria solani* (Ellis et Martin) et *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, les pertes de rendements et de qualité sont généralement faibles et dépassent rarement les 20% (Issiakhem, 2007). Les premiers symptômes de l'alternariose apparaissent sous forme de petites taches brunes ponctuelles sur les feuilles âgées. Ces lésions sont rondes, mesurent 3 à 10 mm de diamètre et sont composées d'anneaux concentriques de tissus morts.

5.3 Maladies virales de la pomme de terre

La pomme de terre est fréquemment infectée par plusieurs virus durant la saison de croissance provoque des réductions des rendement et affecte la qualité des tubercules dont les principaux en Algérie sont : le Virus Y de la pomme de terre (PVY), Virus X de la pomme de terre (PVX), le Virus de l'enroulement de la pomme de terre (PLRV) (Allala et al., 2014).. Les symptômes causés par ces maladies se traduisent par des mosaïques, des jaunissements, des flétrissements des feuilles ou encore une chlorose ou un enroulement des folioles. Parfois ces virus provoquent la mort prématurée des plants de pomme de terre (Ait Ouada, 2008).

5.5. Ravageurs de la pomme de terre

Plusieurs ravageurs peuvent attaquer la pomme de terre provoquant des dégâts spécifiques.

L'objectif est de faire le point sur la biologie, les symptômes provoqués, la nuisibilité et les méthodes de lutte (Tableau 5).

Tableau 5 : Les ravageurs de la pomme de terre

Les agents	Nom de la maladie	Organes touchés	Description des dégâts	Moyens de lutte
Les principaux Ravageurs SOLTNER 1979.	Pucerons Principalement : - <i>Myzus persicae</i> - <i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Feuilles	Petites taches, pâle et léger enroulement des feuilles. Le rôle nuisible des pucerons tient surtout à leur rôle de vecteurs (transporteurs) des maladies à virus.	- Cultiver les plants dans les régions peu propices aux pucerons : zones océaniques ou d'altitude. -Lutte chimique précoce dès l'installation des premières colonies, avec un aphicide autorisé à action systémique.
	Taupins (plusieurs espèces d'Agriotes)	Tubercules	Galeries étroites de 1 à 2 mm dans les tubercules. Ces attaques sont la porte d'entrée de plusieurs pathogènes.	Désinfecter le sol à l'aide d'un insecticide autorisé seulement si le nombre de larves dépasse 30 à 40 au mètre carré.
	Vers Blancs (Larve du hanneton <i>Melontha Melolontha</i>)	Tubercules	Galeries larges tapissées de fils soyeux et renfermant des excréments noirâtres.	Désinfecter le sol à l'aide d'un insecticide autorisé seulement si le nombre de larves dépasse 4 à 6 au mètre carré.

V. Les Agriotes ou vers fil de fer

Les taupins sont des coléoptères dont les larves « vers fil de fer » sont connues pour leurs dégâts. Les larves vivent exclusivement dans le sol où elles se développent pendant plusieurs années aux dépens des parties souterraines des cultures : graines, racines, collet, tubercules... (Dedryver et al., 2009).

En raison de leur mode de vie souterrain, les taupins peuvent causer des pertes très importantes en rendements (chez les céréales, le maïs, les légumes, les petits fruits et les plantes ornementales) et des pertes de qualité (chez la carotte, la fraise et la pomme de terre) (Wilkinson, 1963 ; Vernon, 2005).

1. Systématique

Le ver fil de fer appartient à l'ordre des Coléoptères, au sous ordre des Heterogastra et à la famille des Elateridae, qui renferme environ 8000 espèces (Bonnemaison, 1962 ; Stanek, 1973).

Embranchement :	Arthropoda
Sous-embr.:	Hexapoda
Classe :	Insecta
Sous-classe :	Pterygota
Super ordre :	Endopterygota
Ordre :	Coleoptera
Sous-ordre :	Polyphaga
Famille :	Elateridae
Sous-famille :	Elaterinae
Genre :	<i>Agriotes</i>
Espèces :	<i>Agriotes sp</i>
Nom commun :	Vers fil de fer ou vers jaunes ou Taupins

2. Agriotes

Le genre *Agriotes* comprend plus de 200 espèces réparties dans toutes les régions du globe. Les *Agriotes* sont des Elateridae de couleur sombre, à élytres souvent moins foncées que le reste du corps. La tête est large et inclinée, profondément enchâssée dans le prothorax, à carènes sus-antennaires tombant séparément sur le labre ou s'effaçant vers l'avant et ne formant pas de carène frontale. Les palpes ont quatre articles, le dernier étant obliquement sécuriforme (Fig. 13).



Figure 13 : photo d'un agriote sp (SIMSEK, 2012)

Les antennes sont de longueur moyenne, dépassant peu les angles postérieurs du pronotum. Celui-ci est très convexe, parfois légèrement élargi et assez fortement épaissi en avant. Les sillons prosternaux sont creusés en avant sur une petite étendue pouvant loger la base des antennes. Le prosternum à courte mentonnière recouvre presque complètement les pièces buccales.

La cavité mésosternale est à bord généralement relevé; les pattes sont peu allongées, à tarsi de 5 articles, terminés par un ongle simple (Aguillar, 1962). Les larves sont allongées, à côtés parallèles, d'une teinte jaune paille luisante. Elles se caractérisent par le segment abdominal IX régulièrement acuminé, orné à la base de deux fossettes profondes correspondant à des impressions musculaires ; cette disposition n'est cependant pas caractéristique du genre car certaines espèces américaines ne la possèdent pas.

Les adultes sont nocturnes et phytophages, suçant les sucs végétaux; ces déprédations sont insignifiantes en comparaison des dégâts des larves dont l'alimentation, aux dépens des parties souterraines des végétaux et surtout des racines, entraîne des dégâts souvent

considérables. La durée de la vie larvaire est beaucoup plus longue que celle de la vie imaginaire chez toutes les espèces dont on connaît l'évolution.

Les trois espèces *Agriotes obscurus* L., *A. lineatus* L. et *A. sputator* L. dont nous réunirons l'étude sous un même chapitre, sont de loin les plus nuisibles et les plus largement répandues, s'attaquant aux cultures les plus diverses. En Amérique, *A. mancus* qui appartient au groupe *sputator* commet des dégâts similaires.

2.1. Description

Les caractères principaux permettant de reconnaître les trois espèces entre elles à l'état imaginal sont les suivants (Aguillar, 1962) :

- ***A. obscurus* L.** Longueur 7 à 10 mm. Elytres brun noirâtres uniformes, stries équidistantes entre elles et interstries tous semblables, même à l'arrière. Le pronotum est distinctement plus large que long et plus densément et régulièrement ponctué au milieu de son disque que sur les côtés.
- ***A. lineatus* L.** Longueur 7 à 10 mm. Elytres roussâtres à interstries paires, plus étroites et plus foncées que les impaires, surtout vers l'extrémité. Pronotum aussi long que large, de teinte brun noirâtre à ponctuation forte et bien marquée.
- ***A. sputator* L.** Longueur 6 à 7 mm. Cette espèce généralement plus petite que les précédentes est presque entièrement d'un brun rougeâtre (le disque du pronotum est rembruni).

Par contre, la distinction des larves entre elles est beaucoup plus difficile.

2.2. Biologie et écologie (Simone et al., 2011)

Le cycle de vie des taupins, de l'œuf à l'adulte en passant par plusieurs stades larvaires, dure deux à cinq ans selon l'espèce, le climat et la disponibilité de nourriture (fig. 14).

Dans le nord de la Suisse, le cycle de vie des taupins nuisibles *Agriotes obscurus*, *A. lineatus* et *A. sputator* dure de trois à cinq ans en règle générale.

2.2.1. Vol et accouplement des adultes

Les adultes hivernent dans les couches profondes du sol (environ 30 cm) et sortent de leur pause hivernale dès le mois de mars (température du sol dès 10°C). Le vol principal a lieu de mi-avril à fin juin. Au cours de cette période, les femelles attirent les mâles avec des

phéromones. La vie des adultes dure six à huit semaines après la diapause (Simone et al., 2011).

2.2.2. Ponte

Les milieux préférés pour la ponte sont les sols occupés par des populations végétales compactes, humides et peu perturbées comme les prairies et pâturages, mais aussi les champs fortement envahis d'adventices. Les œufs sphériques et blanchâtres d'un diamètre de 0.5 mm sont pondus juste sous la surface du sol (jusqu'à une profondeur de 5 cm), immédiatement après l'accouplement. Selon l'espèce, une femelle peut pondre jusqu'à 160 œufs (Simone et al., 2011).

2.2.3. Larves

Selon la température, les larves éclosent quatre à six semaines après la ponte. Longues de 1.5 mm, elles n'ont pas encore de pigmentation. Elles passeront par plusieurs stades larvaires au cours de leur long processus de développement qui se poursuivra sur trois à cinq ans. Elles atteindront à son terme une longueur de 2.5 cm (fig. 14). Leur morphologie respective ne permet pas de distinguer entre elles les larves des différentes espèces d'Agriotes. Les vers fils de fer passent par deux phases actives de nutrition au cours d'une année, au printemps et en automne. Par contre, les températures extrêmes et la sécheresse contraignent les vers fils de fer à migrer en été et en hiver dans les couches inférieures du sol (Simone et al., 2011)



Figure 14: Ver fil de fer, larve du taupin

Les larves se nymphosent en juillet et août de leur dernière année de développement (Simone et al., 2011). Les adultes éclosent trois à quatre semaines après la diapause des chrysalides et hivernent dans le sol (Fig. 15).

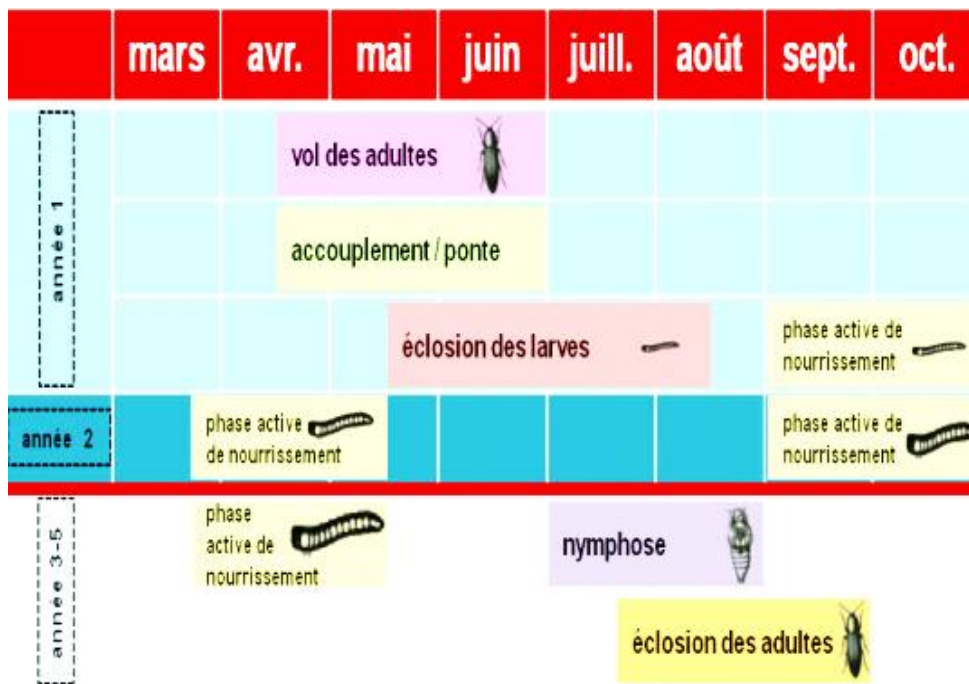


Figure 15: Cycle de développement de trois à cinq ans de trois espèces de taupins (t. des moissons, t. obscur et t. des salades) (Simone et al., 2011)

2.2.4. Importance et symptômes des dégâts

Les taupins adultes se nourrissent d'organes de fleurs ainsi que des feuilles. Ce sont leurs larves, les vers fils de fer, qui sont responsables des dégâts aux cultures. Tant que leur taille ne dépasse pas 5 mm, ils ne causent des dégâts que s'ils sont en grand nombre. Ensuite, les jeunes larves peuvent causer des dégâts considérables sur les semis et les jeunes plantes, ou dévaloriser les légumes racines par les galeries qu'elles ont creusées. Leur voracité augmente avec leur âge et leur taille, plus fortement dès la fin de leur deuxième année d'existence. Elles causent alors des dégâts aux parties souterraines et parfois aussi proches du sol de diverses cultures. Leurs morsures peuvent servir de portes d'entrée à des pathogènes. On trouve en général plusieurs stades larvaires car plusieurs générations peuvent se développer parallèlement et plus ou moins rapidement (Simone et al., 2011).

3. Surveillance et prédiction des attaques

3.1. Pièges à phéromones

On peut attirer les taupins mâles avec des pièges à phéromones spécifiques de l'espèce, ce qui permet de savoir quelle espèce infeste une région et le moment de leur vol.

Toutefois, les pièges à phéromones ne peuvent pas servir à la lutte car les mâles peuvent s'être déjà accouplés avant leur capture. Le nombre de captures ne permet pas de prédire l'intensité des attaques pour une parcelle, car les femelles des taupins ne pondent pas nécessairement à proximité de l'endroit où se trouvent les pièges (Simone et al., 2011).

3.2. Pièges appâtés

On peut établir des prédictions fiables au moyen de pièges appâtés: prendre des assiettes en plastique (sous-pots de fleurs) de 10-15 cm, et percer au fond 5-6 trous de 5 mm pour permettre aux larves un accès direct et faciliter l'écoulement de l'eau. Mettre dans les assiettes une couche de terre sur laquelle on posera des grains de blé préalablement trempés 24 heures dans l'eau. Recouvrir d'une couche de terre. Enterrer ces pièges au printemps ou en automne, lorsque la température du sol atteint au moins 15°C, à 10 cm de profondeur et les y laisser durant 8 à 10 jours. Le dispositif doit comporter 20 pièges par ha, placés à intervalles réguliers et bien localisés. Ils ne donneront toutefois des résultats fiables qu'en terrain nu, ce qui exige que leur pose soit précédée d'une période minimale d'un à deux mois de jachère.

Si tel n'est pas le cas, la matière végétale disponible éloignera les larves des pièges. On peut faire des prédictions fiables à 85-90% avec ces pièges pour les cultures de betteraves sucrières, maïs et pommes de terre. Pour les cultures sensibles comme les pommes de terre de consommation et les légumes, il faut en règle générale renoncer à la culture si les captures dépassent 5-10 vers fils de fer pour 20 pièges. Le risque de dégâts pour l'année suivante peut être ainsi estimé en fin d'été, par exemple avant le semis d'une culture dérobée (Simone et al., 2011).

3.3. Lutte directe

3.3.1. Insecticides

En grandes cultures, en arboriculture et en viticulture, on peut lutter contre les vers fils de fer au moyen de granulés ou de traitements préalables insecticides. Par contre, il n'y a pas d'autorisation pour de telles applications en cultures maraîchères et de pommes de terre de consommation. Le traitement des semences de légumes contre les vers fils de fer n'est pas non plus une alternative. Les essais d'incrustation de semences de fenouil avec Gaucho (Imidacloprid) réalisés en Allemagne ont réduit les pertes de culture mais les plantes résultantes ont été plus petites et d'un poids réduit (Simone et al., 2011).

3.3.2. Traitement des semences en grandes cultures

Dans les entreprises pratiquant les grandes cultures et les cultures maraîchères, on peut réduire la population de vers fils de fer ou la maintenir basse en utilisant des semences traitées pour les grandes cultures telles les céréales, les betteraves sucrières et fourragères et le maïs. Les vers fils de ver sont attirés par les semences en germination et entrent en contact avec l'insecticide qui en tue une partie. On aménage ainsi de meilleures conditions pour la culture maraîchère suivante. On peut utiliser à cet effet des cultures dérobées basées sur des semences traitées, par exemple un mélange vesce-avoine-pois ou de l'avoine à faucher en vert, qui peuvent être affouragées en vert aussi. Les grandes cultures basées sur des semences traitées doivent rester sur la parcelle jusqu'à maturité de la récolte et ne doivent pas être détruites après levée, afin d'éviter la présence de résidus du produit de traitement des semences sur la culture de légumes suivante (Simone et al., 2011).

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

PARTIE I. ETUDE DU MILIEU**1. Introduction**

Le climat est un élément primordial, son irrégularité spatiale et temporelle implique des études de plus en plus fines pour mieux comprendre son action sur la distribution des différentes espèces végétales. Il s'agit donc de mettre en évidence les relations qui existent entre la végétation et les facteurs climatiques.

Emberger (1930 et 1971) a particulièrement souligné ce rôle en ce qui concerne la végétation méditerranéenne et en 1939, il a montré que les données écologiques, en particulier bioclimatiques, influent considérablement sur l'individualisation de la végétation.

Le climat méditerranéen est caractérisé par un climat sec et long (≈ 7 mois), il est défini comme un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien, à pluviosité concentrée durant les saisons froides et relativement froides ; l'été, saison plus chaude, étant sec (Emberger, 1954).

En Algérie, de nombreux travaux ont été dédiés à l'étude du climat dont particulièrement (Seltzer, 1946) qui a caractérisé les paramètres climatiques, principalement la pluviométrie et les températures (maximales et minimales) de nombreuses stations de l'Algérie.

2. Situation géographique de la Wilaya de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen se situe à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, entre 34° et 35° de latitude nord et 1° et 2° de longitude ouest. Elle occupe une position originale, à la fois frontière et côtière ; elle est limitée par la Mer Méditerranée au nord, par la wilaya de Ain Témouchent au nord-est, par la wilaya de Naâma au sud, par la wilaya de Sidi Bel Abbès à l'est et par la frontière algéro-marocaine à l'ouest. La wilaya de Tlemcen s'étend sur une superficie de $9017,69\text{Km}^2$, elle comprend 20 daïras subdivisées en 53 communes (Fig. 16).

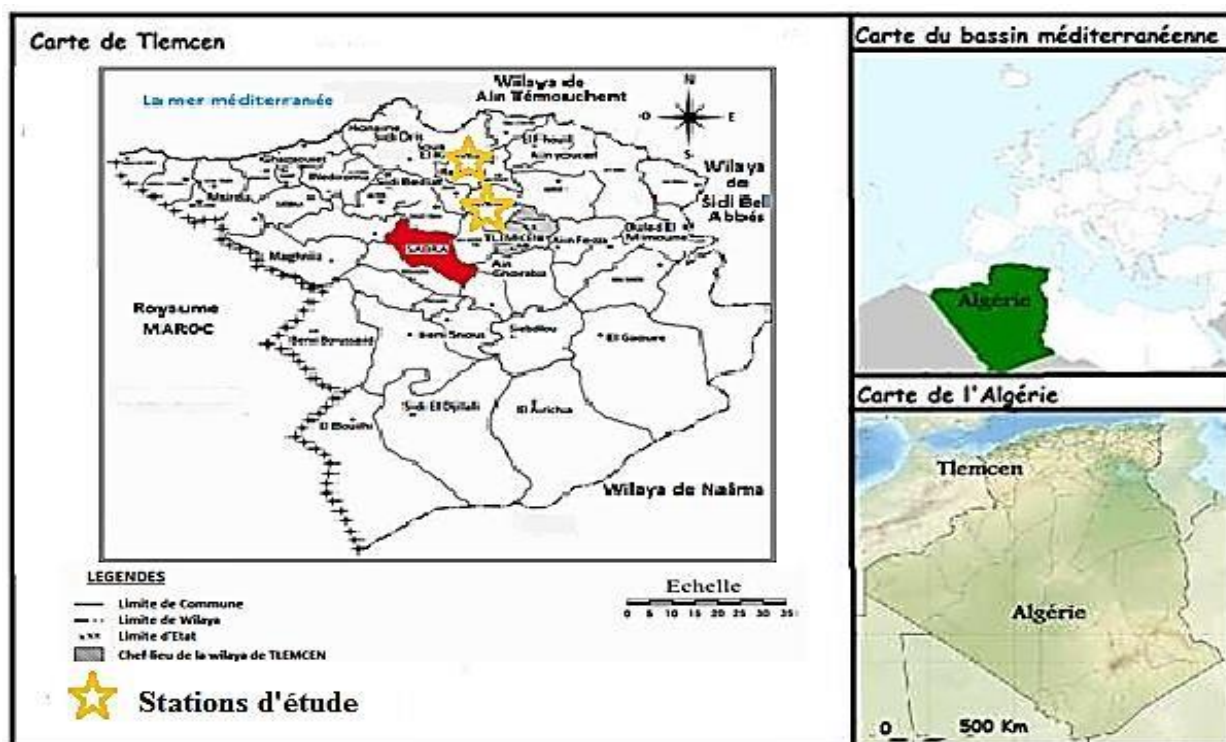


Figure 16 : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen (P.D.A.U., 2013)

C'est une région essentiellement agricole avec une production très variée (légumes, légumes secs, fruits, céréales...) et une production animale principalement avicole.

L'agrumiculture dans cette région est assurée par une superficie totale de 350.000ha, elle est caractérisée par la production des agrumes dont les superficies occupées sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6: Répartition des agrumes dans la Wilaya de Tlemcen (DSA, 2015)

Espèces		Ferme pilote	Secteur privé	Total général
Citronnier	Superficie (Ha)	02	150	152
	Production (Qx)	100	7700	7800
Oranger	Superficie (Ha)	43	1430	1473
	Production (Qx)	900	88600	89500
Mandarinier	Superficie (Ha)	00	23	23
	Production (Qx)	00	1450	1450
Clémentinier	Superficie (Ha)	08	304	312
	Production (Qx)	350	20900	21250
Total agrumes	Superficie (Ha)	53	1907	19600
	Production (Qx)	1350	118650	120000

3. Climatologie

Cette étude a été réalisée à partir des données météorologiques fournies par la station météorologique de l’Office National de la Météorologie (ONM) de Zenata, la plus proche et la plus représentative de notre aire d’étude. Elle est située au sud-ouest de la Daira de Remchi dont les coordonnées sont 35°-01 nord et 01°-25 ouest, avec une altitude de 284m.

3.1. Précipitations

Selon Benfekih (1993), le facteur hydrique est un facteur discriminant majeur, ses variations ont un caractère d’autant plus imprévisible que l’on se place dans les zones de plus grande aridité (Fig.17).

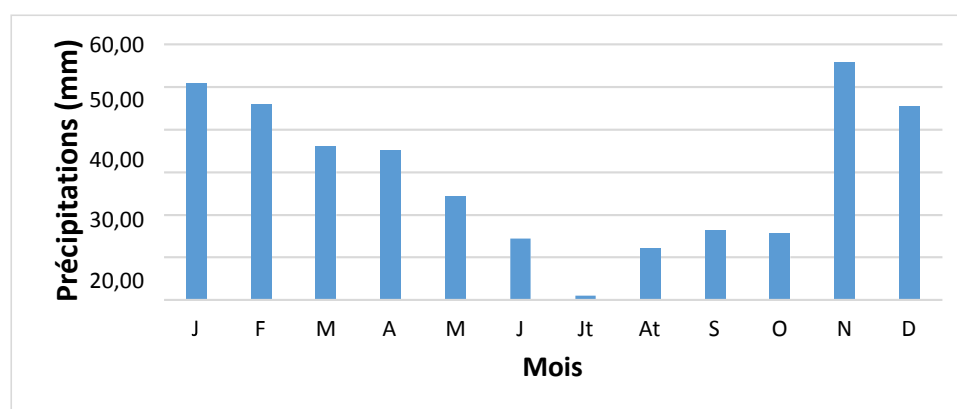


Figure 17 : Valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie pour la période 1986-2016 à la station de Zenata

❖ **Régime saisonnier**

Daget (1977) a défini la notion de régime saisonnier, il a calculé la somme des précipitations par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale : P : printemps ; H : hiver ; E : été ; A : automne (Tab.7).

Tableau 7 : Régime saisonnier des pluies à la station de Zenata

Période	Répartition saisonnière des pluies				Total pluviométrique	Régime saisonnier
	H	P	E	A		
1986-2016	142,34	95,59	27,50	87,71	353,15mm	HPAE

Notre station présente un régime HP AE, nous remarquons qu’il pleut en hiver, printemps et automne et une sécheresse estivale.

3.2. Températures

La température constitue un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation et tous les autres êtres vivants dont principalement les arthropodes.

Péguy (1970) a défini la température comme étant une qualité de l'atmosphère. Les températures moyennes annuelles et mensuelles réagissent directement en interaction avec les autres facteurs météorologiques : l'insolation, le déficit hygrométrique, les précipitations, le phénomène d'évapotranspiration etc....

Les températures moyennes mensuelles et interannuelles, calculées sur la période allant de 1986 à 2016 se présentent comme suit (Figure 18).

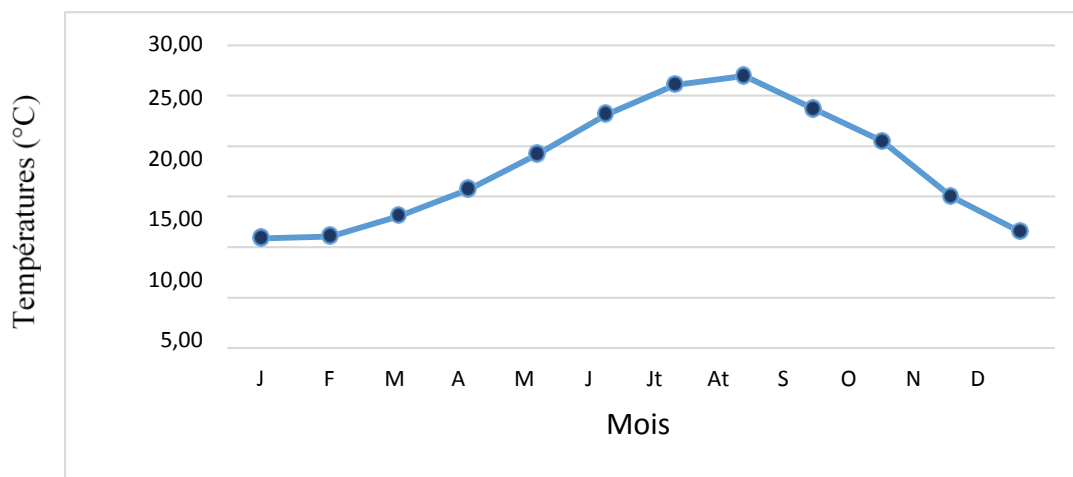


Figure 18 : Valeurs moyennes mensuelles de la température pour la période 1986-2016 à la station de Zenata

3.3. Synthèse bioclimatique

3.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Le type de climagramme le plus répandu est celui conçu par Bagnouls et Gausson (1953). La représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C, avec en abscisses les mois, permet d'obtenir le diagramme ombrothermique, amélioré et systématisé par Lieth et al., (1999) à l'échelle mondiale. Ce dernier permet une visualisation immédiate de la durée et de l'intensité de la saison sèche (NMS), à condition que les échelles prises en ordonnées soient de telle sorte que 1°C corresponde à 2 mm (Charre, 1997 ; Richard, 1997 ;

Guyot, 1999). Ce diagramme ombrothermique, qui montre la marge mensuelle des précipitations et des températures, permet aussi d'évaluer la longueur de la saison pluvieuse (Ozenda, 1997 ; Le Houérou, 2004 ; Bouma, 2005). La surface du polygone est utilisée comme «indice d'intensité de sécheresse» (Panini et Amandier, 2005). Ce diagramme climatique montre ainsi la durée de la période défavorable à la croissance des végétaux et présente une signification écologique précise (Labat, 1985).

L'analyse du diagramme permet de visualiser une période pluvieuse qui s'étend généralement d'octobre à fin avril et une période sèche qui s'étend sur 6 à 7 mois pour le reste de l'année. Toutefois, les mois de juin, juillet et août demeurent les mois les plus secs pour la région d'étude (Fig. 19)

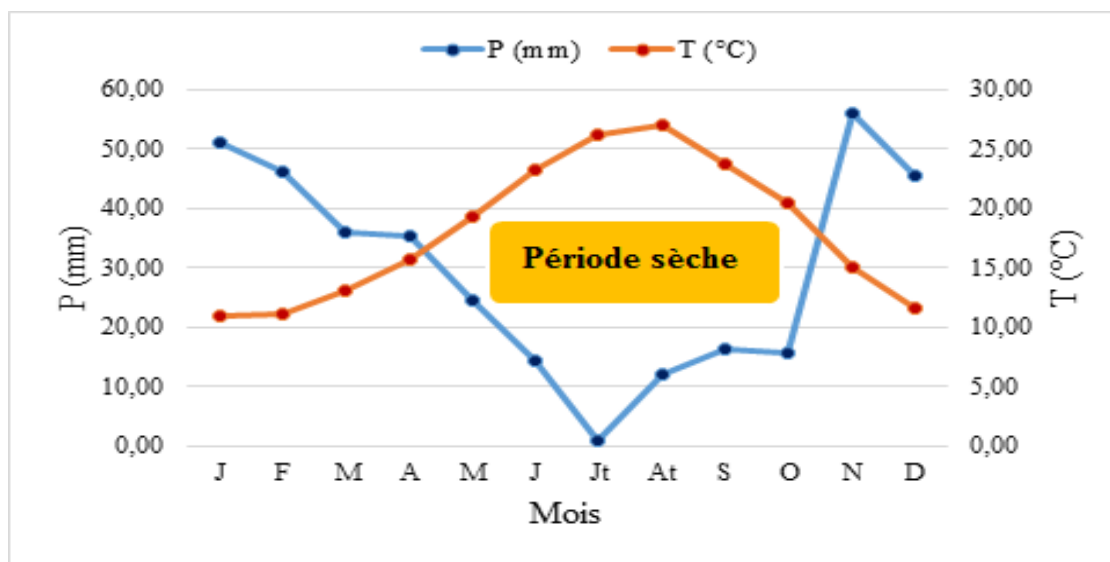


Figure 19 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) pour la période 1986-2016 de la station de Zenata

3.3.2. Indice d'aridité de De Martonne

L'indice de De Martonne permet d'étudier les rapports du climat avec la végétation et de positionner les stations météorologiques dans le climat précis, ceci grâce à un abaque préétabli.

De Martonne a essayé de définir l'aridité du climat par un indice qui associe les précipitations moyennes annuelles aux températures moyennes annuelles. Cet indice est d'autant plus grand lorsque le climat est plus humide. Ainsi, De Martonne (1926) a défini cet

indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprimé par la relation suivante :

$$I = P \text{ (mm)} / T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10.$$

Avec :

I : indice de De Martonne.

P : pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

T : température moyenne annuelle en ($^\circ\text{C}$).

De Martonne (1926) propose la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride.

$5 < I < 10$: climat désertique.

$10 < I < 20$: climat semi-aride.

$I > 20$: climat humide.

L'indice de De Martonne calculé a été de $12,69 \text{ mm}/^\circ\text{C}$, ce qui indique l'appartenance de la station météorologique de la région d'étude à un régime semi-aride à écoulement temporaire.

3.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Emberger en 1952, a établi un quotient pluviothermique «Q2», spécifique au climat méditerranéen. Il est plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord et en France méditerranéenne.

À partir du Q2, Emberger (1930) a classé la région méditerranéenne en cinq étages bioclimatiques (Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide). Ce quotient nous permet de situer et voir schématiquement l'évolution du climat au niveau de nos stations météorologiques (stations d'étude et stations de référence) en fonction des étages de végétation et permet aussi d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes sur le climagramme pluviothermique d'Emberger. Les valeurs du Q2 étant d'autant plus basses quand le climat est plus sec (Fig.20). Le quotient (Q2) a été formulé de la façon suivante :

$$Q2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°).

m : Moyenne des minima du mois le plus froid (K°).

$$1\text{K} = T^\circ\text{C} + 273$$

En utilisant les deux valeurs « Q2 » et « m », en se référant au climagramme d'Emberger qui définit l'étage bioclimatique.

Les données pour la période 1986-2016 sont :

$$P = 353.15 \text{ (mm)}$$

$$M = 33.41 + 273 = 306.41 \text{ M}^2 = 93888.86 \text{ (}^\circ\text{K)} \quad m = 5.69 + 273 = 278.69 \text{ m}^2 = 77670.09 \text{ (}^\circ\text{K)} \text{ M}^2 - \text{m}^2 = 16218.77 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

$$Q2 = 43,54$$

Après avoir calculé le quotient d'Emberger, on en a déduit que notre région d'étude correspond à un bioclimat semi-aride inférieur à hiver tempéré (Fig. 20).

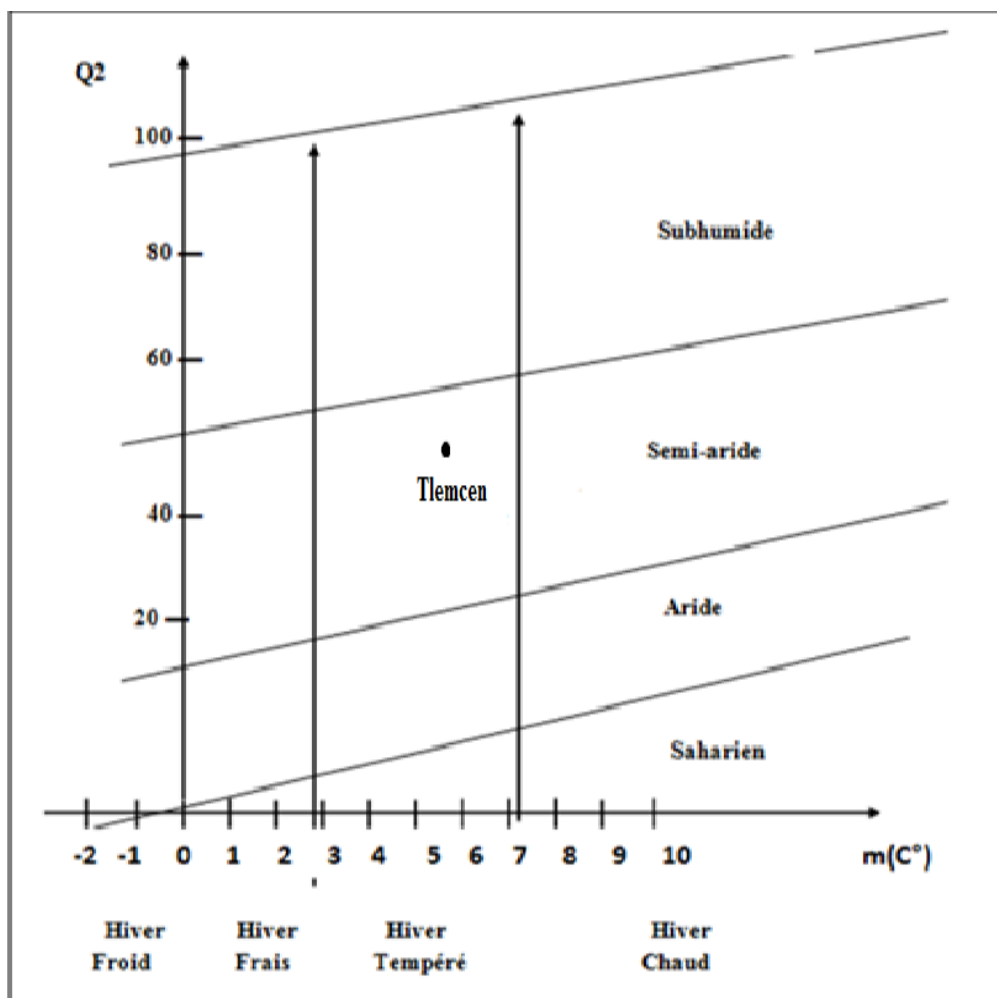


Figure 20 : Climagramme d'Emberger pour la station météorologique de Zenata (1986-2016)

4. Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt

Une partie de cette étude a été réalisée dans la wilaya de Tissemsilt, située au centre ouest de l’Algérie du nord. La région de Tissemsilt qui s’étend sur 3 151.37 Km², se trouve dans les hautes plaines telliennes oranaises. Elle constitue une enclave de contact entre le Tell méditerranéen et les plaines continentales orano-algéroises (Fig. 21), elle est limitée au nord par Chlef et Ain Defla et au sud par Tiaret, à l’est par Médéa et à l’ouest par Relizane.

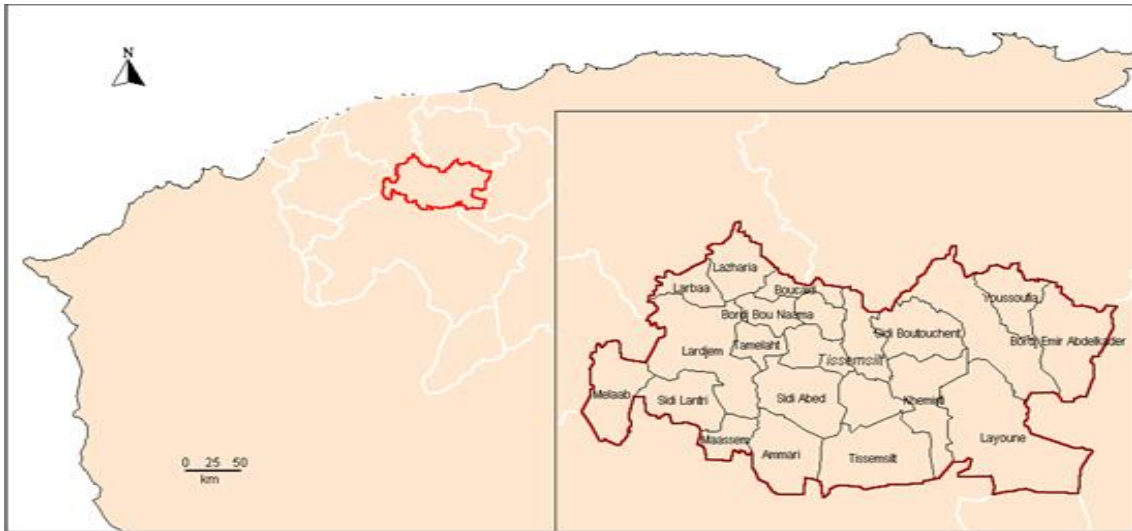


Figure 21 : Situation générale de la wilaya de Tissemsilt (DRE, 2008)

5. Méthodologie

5.1. Choix des données et des stations météorologiques

Pour identifier le climat de la zone d'étude, nous nous sommes référés aux données climatiques fournies par la station météorologiques de la commune de Ain Bouchekif de la wilaya de Tiaret. Les coordonnées géographiques de la station sont présentées dans le (Tableau 8).

Tableau 8 : stations météorologiques étudiées (ancienne et nouvelle période).

Station	Coordonnées			Période d'observation	Paramètres disponibles
	Longitude	Latitude	Altitude		
Station Ain Bouchekif (Tiaret)	01°30'E	35°21'N	964m	1984-2018	P-T-M-m

6. Facteurs climatiques**6.1. Pluviosité**

La pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal. L'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité. En effet, la quantité de pluie diminue du nord au sud, de l'est à l'ouest et devient importante au niveau des montagnes (Chaâbane, 1993).

Nous avons évalué les relevés annuels pluviométriques de 1984 à 2018 afin de cerner les variations interannuelles. Cette approche a été complétée par une analyse des régimes saisonniers des diagrammes ombrothermiques et du climagramme d'Emberger (Q_2).

6.1.1. Régimes pluviométriques

La connaissance de la moyenne annuelle de la pluie a un grand intérêt, mais pour compléter les études de la distribution de la pluie, il faut y ajouter celle du régime pluviométrique, donc la manière dont cette quantité totale de pluie se répartit entre les différentes saisons (Angot, 1916).

Le rythme des précipitations est important puisque l'existence d'une période de sécheresse estivale est le facteur écologique majeur, permettant d'expliquer les caractères particuliers des forêts méditerranéennes et la mise en place d'un nombre très élevé de types forestiers (Quézel et Medail, 2003a).

a. Régimes annuels

La moyenne pluviométrique annuelle calculée au cours de cette période (1984 à 2018) est de 350 mm, les valeurs de la pluviométrie pendant ces années ont oscillé entre un minimum de 162,6mm enregistré en 1999 et un maximum de 662mm en 2013 (Fig. 22). Les années les plus arrosées sont : 1997, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2010, 2013, et 2018 où la pluviométrie a dépassé les 400 mm. Les années les plus sèches sont 1985 et 1999 où la pluviométrie n'a pas dépassé 170 mm.

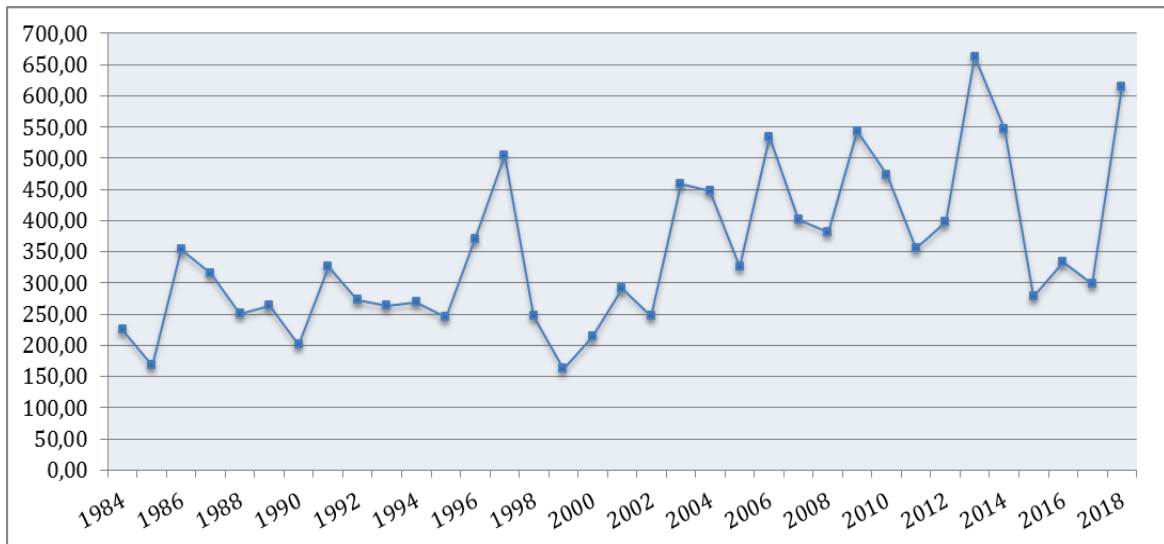


Fig. 22: Evolution des précipitations annuelles (1984-2018)

Nous constatons que la dernière décennie (2004-2018) a été plus pluvieuse que les antécédents en termes de moyennes des cumuls pluviométriques.

b. Régimes mensuels

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées pour tous les mois de l'année. Le régime de la précipitation mensuelle (Fig. 23) montre :

- Le mois de novembre a été le plus pluvieux.
- Juillet a été le mois le plus sec.

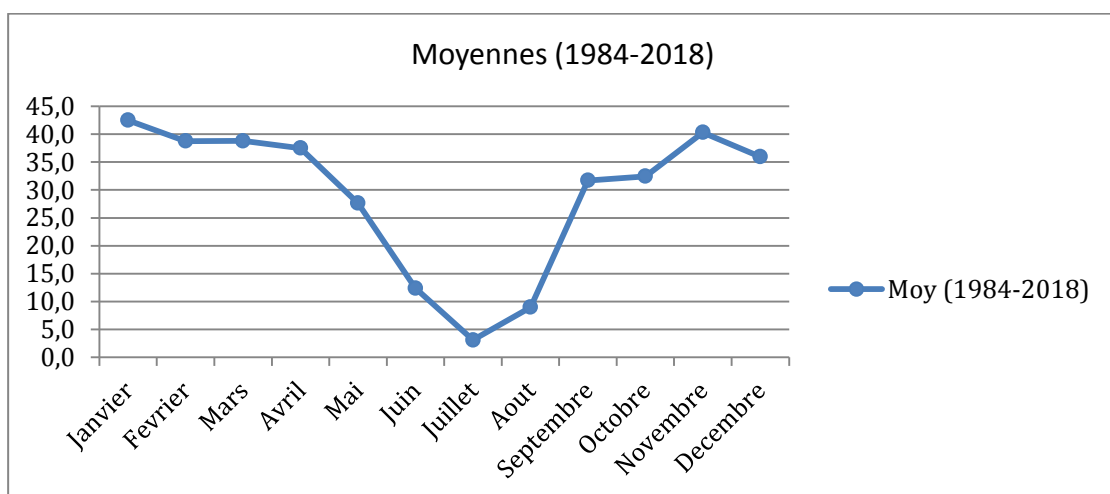


Figure 23 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018)

Nous remarquons que la période sèche de la période 1984-2018 coïncide avec la saison estivale et se concentre toujours autour des mois de juillet et août.

6.2. Températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les êtres vivants, le facteur climatique a été défini par Peguy (1970) comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. L'une de nos préoccupations est de montrer l'importance des fluctuations thermiques dans l'installation et l'adaptation des espèces dans la région.

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes :

- Température moyenne mensuelle « **T** ».
- Température maximale « **M** ».
- Température minimale « **m** ».

a. Températures moyennes mensuelles

Les moyennes mensuelles ou trimestrielles sont fréquemment utilisées par les climatologues et fournissent des résultats plus significatifs (Quézel et Médail, 2003-b).

Les moyennes mensuelles des températures confirment que janvier est le mois le plus froid pour la période étudiée (5,8° C en moyenne). Les températures moyennes les plus élevées se situent au mois de juillet avec une moyenne 26,7°C (Fig. 24).

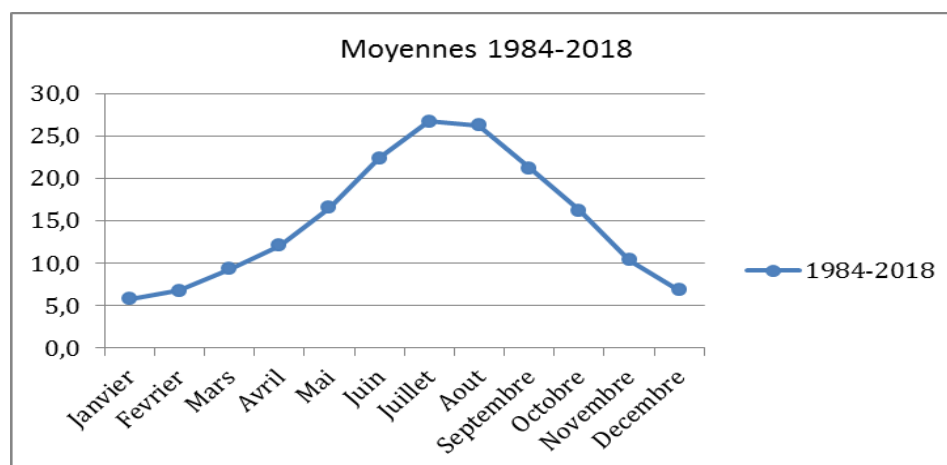


Fig. 24 : Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018)

b. Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud « M »

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » représente aussi un facteur limitant pour certaines espèces. Pour notre station ces températures sont assez élevées durant la saison sèche ; 35,03°C au mois de juillet.

c. Températures moyennes des minima du mois le plus froid « m »

Dans la classification du climat, Emberger utilise la moyenne des minima du mois le plus froid « m » qui exprime le degré et la durée de la période critique des gelées. L'examen des températures nous a permis de signaler que le mois le plus rigoureux est celui de janvier. La moyenne des températures minimales de 1,06°C.

7. Synthèse bioclimatique

La synthèse climatique est une étape indispensable pour tout projet relatif à l'environnement. Les phénomènes climatiques concernés sont la température et la pluviosité. L'estimation de ces paramètres permet d'aboutir à une interprétation efficace des indices, d'où l'intérêt de ces derniers dans la détermination du type de climat.

Avant de procéder aux calculs des indices, nous avons fait appel à d'autres classifications climatiques.

7.1. Indice d'aridité de Martonne

Les résultats des calculs de l'indice de De Martonne de la station de la zone d'étude oscillent entre 10 et 20 appartenant au niveau du semi-aride à drainage temporaire durant la période (1984/2018) (Tab.9).

Tableau 9 : Indice d'aridité de Martonne

Périodes	T (°C)	P	I	Type de climat
1984/2018	15	350	14	climat semi-aride.

7.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien

Selon le diagramme ombrothermique (Fig. 25), la période sèche s'étale sur 5 mois de la mi-mai jusqu'à la mi-octobre et la période humide du mois d'octobre jusqu'à avril. Les mois de juin, juillet et août demeurent les mois les plus secs .

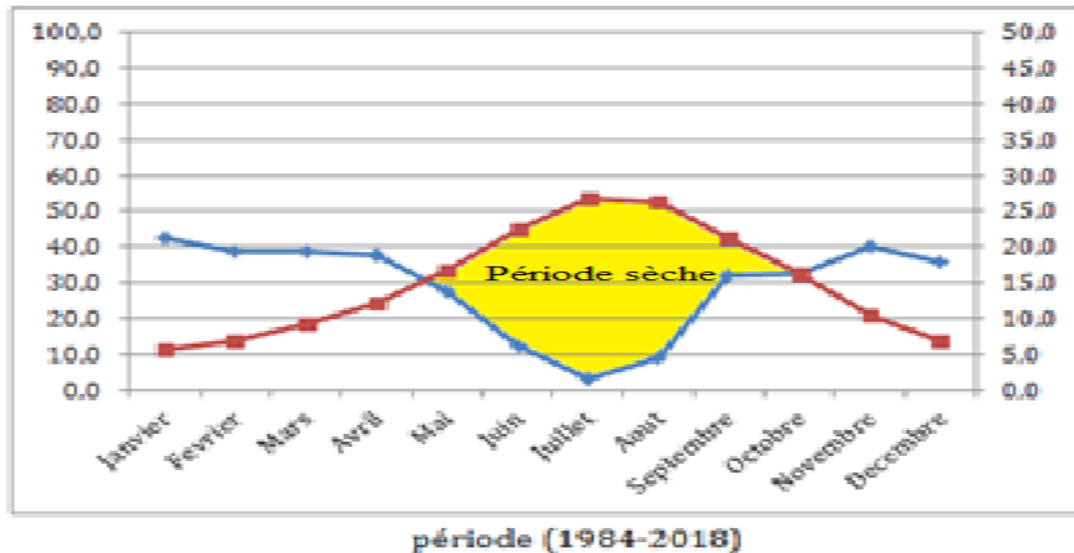


Figure 25: Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018)

7.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Nous avons calculé Q2 selon les méthodes d'Emberger (1955) et Stewart (1969) ; nous avons obtenus les résultats suivants (Tab.10) :

Tableau 10 : Quotient pluviothermique d'Emberger

Période	P	M	m	Q2
1984-2018	350	35,03	1,06	35,4

Sur le climagramme d'Emberger (Fig. 26), le Q2 de la région de Tissemsilt pour la période (1984-2018) est de 35,4. A cet effet, nous remarquons que l'étage bioclimatique de la région de Tissemsilt a subi une variation de l'étage bioclimatique du sub-humide moyen à hiver frais au semi-aride inferieur à hiver frais au cours de la période 1984-2018.

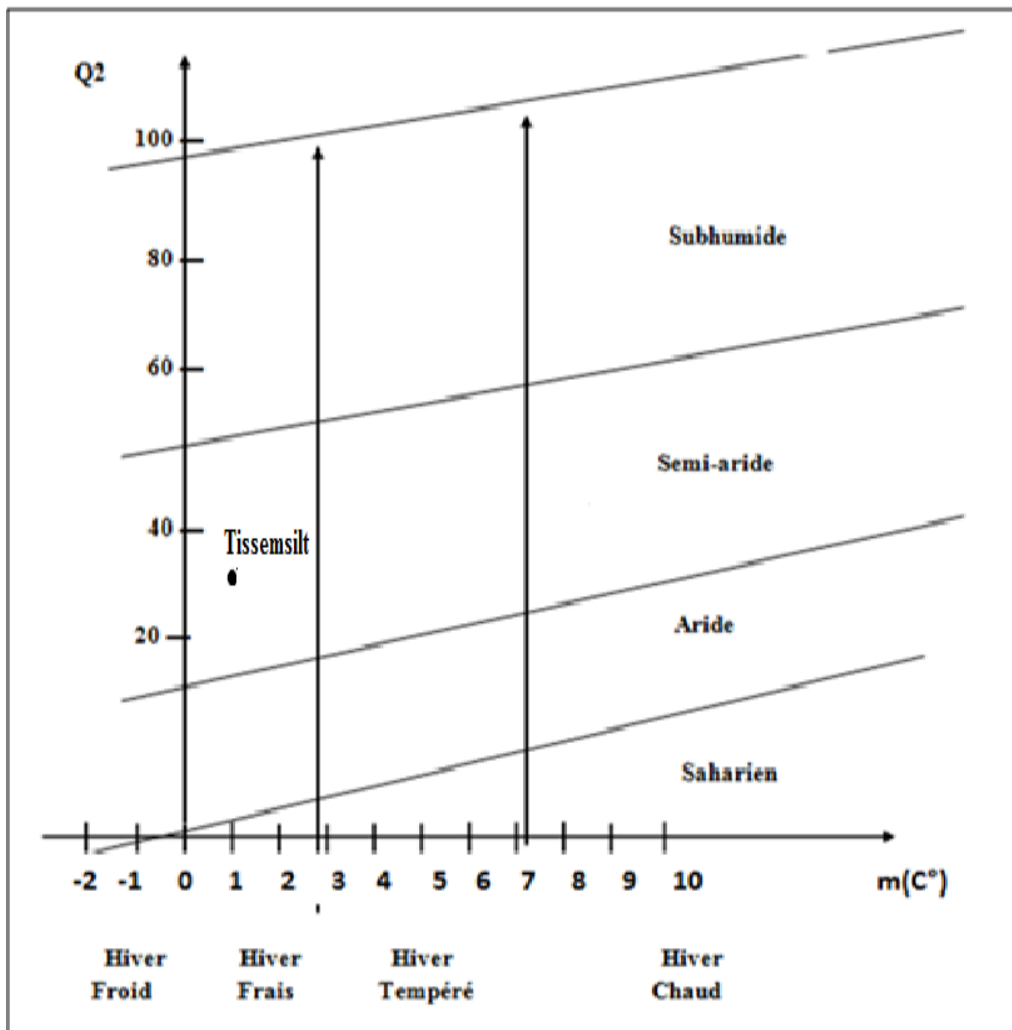


Figure 26: Climagramme pluviothermique d’Emberger (Q2) de la période (1984-2018)
Station de Ain Bouchekif (Tiaret).

PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE

1. Etude de la diatomite

Dans notre travail, nous nous intéressons à un matériau local appelé la diatomite, qui est plutôt abondant en Algérie. La diatomite est aussi appelée kieselguhr, c'est une roche sédimentaire siliceuse, poreuse et friable formée entièrement ou presque de "squelettes" de diatomées.

Les terres de diatomées ont été prélevées de la zone de Bider (Tlemcen en Algérie). La composition de ce matériau a été déterminée par Kheroua (2008) qui a montré qu'il contient SiO_2 à 55.47 %, Al_2O_3 à 6,17 % , CaO à 13.34% , K_2O à 0.87% , MgO à 2.3 % , Fe_2O_3 à 3.29 % , PF à 15,73 % , Na_2O à 0,82 % , SO_3 à 0,18 % et TiO_2 à 0,45 % .

1.1. Caractérisation physico-chimique et minéralogique de la diatomite

Afin de connaître la structure et les caractéristiques physico-chimiques et minéralogiques de la diatomite, des analyses ont été réalisées au niveau de l'Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage de Ksar Chellala-Tiaret, pour mesurer le pH de la diatomite, sa conductivité électrique, son taux de matière organique, le pourcentage du calcaire total et actif et le phosphore assimilable dans la diatomite. Les analyses minéralogiques ont été effectuées par DRX pour connaître la composition minéralogique de la diatomite.

1.2. Diffraction des rayons X (DRX)

La diffraction des rayons X est une technique de base pour l'étude et l'identification des matériaux. L'analyse par diffraction des rayons X permet d'identifier la composition minéralogique des différentes phases minéralogiques contenues dans la diatomite.

L'appareil utilisé lors de cette étude est un diffractomètre MiniFlex 600, 40 kV, 15 mA, Scan speed / Duration time 5.0000 deg/min, Stepwidth 0.0200 deg, Scan range 79.99 deg.

❖ Principe

En 1912, W.L. Bragg a établi une formule extrêmement simple exprimant les conditions de diffraction des rayons X sur laquelle repose toute la radiocristallographie. Cette formule est connue sous le nom de « Loi de Bragg » et a la forme suivante :

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda$$

Où d_{hkl} : est la distance inter réticulaire.

λ : Longueur d'onde des rayons X

θ : représente l'angle de diffraction inter réticulaire

À partir de la position des pics de diffraction, la loi de Bragg permet de déduire les distances inter réticulaires et donc, de déterminer la structure cristallographique du matériau. La forme des pics de diffraction peut être reliée à la microstructure cristalline. La connaissance des positions des pics de diffraction et les intensités des faisceaux diffractés permettent l'identification des phases présentes, la mesure des contraintes résiduelles, le paramètre de maille et la taille des grains (Abbas, 2015).

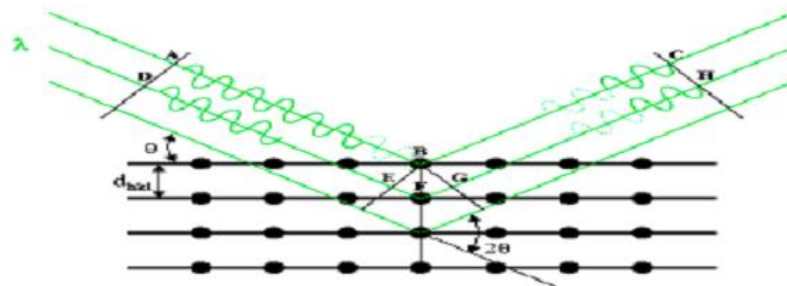


Figure 27 : Principe de la DRX (Abbas, 2015)

2. Etude entomologique

L'objectif de cette étude est de tester l'effet insecticide de la diatomite sur deux ravageurs très redoutés en agriculture, la Mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* et les agriotes *Agriotes lineatus* ou « vers fil de fer »

2.1. Activité insecticide de la diatomite contre *Ceratitis capitata*

Nous avons choisi d'étudier le ravageur *Ceratitis capitata* en raison des dégâts importants qu'il provoque aux cultures fruitières, particulièrement dans la Wilaya de Tlemcen, les agrumes ont été choisis comme modèle biologique à cette étude.

Les principaux caractères étudiés sont les taux d'infestation des agrumes par *Ceratitis capitata* estimés à partir des trous de ponte et des fruits chutés.

2.1.1. Echantillonnage

Un plan d'échantillonnage adéquat dans le temps, notamment en ce qui concerne les échelles temporelles d'observation et les impératifs du traitement des données, est à prévoir en fonction du problème écologique que l'on veut résoudre. La nécessité de contrôler des surfaces importantes conduit à l'échantillonnage systématique qui est une technique qui consiste à tirer au hasard une unité $i^{\text{ème}}$ parmi les K premières d'une population à N unités numérotées de 1 à N puis on prend de ce premier élément chacune des $K^{\text{ièmes}}$ suivantes. Selon Debouzie *et al.* (1987) ; Gaouar et Debouzie (1995) ; et Gaouar (1996), l'échantillonnage systématique est plus apte à détecter les structures spatiales et temporelles des attaques des ravageurs.

Dans notre verger rangé en lignes et en colonnes, nous avons procédé à l'échantillonnage systématique à deux dimensions où les unités (arbres) sont réparties régulièrement sur une grille rectangulaire virtuelle (échantillons alignés) pour lesquelles non seulement l'abscisse et l'ordonnée du premier point sont tirés au hasard, mais aussi le décalage horizontal et vertical des deux points voisins.

Dans notre verger qui contient une centaine d'arbres appartenant à la variété Washington navel, nous avons choisi une grille rectangulaire de neuf arbres, dont 3 arbres sur l'axe des abscisses et 3 sur l'axe des ordonnées. A chaque date, on tire au hasard le premier arbre. Les prélèvements seront effectués de façon à ce qu'il y ait un décalage d'un arbre en abscisse et d'un arbre en ordonnée.

Six prélèvements par an ont été effectués au niveau des deux stations d'étude, durant deux années successives 2016 et 2017, du mois de novembre au mois de janvier, date de récolte des fruits, à raison d'un prélèvement par semaine à dix jours. Pour chaque sortie, seize à vingt-cinq arbres ont été inspectés.

Les prélèvements ont été effectués selon un échantillonnage systématique de façon à pouvoir évaluer l'incidence de certains facteurs sur les taux d'infestation de Citrus à savoir :

- La date de l'observation ;
- l'orientation des fruits dans les arbres ;
- l'arbre échantillonné.

Au niveau de chaque arbre, les fruits sont observés à hauteur de portée, de 1 à 2,5 mètres. Les piqûres sont comptabilisées pour les quatre orientations (nord, sud, est et ouest).

Cet examen est pratiqué sur trois fruits infestés, non chutés, par orientation, pour chacun des arbres ; un total de douze fruits non chutés par arbre est échantillonné. Ceux trouvés par terre ont été aussi comptabilisés. Des fruits chutés sont mis dans des sachets et transportés au laboratoire pour être mis en élevage.

2.1.2. Bio-essais de l'activité insecticide

Pour étudier l'activité insecticide de la diatomite contre les différents stades de développement de *Ceratitis capitata*, nous avons effectué nos essais au Laboratoire de la Mouche Stérile au Centre National des Sciences et Technologies Nucléaires de Sidi Thabet, Tunisie.

➤ Pour les adultes

Les insectes ont été exposés à la terre de diatomée à différentes concentrations 0.0 mg ; 0.1mg ; 0.2mg ; 0.3mg ; 0.4mg ; 0.5mg ; 0.6mg ; 0.7mg ; 0.8mg ; 0.9mg ; et 1mg/cm² sur du papier filtre dans des boîtes de plastique (Fig. 28).

Toutes les mouches expérimentales ont été mises en laboratoire à 24° ± 2 ° C, nous avons contrôlé leur taux de mortalité toutes les 12h jusqu'à 96h d'exposition.

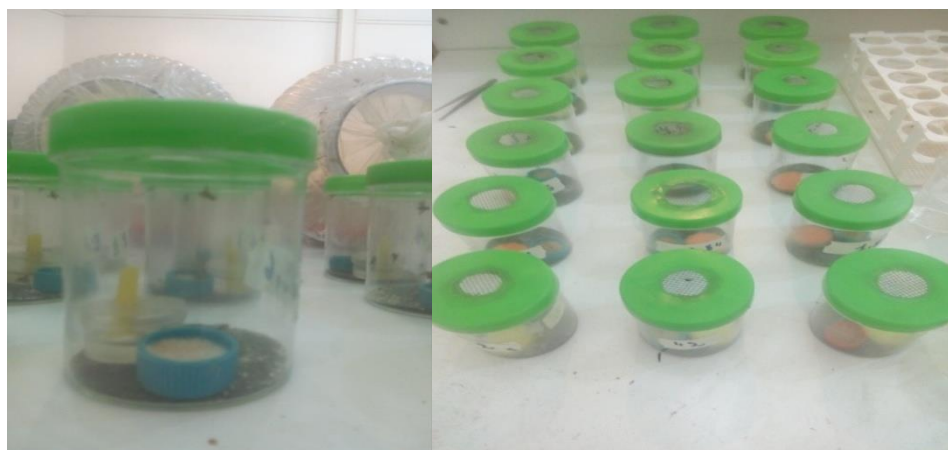


Figure 28 : Bio-essais contre les adultes de la cératite

➤ Pour les larves et pupes

Les pupes et larves ont été exposées à différentes concentrations de la diatomite mélangée avec de la sciure de bois 100 mg ; 110mg ; 120mg ; 130mg ; 140mg ; 160mg ; 170mg ; 180mg ; 190mg et 200/cm³ et 240mg/cm³ sur du papier filtre dans des boîtes en

plastique (Fig. 29). Nous avons contrôlé leur taux de mortalité toutes les 12h jusqu'à 96h d'exposition.

Nous avons utilisé des quantités plus importantes de diatomite contre les larves et les pupes de la cératite puisque nous l'avons mélangée avec de la sciure de bois pour créer des conditions optimales à leurs développements.

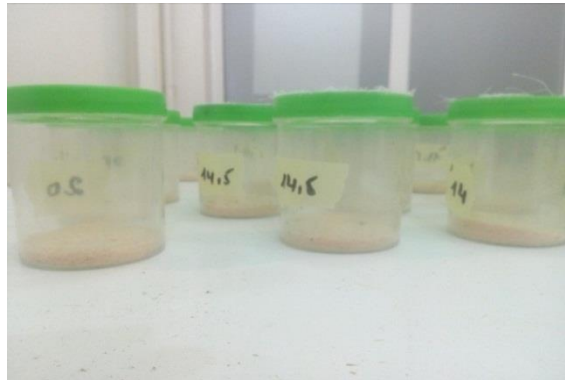


Figure 29 : Bio-essais contre les larves et pupes de *C. capitata*

2.2. Activité insecticide de la diatomite contre les agriotes

2.2.1 Collecte des insectes et bio-essais dans le laboratoire

Les ravageurs *Agriotes lineatus* ou « vers fil de fer » peuvent causer des pertes en rendements (chez les céréales, le maïs, les légumes, les petits fruits et les plantes ornementales) et des pertes de qualité (chez la carotte, la fraise et la pomme de terre). Nous avons choisi comme modèle biologique à cette étude la pomme de terre, dans la wilaya de Tissemsilt, puisque c'est la région dans laquelle nous les avons trouvées en grande quantité.

Les larves des agriotes, vers fil de fer (Coleoptera, Elateridae) ont été collectées, suivant un échantillonnage aléatoire, au niveau d'un verger de pomme de terre. Peu de temps après, ces agriotes ont été transportées dans des boîtes en plastique contenant du sol et des tubercules de pomme de terre, au laboratoire.

2.2.2. Tests insecticides

Les insectes ont été exposés à la terre de diatomées à différentes concentrations : 0.0 mg ; 0.1mg ; 0.2mg ; 0.4mg ; 0.6mg ; 0.8mg et 1mg/cm² sur du papier filtre dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, contenant des morceaux de pomme de terre pour assurer la nourriture des larves (Fig.30).

Toutes les agriotes expérimentales ont été mises en laboratoire à $24^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, nous avons contrôlé leur taux de mortalité toutes les 12h jusqu'à 96h d'exposition.

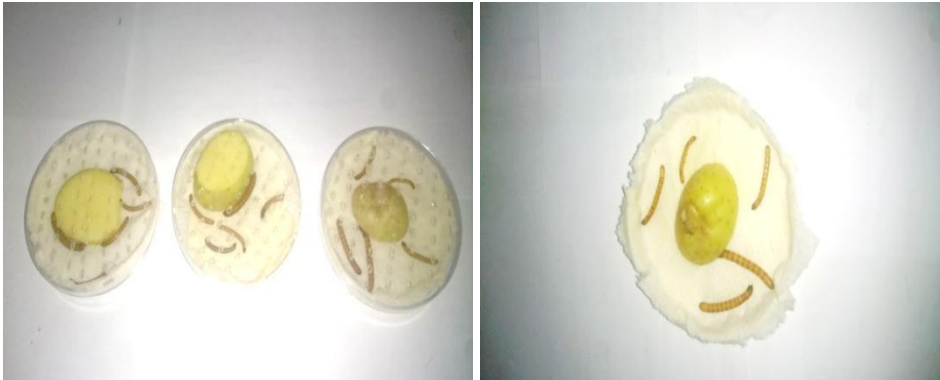


Figure 30 : Bio-essais contre les agriotes

3. Etude mycologique

3.1. Culture in vitro

Pour déterminer l'activité antifongique de la diatomite sur les souches phytopathogènes que nous avons isolé (*Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Aspergillus niger* et *Sclerptium rolfsii*), nous avons mélangé la diatomite avec le milieu de culture (PDA) à différentes concentrations : 0.1 mg, 0,5 mg, 1mg, 5 mg, 10 mg/cm², que nous avons mis dans des boîtes de Pétri, puis nous y avons exposé les champignons (fig. 31).

L'incubation s'est faite à l'étuve à 37°C pendant 3 à 4 jours.

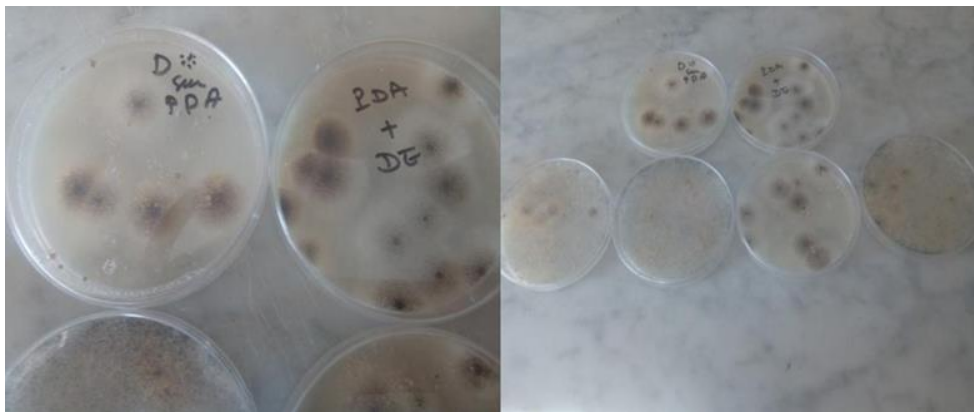


Figure 31 : Activité antifongique de la diatomite (in vitro)

3.2. Culture in vivo

Nous avons testé l'activité de la diatomite sur des tubercules de pomme de terre, nous les avons placés dans 3 boîtes de plastique (Fig. 32) :

- La première boîte contenait des tubercules inoculés par des champignons et non traités par la diatomite ;
- La deuxième boîte contenait des tubercules inoculés et traités par la diatomite ;
- La troisième boîte contenait des tubercules non inoculés et non traités comme témoins.



Figure 32 : Activité antifongique de la diatomite (in vivo)

4. Activités antibactériennes de la diatomite

Afin d'étudier l'impact de la diatomite sur les bactéries, nous avons effectué des tests sur trois souches isolées (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*). Nous avons mélangé la diatomite avec le milieu de culture (gélose nutritive) puis nous avons exposé les bactéries directement à la diatomite (Fig. 33).

L'incubation s'est faite à l'étuve à 37°C pendant 24 à 48 heures.

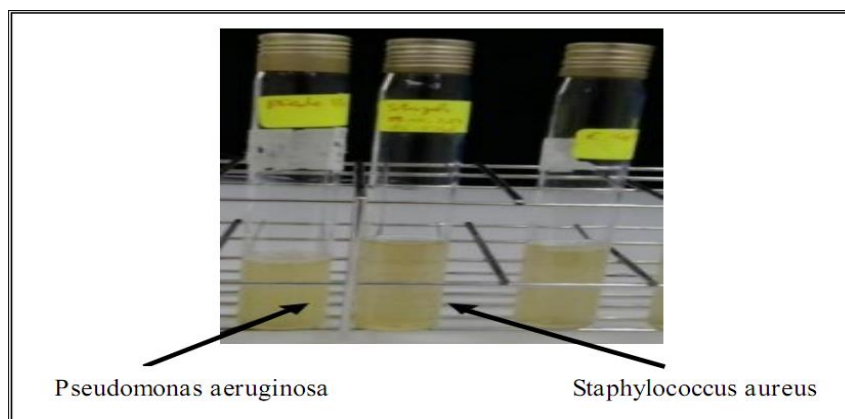


Figure 33: Activités bactéricides de la diatomite

5. Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats

Une expérience biologique est une action, au moins partiellement contrôlée, sur tout ou une partie d'un matériel vivant, dont le résultat, décrit en terme quantitatif ou numérique, fait l'objet d'une interprétation (Lellouche et Lazar, 1974).

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse de la variance (ANOVA) (analyse of variance), test de Tukey Kramer (HSD) et les concentrations létales (CL 90 et 50).

La mortalité a été calculée en regroupant le nombre des individus morts et vivants à chaque réplication (Dagnélie, 1975).

La mortalité des témoins était nulle et aucune correction n'était nécessaire.

L'analyse des mesures répétées a été réalisée par population, avec un traitement de terres de diatomée comme effet principal et la mortalité des adultes comme variable de réponse.

Les résultats obtenus ont été soumis au test de l'analyse de variance (ANOVA à 1 critère de classification). Lorsque cette analyse a révélé des différences significatives, elle a été complétée par le test de Tukey Kramer (HSD) au seuil $\alpha = 0,05$ (Sokal et Rohlf, 1995).

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations de terres de diatomée qui ont déterminé les mortalités de 50% et 90% pour la population des Agriotes. Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 9.0 de SAS.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à un matériau local appelé la diatomite, plutôt abondante en Algérie. Les propriétés intéressantes des diatomites sont liées à leur structure physique qui forme un agrégat de fines particules perforées suivant un motif régulier de petits pores plus moins régulière, en forme de ruche d'abeilles (Figure 34 A).

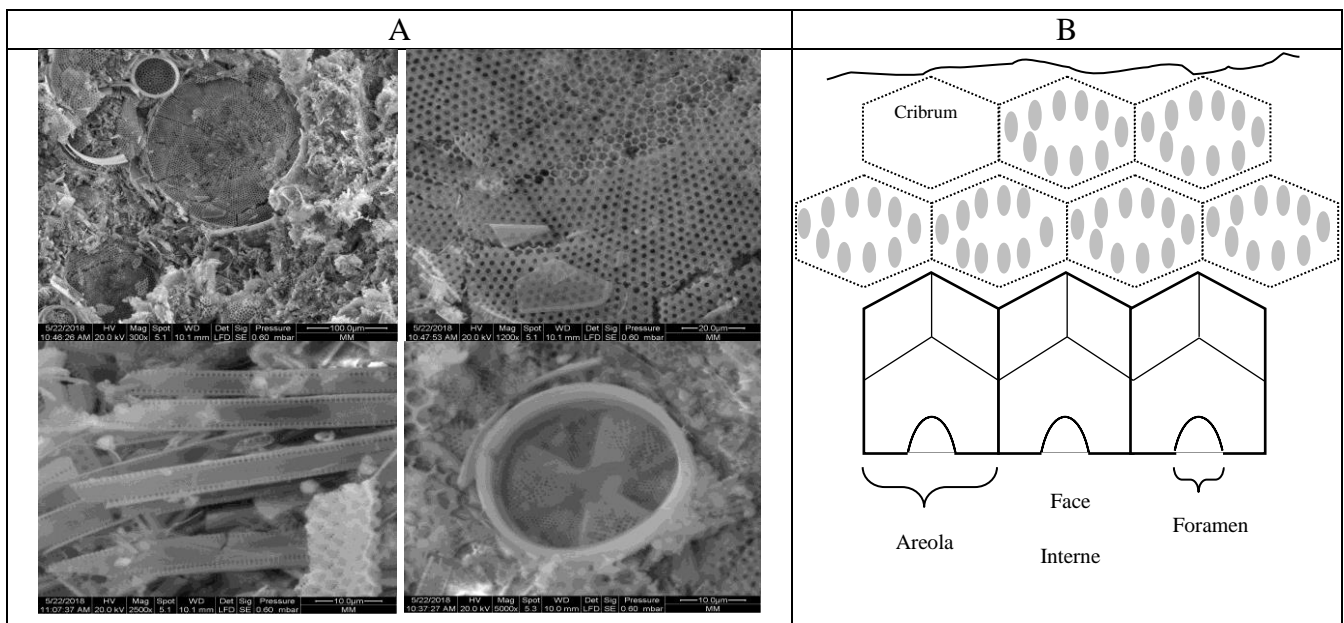


Figure 34 : structure microscopique de la diatomite

La photo précédente (34B) montre un diagramme de l'architecture tridimensionnelle d'une valve. Les chambres de la structure en nid d'abeilles sont appelées aréoles. La couverture de chaque aréole constitue le cribrum (ou cribrum) qui présente, sur sa face interne un agencement régulier de pores de grande taille (les foramens) tandis que sur sa face externe les structures siliceuses fines de chaque cribrum sont appelées des cribelles (ou cribella) (Sumper, 2002).

1. Analyse minéralogique par diffraction des rayons X (DRX)

L'analyse minéralogique réalisée par DRX a donné les résultats présentés sur la figure 35.

La DRX a montré que les terres de diatomées qui ont été prélevées de la zone de Bider (Tlemcen-Algérie) ont une formulation d'origine d'eau douce contenant le coesite HP, silicon dioxide (SiO₂) à 77 %, Magnesium Oxide (MgO) à 4.5 %, Potassium Oxide (K₂O) à 1.0 %, Calcium Oxide (CaO) à 6.8 %, sulfur (VI) oxide (SO₃) à 0.6 %, phosphorus (V) oxide (P₂O₅) à 1.0 %, iron(III) oxide, hematite HP (Fe₂O₃) à 4.1 %, Vanadium Phosphide (PV) à 0.4 %, Phosphorus Sulfide (P₄S₇) à 1.0 %, Titanium Oxide (TiO₂) à 0.2 %, Aluminum Oxide (Al₂O₃) à 2 %, Phosphorus (P) à 1,0 %, Sodium Oxide (Na₂O)à 0.4 %.

L'analyse DRX a aussi montré que notre échantillon diatomite contient 4 phases : la SiO₂ amorphe à 32.19 %, l'Ankérite sous forme de Ca (Fe⁺², Mg) (CO₃)₂ à 31.9 %, le Calcite CaCO₃ à 26.9 % et le Quartz SiO₂ à 9.0 %.

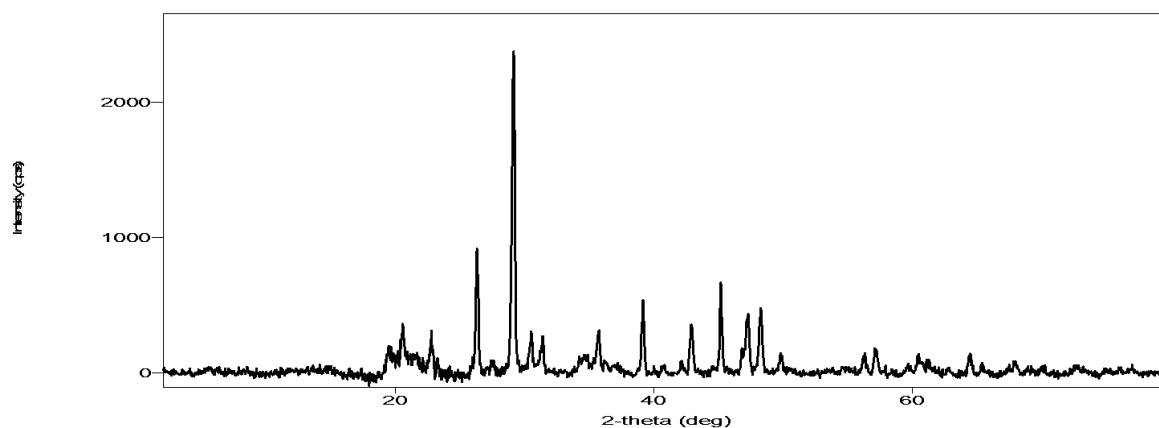


Figure 35: Raies de diffraction X obtenues sur notre échantillon de diatomite

Les analyses physico-chimiques de notre échantillon ont donné les résultats suivants (Tab.11) :

Tableau 11: analyses physico-chimiques d'un échantillon de la terre de diatomée

pH	Conductivité électrique $\mu\text{m/cm } 1/5$	Matière organique %	Calcaire %		Phosphore assimilable ppm
			total	Actif	
7,61	12360	0,17	18,75	4,75	245,78

Nous avons testé l'activité antifongique de cette terre de diatomée sur quatre espèces de champignons ; *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Aspergillus niger* et *Sclerptium rolfsii*, ainsi que son activité antibactérienne sur trois bactéries *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*.

Nous avons également étudié l'efficacité insecticide de la diatomite sur la Mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* et les agriotes (ver fil de fer).

2. Activités antibactérienne et antifongique de la diatomite

Nos expériences de l'activité antifongique et antibactérienne de la diatomite nous ont donné des résultats négatifs, nous avons observé le développement des champignons placés dans les boites de Pétri en présence de la diatomite à différentes concentrations et sous différentes formes (solide et en solution dans l'eau) (Figure 36), sans constater le moindre impact. Les mêmes observations ont été notées pour les bactéries, ce qui nous a permis de conclure que la diatomite n'a pas d'effet antimicrobien sur les champignons ainsi que sur les bactéries.



Figure 36 : Activités antibactérienne et antifongique de la diatomite

3. Activité insecticide de la diatomite sur les différents stades de la cératite

3.1. Etude entomologique

L'étude des attaques de *Ceratitis capitata* et de son comportement écologique est un préalable à toute proposition de lutte contre ce ravageur notoire des fruits en général et des agrumes en particulier. En effet, il est nécessaire de connaître la répartition spatio-temporelle des attaques d'un ravageur pour savoir à quelles périodes et au niveau de quels endroits cibler la lutte pour un résultat optimal.

Nous avons étudié les infestations des oranges par la Mouche Méditerranéenne *Ceratitis capitata* à partir des piqures ou trous de ponte et des fruits chutés.

L'estimation du taux d'infestation est faite en fonction de la date d'observation, de l'orientation des fruits et de l'arbre échantillonné, durant toute la période de notre travail.

Les taux d’infestation des fruits ont été estimés à partir des nombres des trous de ponte, comptabilisés sur trois fruits d’orange de chaque orientation (nord, sud, est et ouest) durant trois années successives 2017, 2018 (Figure 37).

3.1.1. Etude des infestations en fonction des trous de ponte

✓ **Effet de la date**

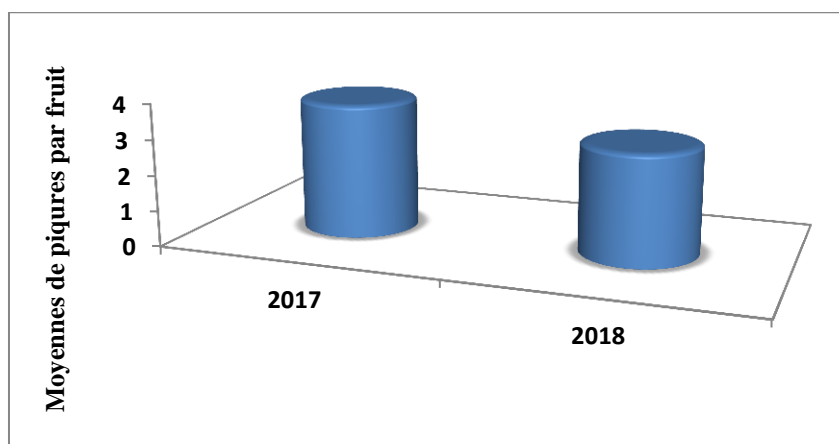


Figure 37 : Moyennes des trous de ponte par orange selon l’année

L’analyse de variance à un facteur ANOVA I a montré que les infestations variaient d’une manière hautement significative d’une année à une autre avec $P < 0.000$.

✓ **Effet de l’orientation**

Les taux d’infestation varient d’une orientation à autre (Fig.38) avec une moyenne de 3,52 piqûres par orange.

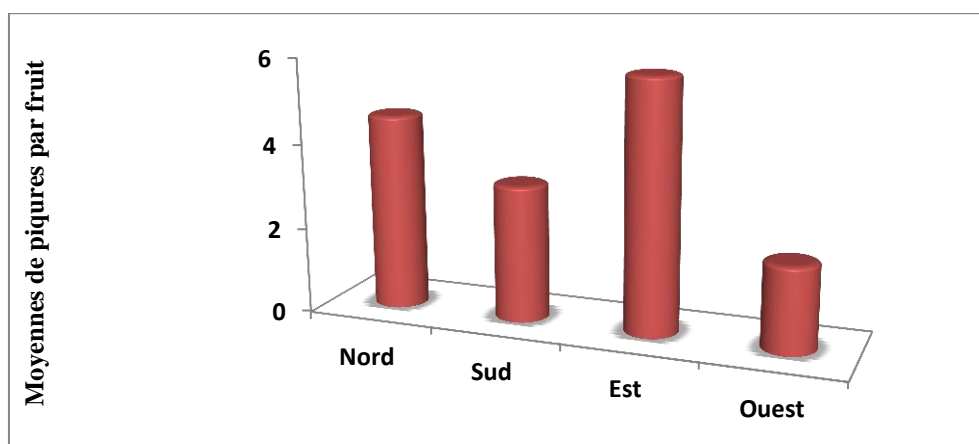


Figure 38 : Moyennes des trous de ponte par orange selon l’orientation

Les résultats obtenus montrent que l'orientation a présenté une différence significative, confirmée par les analyses de variance puisque les infestations estimées à partir du nombre de trous de ponte ont varié d'une manière significative selon les orientations avec $P=0,001$.

3.1.2. Etude des infestations en fonction des fruits chutés

Les taux d'infestation des fruits ont été estimés à partir du nombre de fruits chutés, durant deux années successives (2017, 2018).

✓ Effet de la date

Les fruits chutés varient d'une manière hautement significativement en fonction de la date d'observation pour $p = 0,000$ (Fig. 39).

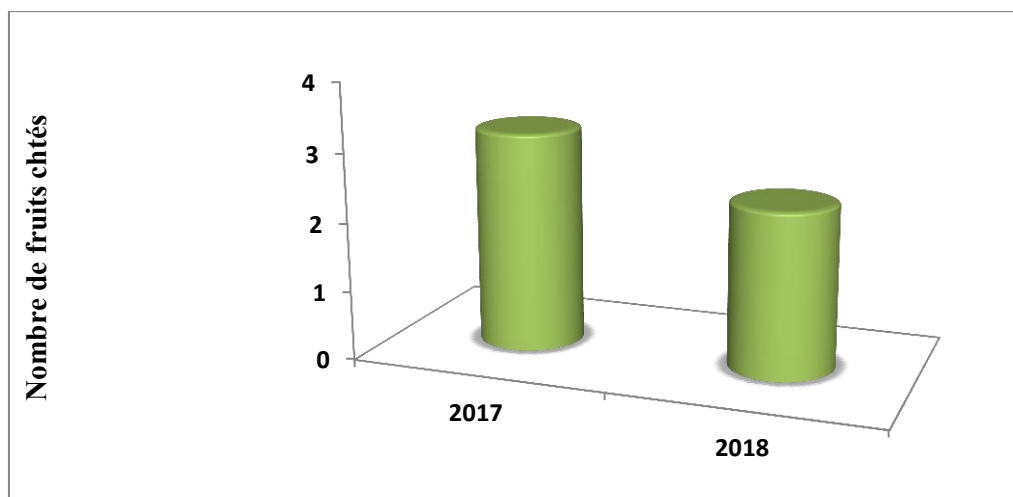


Figure 39 : Moyennes des fruits chutés selon l'année

✓ effet de l'arbre

Il existe une différence hautement significative des moyennes pour le facteur arbre (Fig.40), avec $F_{obs} = 9,93$ pour $P = 0,000$.

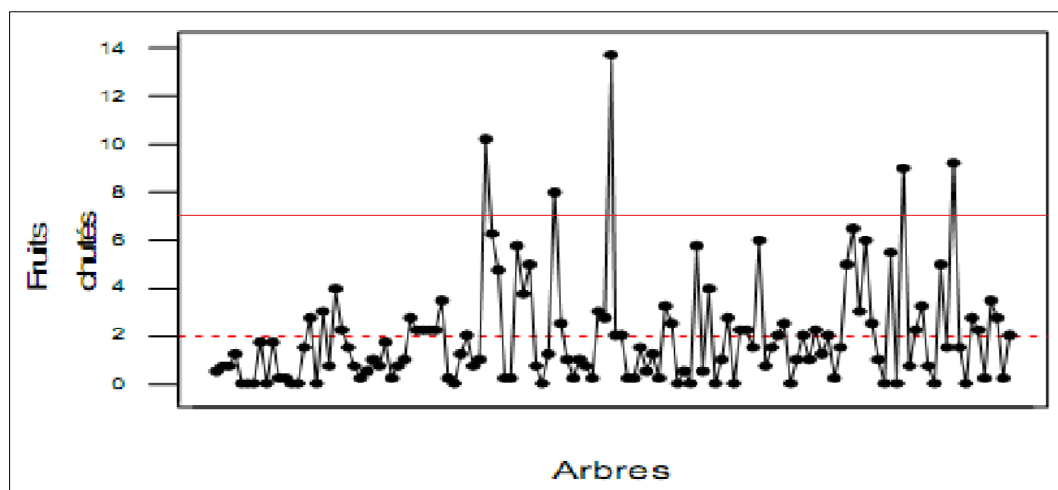


Figure 40 : Variation du nombre de fruits chutés

Les résultats obtenus montrent que l'arbre a une grande incidence sur l'infestation des fruits, cela est principalement dû à sa phénologie, aux facteurs intrinsèques tels que les substances volatiles qu'il dégage, ainsi qu'à sa position spatiale dans le verger. En effet, souvent les arbres situés aux bords du verger sont les plus attaqués, car ce sont les premiers qui interceptent les mouches provenant des vergers avoisinants.

3.1.3. Etude de la cinétique des infestations

Il existe une variation irrégulière du nombre de trous de ponte et des fruits chutés en fonction des dates d'échantillonnage.

La cinétique des infestations présente un premier pic important qui coïncide avec la troisième sortie (mi-décembre) (**Fig. 41**) qui correspond à l'apparition d'une nouvelle génération hivernale d'adultes qui ont infesté les fruits par leurs pontes des œufs.

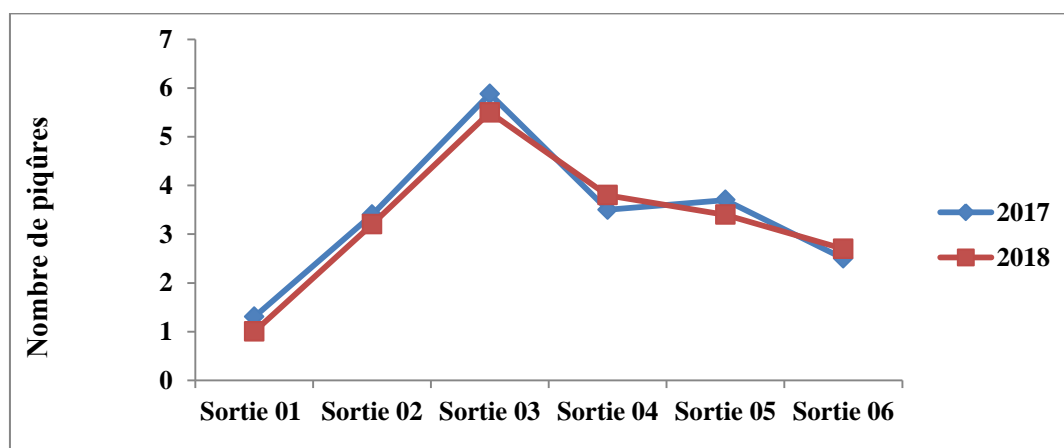


Figure 41 : Répartition temporelle (cinétique) du nombre de piqûres

Un pic est relevé pour les fruits chutés et qui coïncide avec la cinquième sortie (début de janvier) (Fig. 42), les fruits ont chuté chutent après l'éclosion des œufs à l'intérieur des fruits et apparition de nombreuses larves.

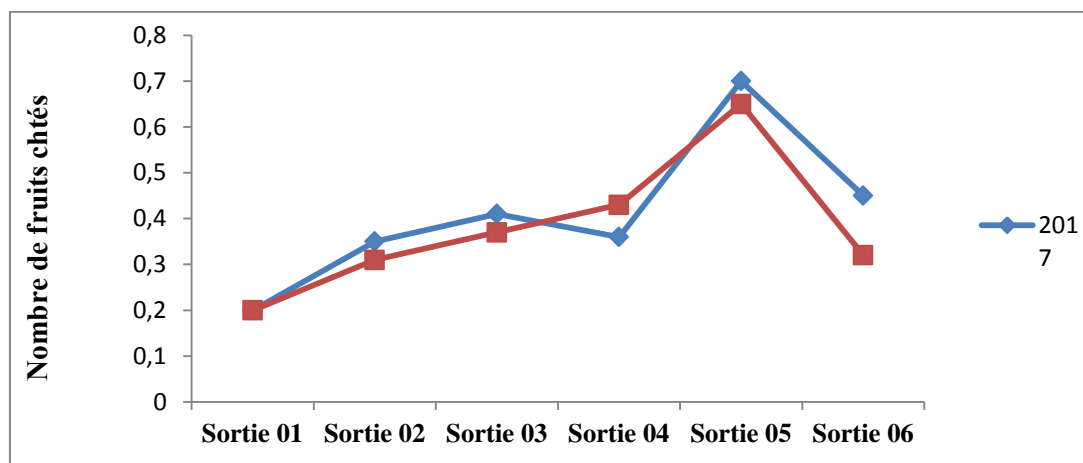


Figure 42 : Répartition temporelle (cinétique) des fruits chutés

3.2. Impact de la diatomite sur les larves de *Ceratitis capitata*

La mortalité de la population des larves de la cératite a été hautement significative en fonction des doses de diatomite auxquelles elles ont été soumises ($F=13,03$, $P< 0,000$) (Tab. 12).

Tableau 12 : Test ANOVA pour la mortalité des larves de la cératite traitées avec la terre de diatomée (TD) à 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220 et 240mg / cm³.

Source	DDL	ANOVA SS	Carré moyen	F	Pr > F
Doses	8	202	28,8571	13,03	0,000

Nous savons par des travaux antérieurs que différentes souches d'une même espèce ont des susceptibilités différentes à la TD (Rigaux et al., 2001), que la concentration de la TD affecte la mortalité et que les DE diffèrent dans leurs efficacités (Fields et Korunic, 2000).

Nous rappelons que les doses de diatomite étaient mélangées à de la sciure de bois, ce qui explique qu'elles soient plus importantes que celles utilisées pour les adultes.

Pour comparer l'efficacité de différentes doses de notre formulation de la TD, un test de Tukey a été réalisé (TAB. 13) ; une efficacité similaire a été trouvée entre les concentrations 120mg, 140mg et 160 mg/cm³ avec un taux moyen de mortalité 60% après exposition à la

terre de diatomée et entre les concentrations 180mg, 200mg, 220mg et 240 mg/cm³ avec un taux moyen de mortalité de 94,1% après exposition. La concentration 100 mg/cm³ nous a donné un taux de mortalité de 20% et le témoin à 0mg/cm³ avait un taux de mortalité nul après l'exposition.

Tableau 13 : Susceptibilité de populations des larves de la cératite aux différentes concentrations de la diatomite (TD)

Dose	Tukey Groupement	Moyenne de mortalité
00	A	,000
100,00	B	2,00
120,00	C	5,00
140,00	C	6,00
160,00	C	7,00
180,00	D	9,00
200,00	D	9,00
220,00	D	9,66
240,00	D	10,00

Notre étude donne l'opportunité de comparer directement la sensibilité de la population des larves de la cératite à notre formulation de TD, les comparaisons étaient basées sur la mortalité observée. Il est intéressant de connaître les concentrations létales pour contrôler cette population.

3.2.1. Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves de la cératite

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations des terres de diatomée qui déterminent les mortalités les plus importantes pour la population des larves de la cératite (Tab. 14) :

Tableau 14 : Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les larves de la cératite.

Probabilités	Estimations
1	105,896
10	126,850
20	136,869
30	144,581
40	151,514
50	158,294
60	165,378
70	173,309
80	183,074
90	197,534

Le tableau précédent nous permet de conclure que la terre de diatomée a un effet insecticide important sur les larves.

3.2.2. Corrélation entre les taux de mortalité des larves et les concentrations de la diatomite

Pour connaître la relation entre les taux de mortalité des larves et les doses de diatomite utilisées, nous avons estimé le coefficient de corrélation de Pearson et tester son degré de signification par la p-value. A partir du tableau 15 nous avons calculé les corrélations de Pearson.

Tableau 15 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre le taux de mortalité des larves de la cératite et les doses utilisées.

Corrélation	Mortalité
	P-Value = 0,0006
Doses	r = 0,93
	R ² = 0,87

Le tableau 15 précédent nous a montré que le taux de mortalité est corrélé positivement avec les doses utilisés de la terre de diatomée avec (P-Value = 0,0006, r = 0,93 et R² = 0,87).

3.2.3. Moyennes marginales estimées de la mortalité larvaire

Pour bien comprendre la relation entre les doses utilisées et le taux de mortalité des larves de la cératite, après exposition à la terre de diatomée, nous avons estimé les moyennes marginales de mortalité (par test Tukey's HSD) (fig. 43), nous remarquons que la moyenne de mortalité croît avec l'augmentation des doses utilisées pour atteindre son maximum (10 individus par répétition) avec la dernière dose (240mg/cm³).

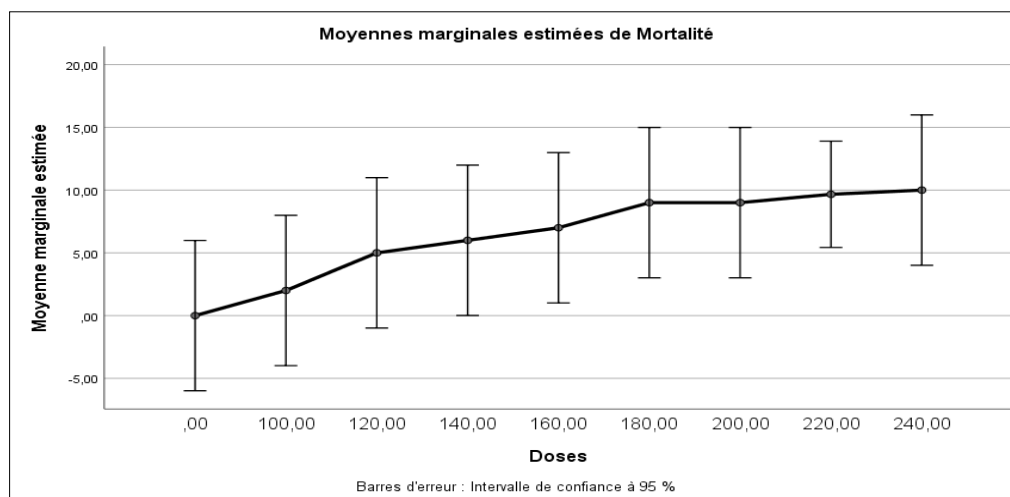


Figure 43 : Moyennes marginales estimées de la mortalité des larves de *C. capitata*

3.2.4. Pourcentages de mortalités totales pour les doses utilisées

Alors que la population témoin ne marque aucune mortalité, nous avons constaté une augmentation des mortalités à partir de la dose de 120mg/cm³ avec 33,3 %. Les doses de 160mg/cm³ et 180 mg/cm³ ont donné une stabilité du taux de mortalité à 80%. Nous avons relevé une deuxième augmentation des taux de mortalité pour arriver à un maximum de 100% pour la concentration de 240 mg/cm³ (Fig. 44).

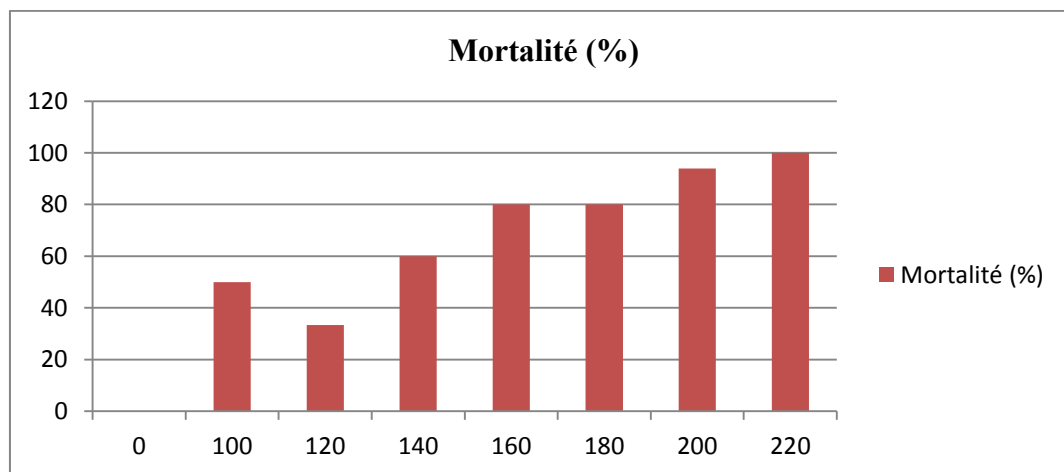


Figure 44 : Evolution des mortalités larvaires par rapport aux doses de la diatomite

3.3. Activité insecticide de la diatomite sur les pupes de *Ceratitis capitata*

Le taux de mortalité de la population des pupes de la cératite a été hautement significatif en fonction des doses (F=22.51, P< 0.0000) (Tab. 16).

Tableau 16 : test ANOVA pour la mortalité des pupes de la cératite traitées avec la terre de diatomée à 00 mg /cm³; 80; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 220 et 240 mg /cm³

Source	DDL	ANOVA SS	Carré moyen	F	Pr > F
Doses	9	257,33	28,59	22,51	4,98E-08

Par ailleurs, un test de Tukey a été réalisé pour comparer l'efficacité des différentes concentrations de la terre de diatomée contre les pupes de la cératite (Tab. 17), nous avons constaté une efficacité similaire entre les concentrations 100mg/cm³, 120, 140, 160 et 180 mg/cm³ avec un taux moyen de mortalité de 66,64% après exposition à la terre de diatomée ; et un taux de mortalité de 91,1% des pupes après l'exposition pour les concentrations de diatomite de 200 mg, 220 mg et 240 mg/cm³. La concentration de 80 mg/cm³ a provoqué un taux de mortalité de 20% pendant que le témoin à 0mg/cm³ avait un taux de mortalité nul après exposition à la terre de diatomée.

Tableau 17 : Susceptibilité des populations de pupes de la cératite aux différentes concentrations de diatomite (TD)

Dose	Tukey Groupement	Moyenne de mortalité
00	A	00
80,00	B	02
100,00	C	5,33
120,00	C	6,33
140,00	C	07
160,00	C	7,33
180,00	C	7,33
200,00	D	08
220,00	D	9,33
240,00	D	10

3.3.1. Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les pupes de *Ceratitis capitata*

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations qui déterminent une mortalité de 50% pour la population des pupes de la cératite pour la terre de diatomée (Tab. 18).

Tableau 18 : Valeurs estimées des concentrations létales pour les pupes de la cératite après traitement par la diatomite

Probabilités	Estimations
1	32,16
10	55,74
20	70,27
30	83,04
40	95,77
50	109,43
60	125,04
70	144,22
80	170,43
90	214,83

Le tableau 18 nous permet de relever que la terre de diatomée a empêché l'émergence des pupes de la cératite et de conclure qu'elle est très efficace pour lutter contre ce stade de *C. capitata*

3.3.2. Corrélation entre les taux de mortalité des pupes et les concentrations de la diatomite

Le tableau 19 montre la corrélation de Pearson qui a été calculée entre le taux de mortalité des pupes de la cératite et les doses de la terre de diatomée utilisées.

Tableau 19 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre les taux de mortalité des pupes de la cératite et les doses utilisées avec un $R^2 = 0,86$

Corrélation	Mortalité
Doses	P- Value = 9,78E-05 r = 0,92 $R^2 = 0,86$

Les résultats du tableau 15 ont confirmé que la diatomite est très efficace pour la lutte contre les pupes de la cératite ; le taux de mortalité des pupes est corrélé positivement avec les concentrations utilisées de la terre de diatomée.

3.3.3. Moyennes marginales estimées de mortalité des pupes de *C. capitata*

L'étude de l'évolution des moyennes marginales de la mortalité des pupes de la cératite après exposition à la terre de diatomée a présenté une courbe ascendante pour donner la valeur

maximale de mortalité (10 individus par répétition) pour la dose de 240mg/cm³ comme pour les larves (Fig. 45).

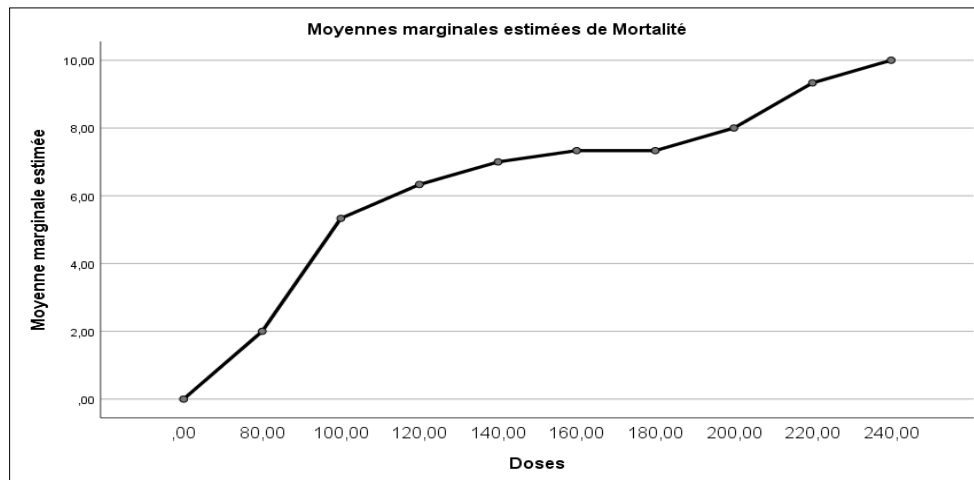


Figure 45 : Moyennes marginales estimées de mortalité des pupes de la cératite

3.3.4. Pourcentages de mortalité totale des pupes pour les doses de TD utilisées

Le graphe des mortalités totales montre que la population témoin ne marque aucune mortalité, cependant nous avons remarqué une augmentation des mortalités aux doses de 160mg/cm³ et 180mg/cm³ avec une stabilité du taux de mortalité de 73,3%, toutefois nous avons remarqué encore une fois que le taux de mortalité atteint un maximum de 100% pour la concentration 240 mg/cm³ comme pour les larves (Fig. 46).

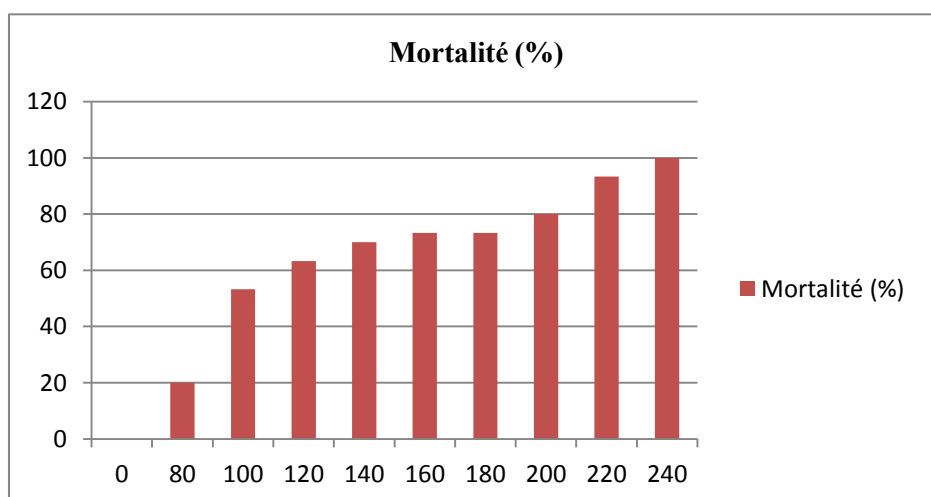


Figure 46 : Evolution des pourcentages des mortalités pupales par rapport aux doses de diatomite utilisées

3.4. Activité insecticide de la diatomite sur les adultes de *Ceratitis capitata*

Le test ANOVA de la mortalité des adultes de la cératite nous a donné des résultats hautement significatifs en fonction des doses et du temps (F=12.85, P< 0.000, F=96.47, P< 0.000, respectivement) (Tab. 20).

Tableau 20 : test ANOVA pour la mortalité les adultes de la cératite traités par la terre de diatomée (TD) à 00 mg/cm²; 2,60 mg/cm²; 2,80 mg/cm²; 3 mg/cm²; 3,20 mg/cm²; 3,40 mg/cm² ; 3,60 mg/cm² et 3,80 mg/cm².

Source	DDL	ANOVA SS	Carré moyen	F	Pr > F
Doses	8	338,95	14,73	12,85	7,83E-17
Temps	4	331,87	110,62	96,47	1,25E-24

Nous avons comparé l'efficacité insecticide des différentes concentrations de la diatomite appliquées lors de nos expériences par un test du Tukey (Tab. 21), nous avons remarqué une efficacité similaire entre les concentrations 2,60 mg/cm², 2,80 mg/cm² et 3mg/cm² avec un taux de mortalité de 49,99 % après 96h d'exposition ; entre 3.20 mg/cm², 3.40 mg/cm² et 3.60mg/cm² avec un taux de mortalité de 68,83% après 96h d'exposition et entre 3,80mg/cm² et 4,00 mg/cm² avec un taux de mortalité de 95,50% après 96h d'exposition. Le témoin à 0mg/cm² avait un taux de mortalité toujours nul après 96h d'exposition.

Tableau 21 : Susceptibilité des populations adultes de la cératite aux différentes concentrations de la diatomite (TD)

Doses	Tukey Groupement	Moyennes de mortalité
00	A	00
2,60	B	4,33
2,80	B	5,33
3,00	B	5,33
3,20	C	6,33
3,40	C	6,66
3,60	C	7,66
3,80	D	09
4,00	D	10

3.4.1. Estimation des valeurs de concentration létale (CL) pour la population des adultes de *C. capitata*

Nous avons calculé les concentrations létales des terres de diatomée provoquant la mortalité des adultes de la cératite en fonction du temps.

Le tableau 22 suivant montre que la terre de diatomée a été très efficace contre les adultes de la cératite avec de petites quantités car nous l'avons pulvérisée directement sur les individus, en revanche nous avons utilisé des quantités plus importantes de diatomite contre les larves et les pupes de la cératite car nous l'avons mélangée avec de la sciure de bois

Tableau 22 : Valeurs estimées des concentrations létales pour les adultes de la cératite après traitement par la diatomite

Probabilités	Estimations
1	2,330
10	2,710
20	2,888
30	3,024
40	3,145
50	3,262
60	3,384
70	3,519
80	3,684
90	3,926
99	4,567

3.4.2. Corrélation entre les taux de mortalité des adultes et les concentrations de la diatomite

Le tableau 23 nous indique la nature de la corrélation du taux de mortalité de la population des adultes avec les doses utilisées, il montre que la corrélation est positive avec (P-Value = 0,0001, $r = 0,93$ et $R^2 = 0,88$) ; donc plus on augmente les doses de diatomite plus son efficacité insecticide augmente

Tableau 23 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre le taux de mortalité des adultes de *C. capitata* et les doses utilisées

Corrélation	Mortalité
	P-Value = 0,0001
Doses	r = 0,93
	R ² = 0,88

3.4.3. Moyennes marginales estimées de mortalité des adultes de *C. capitata*

Les moyennes marginales de mortalité de la population des adultes de la cératite ont présenté une courbe ascendante après l'exposition à la terre de diatomée (Fig. 47), la courbe commence sa croissance à partir de la dose de 2,60 mg/cm² avec une moyenne de 4,33 de mortalité par répétition pour arriver à son maximum de 10 individus morts par répétition pour la dose de 4 mg/cm².

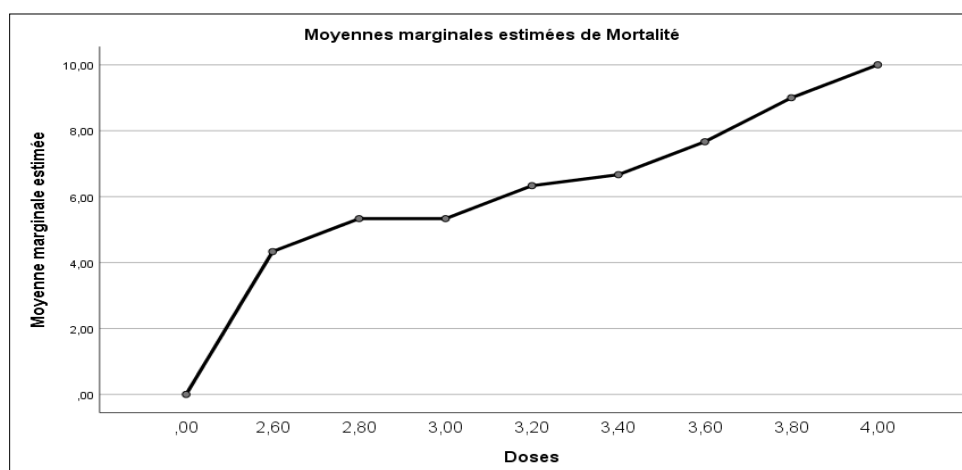


Figure 47 : Moyennes marginales estimées de mortalité des adultes de la cératite

3.4.4. Mortalité cumulée

La courbe de mortalité des adultes de la cératite durant les 96h d'exposition reste nulle pour les témoins; pour la concentration de 2.6 mg/cm², la mortalité atteint 43.3% en 96hd'exposition. Avec l'augmentation des concentrations, la mortalité atteint ; 53.3% pour 2.80 mg/cm² et 3 mg/cm²; 63.3% pour la concentration 3.2 mg/cm²; 66.6% pour 3.4 mg/cm²; 76.6% pour la concentration de 3.6 mg/cm², 90% pour la concentration de 3.8 mg/cm² et 100% pour la concentration 4 mg/cm² (Figure 48).

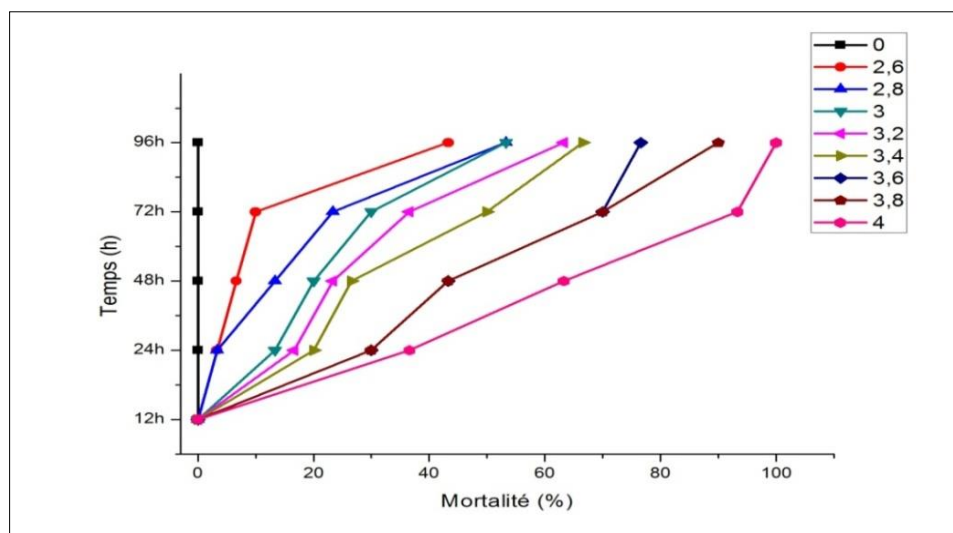


Figure 48 : taux de mortalité cumulés des populations des adultes de la cératite exposées à la terre de diatomées à 0 mg / cm²; 2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8 et 4 mg/cm² pendant 96 heures. Les valeurs sont les moyennes de trois répétitions.

4. Activité insecticide de la diatomite sur les Agriotes *Agriotes lineatus*

Le but de cette étude était d'évaluer pour la première fois l'efficacité de la terre de diatomée sur la mortalité des taupins ou agriotes dits « vers fil de fer », ravageurs de la pomme de terre.

4.1. Concentrations efficaces de la terre de diatomées (TD)

La mortalité de la population des agriotes a été hautement significative en fonction des doses et du temps (F=67.11, P< 0.0001, F=16.25, P< 0.0001, respectivement) (Tab. 24).

Tableau 24 : Test ANOVA pour la mortalité des larves des agriotes (taupins) traités avec la terre de diatomée (TD) à 0,1 mg/cm²; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 et 1 mg/cm².

Source	DDL	ANOVA SS	Carré moyen	F	Pr > F
Temps	6	109.21	18.20	16.25	< 0.0001
Dose	6	451.11	75.18	67.11	< 0.0001

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SAS version 9.0.

Pour comparer l'efficacité des différentes concentrations de notre formulation de la TD, un test de Tukey a été réalisé (Tab. 25), une efficacité similaire a été constatée entre les concentrations 1mg et 0.8 mg/cm² avec un taux de mortalité de 100% en moins de 60h d'exposition ; entre celles de 0.4 et 0.6 mg/cm² avec un taux de mortalité de 100% en moins de 96h d'exposition et entre celles de 0.1 et 0.2 mg/cm² un taux de mortalité presque nul après

96h d'exposition. Le témoin à 0mg/cm² avait un taux de mortalité nul après 96h d'exposition (Fig. 49).

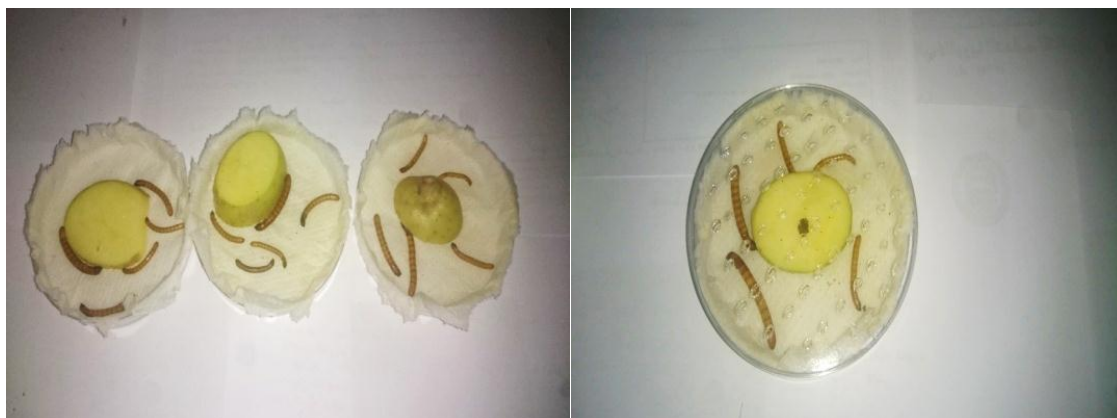


Figure 49 : Activité insecticide de la diatomite sur les larves de *Agriotes lineatus* ou agriotes

Tableau 25 : Susceptibilité des populations de larves des agriotes aux différentes concentrations de la diatomite (TD)

Dose	Tukey Groupement	Moyenne de mortalité
1	A	8,46
0.8	A	8,08
0.6	B	5,7
0.4	B	4
0.2	C	0,18
0.1	C	0
0	C	0

Notre étude nous a donné l'opportunité de comparer directement la sensibilité de la population des Agriotes à notre formulation de TD, les comparaisons étaient basées sur la mortalité observée. Il est intéressant et nécessaire de connaître les concentrations létales pour contrôler ces populations de ravageurs qui causent de grands dégâts aux cultures dont principalement les pommes de terre comme c'est le cas pour ce présent travail.

4.2. Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves des agriotes

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations des terres de diatomée qui déterminent les mortalités pour la population des Agriotes en fonction du temps.

Le tableau suivant présente les concentrations létales pour notre terre de diatomée :

Tableau 26: Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par TD sur les larves des agriotes.

Probabilité	Dose
0.01	0.1880
0.10	0.1985
0.20	0.2021
0.30	0.2046
0.40	0.2067
0.50	0.2086
0.60	0.2105
0.70	0.2126
0.80	0.2152
0.90	0.2192
0.99	0.2314

Le tableau 26 nous a permis de conclure que la terre de diatomée (TD) a un effet toxique très important sur la population des agriotes à la CL₅₀ de 0.2086 et la CL₉₀ de 0.2192mg/cm².

4.3. Moyennes marginales estimées de la mortalité

L'étude des moyennes marginales de la mortalité de la population des agriotes nous a donné une courbe ascendante qui commence sa croissance à partir de la dose 0,2 mg/cm² avec une moyenne marginale de la mortalité de 0,8, pour atteindre son maximum de mortalité avec 10 individus pour les concentrations 0,4mg, 0,6mg, 0,8mg, 1mg/cm².

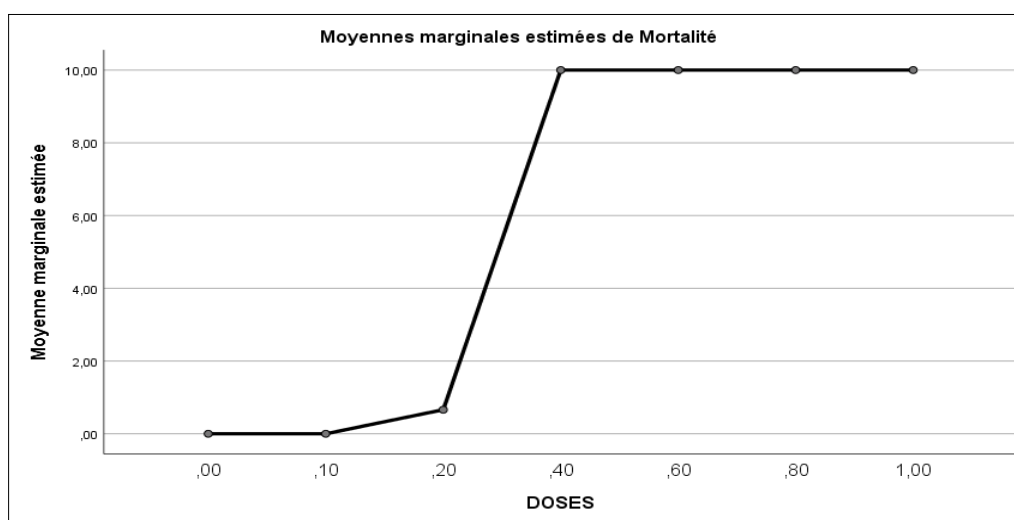


Figure 50 : Moyennes marginales estimées de mortalité des larves de *Agriotes lineatus*

4.4. Corrélation entre les taux de mortalité des agriotes et les concentrations de la diatomite

Un test de corrélation de Pearson a été réalisé pour savoir la nature de la corrélation entre le taux de mortalité de la population des taupins et les doses utilisées pour l’expérience. Le tableau 27 montre que la corrélation était positive avec $R^2=76$.

Tableau 27 : Calcul des coefficients de corrélation de Pearson entre les taux de mortalité des agriotes et les concentrations de la diatomite

Mortalité	
Doses	P-Value = 0,009
	r = 0,87
	$R^2 = 0,76$

4.5. Mortalité cumulée

La courbe de mortalité cumulée des agriotes durant les 96h d’exposition reste nulle pour les témoins et à la concentration 0.1 mg/cm²; pour la concentration 0.2 mg/cm², la mortalité atteint 20% en 96h d’exposition. Avec l’augmentation des concentrations, la mortalité atteint 100% avec des temps d’exposition diminués; 96h pour la concentration 0.4 mg/cm², 84h pour la concentration 0.6 mg/cm², 60h pour la concentration 0.8 mg/cm² et 48h pour la concentration 1 mg/cm² (Figure 51).

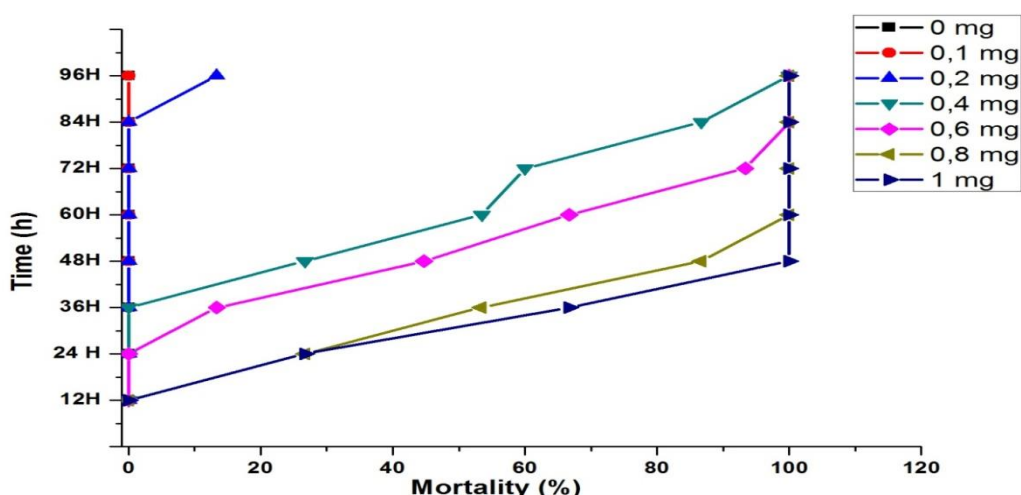


Figure 51 : Taux de mortalité cumulé des populations des larves des Agriotes exposées à la terre de diatomées (TD) à 0,1 mg/cm²; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 et 1 mg/cm² pendant 96 heures. Les valeurs sont les moyennes de trois répétitions.

DISCUSSION

On assiste depuis une trentaine d'années à la réémergence dramatique de parasites, de virus et de maladies infectieuses qui avaient été efficacement contrôlés dans certaines régions du monde (Cuisance *et al.*, 1994). Pour faire face à ces dégâts, le seul moyen est le recours à la lutte contre les parasites par plusieurs méthodes :

- Soit en modifiant son biotope (végétation, hôtes nourriciers, etc.) et l'on parle alors de lutte écologique ;
- soit en l'exposant à des prédateurs, des parasites, des parasitoïdes ou des germes pathogènes, ou en perturbant des mécanismes physiologiques fondamentaux; ces modalités constituent la lutte biologique ;
- soit en altérant ou en modifiant le potentiel reproducteur de l'insecte : il s'agit alors de lutte génétique ;
- soit en soumettant l'insecte à l'action de moyens artificiels de capture ou d'évitement du contact avec l'hôte : c'est la lutte mécanique (Cuisance *et al.*, 1994).
- Soit en utilisant des produits naturels tels que les huiles essentielles, les plantes refuges ou d'autres substances létales pour ces parasites, cest la lutte biologique ou plutôt naturelle.

La présente étude constitue un premier pas vers l'élaboration d'une technique de lutte naturelle contre les bioagresseurs des cultures par l'utilisation de la terre de diatomée pour minimiser l'utilisation des produits chimiques.

1. Lutte contre la cératite et la microflore qui lui est associée

1.1. Etude écologique

La Mouche Méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* est attirée le plus par les fruits les plus volumineux (Katsoyannos, 1986 ; Katsoyannos *et al.*, 1997 ; Papadopoulos *et al.*, 2001) qui présentent une surface sèche et une couleur jaunâtre (Féron, 1962), comme elle s'attaque aux variétés précoces et tardives et celles à peau mince (Chouibani *et al.*, 2003). Au sein de la même espèce d'agrumes, la cératite manifeste une préférence pour les fruits à degré

de maturité avancé (Ahmed-Sadoudi, 2007), particulièrement pour les cultivars ayant une texture huileuse de l'écorce de leur fruit (Delanoue et Soria, 1962).

Notre étude montre que la variété étudiée (Thomson navel) est très piquée par la cératite. Ceci rejoint les résultats rapportés par Abdelli (1996); Smail & Keddouci (2000) et Hassani (2003) qui ont considéré la variété Thomson comme un hôte préférentiel de la cératite mais ils diffèrent de ceux de Chapot et Delluchi (1964) et ceux de Thomas et al. (2005) et Zoulim (2006) qui classent la clémentine et la Thomson au même niveau d'infestation. Sampaio et al. (1984) et Quillici (1993) ont signalé que l'attractivité exercée par la Thomson serait due à ses composés volatiles émis bien avant la maturation des fruits. Ces composés sont des stimuli olfactifs pour la cératite.

Nous nous sommes particulièrement intéressés à l'incidence de deux facteurs abiotiques qui sont l'orientation et la date d'observation et un seul facteur biotique qui est l'effet de l'arbre échantillonné sur les attaques de ce ravageur car plusieurs travaux ont montré leurs incidences sur les attaques de ce ravageur.

- **Effet orientation**

A partir de la figure 37, nous pouvons constater que le nord-est est l'exposition la plus piquée pour notre verger par rapport aux autres expositions cardinales.

Les fruits chutés semblent plus impactés par l'orientation comme le montrent les tests statistiques. Des résultats similaires ont été obtenus par Naâmani et al. (1997) qui indiquent également que les fruits chutés-qui sont la plupart à l'état vert ou mûrissant- sont plus du côté est en mai. Nos résultats sont en accord aussi avec ceux de Kebdani (2017) qui a signalé que l'orientation des fruits dans un arbre a une grande influence sur les attaques de la cératite et sur le nombre de fruits chutés, même si les analyses de variance n'ont pas révélé un effet de ce facteur sur les fruits chutés.

Nous expliquons ce résultat par le fait que les oranges ne chutent pas obligatoirement sous la branche d'où ils proviennent et peuvent être déplacées par le vent, les animaux ou le passage des ouvriers agricoles. Mais ne concordent pas avec ceux de Ali Ahmed- Sadoudi (2007) qui a constaté que l'ouest est l'exposition la plus visitée par la cératite, ni avec ceux de Metna (2009) qui a montré que les expositions est, sud et centre sont celles qui présentent un taux de fruits piqués le plus élevé.

D'un autre coté le travail de Bachi en 2012, a montré que les fruits du centre sont les plus piqués par la cératite.

Des travaux menés par Bateman (1982) à Sousse ont montré également que l'exposition sud-est est celle où les captures de la cératite sur les agrumes sont les plus élevées.

En revanche, chez un autre Tephritidae, la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*, a montré que l'orientation n'a aucune influence sur le degré d'infestation qu'il soit établi à partir du nombre de piqûres, de galeries, de larves ou des trous de sortie (Gaouar,1996 ; Gaouar et Debouzie, 1991 ; Gaouar et Debouzie, 1995).

- **Effet date**

Nous avons observé que les moyennes des trous de ponte et des fruits chutés varient significativement selon la date d'observation (Fig.28 et 31).

Les résultats des analyses statistiques obtenus ont bien montré la très forte influence des dates d'observation sur les taux des trous de ponte, cependant elle n'a révélé aucune influence de la date sur les fruits chutés. Par contre, la représentation graphique a montré une variation bien distincte du nombre de fruits chutés d'une date à une autre. Ce qui était le cas chez Selka (2007) et Bensenouci (2008), qui ont travaillé sur la variété d'oranges Sanguinelli dans la région d'El-Fhoul, Comme chez Hassani (2003) qui a travaillé sur la variété Washington navel.

Selon Afellah et al. (1997), les fruits précoces sont les premiers attaqués en dégageant des substances chimiques qui stimulent la ponte des femelles.

La date étant liée aux variations climatiques et connaissant l'impact de ces dernières sur la biologie de tous les organismes vivants en général et sur les invertébrés en particulier, il est évident que les populations de la mouche méditerranéenne soient fortement influencées par ce facteur (Lamy, 1997).

Selon Tzanakakis et Koveos (1986), les variations de l'infestation en fonction de la date peuvent être expliquées par le degré de maturation donc de réceptivité du fruit. En effet, cette dernière est liée à un stade de croissance bien défini, lequel peut être observé à des dates fort différentes selon les années et les régions considérées (Jerraya *et al.*, 1982).

Les variations de l'infestation en fonction de la date peuvent être expliquées par le degré de maturation. Naâmani et al. (1997) indiquent que la maturité croissante des fruits stimule l'activité des mouches, ce sont les mauvaises conditions climatiques qui l'inhibent.

Selon Ali Ahmed- Sadoudi (2007), la cécidomyie manifeste une préférence pour certaines variétés fruitières au sein de la même espèce, en rapport avec le degré de maturité des fruits.

Katsoyannos (1986), Katsoyannos et al. (1997) et Papadopoulos et al. (2001) ont constaté que les adultes de la cécidomyie sont attirés par les fruits volumineux. De même, Papaj et Opp (1989) ont déduit que le volume des fruits joue un rôle dans le taux d'infestation et cela peut justifier nos résultats pour la Thomson.

Des études menées par Vera *et al.* (2002) ont montré également que la distribution de la Mouche Méditerranéenne des fruits était conditionnée par les facteurs climatiques, la sécheresse dans le sud de l'Espagne, du Portugal et en Afrique du Nord et par le froid du nord de l'Europe.

Dahmane (1996) a signalé que plus de la moitié des piqûres de la cécidomyie sur les agrumes n'est pas destinée à la ponte mais plutôt à nourrir les adultes, ce comportement permet à l'adulte d'emmagasiner de l'acide citrique pour être utilisé en hiver comme source d'énergie pour le métabolisme de l'insecte. Plusieurs études ont montré une relation linéaire entre la température et le temps de développement des stades des Tephritidae (Brévault et Quilici, 2000; Duyck et Quilici, 2002; Duyck et al., 2004) donc de réceptivité du fruit. En effet, cette dernière est liée à un stade de croissance bien défini, lequel peut être observé à des dates différentes selon les années et les régions considérées (Jerraya et al., 1982).

Il est connu que les adultes de nombreuses mouches Tephritidae peuvent voler et se disperser à des distances pouvant atteindre plusieurs kilomètres (Fletcher et Kapatatos, 1983; Wang et al., 2009). Il est possible que ces adultes survivent dans des microhabitats en été (Wang et al., 2009), en bénéficiant d'une thermotolérance élevée (Zambetaki et al., 2000; Mavragani-Tsipidou, 2002).

Toutefois, dans les régions à topographie vallonnée comme notre région d'étude, ils peuvent théoriquement augmenter leur survie dans des conditions estivales difficiles en migrant vers des bosquets de haute altitude, où les températures maximales quotidiennes sont plus douces, comme le suggère l'étude menée en Grèce par Kounatidis et al. (2008).

- **Effet arbre**

Notre étude a montré des résultats hautement significatifs des attaques de la cératite et des fruits chutés entre les différents arbres échantillonnés. En effet, chaque arbre sécrète des substances volatiles variables, ce qui explique ces différences d'infestation significatives.

Les résultats obtenus ont indiqué que l'arbre avait un impact sur les attaques de la cératite qui restent similaires aux travaux antérieurs (Hassani, 2003 ; Selka, 2006 et Salah, 2019) réalisés dans la wilaya de Tlemcen.

Drew (1989) et Metclaf (1990) considèrent que ce sont les odeurs de l'arbre ou kairomones, substances volatiles attractives à longue distance, qui fonctionnent comme leurres des mâles sexuellement mûres et les femelles immatures, les phéromones sexuelles assurant le succès de l'accouplement, stimulent ainsi l'oviposition.

Prokopy (1981) a signalé qu'au niveau d'un même arbre, les infestations étaient très hétérogènes, il l'a expliqué par la phéromone de marquage sécrétée par la femelle et déposée sur les fruits juste après la ponte, afin d'écarter les autres cératites à la recherche d'un autre site d'oviposition. Quant à Fletcher (1987) et Duyck (2005), ils ont attribué cette différence d'infestation d'un arbre à un autre à la compétition intraspécifique, les mouches étant plus abondantes que leur ressource nutritive. La compétition intraspécifique la plus importante chez les Tephritidae concerne les femelles sur les fruits. Leur agressivité peut diminuer la fécondité et par conséquent la ponte des œufs, en encourageant les femelles matures à se disperser. Des revues bibliographiques récentes ont montré que la compétition interspécifique était largement répandue chez les insectes (Denno et al., 1995; Stewart, 1996; Reitz & Trumble, 2002).

L'arbre a une influence significative car lorsqu'il est situé au bord du verger, il subit les premières attaques des mouches provenant des champs avoisinants. En effet, les travaux de Gaouar et Debouzie (1995) ont montré un impact de l'arbre hautement significatif avec un effet de bordure très marqué, attribué au fait que les mouches en déplacement sont interceptées en premier lieu par les arbres situés sur les bords du verger.

- **Cinétique des infestations**

Chez notre variété Thomson, la cinétique des infestations illustrée par la figure 28, a montré l'apparition de trois générations hivernales successives ; de la mi-décembre (date 2) à

la mi-janvier (dates 5 et 7) période où les oranges sont en pleine maturité, l'infestation a atteint son maximum juste avant la récolte. A la fin de notre période d'étude, l'infestation a diminué pour devenir moyenne à la fin janvier. Donc on peut déduire que l'infestation est stimulée par la maturité croissante des fruits.

L'étude de la cinétique des populations de la cératite sur la variété Washington navel qualifiée comme variété précoce des agrumes dans notre région a montré la présence de deux pics qui coïncident avec le début du mois de décembre et à la fin du mois de janvier de chaque année ; ce qui correspond à l'apparition de deux nouvelles générations durant la période d'étude ; ces résultats correspondent à ceux de Hassani en 2003 qui a réalisé ses travaux sur la station d'El Fhoul dans la région de Tlemcen.

L'étude de l'abondance et la répartition de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) dans les vergers d'agrumes de la variété Valencia late et d'autres cultures hôtes de substitution ont été étudiées au niveau du Centre de Recherche Agricole de l'Université du Ghana, dans l'est du Ghana par Appiah et al. (2009). Cette étude a montré que la population de *C. capitata* a augmenté de septembre à octobre 2006 et de février à mars 2007, lorsque les agrumes de Valencia late mûrissaient, alors quelle était la plus faible de novembre 2006 à janvier 2007, lorsque les agrumes étaient au stade vert immature. Leurs analyses de régression multiple ont également révélé que les précipitations et la température avaient une influence significative sur la population de ravageurs. Tandis que les résultats obtenus par Escudero-Colomar et al., en 2008 ont montré une variation saisonnière de la dynamique des populations de la mouche méditerranéenne, avec un pic en septembre – octobre et une activité adulte se terminant en décembre ou en janvier, quel que soit le type de l'hôte étudié.

Des fluctuations démographiques de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) ont été évaluées sur une période de 12 mois dans quatre couches altitudinales (400 à 750, 750 à 1 100, 1 100 à 1 450 et 1 450 à 1 800 mètres d'altitude) dans l'est du Guatemala par Flores et al., en 2016 qui ont trouvé que la densité de la population était la plus basse dans la strate de 400 à 750 m et la plus élevée entre 1 450 et 1 800 m.

2. Etude de l'efficacité de la diatomite

2.1. Activité antimicrobienne

Les attaques des bioagresseurs sur les cultures favorisent l'installation de plusieurs

espèces de champignons et bactéries qui peuvent être des agents pathogènes dangereux pour les cultures par leurs capacités de propagation et de contamination notamment durant le stockage des produits.

Nous avons étudié l'efficacité de la diatomite sur les bactéries et les champignons pathogènes des agrumes et celles de la pomme de terre mais nous n'avons obtenu aucun effet létal.

Il n'existe aucun article scientifique prouvant l'efficacité ou l'inefficacité de la terre de diatomée contre les bactéries et les champignons.

2.2. Activité insecticide

Dans cette étude, nous avons testé l'activité insecticide de la diatomite contre les larves des agriotes et les adultes, ainsi que pour les larves et les pupes de la mouche des fruits *C. capitata*.

D'après nos résultats, la diatomite a un effet biocide contre les deux espèces. Les résultats de l'activité insecticide de la diatomite sur les larves des agriotes nous a donné une CL50 de 0.2086 mg/cm².

Les résultats de l'activité insecticide de la diatomite sur la cératite présente des CL50 de ; 158,29 mg/cm³ pour les larves ; 109,43 mg/cm³ pour les pupes et 3,262 mg/cm² pour les adultes.

Jusqu'à ces derniers temps, les agriculteurs utilisaient les traitements insecticides chimiques de synthèse pour lutter contre les ravageurs ; cependant, depuis que des campagnes de sensibilisations ont été initiées principalement par les écologistes et les professionnels de la santé sur la dangerosité de ces substances, la tendance s'est inversée pour s'orienter vers l'agriculture « bio », plus saine et particulièrement recommandée.

Depuis, de nombreux producteurs de cultures hésitent à utiliser des pesticides chimiques synthétiques et se sont plutôt orientés vers l'agriculture biologique, ils ont commencé à utiliser des moyens biologiques et/ou naturels dont les poussières inertes naturelles telles que la terre de diatomées pour contrôler les insectes (Stathers et al., 2002).

La poussière de silicate est utilisée pour lutter contre les parasites domestiques (Melichar et Willomitzer, 1967), les parasites structuraux (Ebeling et Wagner, 1959) ainsi que pour protéger les plantes sur le terrain (Ebeling, 1971).

Les terres à diatomées (TD) sont des substances d'origine naturelle qui ont été certifiées comme insecticides organiques et qui sont non toxiques et écologiquement bénignes (Ross, 1981).

Les terres à diatomées sont des poussières amorphes et ne sont plus considérées comme dangereuses pour la santé humaine contrairement aux poussières cristallines, si elles sont utilisées correctement et si le temps d'exposition est court (Ferch et al., 1987).

L'efficacité de l'insecticide naturel TD varie en fonction de l'origine géologique des mines dont il est extrait (Mclaughlin, 1994), probablement en raison des différences de propriétés physiques et morphologiques des diatomées (Korunic, 1998).

Les poussières de silice ont donné des résultats variables lorsqu'elles ont été utilisées contre différents organismes cibles (Korunic, 1997a, b).

Rigaux et al. (2001) ont observé que les insectes de la même espèce mais d'origines différentes présentaient différents niveaux de sensibilité aux TD.

L'efficacité de la TD pour lutter contre les ravageurs des produits entreposés dépend de différents facteurs tels que les espèces d'insectes, les produits, l'humidité et la température (Fields et Korunic, 2000).

Les effets de la TD sur une vaste gamme de coléoptères ont été signalés par de nombreux travaux, dont *Rhyzopertha dominica* (Fields et Korunic, 2000 ; *Tribolium castaneum* (Rigaux et al., 2001 ; Stathers et al., 2002 ; Reza et al., 2012), *Tribolium confusum* (Mewis et Ulrichs, 2001), plusieurs espèces de *Sitophilus* (Fields et Korunic, 2000 ; Mewis et Ulrichs, 2001 ; Islam et al., 2010), *Callosobruchus maculatus* (Islam et al., 2010), et *Plodia interpunctella* (Mewis et Ulrichs, 2001).

En dehors des coléoptères cités ci-dessus, la diatomite (TD) a été utilisée comme additif alimentaire qui permettait de contrôler les parasites internes et les larves de mouches, y compris les mouches domestiques, les mouches sédentaires et les mouches dans le fumier (Weinzierl et Jones, 2000).

De plus, il a été rapporté qu'il agit contre les cafards, les lépismes argentés, les punaises de lit, les acariens, les fourmis et les puces (Faulde et al., 2006), les gastéropodes tels que les limaces (Fields et al., 2002) et aussi contre les infestations des produits stockés dues aux larves d'insectes (Athanassiou, 2006).

Pour comprendre la base de la variabilité, il était nécessaire de déterminer le mode d'action des poussières. Différentes théories ont été proposées: (1) l'élargissement superficiel du tégument suite à la déshydratation (Zacher et Kunicke, 1931); (2) l'altération du tube digestif (Smith, 1969); (3) le blocage des spiracles et des trachées (Webb, 1945); (4) ad- ou absorption des lipides de la cuticule (Ebeling, 1964) et / ou (5) endommagement de la couche de cire protectrice (Beament, 1945). Il s'agit d'un insecticide mécanique, les insectes ne peuvent pas développer une immunité ou une résistance au TD. Par conséquent, il peut être utilisé pour contrôler les insectes pendant une longue période sans la manifestation de la résistance aux insecticides qui est souvent signalée pour d'autres insecticides (Islam et Rahman, 2016).

La terre de diatomée est essentiellement une poussière létale bordée de bords tranchants microscopiques. L'ingestion de cette poudre létale par les insectes provoque leur déshydratation ainsi que la destruction de leur intérieur, ce qui arrive rapidement, généralement en quelques minutes.

Ces résultats nous permettent de proposer ce produit naturel comme alternative possible aux insecticides jusque-là utilisés pour lutter contre *Ceratitis capitata* et *Agriotes lineatus*, ce qui permettra de mieux préserver notre santé et l'environnement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

Cette étude est une contribution à la connaissance de l'activité biologique de la diatomite, l'activité insecticide sur la cératite et les taupins, l'activité antifongique sur *Fusarium Oxysporum*, *Fusarium Sambucinum*, *Aspergillus Niger* et *sclerptium rolfsii*, et l'activité antibactérienne sur *pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*.

La DRX a montré que les terres de diatomées qui ont été prélevées de la zone de Bider (Tlemcen-Algérie) ont une formulation d'origine d'eau douce contenant le coesite HP, silicon dioxide (SiO_2) à 77 %, Magnesium Oxide (MgO) 4.5 %, Potassium Oxide (K_2O) 1.0 %, Calcium Oxide (CaO) 6.8 %, sulfur (VI) oxide (SO_3) 0.6 %, phosphorus (V) oxide (P_2O_5) 1.0 %, iron(III) oxide, hematite HP (Fe_2O_3) 4.1%, Vanadium Phosphide (PV) 0.4 %, Phosphorus Sulfide (P_4S_7) 1.0 %, Titanium Oxide (TiO_2) 0.2 %, Aluminum Oxide (Al_2O_3) 2 %, Phosphorus (P) 1,0 %, Sodium Oxide (Na_2O) 0.4 %.

L'étude bioécologique de *Ceratitis capitata* (Diptera ; Tephritidae), durant deux ans (2017 et 2018), a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui ont servi à connaître la répartition spatio-temporelle des attaques de la cératite sur les fruits de *citrus sinensis* (oranges). L'étude des infestations en fonction des trous de ponte (piques) et des fruits chutés a montré un impact significatif des facteurs orientation, date d'observation et arbre échantillonné sur les attaques de ce phytophage durant la période d'étude, les taux d'infestation varient significativement d'une orientation à une autre, selon la date d'observation et cela pour tous les arbres observés.

L'activité insecticide de la diatomite sur la cératites nous a donné des résultats hautement significatifs sur les différents stades (larve, puce et adulte). En effet, nous avons obtenu des CL50 de ; 158,29 mg/cm^3 pour les larves, 109,43 mg/cm^3 pour les pupes et 3,262 mg/cm^2 .

La moyenne de mortalité des larves de la cératite a augmenté en fonction des doses de diatomite utilisées, pour atteindre son maximum (10 individus par répétition) à la dose de 240 mg/cm^3 .

CONCLUSION

Les moyennes de la mortalité des pupes de la cératite ont présenté une courbe ascendante après l'exposition à la terre de diatomée pour donner une valeur maximale de mortalité (10 individus par répétition) pour la dose de 240 mg/cm³.

Les moyennes de la mortalité des adultes de la cératite après exposition à la terre de diatomée ont présenté une courbe ascendante, qui a débuté à partir de la dose de 2,60 mg/cm² avec une moyenne de 43,3 % de mortalité par répétition pour arriver à son maximum de 10 individus morts par répétition à la dose de 4 mg/cm².

L'activité insecticide de la diatomite sur les larves des agriotes a présenté aussi des résultats hautement significatifs avec une CL50 de 0.2086 mg/cm².

L'étude des moyennes marginales de la mortalité des agriotes nous a donné une courbe ascendante qui a commencé à partir de la dose 0,2mg/cm² avec une moyenne marginale de la mortalité de 0.8, pour atteindre son maximum de mortalité avec 10 individus pour les concentrations 0.4mg, 0.6mg, 0.8mg, 1mg/cm² avec des temps différents.

En revanche, la diatomite n'a aucun effet sur les bactéries et champignons étudiés.

Ces résultats nous permettent de proposer ce produit naturel comme alternative aux insecticides jusque-là utilisés pour lutter contre les insectes, ce qui permettra de mieux préserver notre santé et l'environnement.

La présente étude constitue un premier pas vers l'application d'une nouvelle technique de lutte alternative contre les bioagresseurs des cultures, même pour les autres parasites, qui méritent d'être reprise et développée, de manière à trouver des solutions pour améliorer naturellement le pouvoir répulsif de la diatomite contre tous les parasites.

Nous espérons poursuivre nos investigations et confirmer les résultats obtenus en appliquant la diatomite in situ, au niveau des vergers pour mieux en apprécier l'efficacité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abbas F., 2015.** étude de l'influence des effets des éléments lourds sur les propriétés physique des couches minces de tio₂, thèse de doctorat, université frères mentouri. 177p.
2. **Abdelli O., 1996.** Etude de quelques aspect de la bioécologie 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. 76p.
3. **Afella, M., Ben Hamadi, I., Smaïli, C., Hilal, A. & Chemseddine, M. (1997).** Repartition de l'infestation de la mouche de l'olive *Bacrocera oleae* (Gmel.) en verger oléicole dans la Sais au Maroc. Proc. Of the IOBC, wprs bull, OILB. Srop. Vol 20 (8): 76-85.
4. **AGUILAR (d') J., 1962.** Famille des Elateridés. In Balachowsky A. Entomologie appliquée à l'agriculture, tome 1 Coléoptères, vol 1, Masson, Paris, 204-233.
5. **AIT OUADA., BOUZNAD, Z., M., KEDAD, A., MOKABLIA, A., SIAFA, A. et YAHIAOUI, S., 2008.** Principaux ravageurs et maladies de la pomme de terre : Agents responsables, dégâts, conditions de développement et méthodes de lutte. in Journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspectives, 18 juin 2008. INA EL-HARRACH, Alger.
6. **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.
7. **ALLALA ., DEGHFALI, N., MAAMAR., SAMEUT, Y & OUMESSAAD, L ., 2014.** Les maladies virales de la pomme de terre en Algérie, résistance et facteurs de disséminations. : recueil des resumes/ proceeding – marrakech 2ème Congrès International de la Biodiversité végétale/ 2nd International Conférence of Plant Biodiversity.
8. **Angot A, 1916-** Traité élémentaire de météorologie. Edit. Gauthier-Villars et Cie, Paris, 415 p.
9. **Appiah, E. F., Afreh-Nuamah, K., & Obeng-Ofori, D. (2009).** Abundance and distribution of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), in Late Valencia citrus orchards in Ghana. *International Journal of Tropical Insect Science*, 29(1), 11-16.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

10. **Arthur, F.H., 1996.** Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research* **32**: 293-302.
11. **Arthur, F.H., Zettler, J.L., 1992.** Malathion resistance in *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae): correlating results from topical applications with residual mortality on treated surfaces. *Journal of Stored Products Research* **28**: 55-58.
12. **Artschwager, E. F. (1918).** Histological studies on potato leafroll. *Jour. Agr. Res*, 15, 559-570.
13. **Atcitrus. (2002).** La mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). Asociation Tucumana del Citrus.3p.
14. **Athanassiou, C.G. (2006).** Influence of instar and commodity on the insecticidal effect of two diatomaceous earth formulations against larvae of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J Econ Entomol.* 99(5), 1905-1911.
15. **Bachès B. et Bachès M (2011).** Agrumes, nouvelle. Edition ULMER: 7127.
16. **Bachi K., 2012.** Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier(*Ficus carica*L.) par la mouche méditerranéenne *C.capitata* . Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes .thèse de magister.Univ.Mouloud Mammeri.
17. **Bagnouls F et Gaussen H., 1953** – Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* (88). P : 3-4 et 193-239.
18. **Balachowsky A.S. & Mesnil L., 1935.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson, tome 1, Paris, pp: 242 – 253.
19. **Balachowsky A.S. & Mesnil L., 1935.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ed. Busson, tome 1, Paris, pp: 242 – 253.
20. **Bateman, M.A. (1982).** Chemical methods for suppression or eradication of fruit fly populations. In :*Economic fruit flies of the South Pacific Region* (Ed.by Drew, R.A.I. ;Hopper, G.H.S. ; Bateman, M.A.). pp. 115-128. 2nd edition. Queensland Department of Primary industries, Brisbane, Australie.
21. **Beament, J.W.L., 1945.** The cuticular lipids of insects. *Journal of Experimental Biology* 21, 115-131.
22. **Belanger RB, Bowen PA, Ehret DL and Menzies JG (1995).** Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease* **79**: 329-336.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

23. **Bellahcene, M., Rekkad, F.Z., Guenaoui, Y. et Belabid, L. 2009.** Caractérisation de *Phytophthora infestans* (Mont), agent causal du mildiou de la pomme de terre dans le nord-ouest d'Algérie. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires, Marrakech, Maroc, 9-11 Novembre 2009 : 713 – 717.
24. **BENCHEIKH, M., SETTI, B., 2007.** Characterization of streptomyces scabies isolated from common scab lesions on potato tubers by morphological, biochemical and pathogenicity tests in chlef region in western Algeria. *Sciences & technology c* – N°26, 61-67.
25. **Bénédictte et Bachès M., 2002.** Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96 p.
26. **Benfekih L. 1993.** Données préliminaires sur la bioécologie de la sauterelle marocaine *Dociostaurus marocanus* (Thunberg, 1815), (Orthoptera : Gomphocerinae) dans la région de Ain Boucif (Médéa). Thèse Magister, Inst Nat. Agro., El harrach, 129 p.
27. **BENINAL, L., BOUZNAD, Z., CORBIERE, R., KEDAD, A., ANDRIVON, D., 2009.** A2 mating type, metalaxyl resistance and complex virulence profiles. Proceeding of the eleventh euroblight workchop. Special report N°13.p 237:241-322p.
28. **Bensenouci, Y. (2008).** Contribution à l'étude des infestations des fruits de *Citrus sinensis* variété sanguinelli par *Ceratitis capitata* et comparaison entre la composition chimique des feuilles saines et infectées de l'orange de la region de Tlemcen. Mémoire d'Ingéniorat en Ecologie Animale. Université Abu Bekr Belkaid, Tlemcen. 64p.
29. **Bodenheimer F. S. 1951.** Citrus entomology in the Middle East. Junk, The Hague. 663 p.
30. **Bonizzoni M ; Malacrida AR ; Gulieimino C.R ; Gomulski L.M ; Gasperi G ; et Zheng L. (2000).** Microsatellite polymorphism in the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* . *Insect Molecular Biology*, 9: 251-261.
31. **BONNEMAISON L., (1962).** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed. Sep, Paris, Tome 111,408 p.
32. **Boudjlida H and N.Soltani. (2011).** Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L.(Diptera :Thephritidae).Annals of biological Research. Depart.Ento. Univ.Badji Mokhtar, Annaba, Algeria 2(2): 104-110.
33. **Bouma, E., (2005).** Devlopment of comparable agroclimatic zones for the international exchange of data on the efficacy and crop safety of plant protection products. *Bull. OEPP/EPPO*, 35, 233-238.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

34. **BOUMLIK., 1995.** Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80.
35. **Brévault, T., & Quilici, S. (2000).** Relationships between temperature, development and survival of different life stages of the tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94(1), 25-30.
36. **Cayol J.P ; Coronado P.et Taher M (2002).** Sexual compatibility in medfly (Diptera : Tephritidae) from different origins. *Florida Entomologist* 85(1): 51-57.
37. **Chaâbane A, 1993** – Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse Doctorat en Ecologie. Uni. Aix-Marseille III. 205 p + annexes.
38. **Charre, J., (1997).** Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombro-thermique *Mappemonde*, 2, 29-31.
39. **CHEHAT F., 2008.** La filière pomme de terre Algérienne : une situation précaire ; pp : 1-13, in Journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspectives, 18 juin 2008. INA EL-HARRACH, Alger.
40. **Chouibani M ; Ouizbouben A et Kaack H. (2003).** Protection intégrée des agrumes. Ed-Ouvrage réalisé par la direction de la protection des végétaux, des contrôles techniques et de la Répression des faudes en coopération avec la GTZ (Projet contrôle Phytosanitaire).13p.
41. **Chouibani, M.; D. Papacek.; A. Mazih; H. Kaak. 1997.** Protection intégrée des agrumes au Maroc. Proc. 3ème Congrès de l'AMPP. Rabat.
42. **Christien, V., Navarro, L. Bové, J.M., (2002).** IVIA, Moncada, Valencia, Espagne.INRA et Université Victor Segalen Bordeaux 2,BP.81,33883 Villenave d'Ornon, France.
43. **Collins, D.A., 2006.** A review of alternatives to organophosphorus compounds for the control of storage mites. *Journal of Stored Products Research* **42**: 395-426.
44. **CUISANCE D., BARRÉ N., DE DEKEN R., (1994).** Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 13 (4), 1305-1356.
45. **Daget, P. (1977).** Le bioclimat méditerranéen: caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio*, 34(1), 1-20.
46. **Dagnelie, P., 1975.** Théorie et méthodes statistiques: Application agronomique, vol II.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Presses agronomiques, Gembloux, Belgium.

47. Dahmane A., 1996. Contribution a l'étude bioécologique de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), (Diptera, Tephritidae) dans la région de Mitidja. Thèse de magister en Ecologie animale, Uni des sciences et de la technologie HOUARI BOUMEDIENNE. Alger, 143 p.

48. DAVIS, M. J., GILLASPIE, A. G., VIDAVER, A. K. & HARRIS, R. W., 1984. *Clavibacter*: a new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* sp.nov subsp. nov. and *Clavibacter xyli* subsp. *cynodontis* subsp. nov., pathogens that cause ratoon stunting disease of sugarcane and bermudagrass stunting disease. *Int J Syst Bacteriol* 34,107-117.

49. De Martonne E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. *La météo*, 449-459.

50. De Meyer M ; Copeland R.S ; Wharton R.A et Mcpheron B.A(2004). On the geographic origin of the Medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). In *Proceedings of the 6th International Fruit Fly Symposium*, pp.45-53.

51. Debouzie, D., Denis, B., Rospard, J.P. (1987). Sampling and spatial distribution. *C.R, Acad. Agric.Fr.*, pp 73-82.

52. Dedryver C.-A., Robin N., Taupin P., Thibord J.-B., (2009). Lutte contre les taupins : Etat des recherches et des connaissances techniques en France et dans l'U.E. ; Voies de recherche à privilégier. Rapport de synthèse coordonné par l'INRA de Rennes, avec la collaboration d'ARVALIS Institut du Végétal, et à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 26 p.

53. Delanoue, P., Soria, F., (1962). Au sujet de l'avortement de l'évolution de *Ceratitis capitata* Wied dans certains agrumes de Tunisie. *Annale de l'INRAT*. 35 : 73-96.

54. Delrio G., 1985. Tephritid pests in citriculture. *CEC/Proc. Experts meeting. Acireal; Balkema. Rotterdam. Integrated pest control in citrus*. Ed. Recher. CAVALORO and DIMARTINO. pp: 135- 149.

55. Denno, R.F., McClure, M.S. & Ott, J.R. (1995). Interspecific interactions in phytophagous insects – competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, 40, 297–331.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 56. Doré T., le Bail M, Martin P., Ney B., Roger-Estrade J., 2006.** L'agronomie aujourd'hui.' (Quae : Paris).
- 57. Dosba, F. (2002).** Implantations de la protection variétale au niveau des opérateurs. UMR 1098. Biologie du développement des plantes cultivées. ENSA. M-INRA, 2 place riala, 34060 Montpellier Cedex 1.
- 58. DRE., (2008).** Schéma directeur de la wilaya de Tissemsilt. Mission 1. état des lieux. 79p.
- 59. Drew, R.A.I. (1989).** The tropical fruit fly (Diptera: Tephritidae) of the Australian and Oceania region. Memoirs of Queensland Museum, South Brisbane, Australia. 26.
- 60. DSA., 2015.** Directions des services agricoles Tlemcen.
- 61. Duke, E.L. et Reimann, B.E.F. 1977.** Chapter 3: ultrastructure of the diatom cell. - In: werner, D. (ed.) The Biology of Diatoms. Bot. Monogr. 13. Blackwell Sci. Publ., 65-109.
- 62. DUYCK P.F., 2000.** Etude comparée de la biologie du développement chez trois espèces de mouches des fruits (*Ceratitis* spp.) (Diptera: Tephritidae), nuisibles aux cultures fruitières à l'île de La Réunion. Mémoire de DESS, Université d'Angers, 37 pp.
- 63. Duyck, P. F. et Quilici, S., (2002).** Survival and development of different life stages of three *Ceratitis* spp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Bulletin of Entomological Research*, 92, 461-469.
- 64. Duyck, P. F., Sterlin, J. F., & Quilici, S. (2004).** Survival and development of different life stages of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures compared to other fruit fly species. *Bulletin of Entomological Research*, 94(1), 89.
- 65. Duyck, P.F. (2005).** Compétition interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion. These .Doc. Univ. La Réunion. pp. 93.
- 66. Duyck, P.F. (2005).** Compétition interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de la Réunion. These .Doc. Univ. La Réunion. 93p.
- 67. Dyck, V. A., J. Reyes Flores, M. J. B. Vreysen, E. E. Regidor Fernandez, T. Teruya, B. Barnes, P. Gomes Riera, D. Lindquist et M. Loosjes. 2005.** Management of Area-Wide Pest Management programmes that integrate the Sterile Insect Technique, p 525-559. In V. A. Dyck, J. Hendrichs, and A. S. Robinson [eds.], *Sterile Insect Technique:*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Principles and Practice in Area-wide Integrated Pest Management. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 787 pp.

68. Dye, D. W. (1969). A taxonomic studies of the Genus *Erwinia*. II. the carotovora group. *NZJ Science*, 12, 81-89.

69. Ebeling, W., 1964. Permeability of insect cuticle. In: Rockstein, M. (Ed.), *The Physiology of Insecta*, vol. III. Academic Press, New York, pp. 508-523.

70. Ebeling, W., 1971. Sorptive dusts for pest control. *Annual Review of Entomology* 16: 123-158.

71. Ebeling, W., 1971. Sorptive dusts for pest control. *Annual Review of Entomology* 16, 123-158.

72. Ebeling, W., Wagner, R.E., 1959. Rapid desiccation of drywood termites with inert sorptive dusts and other substances. *Journal of Economic Entomology* 52, 190-212.

73. Ebeling, W., Wagner, R.E., 1959. Rapid desiccation of drywood termites with inert sorptive dusts and other substances. *Journal of Economic Entomology* 52: 190-212.

74. El_ ZBEITA O., FIILA ., KIRK H.G., LIORENE B., CVITANICH C., 2012. Differential gene induction in resistant and susceptible potato cultivars at early stages of infection by *Phytophthora infestans*. *Plant Cell Rep* 31:187-203.

75. Emberger L, 1930- La végétation de la région Méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Géol. Bot.*, 42. Pp: 341-404.

76. Emberger L, 1954- Une classification biogéographique des climats. *Rec.Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Univ. Montpellier. Série Bot. n°7.* Pp : 3-43.

77. Emberger L, 1955 – Une classification biogéographique des climats. *Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier.* 48 p.

78. Emberger L, 1971- *Travaux de botanique et d'écologie.* Ed Masson. Paris. 520P.

79. Emberger L., 1952. Sur le Quotient pluviothermique. *C.R. Sci* ; n°234 : 2508-2511, Paris.

80. Falciatore, A., & Bowler, C. (2002). Revealing the molecular secrets of marine diatoms. *Annual Review of Plant Biology*, 53(29), 109–30.

81. FAO STAT., 2012. Food and Agriculture Organisation. Statistiques de la FAO.

82. FAO., 2008. Food and Agriculture Organisation.

83. FAO., 2012. Food and Agriculture Organisation.

84. Faulde, M.K., Tisch, M., Scharninghausen, J.J. (2006). Efficacy of modified diatomaceous earth on different cockroach species (Orthoptera, Blattellidae) and silverfish

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(Thysanura, Lepismatidae). J Pest Sci. 79(3), 155-161.

85. Ferch, H., Gerocke, H., Inzel, H., Klebe, H. 1987. Arbeitsmedizinische Untersuchungen langzeitexponierter Aerosil- Arbeiter. Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 22(2), 330±37. In: Dt. Forschungsgemeinschaft, 1989, Gesundheitsschadliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. Hrsg. D. Henschler, Würzburg ISSN 0930-1984 Sonderdruck 15. Lieferung.

86. Féron, M., (1962). L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wied. Comportement sexuel, comportement de ponte. Rev. Pathol. veget. Entomol. Agri. Fr. 41: 1- 129.

87. Feytaud, J. (1949). La pomme de terre (No. 635.21 F4).

88. Fields, P., Allen, S., Korunic, Z., McLaughlin, A., Stathers, T. (2002). Standardized testing for diatomaceous earth. Proc. 8th International Working Conference of Stored-Product Protection, York, UK. Entomological Society of Manitoba.

89. Fields, P., Korunic, Z., 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1-13.

90. Fields, P., Korunic, Z., 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1-13.

91. Filippi J.B., 2003. Une architecture logicielle pour la multi modélisation et la simulation à évènements discrets de systèmes naturels complexes. Thèse doctorat. Uni. Corse PASQUALE PAOLI. 162 p.

92. Fletcher, B. S., & Kapatos, E. T. (1983). The influence of temperature, diet and olive fruits on the maturation rates of female olive flies at different times of the year. *Entomologia experimentalis et applicata*, 33(3), 244-252.

93. Fletcher, B.S. (1987). The biology of Dacinae fruit fly. Ann. Rev. Entomol, 32. pp. 115-144.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

94. **GALFOUT, A., KEDAD, A., CORBIERE, R., BOUZNAD, Z., 2011.** Occurrence of late blight in Algeria during 2009 and evaluation of potato cultivars for resistance to *Phytophthora infestans*. euroblight. Workshop Proceedings. Page 291-296.
95. **Gaouar N. Debouzie D., 1991.** Olive fruit fly, *Dacus oleae* Gmel. (Dipt.Tephritidae) damage in Tlemcen region, Algeria. J.Appl.Ent., 112,288-297.
96. **Gaouar, N. (1996).** Rapport de la biologie des populations de la mouche d'olive *Bactrocera oleae* (Gmel) à l'optimisation de son contrôle dans la région de Tlemcen. These. Doc. Etat, Inst.Biol., Univ, Tlemcen. pp. 119.
97. **Gaouar, N. (1996).** Rapport de la biologie des populations de la mouche d'olive *Bactrocera oleae* (Gmel) à l'optimisation de son contrôle dans la région de Tlemcen. These. Doc. Etat, Inst.Biol., Univ, Tlemcen. pp.119.
98. **Gaouar, N. Debouzie, D. (1995).** Within tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera : Tephritidae) infestation and optimisation of insecticide application. J. Appl. Ent., pp 119,262-289.
99. **Gaouar, N. Debouzie, D. (1995).** Within tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera : Tephritidae) infestation and optimisation of insecticide application. J. Appl Ent., pp 119,262-289.
100. **Gaucher D., 1997.** Pomme de terre le point sur les maladies en végétation. Perspectives agricoles n°224. Paris. p: 94-99.
101. **Gold, 2002.** Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphytiques des cours d'eau Approches expérimentales in situ et en laboratoire., Thèse de doctorat Université bordeaux 1, France. pp.175.
102. **Guignard, J.L.(2001).** Botanique Systématique moléculaire. 12ème Ed, Masson. 206-209.
103. **Guyot, G., (1999).** Climatologie de l'environnement. Dunod éd., 525 p.
104. **Harley I. M., Richard S. B., Smith V.E, Deborah W., Craig R. E (2006).** Citrus (citrus) and Fortunella (kumquat). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, p: 2-22.
105. **HARRIS E.J., 1984.** Laboratory studies on court on court ships and meeting in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.) Thèse. Uni. Manchester. 230p.
106. **Hassani F. (2003).** Étude comparative de l'infestation de 3 variétés d'agrumes par la mouche méditerranéenne des *Ceratitis capitata* Wied, dans la région de Tlemcen, mémoire de

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mag. Tlemcen p 123.

107. Hawkes J.G., 1990. The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources London, Belhaven Press, 259p.

108. HELIAS V., 2008. Pectobacterium spp. and Dickeya spp. on potato: a new nomenclature for Erwinia spp., symptoms, epidemiology and disease prevention. In: Cahiers Agricultures 17, 349-54.

109. HENRI., 2007. Lutte contre ralstonia solanacearum (smith) yabuuchi et al. Recueil de législation A--N° 157. p 50.

110. Hoagland, K.D., Rosowski, J.R., Gretz, M.R et Roemer, S.C. 1993. Diatom extracellular polymeric substances: function, fine structure, chemistry and physiology. Journal of Hoagland, K.D., Rosowski, J.R., Gretz, M.R Phycology - 29: 537-566.

111. INRA., 2005. Symposium international sur les mandarines en Méditerranée INRA-CIRAD San Giuliano.

112. Irshad, M., Gillani,W.A., 1992. Malathion resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) infesting stored grains. Pakistan Journal of Agriculture and Research 13 (3), 273-276.

113. Islam, M. S. and Rahman, M. M., 2016. Diatomaceous earth-induced alterations in the reproductive attributes in the housefly *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae)., Elixir Appl. Zoology 96 (2016) 41241-41244.

114. Islam, M.S., Hasan, M.M., Lei, C.L., Pelzer, T., Mewis, L.I. and Ulrichs, C., Direct and admixture toxicity of diatomaceous earth and monoterpenoids against the storage pests *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *J. Pest Sci.*, 2010. **83**(2): 105-112.

115. Issiakhem, F. 2007. Analyse de la mycoflore totale sur semences de pomme de terre et essai d'efficacité de deux matières actives vis-à-vis de l'Alternariose causée par *Alternaria solani* Sorauer et l'*Alternaria alternata* (Fr.) Keissel. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie. E.N.S.A. El Harrach. : 93 p.

116. Jerraya A ; Jardak T ; Khlif M ; Germazi T. (1982). La mouche de l'olive *Dacus oleae* (Dipt., Tephritidae) et son impact sur la production oléicole dans la région de Sfax. Doc. Univ. Tunis.

117. Jerraya A., 2003. Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 118. Katsoyannos, B.I., (1986).** Effect of colorproperties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl*, 42: 187-193.
- 119. Katsoyannos, B.I., (1986).** Effect of colorproperties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl*, 42: 187-193.
- 120. Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Papadopoulos, N.T., (1997).** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 82 :181–188.
- 121. Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Papadopoulos, N.T., (1997).** Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 82 :181–188.
- 122. Kebdani M., (2017).** Identification des souches locales de *Bacillus thuringiensis* en vue d'une lutte biologique contre *Ceratitis capitata* et autres pathogènes de l'oranger *Citrus sinensis*. Thèse de doctorat Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.pp.116.
- 123. KHEROUA M R., 2008.** Substances minérales et substances utiles dans les monts de Tlemcen et dans les Monts des Traras. Etat des connaissances actuelles et perspectives., *Mem de mag., Univ de Tlemcen-Algérie*. 113p.
- 124. Khimoud D. et Louni A., (2008).** Estimation de l'infestation des différentes variétés d'agrumes par *Ceratitis capitata* Wied., 1824 (Diptera ; Trypetidae) en fonction de l'exposition dans différents vergers de la région de Tizi-Ouzou.Memoire.d'ing.en écologie animale. Univ.mouloud Maamri de Tizi-ouzou.67p.
- 125. Khoury N., 1998.** Etude préliminaire de la repartions et de la dynamique des populations de la mouche méditerranéenne des fruits (*C. capitata* Wied.) dans déférentes biotopes au Liban. Mémoire (D.E.A), Insti de recherche agronomique LibanaisFanar, 153p.
- 126. Kooistra, W. et Medlin, L.K. 1996.** Evolution of the diatoms (Bacillariophyta). 4. Reconstruction of their age from small subunit rRNA coding regions and the fossil record. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 6(3): 39.
- 127. Korunic, Z. (1998).** Review Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J Stored Prod Res.* 34(2-3), 87-97.
- 128. Korunic, Z., 1997a.** Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* 34, 1-11.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 129. Korunic, Z., 1997a.** Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* **34**: 1-11.
- 130. Korunic, Z., 1997b.** Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* **34**: 87-97.
- 131. Korunic, Z., 1997b.** Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* **34**, 87-97.
- 132. Kounatidis, I., Papadopoulos, N., Bourtzis, K., & Mavragani-Tsipidou, P. (2008).** Genetic and cytogenetic analysis of the fruit fly *Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae). *Genome*, *51*(7), 479-491.
- 133. Kroger N., Lorenz S., Brunner E., and Sumper M. (2002).** Self-Assembly of Highly Phosphorylated Silaffins and Their Function in Biosilica Morphogenesis. *Science* **298**: 584-586.
- 134. Labat J. N., 1985.** Estudio bioclimatológico del estado de michoacán, México, según la clasificación de Bagnouls & Gaussen. *Trace.*, 8-36-45.
- 135. Lachiheb A. 2008.** Optimization de la dose d'irradiation dans le cadre d'un projet de lutte contre *Ceratitis capitata*. Mémoire d'ing ; Ecole sup.d'agri. de Mograne, 122p.
- 136. Laing M D, Gatarayiha M C and Adandonon A, 2006.** Silicon use for pest control in agriculture: a review. *Proc S Afr Sug Technol Ass* **80**, page 107.
- 137. Lamy, M. (1997).** Les insectes et les hommes. Ed. Albin Michel, Paris. pp. 96.
- 138. LE HOUEROU, H. N. (2004).** An agro-bioclimatic classification of arid and semiarid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, *18*(4), 301-346.
- 139. Lellouche, J., and Lazar, P. (1974).** Méthodes statistiques en expérimentation biologique Flammarion and Cie, Eds.
- 140. Lieth, H., Berkelamp, J., Fuest S. et Riediger, S., (1999).** CD1-climate diagram world atlas. In: Lieth H. ed., "CD series: Climate and biosphere". Backhuys publ. Leiden.
- 141. Ma JF and Takahashi E (2002).** *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 142. MADEC P., 1966.** Croissance et tubérisation chez la pomme de terre. Bull.soc.fr. physio. Vég. n°12 ; pp : 159-173.
- 143. MADR., 2013.** Le Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural. Bilan de la production agrumicole. La direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information MADR. Algérie.
- 144. MADR.2007.** Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural.
- 145. Manner, H.I., Easton ,R.S., Smith ,V.&Elevitch, C.R. (2005).** Citrus species (Citrus), ver.1.1. In : C.R Elevitch (ED). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii. pp. 31.
- 146. Manzanero Majil, V.(2004).** Citrus tristeza virus (CTV) : its developpent in Belize. Caraphin News, no.24, June 2004, 1-4.
- 147. MARTIN J. F. 2004.** Culture de la pomme de terre de conservation. Arvalis. Institut du Végétal : 4-11 pp.
- 148. Mavragani-Tsipidou, P. (2002).** Genetic and cytogenetic analysis of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Genetica*, 116(1), 45-57.
- 149. Mazih A., S. Eltazi, I. Srairi, L. Abaha, S. Sahil, H. Bouguiri, M. Miloudi, Y. Moubaraki, Y. Bourachidi & T. El Mourhir. 2007.** Field experiments towards the development of and strategy for the control of the MedFly (*Ceratitis capitata*) using ADDRESS (SyngentaAgro) in Citrus orchards. IOBC/wprs . Working Group Integrated Control in Citrus Fruit Crops, meeting Catania (Italy), 5-7 November, 2007.
- 150. Mclaughlin, A. (1994).** Laboratory trials on desiccant dust insecticides. In: Proceedings 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia. 638-645.
- 151. Melichar, B., Willomitzer, J., 1967.** Bewertung der physikalischen Insektizide. In: Proceeding 25th Congress of Pharmaceutical Science 1965, 2. Scientia Pharmaceutica, Prague, pp. 589-597.
- 152. Melichar, B., Willomitzer, J., 1967.**Bewertung der physikalischen Insektizide. In: Proceeding 25th Congress of Pharmaceutical Science 1965, 2. Scientia Pharmaceutica, Prague, pp. 589-597.
- 153. Meradi H, 2009.,** Synthèse et Caractérisation d'une Poudre Thermo protectrice à 1600 °C., Mémoire de magister Université Badji Mokhtar, Annaba. pp.75.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 154. Metclaf, R.L. (1990).** Chical ecology of Dacinae fruit flies. *Ann. Entomol. Soc. Ann* ,83: 1017-1030.
- 155. Metna F.2009.** Etude de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae), dans différentes vergers de la région de Tizi Ouzou et de Boumerdes.Mémoire Mag. Inst.sc.Nat.Univ.Tizi Ouzou .P110.
- 156. Mewis, I., Ulrichs, C. (2001).** The action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *J Stored Prod Res.* 37(2), 153-164.
- 157. Meyer JH and Keeping MG (2005).**Impact of silicon in alleviating biotic stress in sugarcane in South Africa.*Sugarcane International* **23**: 14-18.
- 158. MONTARRY J., 2007.** Réponse adaptative des populations de *Phytophthora* a infestans, agent du mildiou de la pomme de terre, au déploiement en culture de son hôte *Solanum tuberosum*. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. France. 177p.
- 159. Moreau C. (1974).** Moisissures toxiques dans l'alimentation.2eme Ed.471p., Masson et Cie, Paris.
- 160. MOREL A., (1974).** Optical properties of pure water and pure sea water, p, 1-24 *in* N. G Jerlov and E. Steeman Nielsen (eds), *Optical aspects of oceanography*. Academic.
- 161. Naâmani, K.,Herbaut, C., El Koch, A.,Bakr, A. &Chemsseddine, M. (1997).** Recherches sur la multiplication de *Ceratitis capitata* dans la foret d'Arganier au Maroc. *FAO/IAEA International Conference on Area-Wide Control of Insect Pests.* pp. 28.
- 162. Naâmani, K.,Herbaut, C., El Koch, A.,Bakr, A. &Chemsseddine, M. (1997).** Recherches sur la multiplication de *Ceratitis capitata* dans la foret d'Arganier au Maroc. *FAO/IAEA International Conference on Area-Wide Control of Insect Pests.* pp. 28.
- 163. Nighat, S.A., Munir, M., Ali, S.S., Shakoori, A.R., 2007.** Efficacy of mixtures of an organophosphate malathion and a synthetic pyrethroid deltamethrin against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. *Pakistan Journal of Zoology* **39**: 179-184.
- 164. Norrbom, A. (2004).** Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Classification and diversity, Systematic and Entomology Laboratory, ARS, USDA, Departement of entomology, NMNH, SI; The Diptera Site.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 165. Oerke, E. C., & Dehne, H. W. (1997).** Global crop production and the efficacy of crop protection-current situation and future trends. *European Journal of Plant Pathology*, 103(3), 203-215.
- 166. Oukil S., 1995.** Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité (Diptera : Trypetidae). Thèse 3ème cycles. Univ. Aix. Marseille III, Fac. Sc. Tech St Jérôme. 138p.
- 167. Ozenda, P., (1997).** Aspect biogéographique de la végétation des hautes chaînes. *Biogeographica*, 73 (4), 145-179.
- 168. P.D.A.U., 2013.** Plan Directeur d'Aménagement Urbain, 2013 Tlemcen.
- 169. Panini T. et Amandier L., (2005).** Climats pluviométriques et thermiques en région provence- AlpesCote d'azur. Analyse des données météorologique 1961-1996 et cartographie par Système d'information Géographique. *Forêt Médit.*, XXVI, 4, 299- 308.
- 170. Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Hendrichs, J., (2001).** Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 253-261.
- 171. Papadopoulos, N.T., Katsoyannos, B.I., Kouloussis, N.A., Hendrichs, J., (2001).** Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 253-261.
- 172. Papaj D.R., OPP S.BR. J., 1989.** Cross inductions of fruit acceptance by Medfly par *Ceratitis capitata* en fonction de la position sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. *Fruits*. Vol 50. N°1. pp : 39 – 49.
- 173. Peguy C P, 1970 –** Précis de climatologie. Ed. Masson et Cie. 444 p.
- 174. Praloran ., 1971.** Les agrumes, techniques agricoles et production tropicale. Edition Maison neuve et Larox, Paris, T21 XXI et XXII, 665p.
- 175. PRICE P.W., (1980).** Evolutionary biology of parasites. Princeton: Princeton University Press.
- 176. Prokopy, R.J. (1981).** Epidectic pheromones that influence spacing patterns of phytophagouse insect. Ed. Wiley-Inter. Public, New York. pp. 181-205.
- 177. Quézel P et Médail F., 2003-a -** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. *Instit. Médit. d'ecol. et de paleoécolo. Univ. d'Aix Marseille. III.* 20-511p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 178. Quézel P et Médail F., 2003-b-** Valeur phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. Forêts méditerranéennes t. xxiv, n° 3 : Pp : 231-248.
- 179. Quézel P. Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed .C.N.R.S. Paris, 1.
- 180. Quillici S., 1993.** Programme de recherche et d'action sur la mouche méditerranéenne des fruits à l'île de la Réunion. Fruits. Vol.49. Special «Vergers tropicaux». pp:28-41.
- 181. Ramade F., 2003.** Elément d'écologie fondamentale, 3eme edition DUNOD, Paris, 690p.
- 182. REGUEIG L., 2008.** Itinéraire technique de la culture de la pomme de terre en Algérie.
- 183. Reitz, S.R. & Trumble, J.T. (2002).** Competitive displacement among insects and arachnids. Annual Review of Entomology, 47, 435–465.
- 184. Reza, A.M.S., Hossain, M.M., Parween, S. (2012).** Repellent action of diatomaceous earth against the adult red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). J Sci Res. 4(3), 783-788.
- 185. Richard, P. J. H., (1997).** Les climats annuels, la variabilité climatique et le bioclimat, adresse sur le web: www.geogr.umontreal.ca/données/geo3152.
- 186. Rigamonti I., 2005.** *Ceratitis capitata* in Lombardia. Quaderni Della Ricerca N° 47. Copyright Regione Lombardia. 40p.
- 187. Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G., 2001.** Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*. Entomologia Experimentalis et Applicata 101, 33-39.
- 188. Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G., 2001.** Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*. Entomologia Experimentalis et Applicata 101, 33-39.
- 189. Ross, T.E., 1981.** Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agriculture and Environment **6**: 43-51.
- 190. Ross, T.E., 1981.** Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agriculture and Environment **6**, 43-51.
- 191. Round, F.E., Crawford, R.M. et Mann, D.G. 1990.** The Diatoms. Biology & morphology of the genera. - Cambridge Univ. Press Ed.

REFFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 192. Rousselle P, Robert Y, Grossuer J.C, 1996.** La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation édition R Doun, 278 p.
- 193. Rousselle P, Rousselle Bourgeois, Ellisseche D., 1992.** La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées .Gallais A, Bammerot H., 1992- SAE, 2006.
- 194. SALAH, Z., 2019.** Biodiversité des mécanismes et des molécules mis en œuvre en réponse aux agressions parasitaires chez *Citrus sinensis* dans la région de Tlemcen (Ouest-Algérien)., Thèse se doctorat. Université de Tlemcen. p 144.
- 195. Sampaio, A. S., Myazaki, I., Suplicy, F. N., Oliveira, D. A., Bitran, E. A., & Teofilo, S. J. (1984).** Possible factors determining the degree of susceptibility of certain citrus varieties to attack by 'fruit flies'(Ceratitis capitata Wied., 1824 and Anastrepha spp.). *Biologico*, 50, 273-284.
- 196. SCHWARTZMANN M., UBIFRANCE, I.B.D., 2010.** Potato– a world production, a European business, EPPO-Special Report . N°14, pp.11-16.
- 197. Seguy, E. 1934.** Diptères d'Espagne. Mem. Acad. Cienc. Exact. Fis-Quim. Nat. Zaragoza 3 : 1-54.
- 198. Selka, O. (2007).** Etude des infestations des fruits de *Citrus sinensis* var. Sangninelli par *Ceratitis capitata* et par la microflore pathogène dans la plaine d'Hennaya. Mémoire de Magistère Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.pp.116.
- 199. Seltzer P, 1946 -** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. du Globe. Alger.219P.
- 200. Simone Fähndrich, ACW., Ute Vogler, ACW., Ursula Kölliker, ART., 2011.** Fiche technique., Vers fils de fer (taupins): possibilités de régulation., Editeur: Extension Gemüsebau, Forschungsanstalt Agroscope, Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil. 5 P. Mars 2011.
- 201. ŞİMŞEK M., 2012.** Çankiri (kizilirmak)'da karpuz ve kavun ekim alanlarında bulunan böcek türleri ile bunların organik tarım açısından değerlendiril mesi., (Évaluation des espèces d'insectes à çankiri (kizilirmak) et des semences dans les plantes couronnes et leur agriculture biologique). Mémoire de master, département de la protection des plantes, Université de Ankara, Turc. 221 p.
- 202. Smail, O., & Keddouci, D. (2000).** *Relations entre le degré d'infestation de différentes*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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 (Doctoral dissertation, Mémoire Ing., Univ. Tizi-Ouzou).

203. Smith, B.C. (1969). Effects of silica on the survival of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can Entomol.* 101, 460-462.

204. Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* W.H. Freeman, New York.

205. SOLTNER D., 1979. Les grandes productions végétales phytotechnie spéciale. 10^{ème} éd.

206. SOLTNER D., 2005. Les grandes productions végétales. 20^{ème} édition. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 472p.

207. Somon, E. (1987). Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. INRA. Ed. OPU. pp. 67-68.

208. Spieckermann, A., & Kotthoff, P. (1914). Untersuchungen über die Kartoffelpflanze und ihre Krankheiten. I. Die Bakterienringfäule der Kartoffelpflanze. *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, Berlin, 46, 659-732.

209. STANEK V.J., (1974). *Encyclopédie illustrée des insectes.* Edit. GRÜND. Paris. 960p.

210. STATHERS, T. E., B. M. MVUMI, AND P. GOLOB. (2002). Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe. *Crop Protection* 21: 1033–1048.

211. Stathers, T. E., B. M. Mvumi., Golob, P. 2002. Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe. *Crop Protection* 21: 1033-1048.

212. Stathers, T.E., Mvumi, B.M. and Golob, P., 2002. Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe. *Crop Protection*, 21(10): 1033-1048.

213. Stewart P, 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 59, p.23-36.

214. Stewart, A.J.A. (1996). Interspecific competition reinstated as an important force

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

structuring insect herbivore communities. *Trends in Ecology and Evolution*, 11, 233-234.

215. Stone, B.C. (1985). Rutaceae. In : M.D. Dassanyake and F.R. Fosberg (eds.). *A. Revised Handbook of the Flora of ceylon, Volume V.* Smithsonian Institution and the National Science Fondation, Washingto., D.C.

216. Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W., 2000. Alternatives to Pesticides in Stored products IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

217. Sumper M. (2002). A phase separation model for the nanopatterning of diatom biosilica. *Science*, 295, 2430-2433.

218. Swarup , S., Feyter, R., Brlansky, R.H. Gabriel, D. (1991). A pathogenicity locus from *Xanthomonas citri* enables strains from several pathovars of *X.campestris* to elicit cankerlike lesion on citrus .*phytopathology*, 81 : pp802-809.

219. Taibi Y., 2001. Influence de la température de traitement sur les propriétés Physico-chimiques du système kieselguhr kaolin; Mémoire de magister, département de Métallurgie et génie des matériaux, université de Annaba.

220. Thomas, M.C., Happner, J.B., Woodruff, R.E., Weems, H.V., Steck, G.J. & Fasulo, T.R. (2001). Mediterranean fruit fly, *Ceratitiscapitata* (Widemann) (Insecta :Diptera : Tephritiae). Florida Department of agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry ; and T.R. Fasulo, Entomology and Nematology Department, university of Florida, Gainesville, FL.

221. TRINDALE L.M., HORVATH B., BERGERVOET M., VISSER R., 2003. Isolation of a gene encoding a copper chaperone for the Cu/Zn superoxide dismutase and characterisation of its promoter in *Solanum tuberosum*. *Plant Physiology*. 133: 618-629.

222. TRINDALE L.M., HORVATH B.M., R.V.B, RICHARD G.F., 2004. Analysis of genes differentially expressed during potato tuber life cycle and isolation of their promoter regions. *Plant science*. N°166 , pp. 423-433.

223. Tucker,DPH., Wheaton, T.A & Muraro, R.P. (1994). Citrus Tree Pruning Principales and Practices. Fact Sheet HS-144. Horticultural Sciences Department.

224. Tzanakakis, M.E. & Koveos, D.S. (1986). Inhibition of avarian maturation in the olive fruit fly under long photophase and an increase of temperature. *Annals of the Entomological Society of America*, 79. pp. 15-18.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 225. Vayssières J.F., Sinzogan A., et Bokonon-Granta A. (2008).** Les mouches des fruits du genre *Ceratitis capitata* Diptera : Tephritidae en Afrique de l'Ouest., IITA. Cirad. UPR Production fruitière, Montpellier., 4p.
- 226. Vera M.T., Rodriguez R. ; Segura D. F. ; Cladera J. L. ; et Suthert R.W. (2002).** potential geographical distribution of the mediterranean fruit fly. *Ceratitis capitata* (Diptera; Tephritidae) with emphasis on Argentina and Australia. *Environmental Entomology* 31, 1009-1022.
- 227. Vernière, C., Navaro, L. Bové, JM. (2003).** Statut actuel des pathogènes des agrumes dans le Bassin méditerranéen. CIRAD-FLHOR, TA 50/PS4, 34398 Montpellier cedex 5, France. A Volume 12: August 2005- January 2006.
- 228. Vernon RS., (2005).** Aggregation and mortality of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) at insecticide-treated trap crops of wheat (Gramineae). *J Econ Entomol* ; 98 : 1999-2005.
- 229. Virbel-Alonso, C., 2011.** Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles. 15p.
- 230. Walter A ; Sam C., 2002.** Fruits of Oceania (Trans, P. Ferrar From fruits D'ocianie). ACIAR Monograph 85. Australian center for international Agricultural Research, Camberra, Australia.
- 231. Wang, X. G., Johnson, M. W., Daane, K. M., & Nadel, H. (2009).** High summer temperatures affect the survival and reproduction of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environmental entomology*, 38(5), 1496-1504.
- 232. Webb, J.E., 1945.** The penetration of Derris through the spiracles and cuticle of *Melophagus ovinus*, L. *Bulletin of Entomological Research* 36, 15-22.
- 233. Webber et Hebert, 1967.** History and development of the citrus industry. In: The citrus industry. 1. History, Word Distribution Botany and varieties. W. Reuther et al, eds. Berkeley, University of California Press: 1- 39.
- 234. Weems H., 1981.** Mediterranean fruit *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae). *Pep. Agric. Cumer, Dir. Plant. Industry. Entomol. Circ. Florida* (230), 12p.
- 235. Weinzierl, R., Jones, C. (2000).** Insect pest management for livestock and livestock buildings. *Illinois Agricultural Pest Management Handbook*. 129-167.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 236. Wiedemann, C.R.W. (1829).** Munus rectoris in Acadamia Christiana Albertinaaditurs. Analecta entomologica ex Museo Regio Havniesi maxime congesta profert inconibusque illustrat. 60p. kiel.
- 237. Wilkinson ATS., (1963).** Wireworms of cultivated land in British Columbia. *Proc Entomol Soc Br Columbia* ; 60 : 3-17.
- 238. Zacher, F., Kunike, G. (1931).** Contributions to the knowledge of stock pests. Investigations on the insecticidal effect of oxides and carbonates (in German). *Arb Biol Reichsan.* 18, 201-231.
- 239. Zambetaki, A., Mavragani-Tsipidou, P., & Scouras, Z. G. (2000).** Heat shock response of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae): genes and proteins. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 648-652.
- 240. Zettler, J.L., Arthur, F.H., 2000.** Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection* **19**: 577-582.
- 241. Zoulim K., 2006.** Etude de quelques paramètres biologiques de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Trypetidae) et de son comportement de ponte au laboratoire. Mémoire. Ing. Inst.Biologie.UnideTizi Ouzou.93p.
- 242. Zurzolo, C., & Bowler, C. (2001).** Exploring bioinorganic pattern formation in diatoms. A story of polarized trafficking. *Plant Physiology*, 127(December), 1339–1345.

INSECTICIDAL EFFICACY OF DIATOMACEOUS EARTH ON LARVAE OF *AGRIOTES LINEATUS* (COLEOPTERA; ELATERIDAE), POTATO PESTS IN TISSEMSILT, ALGERIA

Bounouira Yassine¹, Gaouar Benyelles Nassira^{1,*}, Senouci Hanane¹, M'saad Guerfali Meriem²

¹Ecology and Management of Natural Ecosystems Laboratory, Department of Ecology and Environment, University of Tlemcen, Algeria

²Laboratory of Biotechnology and Nuclear Technologies, LR16 CNSTN01, National Center of Nuclear Sciences and Technologies, Technopole Sidi Thabet, Tunis, Tunisia

ABSTRACT

In order to evaluate the diatomaceous earth (DE) toxicity on the *Agriotes* larva *Agriotes lineatus*, concentration of 0.1mg/cm²; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 and 1 mg/cm² of DE were directly used in the powder form. Insects were exposed to diatomaceous earth through filter paper placed on Petri dishes at a temperature of 24°±2°C.

An amount of 0.2086 of CL50 and 0.2192 mg/cm² of CL90 were determined. The mortality tests showed that there is a strong correlation between the concentration increase and time increasing. The results showed that the diatomaceous earth can be used as an efficient larvicide against *agriotes*, known by their deleterious effects on different cultures.

KEYWORDS:

Diatomaceous earth, *Agriotes*, concentration, mortality, toxicity, larvicide.

INTRODUCTION

Agriotes or wireworms, *Agriotes lineatus*, are beetles through which larvae «wireworm» are well known by their damages. Larvae exclusively live in the earth where they develop during many years according to the underground parts of cultivation: grains, roots, collet and tubers [1].

Due to their underground life mode, wireworms can damage the productivity of cereals, maize, vegetables, small fruits, and ornamental plants and cause quality deterioration of carrots, strawberries and potatoes [2, 3], which necessitates insecticidal treatments in order to control the damages.

Among the diverse insecticides with retentive effects, the organophosphorus and the pyrethroids are the most used [4, 5, 6]. However, the residues of these synthetic insecticides reduce the acceptability of the consumer because there is an increasing demand for foods without residues. Besides the developing of resistance in the harmful insects to

the insecticides [7, 8], the environmental factors and health risks necessitate the evaluation of new substances, rather natural, and less harmful for the management of the pests. Therefore, the alternatives of chemical insecticides such as diatomaceous earth are equally evaluated with good efficiency insecticide [9, 10], the conservatives of the residual grains continue to play an inevitable role in the management of the stored pests [11].

The diatomaceous earth (DE) is originally a natural substance that is certified as an organic insecticide, which is non-toxic and ecologically benign [12]. Silica dust of DE is the variable results which are used against different targeted organisms [13, 14].

The goal of this study is to evaluate for the first time the efficiency of the diatomaceous earth on the mortality of "iron wire". In order to do so, the powder is sprayed on the larvae with different concentrations: 0.0 mg; 0.1mg; 0.2mg; 0.4mg; 0.6mg; 0.8mg and 1mg/cm² on filter paper, in Petri dishes of 9 cm in diameter, containing slices of potatoes in order to guarantee their nourishment.

MATERIALS AND METHODS

Diatomaceous earth (DE) and its treatment protocol. In our work, we are concerned with a local material called the diatomite or the diatomaceous earth which is rather abandoned in Algeria. The diatomite is also called kieselguhr, is a siliceous sedimentary rock, porous and friable made almost entirely of skeletons of diatomaceous (Fig. 1).

The diatomaceous or the Bacillariophyceae are a part of the brown algae junction (Chromophytes). They are very ancient as the very first fossils go back to Cretaceous (120 million years) [15]. The diatomaceous are eukaryotes cells enshrined inside a hydrated silica wall (the frustula) which are composed of two imbricated units: the epivalve and the hypovalve. These two valves are linked by connecting belts, composed of fine siliceous bands [16].

The accumulation of a siliceous deposit is constituted after the degradation of the organic

matter. The silica deposits of the diatomaceous fossils constitute a rock called diatomite [17].

The studies have clearly shown that silicon application was able to contribute in a significant manner in the reduction of damages caused by parasites and diseases [18, 19, 20]; In [21].

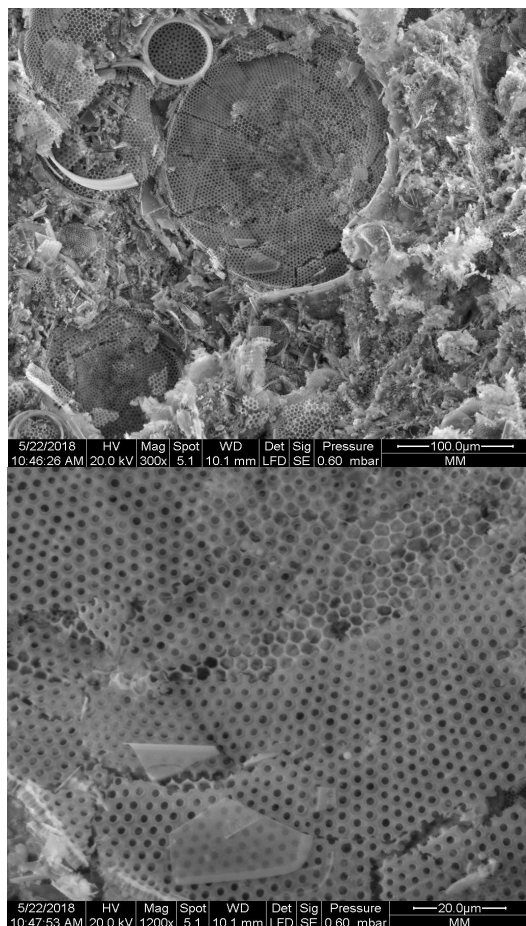


FIGURE 1

Microscopic structure of the diatomite

Mineralogical analysis by X-ray diffraction (XRD). The device used in this study is the diffractometer MiniFlex 600, 40kV, 15mA, scan speed/duration time 5.0000 deg/min, step width 0.0200 deg, scan range 79.99 deg.

Diatomaceous earth was removed from the Bider Zone (Tlemcen-Algeria). The composition of this material was determined by [22] who showed that it comprises 55.47% SiO₂, 6.17% Al₂O₃, 13.34% CaO₂, 0.87% K₂O, 2.3% MgO, 3.29% Fe₂O₃, PF. at 15.73%, 0.82% Na₂O, 0.18% SO₃ and 0.45% TiO₂.

Collection and colonization of test insects.

The larvae of agriotes, wireworms (Coleoptera, Elateridae) were collected at a potato orchard. Shortly thereafter, the Agriotes were transported in

30 cm x 30 cm x 50 cm plastic containers containing soil and potato tubers to the laboratory.

For insecticide tests, the insects were exposed to diatomaceous earth at different concentrations: 0.0 mg; 0.1mg; 0.2mg; 0.4mg; 0.6mg; 0.8mg and 1mg / cm² on filtering paper in 9cm diameter petri dishes, containing pieces of potato to feed the larvae.

All the experimental Agriotes were put in the laboratory at 24 ° ± 2 ° C, and their mortality rate was monitored every 12h up to 96h.

Statistical analysis. Mortality was calculated by grouping the number of dead and live beetles at each replication [23]. Witness mortality was nil and no correction was necessary.

Repeated measures analysis was performed by population, with diatomaceous earth treatment as the main effect, and adult mortality as the response variable.

The results obtained were subjected to the analysis of the variance test (ANOVA with 1 classification criterion). When this analysis reveals significant differences, it is supplemented by the Tukey Kramer (HSD) test [24] at the $\alpha = 0.05$ threshold.

The lethal concentrations for the diatomaceous earth were calculated: concentrations that determine the 50% and 90% mortality for the Agriotes population. Statistical analysis was performed with SAS version 9.0.

RESULTS

Mineralogical analysis by X-ray diffraction (XRD). The results of the mineralogical analysis done by the XRD are presented in Figure 2.

The XRD rays have shown that the diatomaceous earth which were taken from the Bider zone (Tlemcen-Algeria) are originally formed of fresh water containing the HP coesite, silicon dioxide (SiO₂) with 77%, Magnesium Oxide (MgO) 4.5 %, Potassium Oxide (K₂O) 1.0 %, Calcium Oxide (CaO) 6.8 %, sulfur (VI) oxide (SO₃) 0.6 %, phosphorus (V) oxide (P₂O₅) 1.0 %, iron(III) oxide, hematite HP (Fe₂O₃) 4.1 %, Vanadium Phosphide (PV) 0.4 %, Phosphorus Sulfide (P₄S₇) 1.0 %, Titanium Oxide (TiO₂) 0.2 %, Aluminum Oxide (Al₂O₃) 2 %, Phosphorus (P) 1,0 % and Sodium Oxide (Na₂O) 0.4 %.

The XRD analysis has also shown that our diatomite sample contained 4 phases: the SiO₂ Amorphe with 32.19%, Ankerite in the form of Ca (Fe⁺², Mg) (CO₃)₂ with 31.9%, Calcite CaCO₃ with 26.9% and Quartz SiO₂ with 9.0%.

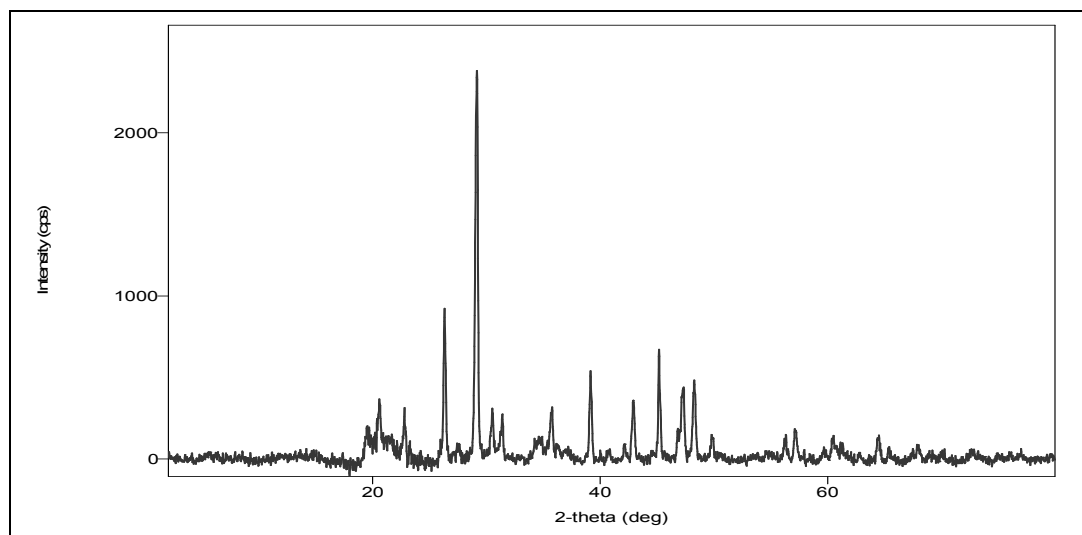


FIGURE 2

X-rays of diffraction obtained on our diatomite samples.

TABLE 1
Physic-chemical analyses of diatomaceous earth sample.

pH	Electrical conductivity $\mu\text{m}/\text{cm } 1/5$	organic matter %	Limestone %		assimilable phosphorus ppm
			total	Active	
7,61	12360	0,17	18,75	4,75	245,78

TABLE 2
ANOVA test for the mortality of larvae of ladybugs treated with diatomaceous earth (DE)
at 0.1 mg / cm²; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 and 1 mg / cm².

Source	DDL	Anova SS	F	Pr > F
time	6	109.2108844	16.25	< 0.0001
Dose	6	451.1156463	67.11	< 0.0001
Repetition	2	0.0544218	0.02	0.9760

Statistical analysis was performed with SAS version 9.0.

TABLE 3
Susceptibility of populations of *Agriotes* larvae at different concentrations of diatomaceous earth (DE)

Dose	Tukey Groupement	Average mortality in each replicate
1	A	8,46
0,8	A	8,08
0,6	B	5,7
0,4	B	4
0,2	C	0,18
0,1	C	0
0	C	0

The physic-chemical analyses of our sample have shown that the level of pH was 7.61, its conductivity was 12360 $\mu\text{m}/\text{cm } 1/5$ and the percentage of organic matter was 0.17. This diatomaceous earth contains 18.75% and 7.75% total limestone and active, respectively and 245.78 ppm of assimilable phosphorus (Table 1).

Efficient DE concentrations. The main effects on the levels of mortality of the tested population were significant. The tested diatomite was

toxic to the individuals of *agriotes* population.

According to the results of the analysis, the mortality variance of *agriotes* population was highly significant according to doses and time ($F=67.11$, $P < 0.0001$, $F=16.25$, $P < 0.0001$, respectively) (Table 2).

We know from previous work that different strains of the same species have different susceptibilities to DE [25], that the concentration of DE affects mortality and that the DEs differ in their efficiencies [26].

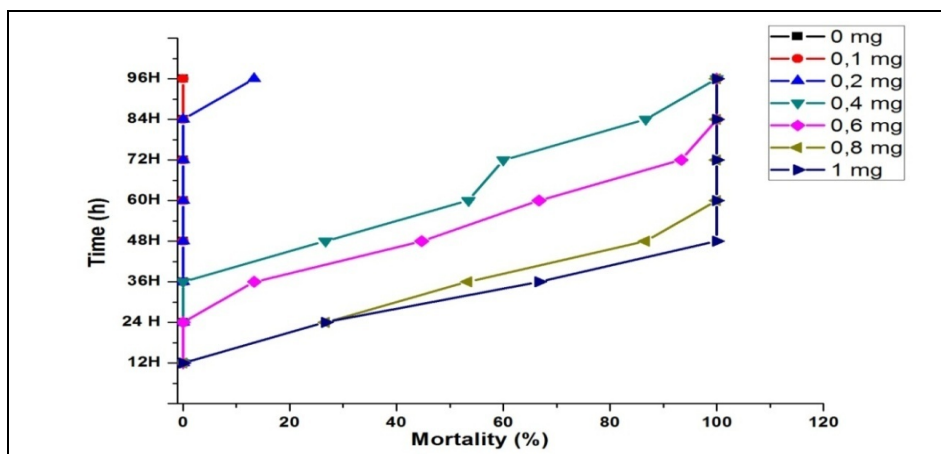


FIGURE 3

Cumulative mortality rate of *Agriotes* larval populations exposed to diatomaceous earth (DE) at 0.1 mg / cm²; 0.2 mg / cm²; 0.4 mg / cm²; 0.6 mg / cm²; 0.8 mg / cm² and 1 mg / cm² during 96 hours. The values are the averages of three repetitions.

TABLE 4

Estimated values of lethal concentration (CL) after diatomaceous earth (DE) treatment of larval beetles

Mortality percentage (%)	lethal dose (mg/cm ²)
01	0.1880
10	0.1985
20	0.2021
30	0.2046
40	0.2067
50	0.2086
60	0.2105
70	0.2126
80	0.2152
90	0.2192
99	0.2314

To compare the efficacy of different concentrations of diatomaceous earth, a Tukey test was performed (Table 3), a similar efficacy was found between the 1 mg and 0.8 mg / cm² concentrations with a mortality rate of 100 % in less than 60 hours of exposure; between 0.4 and 0.6 mg / cm² with a mortality rate of 100% in less than 96 hours of exposure and between 0.1 and 0.2 mg / cm² a near-zero mortality rate after 96 hours of exposure. The control at 0 mg / cm² had a zero mortality rate after 96 hours of exposure.

Our study gives the opportunity to directly compare the sensitivity of the *Agriotes* population to our DE formulation; comparisons were based on observed mortality. It would be interesting to know the lethal concentrations to control this population.

Estimation of lethal concentration (LC) values for the *agriotes* population. We calculated the lethal concentrations to determine diatomaceous earth concentrations that determine mortality for the *Agriotes* population over time. The table 4 shows the lethal concentrations for our diatomaceous earth, it allowed us to conclude that the diatomaceous earth (DE) has a very important toxic effect on the population of *Agriotes* at the 0.2086 LC₅₀

and the CL₉₀ of 0.2192 mg / cm².

Cumulative mortality. The mortality curve of the *Agriotes* during the 96h of exposure remains nil for the controls and the concentration 0.1 mg / cm²; for the concentration 0.2 mg / cm² the mortality reaches 20% in 96 hours of exposure. As concentrations increase, mortality reaches 100% with decreased exposure times; 96h for the concentration 0.4 mg / cm², 84h for the concentration 0.6 mg / cm², 60h in the concentration 0.8 mg / cm² and 48h for the concentration 1 mg / cm² (Fig. 3).

DISCUSSION

The effectiveness of DE in controlling stored product pests depends on various factors such as insect species, products, moisture, and temperature [26].

[25] found that insects of the same species but of different origins had different levels of susceptibility to DE.

The effectiveness of the natural insecticide DE varies according to the geological origin of the mines from which it is extracted [27], probably

because of the differences in the physical and morphological properties of diatoms [28].

The effects of DE on a wide range of beetles have been reported by many studies, including *Rhyzopertha dominica* [26, 10], *Tribolium castaneum* [25, 29], *Tribolium confusum* [30], several *Sitophilus* species [31, 26, 30], *Callosobruchus maculatus* [31], and *Plodia interpunctella* [30].

Other than from the beetles mentioned above, DE was used as a feed additive to control internal parasites and fly larvae, including house flies, sedentary flies and flies in manure [32].

In addition, it has been reported to be effective against cockroaches, silverfish, bed bugs, mites, ants and fleas [33], gastropods such as slugs [34] and also against infestations [35].

To understand the basis of variability, it was necessary to determine the dust's mode of action. Different theories have been proposed: (1) superficial enlargement of the integument following dehydration [36]; (2) alteration of the digestive tract [37]; (3) blockage of spiracles and tracheas [38]; (4) ad- or lipid absorption of the cuticle [39] and / or (5) damage to the protective wax layer [40]. It is a mechanical insecticide, insects cannot develop immunity or resistance to DE. Therefore, it can be used to control insects for a long time without the manifestation of insecticide resistance that is often reported for other insecticides

CONCLUSION

These results allow us to suggest this natural product as a plausible alternative to insecticides previously used to fight against *Agriotes lineatus*, and this will be better to preserve our health and environment.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Gérard DUVALLET professor emeritus at the University of Paul-Valéry of Montpellier for his help, and we thank HAOUALA Rabiaa Professor at the Higher Agronomic Institute of Chott Meriem of Tunisia for helping us with the corrections.

REFERENCES

- [1] Dedryver, C.A., Robin, N., Taupin, P., Thibord, J.B. (2009) Control of wireworms: State of research and technical knowledge in France and in the U.E.; Paths of research to privilege. Synthesis report coordinated by INRA Rennes, with the collaboration of ARVALIS Plant Institute, and at the request of the Ministry of Agriculture and Fisheries (in French), 4-26.
- [2] Noronha, C., Vernon, R.S., Vincent, C. (2008) Important insect pests of potato in Canada (in French). Cah Agric. 17(4), 375-381.
- [3] Vernon, R.S. (2005) Aggregation and mortality of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) insecticide-treated trap crops of wheat (Gramineae). J Econ Entomol. 98, 1999-2005.
- [4] Zettler, J.L., Arthur, F.H. (2000) Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. Crop Prot, 19, 577-582.
- [5] Collins, D.A. (2006) A review of alternatives to organophosphorus compounds for the control of storage mites. J Stored Prod Res. 42, 395-426.
- [6] Nighat, S.A., Munir, M., Ali, S.S., Shakoori, A.R. (2007) Efficacy of mixtures of organophosphate malathion and synthetic pyrethroid deltamethrin against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. Pak J Zool. 39, 179-184.
- [7] Arthur, F.H., Zettler, J.L. (1992) Malathion resistance in *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera: Tenebrionidae): correlating results from topical applications with residual mortality on treated surfaces. J Stored Prod Res. 28, 55-58.
- [8] Irshad, M., Gillani, W.A. (1992) Malathion resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) infesting stored grains. Pak J agric Res. 13 (3), 273-276.
- [9] Subramanyam, B.H., Hagstrum, D.W. (2000) Alternatives to Pesticides in Stored products IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 2-437.
- [10] Stathers, T.E., Mvumi, B.M., Golob, P. (2002) Field assessment of the efficacy and persistence of diatomaceous earths in protecting stored grain on small-scale farms in Zimbabwe. Crop Prot. 21, 1033-1048.
- [11] Arthur, F.H. (1996) Grain protectants: current status and prospects for the future. J Stored Prod Res. 32, 293-302.
- [12] Ross, T.E. (1981) Diatomaceous earth as a possible alternative to chemical insecticides. Agr Environ. 6, 43-51.
- [13] Korunic, Z. (1997a) Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. J Stored Prod Res. 34, 1-11.

- [14] Korunic, Z. (1997b) Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J Stored Prod Res.* 34, 87-97.
- [15] Gold, C. (2002) Study of the effects of metallic pollution (Cd / Zn) on the structure of periphytic diatom communities in rivers. Experimental approaches in situ and in the laboratory (in French). University of Bordeaux I, Faculty of Life Sciences, Geosciences and Environmental Science, Bordeaux- France.
- [16] Duke, E.L., Reimann, B.E.F. (1977) Chapter 3: ultrastructure of the diatom cell. In: Werner, D. (ed.) *The Biology of Diatoms*. Bot. Monogr. 13. Blackwell Sci. Publ. 65-109.
- [17] Kroger, N., Lorenz, S., Brunner, E., Sumper, M. (2002) Self-Assembly of Highly Phosphorylated Silaffins and Their Function in Biosilica Morphogenesis. *Science*. 298, 584-586.
- [18] Belanger, R.B., Bowen, P.A., Ehret, D.L., Menzies, J.G. (1995) Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease*. 79, 329-336.
- [19] Ma, J.F., Takahashi, E. (2002) *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier Science, Amsterdam, the Netherlands, 1-294.
- [20] Meyer, J.H., Keeping, M.G. (2005) Impact of silicon in alleviating biotic stress in sugarcane in South Africa. *Sugarcane Int.* 23, 14-18.
- [21] Laing, M.D., Gatarayih, M.C., Adandonon, A. (2006) Silicon use for pest control in agriculture: a review. *Proc S Afr Sug Technol Ass.* 80, 278-286.
- [22] Kheroua, M.R. (2008) Mineral substances and useful substances in the Monts of Tlemcen and in the Monts of Traras. State of current knowledge and prospects (in French). University of Abou Bakr Belkaid, Faculty of Science Department of Earth Sciences, Tlemcen-Algeria. University of Abou Bakr Belkaid, Faculty of Science Department of Earth Sciences, Tlemcen-Algeria.
- [23] Dagnélie, P. (Ed.) (1975) *Theory and statistical methods* (in French). Vol.2. 2nd Edition. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium, 1-463.
- [24] Sokal, R.R., Rohlf, F.J. (1995) *Biometry, Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3rd ed. Freedman and Company, New York, 1-887.
- [25] Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G. (2001) Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*. *Entomol exp Appl.* 101, 33-39.
- [26] Fields, P., Korunic, Z. (2000) The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *J Stored Prod Res.* 36(1), 1-13.
- [27] McLaughlin, A. (1994) Laboratory trials on desiccant dust insecticides. In: *Proceedings 6th International Conference on Stored-Product Protection*, Canberra, Australia. 638-645.
- [28] Korunic, Z. (1998) Review Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J Stored Prod Res.* 34(2-3), 87-97.
- [29] Reza, A.M.S., Hossain, M.M., Parween, S. (2012) Repellent action of diatomaceous earth against the adult red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). *J Sci Res.* 4(3), 783-788.
- [30] Mewis, I., Ulrichs, C. (2001) The action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *J Stored Prod Res.* 37(2), 153-164.
- [31] Islam, M.S., Hasan, M.M., Lei, C.L., Pelzer, T., Mewis, L.I., Ulrichs, C. (2010) Direct and admixture toxicity of diatomaceous earth and monoterpenoids against the storage pests *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *J Pest Sci.* 83(2), 105-112.
- [32] Weinzierl, R., Jones, C. (2000) Insect pest management for livestock and livestock buildings. *Illinois Agricultural Pest Management Handbook*. 129-167.
- [33] Faulde, M.K., Tisch, M., Scharninghausen, J.J. (2006) Efficacy of modified diatomaceous earth on different cockroach species (Orthoptera, Blattellidae) and silverfish (Thysanura, Lepismatidae). *J Pest Sci.* 79(3), 155-161.
- [34] Fields, P., Allen, S., Korunic, Z., McLaughlin, A., Stathers, T. (2002) Standardized testing for diatomaceous earth. *Proc. 8th International Working Conference of Stored-Product Protection*, York, UK. Entomological Society of Manitoba.
- [35] Athanassiou, C.G. (2006) Influence of instar and commodity on the insecticidal effect of two diatomaceous earth formulations against larvae of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J Econ Entomol.* 99(5), 1905-1911.
- [36] Zacher, F., Kunike, G. (1931) Contributions to the knowledge of stock pests. Investigations on the insecticidal effect of oxides and carbonates (in German). *Arb Biol Reichsan.* 18, 201-231.
- [37] Smith, B.C. (1969) Effects of silica on the survival of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can Entomol.* 101, 460-462.
- [38] Webb, J.E. (1946) The penetration of Derris through the spiracles and cuticle of *Melophagus ovinus*, L. *Bull Entom Res.* 36, 15-22.
- [39] Ebeling, W. (1964) Permeability of insect cuticle. In: *Rockstein, M. (Ed.) The Physiology of Insecta*. Vol. III. Academic Press, New York, 508-523.

[40] Beament, J.W.L. (1945) The cuticular lipids of insects. *J Exp Biol.* 21, 115-131.

Received: 15.08.2019

Accepted: 18.09.2019

CORRESPONDING AUTHOR

Gaouar Benyelles Nassira

Ecology and Management of
Natural Ecosystems Laboratory,
Department of Ecology and Environment,
University of Tlemcen – Algeria

e-mail: gaouarn@yahoo.fr

ملخص: تساهم هذه الدراسة في معرفة النشاط البيولوجي لتربة الديتومايت، كمبيد حشرات على ذبابة فاكهة البحر المتوسط و دودة الخيط الحديدية، ومضادات الفطريات على *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Aspergillus niger* و *Sclerptium rolfsii*، ومضادات البكتريا على *Bacillus cereus* و *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*.

أسفرت الدراسة البيولوجية لذبابة فاكهة البحر المتوسط على مدى عامين (2017 و 2018) عن عدد من النتائج التي استخدمت لتحديد التوزيع الزمني و المكاني لهجمات الذبابة على فاكهة البرتقال. أظهرت دراسة حالات إصابة فاكهة البرتقال بثقوب التعشيش والفاوكة الساقطة ان لها علاقة كبيرة بالاتجاه وتاريخ الملاحظة وعينة الأشجار خلال فترة الدراسة. وقد أعطى نشاط مبيد الحشرات لتربة الديتومايت على ذبابة فاكهة البحر المتوسط نتائج هامة للغاية على مختلف المراحل (اليرقات، الشرنقات والكبار). حصلنا على CL50 158.29 ملغ/سم³ لليرقات، و 109.43 ملغ/سم³ للشرنقات و 3.262 ملغ/سم² للكبار.

كما أظهر نشاط مبيد الحشرات لتربة الديتومايت على يرقات دودة الخيط الحديدية agriote نتائج جد ايجابية مع LC50 0.20 ملغ/سم². مع ذلك لم تعطي تربة الديتومايت أي فعالية ضد الفطريات او البكتريا. النتائج التي تم الحصول عليها تسمح لنا بالتوصية باستخدام تربة الديتومايت كمبيدات طبيعية وبدل عن المبيدات الحشرية لحماية و ضمان صحة المستهلك وبيئته.

الكلمات المفتاحية: تربة الديتومايت، ذبابة فاكهة البحر المتوسط، دودة الخيط الحديدية agriote، مبيد حشرات.

Résumé : Cette étude est une contribution à la connaissance de l'activité biologique de la diatomite, insecticide sur la cératite et les taupins, et antifongique sur *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Aspergillus niger* et *Sclerptium rolfsii* et antibactérienne sur *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*.

L'étude bioécologique de *Ceratitis capitata* (Diptera ; Tephritidae) durant deux années (2017 et 2018), a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui ont servi à connaitre la répartition spatio-temporelle des attaques de la cératite sur les fruits de *Citrus sinensis* (oranges). L'étude des infestations en fonction des trous de ponte et des fruits chutés a montré un impact significatif des facteurs orientation, date d'observation et arbre échantillonné sur les attaques de ce phytophage durant la période d'étude. L'activité insecticide de la diatomite sur la cératite a donné des résultats hautement significatifs sur les différents stades (larve, pupes et adulte). En effet, nous avons obtenu des CL50 de ; 158,29 mg/cm³ pour les larves, 109,43 mg/cm³ pour les pupes et 3,262 mg/cm² pour les adultes.

L'activité insecticide de la diatomite sur les larves des agriotes a présenté aussi des résultats hautement significatifs avec une CL50 de 0.20 mg/cm². Cependant, la terre de diatomée n'a eu aucune activité antifongique sur toutes les souches testées.

Les résultats obtenus nous permettent donc de préconiser la diatomite comme insecticide naturel pour l'agriculture biologique et comme alternative aux pesticides protégeant ainsi la santé et l'environnement du consommateur.

Mots-clés: Terre de diatomée, *Ceratitis capitata*, Agriotes, insecticide.

Abstract: This study is a contribution to the knowledge of the biological activity of diatomaceous earth, insecticide on ceratitis and wireworms, antifungal on *Fusarium oxysporum*, *Fusarium sambucinum*, *Aspergillus niger* and *Sclerptium rolfsii* and antibacterial on *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*. The bioecological study of *Ceratitis capitata* (Diptera; Tephritidae) during two years (2017 and 2018), allowed to obtain a certain number of results which were used to know the spatiotemporal distribution of the attacks of ceratitis on the fruits of *Citrus sinensis* (oranges). The study of infestations as a function of egg-laying holes and fallen fruits showed a significant impact of orientation, date of observation and tree sampled factors on attacks by this phytophagous during the study period.

The insecticidal activity of diatomaceous earth on ceratitis has given highly significant results on the various stages (larva, pupa and adult). In fact, we obtained LC50 of; 158.29 mg / cm³ for larvae, 109.43 mg / cm³ for pupae and 3.262 mg / cm². The insecticidal activity of diatomaceous earth on agriote larvae also showed highly significant results with an LC50 of 0.20 mg / cm². However, diatomaceous earth had no antifungal activity on all of the strains tested. The results obtained therefore allow us to recommend diatomite as a natural insecticide for organic farming and as an alternative to pesticides, thus protecting the health and environment of consumers.

Key words: Diatomaceous earth, *Ceratitis capitata*, Agriotes, insecticide.