

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur ET de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMSEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Agronomie



MÉMOIRE

Présenté par

Rahmouni Hadjer

Rahmouni Chaima

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité

Thème

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

Soutenu le **25/06/2024** devant le jury composé de :

Président	Mr. Azzi Nouredine	MAA	Université de Tlemcen
Examineur	Mr. Tefiani Choukri	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant	M^{me} Youcefi Fatma	MCA	Université de Tlemcen
Co-Encadrant	M^{elle} kherbache Atiqa	Docteur	Université de Tlemcen

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude envers Monsieur **AZZI NOUREDDINE**, Maitre-Assistant classe A à l'université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté de présider et d'évaluer notre modeste travail.

Également, nous remercions chaleureusement Monsieur **TEFIANI CHOUKRI**, maitre de conférences classe B, d'avoir honoré notre humble travail par son évaluation.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promotrice, Madame **YOUCEFI FATMA**, maitre de conférences classe A à l'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, qui nous a initiés à un domaine scientifique enrichissant en nous proposant ce thème. Nous espérons Que ce travail témoigne de nos débuts prometteurs dans la recherche Scientifique que nous envisageons.

Nous exprimons notre gratitude envers notre co-encadrante de Mémoire, mademoiselle **KHERBACHE Atiqa**, Docteur à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, pour sa disponibilité, sa confiance et Son soutien tout au long de ce parcours.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers les ingénieurs de Laboratoire de Biologie moléculaire, notamment **M. SALHI BOUMEDIENE** et **M. LOUKILI AMINE**,

Ainsi que toutes les personnes ayant participé à la réalisation de ce travail

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma mère Samia qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance

A ma chère grand-mère Yamina رحمها الله, qui a illuminé nos vies de son amour et sa sagesse.

Tu resteras à jamais dans nos cœurs.

A mon père Mohammed qui encouragé durant ces années d'études

Mes sœurs Sarah et Anfel, à mon frère Ismail

A tous mes amis Ismhane, Amina et Rania qui m'ont toujours encouragé, et à qui souhaite plus de succès

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous ceux que j'aime.

Hadjer et Chaima

ملخص:

يهدف هذا العمل إلى تقليل أضرار حشرة البق الدقيقي في الصبار، حيث قمنا بتقييم التأثير المختبري والموضعي لمبيد الحيوبي المتكون من بوليمر على حشرة البق الدقيقي *Dactylopus opuntiae* من خلال مقارنتها مع تأثير المبيد الكيميائي مثل Deltamétrine المضر بالبيئة والصحة للإنسان. وفي الواقع، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المبيد الحيوبي كان له تأثيرات فعالة متعددة حيث لها تأثير على تحلل الشمع الواقي للقرمزية بنسبة تصل إلى 85٪ بعد ساعتين (02) من الرش وجفاف حشرات القرمزية بنسبة 100٪ في كل مراحل تطورها. الاستخدام المشترك للبوليمر والمستحلب مفيد للنبات دون التسبب في التعفن.

الكلمات المفتاحية: قرمزي، بوليمر، مستحلب طبيعي، *Dactylopus opuntiae*، شمع وقائي، مبيد حيوبي.

Résumé :

Ce travail a pour objectif de réduire les dégâts de la cochenille du cactus, nous avons évalué l'effet in vitro et in situ du Polymère associé à un émulsifiant naturel H2000CH sur la cochenille *Dactylopus opuntiae* en le comparant avec l'effet d'un pesticide chimique Deltamétrine qui néfaste sur l'environnement et la santé humain.

En effet, les résultats obtenus ont montrent que le biopesticide composé du Polymère et d'émulsifiant naturel H2000CH a des effets multiples efficaces, notamment une dégradation de la cire protectrice de la cochenille jusqu'à 85% après deux (02) heures de pulvérisation, une mortalité totale des différents stades du développement de la cochenille de cactus à 100%. L'utilisation conjoint d'un polymère et un émulsifiant est bénéfique pour la plante sans entrainer des pourritures.

Mots clés : cochenilles, Polymère, émulsifiant naturel, *Dactylopus opuntiae*, cire protectrice, biopesticide.

Abstract:

The objective of this work is to reduce damage caused by the cactus cochineal. We evaluated the in vitro and in situ effects of the polymer combined with a natural emulsifier H2000CH on the cochineal *Dactylopus opuntiae*, comparing it with the effect of the chemical pesticide Deltamethrin, which is harmful to the environment and human health.

Indeed, the results obtained showed that the biopesticide composed of the polymer and natural emulsifier H2000CH has multiple effective effects, including degradation of the protective wax of the cochineal by up to 85% after two (02) hours of spraying, and complete mortality of

various stages of cactus cochineal development at 100%. The combined use of a polymer and emulsifier is beneficial for the plant without causing rot.

Keywords: Cochineals, Polymer, natural emulsifying agent, *Dactylopius opuntiae*, protective wax, biopesticide

LISTES DES FIGURES

FIGURE 1: LES RACINES D'OPUNTIA FICUS-INDICA (BAKALI ET AL., 2016).....	5
FIGURE 2: LES RAQUETTES OU CLADODES DU CACTUS (MABROUK., 2022).	6
FIGURE 3: OPUNTIA FICUS INDICA (MABROUK., 2022).....	7
FIGURE 4: FLEURS DE FIGUIER DE BARBARIE (EL KHARRASSI., 2015).	7
FIGURE 5: FRUITS OPUNTIA FICUS INDICA (EL KHARRASSI., 2015).	8
FIGURE 6: OBSERVATION DU MALE ADULTE DE LA COCHENILLE SOUS LOUPE BINOCULAIRE (ORIGINALE).....	15
FIGURE 7: OBSERVATION D'UNE CHAINE D'ŒUFS PONDUS SOUS LOUPE BINOCULAIRE (RODRIGUEZ ET NIEMEYER., 2001).....	15
FIGURE 8: OBSERVATION DE STADE NYMPHE MOBILE II SOUS LOUPE BINOCULAIRE (ORIGINALE).....	16
FIGURE 9: OBSERVATION DE STADE NYMPHE IMMOBILE III DE LA COCHENILLE SOUS LOUPE BINOCULAIRE (ORIGINALE).....	16
FIGURE 10: OBSERVATION DE STADE FEMELLE ADULTE IV SOUS LOUPE BINOCULAIRE (ORIGINALE).	17
FIGURE 11: CYCLE DE VIE DE DACTYLOPIUS OPUNTIAE (EL ALAOUI ET SBAGHL., 2022).....	17
FIGURE 12: CHAMP DE FIGUIER DE BARBARIE APRES L'ATTAQUE DE LA COCHENILLE DACTYLOPIUS OPUNTIAE DANS LA REGION DE NEDROMA- TLEMCEN (ORIGINALE).....	18
FIGURE 13: RAQUETTES INFECTEES PAR LA COCHENILLE DACTYLOPIUS OPUNTIAE DE LA REGION NEDROMA- TLEMCEN (ORIGINALE).....	21
FIGURE 14: INSECTICIDE DELTAMETRINE (ORIGINALE).....	22
FIGURE 15: LES DIFFERENTES CONCENTRATIONS DU POLYMERE (ORIGINALE).....	23
FIGURE 16: ETUDE DE L'EFFET DES CONCENTRATIONS DU POLYMERE SUR LA CIRE DE LA COCHENILLE (ORIGINALE).....	23
FIGURE 17: DISPOSITIF POUR TESTER L'EFFET DU POLYMERE, L'EMULSIFIANT ET LE MELANGE SUR LES DIFFERENTS STADES ((A) NYMPHES MOBILES II, (B) NYMPHE IMMOBILE III ET (C) FEMELLES ADULTES IV) (ORIGINALE).	24
FIGURE 18: DISPOSITIF EXPERIMENTAL POUR LE TRAITEMENT PAR PULVERISATION LE MELANGE SUR RAQUETTE (A) RAQUETTE (B) (ORIGINALE).	25
FIGURE 19: CHOIX DES RAQUETTES POUR LE TRAITEMENT (ORIGINALE).	26
FIGURE 20: (A) OBSERVATION VISUELLE, (B) SUR LOUPE BINOCULAIRE, SOUS MICROSCOPE OPTIQUE (C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A L'EAU DISTILLE (ORIGINALE).....	28
FIGURE 21: OBSERVATION(A) VISUELLE, (B) SUR LOUPE BINOCULAIRE ET SOUS MICROSCOPE OPTIQUE (C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A POLYMERE DE CONCENTRATION X1 (ORIGINALE).....	29
FIGURE 22: (A) OBSERVATION VISUELLE, (B) SUR LOUPE BINOCULAIRE ET SOUS MICROSCOPE OPTIQUE(C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A POLYMERE DE CONCENTRATION X2 (ORIGINALE).....	29
FIGURE 23: OBSERVATION VISUELLE(A) , SUR LOUPE BINOCULAIRE (B), SOUS MICROSCOPE OPTIQUE (C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A POLYMERE DE LA CONCENTRATION X3.....	29
FIGURE 24: OBSERVATION VISUELLE(A)ET SUR LOUPE BINOCULAIRE (B), SOUS MICROSCOPE OPTIQUE (C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A POLYMERE DE LA CONCENTRATION X4 (ORIGINALE).....	30
FIGURE 25: OBSERVATION VISUELLE(A)ET SUR LOUPE BINOCULAIRE (B), SOUS MICROSCOPE OPTIQUE (C) (GROSSISSEMENT X40) D'UN ECHANTILLON DE CIRE TRAITE A LA CONCENTRATION DELTAMETRINE (ORIGINALE).....	30
FIGURE 26: CINETIQUE DE L'EFFET DES DIFFERENTES CONCENTRATIONS DU POLYMERE, EAU DISTILLEE ET TEMOIN POSITIF DELTAMETRINE SUR LA MORTALITE DES NYMPHES MOBILES II (ORIGINALE).	31
FIGURE 27: NYMPHE MOBILE II TRAITEE A LA CONCENTRATION X1 DU POLYMERE (A) AVANT, (B) APRES. (ORIGINALE).....	31
FIGURE 28: NYMPHE MOBILE II TRAITEE A LA CONCENTRATION X2 DU POLYMERE (A) AVANT, (B) APRES. (ORIGINALE).....	32

FIGURE 29: NYMPHE MOBILE II TRAITEE A LA CONCENTRATION X3 DU POLYMERE AVANT (A) ET (B) APRES (ORIGINALE).....	32
FIGURE 30: NYMPHE MOBILE II TRAITEE A LA CONCENTRATION X4 DE POLYMERE AVANT (A) ET (B) APRES. (ORIGINALE).....	32
FIGURE 31: NYMPHES MOBILES II TRAITEE A LA DELTAMETRINE AVANT (A) ET (B) APRES (ORIGINALE).....	33
FIGURE 32: NYMPHES MOBILES II TRAITEE A L'EAU DISTILLEE AVANT (A) ET APRES (B) (ORIGINALE).....	33
FIGURE 33: CINETIQUE DE L'EFFET DES DIFFERENTES CONCENTRATIONS DU POLYMERE, L'EAU DISTILLEE ET TEMOIN POSITIF DELTAMETRINE SUR LA MORTALITE DES NYMPHES IMMOBILES III (ORIGINALE).	34
FIGURE 34: NYMPHE IMMOBILE TRAITEE A LA CONCENTRATION X1 DE POLYMERE AVANT (A) APRES (B) (ORIGINALE).....	34
FIGURE 35: NYMPHE IMMOBILE TRAITEE A LA CONCENTRATION X2 DE POLYMERE AVANT (A) ET APRES (B) (ORIGINALE).	35
FIGURE 36: NYMPHE IMMOBILE TRAITEE A LA CONCENTRATION X4 DU POLYMERE AVANT (A)ET APRES (B)(ORIGINALE).	35
FIGURE 37: NYMPHES IMMOBILES TRAITEE A L'EAU DISTILLEE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).....	35
FIGURE 38: RAQUETTE APRES LE TRAITEMENT QUI CONTIENT LES FEMELLES ADULTES (ORIGINALE).....	36
FIGURE 39: CINETIQUE DE L'EFFET DES DIFFERENTES CONCENTRATIONS DU POLYMERE, L'EAU DISTILLEE ET TEMOIN POSITIF DELTAMETRINE SUR LA MORTALITE DES FEMELLES ADULTES (ORIGINALE).....	36
FIGURE 40: FEMELLES ADULTES TRAITEE A LA CONCENTRATION X1 DE POLYMERE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).....	37
FIGURE 41: FEMELLES ADULTES TRAITEE A LA CONCENTRATIONX2 DE POLYMERE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).....	37
FIGURE 42: FEMELLES ADULTES TRAITEE A LA CONCENTRATION X3DE POLYMERE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).....	38
FIGURE 43: FEMELLES ADULTES TRAITEE A LA CONCENTRATION X4 DE POLYMERE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).....	38
FIGURE 44: FEMELLES ADULTES TRAITEE A LA DELTAMETRINE AVANT (A)ET APRES (B) (ORIGINALE).	38
FIGURE 45: FEMELLES ADULTES TRAITEE A L'EAU DISTILLEE AVANT(A) ET APRES (B) (ORIGINALE).....	39
FIGURE 46: CINETIQUE L'EFFET MIXTE DU POLYMERE- EMULSIFIANT NATUREL H2000CH DES TRAITEMENTS SUR LE STADE NYMPHES MOBILES II PAR PULVERISATION (ORIGINALE).	40
FIGURE 47: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DE NYMPHE MOBILE TRAITEE A LA CONCENTRATION X4 DE POLYMERE AVANT (A) ET APRES 2H, 4H, 6H (ORIGINALE).	40
FIGURE 48: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DE NYMPHE MOBILE II TRAITEE A LE POLYMERE AVANT (A)ET APRES 2H ,4H ET 6H (ORIGINALE).....	41
FIGURE 49: RAQUETTE DES NYMPHES IMMOBILES APRES TRAITEMENT (ORIGINALE).....	41
FIGURE 50: CINETIQUE L'EFFET MIXTE DU (POLYMERE - EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) DES TRAITEMENTS SUR LE STADE NYMPHES IMMOBILES PAR PULVERISATION (ORIGINALE).....	42
FIGURE 51: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DE NYMPHE IMMOBILE TRAITEE A LE MIXTE DU (POLYMERE - EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) AVANT(A) ET APRES 2H ,4H ET 6H (ORIGINALE).....	42
FIGURE 52: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DES NYMPHES IMMOBILES TRAITEES A LA CONCENTRATION X4 DE POLYMERE (ORIGINALE).	43
FIGURE 53: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE LES NYMPHES IMMOBILES TRAITEE A LE MELANGE (POLYMERE- EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) AVANT (A) ET APRES (24H) (ORIGINALE).....	43
FIGURE 54: CINETIQUE L'EFFET MIXTE (POLYMERE -EMULSIFIANT NATUREL H200CH) SUR LES STADES FEMELLES ADULTES PAR PULVERISATION (ORIGINALE).	44
FIGURE 55: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DES FEMELLES ADULTES TRAITEE A POLYMERE AVANT (A) ET APRES 2H, 4H, 6H (ORIGINALE).....	44
FIGURE 56: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DES FEMELLES ADULTES TRAITEE A LE MIXTE DU (POLYMERE ET EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) (ORIGINALE).	45
FIGURE 57: LE TAUX DE SURVIE DE LA COCHENILLE AVANT ET APRES PULVERISATION DE LE MIXTE DU (POLYMERE- EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) (ORIGINALE).....	45
FIGURE 58: RAQUETTE 01 AVANT (A) ET APRES 2H ,4H, 6H LE TRAITEMENT A LE MIXTE DU (POLYMERE- EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) (ORIGINALE).	46

FIGURE 59: OBSERVATION SOUS LOUPE BINOCULAIRE DES COCHENILLES TRAITEE A LE MIXTE DU(POLYMERE-EMULSIFIANT NATUREL H2000CH) AVANT (A) ET APRES (B) (ORIGINALE).	46
FIGURE 60: SUIVI DE L'ETAT DE LA RAQUETTE APRES TRAITEMENT A L'EAU DISTILLEE (ORIGINALE).	47
FIGURE 61: SUIVI DE L'ETAT DE LA RAQUETTE APRES TRAITEMENT A POLYMERE DE LA CONCENTRATION X4(ORIGINALE).	47
FIGURE 62: SUIVI DE L'ETAT DE LA RAQUETTE APRES TRAITEMENT AU LE MIXTE DE (POLYMERE - EMULSIFIANT NATUREL H2000CH)(ORIGINALE).	48

LISTES DES TABLEAUX

TABLEAU 1: DIFFERENTS NOM D'OPUNTIA FICUS INDICA (ZIRMI-ZEMBRI ET AL., 2016).....	9
TABLEAU 2: UTILISATION DE FIGURE DE BARBARIE	10
TABLEAU 3: DIFFERENTS MALADIES DE FIGUIER DE BARBARIE (REGGANE., 2021).....	11
TABLEAU 4: TAXNOMIE DE <i>DACTYLOPUS OPUNTIAE</i> (COCKEREL., 1929).....	14

Table de matière

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé :	iii
Listes des figures	v
Listes des tableaux	viii
Table de matière	ix
Introduction	2
Chapitre I: Généralités sur le Figuier de barbarie	4
I.1. Définition.....	5
I.2. Morphologie et anatomie.....	5
□ les racines	5
□ Les raquettes	5
□ Les Feuilles.....	6
□ Aréoles.....	6
□ Les fleurs	7
□ Les Fruits	7
I.3. Origine du cactus	8
I.4. Répartition en Algérie	8
I.5. Appellation	8
I.6. Conditions climatiques	9
□ La température	9
□ La nature des sols	9
□ L'humidité	9
□ Évacuation des eaux	10
I.7. Utilisation du figuier de barbarie.....	10
I.8. Maladies du figuier de barbarie	11
Chapitre II : Dactylopius opuntiae	12
II.1. Définition sur les cochenilles <i>Dactylopius opuntiae</i>	13
II.2. Origine et répartition de <i>Dactylopius opuntiae</i> dans le monde.....	13
II.3. Description	13
II.4. Taxonomie	13
II.5. Caractéristiques de la cochenille.....	14
II.6. Biologie.....	14
II.7. Cycle de Vie.....	14

II.8. Les conditions de développements	17
II.9. Conséquences des attaques de <i>Dactylopius opuntiae</i>	18
II.10. Les moyens de lutte	18
II.10.1. Lutte Chimique.....	18
II.10.2 La Lutte Biologique.....	19
Chapitre III : Matériel et méthodes.....	20
III.1. Lieu de travail et l'objectif de l'étude	21
III.2. Matériel biologique.....	21
III.2.1. Les raquettes infectées	21
III.2.2. Produits traitants	21
III.3. Évaluation de l'effet des différentes concentrations du polymère sur la cire de la cochenille.....	22
III.4. Évaluation de la meilleure concentration du polymère sur les différents stades du développement de la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i>	23
III.4.1. Identification et isolement des différents stades de la cochenille	23
III.4.2. L'effet d. polymère, l'émulsifiant et le mélange (Polymère-Emulsifiant) des sur différents stade de la cochenille par pulvérisation	24
III.5. Évaluation de l'effet du mélange (Polymère- émulsifiant naturel H2000CH) sur les raquettes completes de <i>Dactylopius opuntiae</i>	24
III.6. Evaluation de l'effet du polymère et du mélange (Polymère- Emisufiant naturel H2000CH) sur les raquettes de figuier de barbarie en plein champs.	25
Chapitre IV : Résultats et Discussions	27
IV.1. Évaluation l'effet des différents traitements sur la cire de la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i>	28
□ L'utilisation de l'eau distillée pour traiter la cire	28
IV.2. Détermination de la meilleure concentration du polymère sur les différents stades du développement de la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i>	30
□ Action des différents traitements sur le stade nymphe mobile II par pulvérisation ..	30
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles traitées.....	31
IV.3. Action des différents traitements sur le stade nymphe immobile III par pulvérisation	33
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles III traitées	34
IV.4. Action des différents traitements sur le stade femelles adultes par pulvérisation ...	36
□ Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traitées	37
IV.5. Évaluation de l'effet mixte du polymère et émulsifiant naturel H2000CH sur les différents stades du développement de la cochenille <i>Dactylopius opuntiae</i>	39

□ L'effet du traitements mixte (Polymère –émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade nymphes mobiles par pulvérisation.....	39
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles II traitée au polymère...	40
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles II traitée à le polymère a concentration X1	41
□ L'effet du mixte (Polymère- émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade nymphes immobiles par pulvérisation.....	41
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traité au mixte (polymère - émulsifiant naturel H2000CH)	42
□ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traitée au polymère ...	43
□ L'effet mixte (polymère - émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade femelles adultes par pulvérisation	43
□ Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traitée au polymère.....	44
□ Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traité à le mixte (polymère-émulsifiant naturel H2000CH).....	44
IV.6. Évaluation de l'effet mixte (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) sur les raquetes	45
□ Observation sous loupe binoculaire de <i>Dactylopius opuntiae</i> traitée au mixte (polymère- émulsifiant naturel H2000CH) sur la raquette complet	46
IV.7. Evaluation <i>in situ</i> de l'action du polymère sur les raquettes de figuier de barbarie...	46
Conclusion	49
Références bibliographiques	52

Introduction

Introduction

Le rôle de l'agriculture est essentiel tant sur le plan économique que social et nutritionnel. Elle joue un rôle dans la préservation de la sécurité alimentaire du pays.

Grâce à leur résistance à la sécheresse, aux températures élevées et aux sols pauvres, les cactacées sont plus adaptées à vivre dans un climat aride et semi-aride. Cette culture est répandue dans la plupart des régions d'Algérie et joue un rôle essentiel dans la préservation des terres contre l'érosion et la diversité biologique. Son importance a en réalité incité les chercheurs à approfondir les études sur l'écologie, la culture et l'utilisation, ainsi que sur les maladies des cactacées, en particulier la cochenille du Cactus (**Inglese., 2018**).

La cochenille, en particulier l'espèce *Dactylopius opuntiae*, est un insecte parasite qui cause de graves dommages au Cactus à travers le monde. Ses symptômes se traduisent par le jaunissement des raquettes, la pourriture et la mort des plantes. Cela peut conduire à des pertes partielles ou totales de leur production agricole.

À l'heure actuelle, cet insecte s'est propagé dans différentes régions d'Algérie tels que (Tlemcen, Ain Témouchent, Oran, sidi bel Abbés). La cochenille a détruit des centaines d'hectares, provoquant d'importants dégâts et pertes agricoles, incitant les agriculteurs à incendier leurs champs de Cactus. La culture du Cactus est perçue comme une source de nourriture pour le bétail et une source de revenus pour ces agriculteurs (**Cherif et al. 2000**). Notre étude utilise un polymère associé à un émulsifiant naturel comme biopesticide ayant un effet efficace et permanent sur la réduction et la prolifération à des différents stades de développement de la cochenille du cactus (*Dactylopius opuntiae*), la cire produite par la cochenille qui représente un mécanisme de protection contre plusieurs prédateurs, celle-ci représente une entrave que rencontre les agriculteurs dans la lutte contre la cochenille. Notre étude se résume comme suit :

Une partie bibliographique répartie en deux chapitres le premier chapitre porte sur des généralités sur le figuier de barbarie et le deuxième chapitre sur la maladie de cactus (*Dactylopius opuntiae*). En suite Le troisième chapitre sur la méthodologie suivit durant cette étude.

Les résultats présentés sont par la suite discutés et comparés avec d'autres travaux. Finalement, la conclusion du manuscrit permettra de résumer les résultats jugés intéressants et de tirer quelques perspectives.

Chapitre I:
Généralités sur le
Figuier de barbarie

I.1. Définition

Le figuier de barbarie est un genre de plantes grasses de la famille des Cactées, dans le genre *Opuntia*. Il se développe dans les régions Arides, telles que la Méditerranée et l'Amérique centrale.

Les régions semi-arides du Mexique abritent la plus grande variété de cactus au monde. Environ 300 espèces appartiennent au genre *Opuntia*, dont de nombreuses espèces produisent des tiges et des fruits tendres et comestibles (**Boutakiout., 2015**).

I.2. Morphologie et anatomie

❖ les racines

Les racines peuvent jouer un rôle dans la résistance à la sécheresse de diverses manières: en limitant la surface des racines et en réduisant leur perméabilité à l'eau, en revêtant les radicelles d'une couche relativement imperméable, ou en les abscondant afin de prévenir la perte d'eau dans le sol sec. L'absorption rapide des petites quantités d'eau apportées par les légères précipitations ; le potentiel très négatif des racines entraîne une diminution de la transpiration des rameaux, ce qui indique que ces économiseurs d'eau résistants à la sécheresse peuvent présenter une résistance hydraulique élevée (**Mabrouk., 2022**).

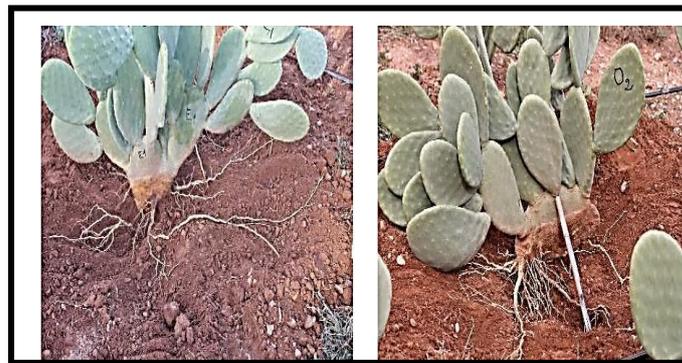


Figure 1: Les racines D'*Opuntia Ficus-Indica* (**Bakali et al., 2016**).

❖ Les raquettes

Les raquettes mesurent en moyenne 30 à 50 cm de long et 15 à 30 cm de large. Elles sont elliptiques ou ovoïdales, charnues et vertes. Ces feuilles ont la forme de feuilles épineuses. Les vacuoles occupent la partie centrale des cellules, représentant environ 85 à 90 % du volume total. L'épiderme est recouvert d'une cuticule blanche (cutine cirée), ce qui permet d'accroître la

réflexion des radiations solaires et donc de réduire la température au niveau des tiges (Mabrouk., 2022).



Figure 2: les raquettes ou cladodes du cactus (Mabrouk., 2022).

❖ **Les Feuilles**

Les cactus se distinguent par une faible ou nulle surface foliaire, ce qui restreint les pertes d'eau par transpiration. Les épines des feuilles *d'Opuntia* sont réduites et parfois difficiles à reconnaître ou à retrouver leurs traces. Ce sont des feuilles très petites qui restent très peu de temps dans les aréoles avant de disparaître. Ils sont particulièrement adaptés au milieu aride, avec une structure interne partiellement creuse. Elles ont donc la capacité d'être à la fois rigides et légères (Mabrouk., 2022).

❖ **Aréoles**

En général, les aréoles sont ovales, situées 2 mm sous la surface de l'épiderme dans les conditions climatiques adéquates, de nouvelles cladodes, fleurs ou racines seront développées à partir des tissus méristématiques des aréoles. Ces aréoles sont réparties en forme hélicoïdale et développent des épines. À la base du podarium (mamelon), se forment les aréoles. Le podarium est une petite structure subsumée de courte durée, qui se flétrit rapidement et tombe. Il est élevé au premier stade de développement du cladode et se perd lorsque la tige vieillit. La formation de l'aréole débute à la base même du court méristème apical, et les épines se développent rapidement depuis le méristème basal (Inglese *et al.*, 2018).

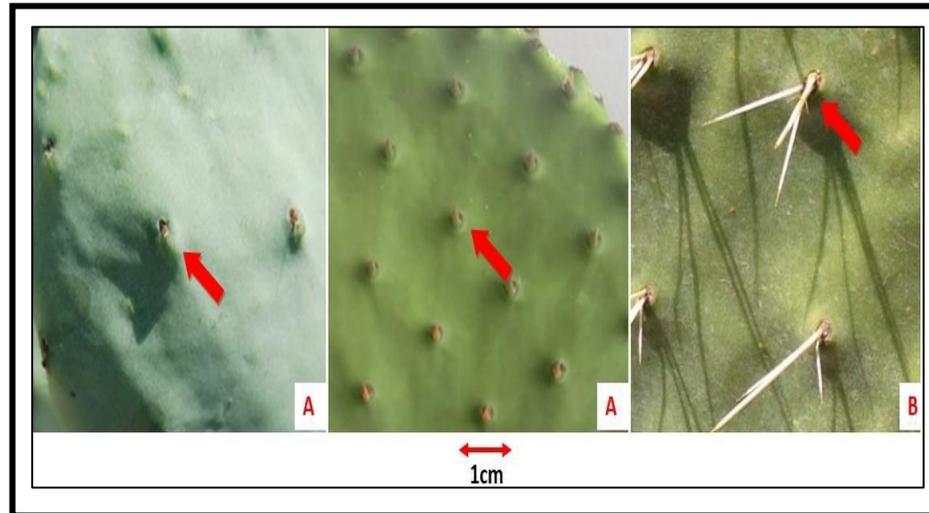


Figure 3: *Opuntia ficus indica* (Mabrouk., 2022).

❖ Les fleurs

Les fleurs sont hermaphrodites, s'insérant sur le bord supérieur des cladodes, solitaires et de couleurs variées, jaune ou orange selon les espèces, avec des sépales des pétales et des étamines en nombre indéfini et disposés en spirale (Mabrouk ., 2022).



Figure 4: Fleurs de figuier de barbarie (El Kharrassi., 2015).

❖ Les Fruits

Les fruits, connus sous le nom de figues de barbarie, sont de forme ovoïde. Leur pulpe est juteuse et sucrée, rouge ou jaune, et ils renferment de nombreuses petites graines. Le fruit est un tubercule charnu de 4 à 8 cm, d'un jaune clair à un rouge violacé à maturité. Il s'agit d'un fruit uniloculaire à plusieurs graines (Mullas ., 2004).



Figure 5: Fruits *Opuntia ficus indica* (El Kharrassi., 2015).

I.3. Origine du cactus

Le cactus est une culture originaire des plateaux du Mexique, où le climat est chaud et sec. L'espèce est utilisée comme nourriture dès l'époque préhistorique, avec la présence de graines fossiles (Boutakiout ., 2015).

I.4. Répartition en Algérie

En Algérie, les plantations de figuiers de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux algériens de Batna, Biskra et Bordj-Bou-Argeridj, Constantine à 550 mètres d'altitude, et à Mesilla, Laghouat a environ 750 mètres et même à 1100 mètres d'altitude. Ain-Sefra. Du centre à l'ouest, le cactus couvre plus de 25 000 Hectares, on le trouve par exemple sur les hauts plateaux des départements de Chréa, Bouarfa (Blida), Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem. , n'est-ce pas musent. Oran, Mascara, Sidi Bel Abbas, Tlemcen, les meilleurs endroits pour cueillir des cactus se trouvent en montagne, notamment dans les milieux rocheux, sauf dans les zones Montagneuses et Sahariennes (Paolo *et al.*, 2018).

I.5. Appellation

Le nom scientifique du *Nopal* est *Opuntia*, qui a été utilisé pour la première fois en 1558 par l'italienne matthiole pour désigner une plante à fleurs parsemée d'épines dans la région d'oponte. De la même manière, le terme «Cactus» provient du grec «kaktos», qui désigne le chardon (Anaya-Père., 2001), mais la plante peut avoir un nom différent en fonction de l'idiome local, comme le montre.

Tableau 1: Différents nom d'*Opuntia ficus indica* (Zirmi-Zembri *et al.*, 2016)

Nom scientifique	Nom commun en Berbère	Nom commun en arabe	Nom commun en français	Nom commun en anglais	Nom vernaculaires
<i>Opuntia ficus indica</i>	Akarmus Lahlou	Hendi Karmous Enasara	Figuier de barbarie	Prickly pear Indian fig	Nopal Chardon d'afrique

I.6. Conditions climatiques

❖ La température

Le figuier de barbarie est sensible à la congélation, mais il est extrêmement résistant à la température élevée. Son expansion est principalement restreinte par les basses températures pendant l'hiver, avec un seuil de tolérance de -10 °C à -5 °C (El Kharrassi., 2015).

Cette plante a des besoins en chaleur élevée et pendant la période de croissance du fruit, elle varie de 15 à 25 °C. Les températures annuelles moyennes de 15 à 18 °C lui sont idéales. Il est capable de résister à des températures qui dépassent 50 °C (Boutakiout., 2015).

❖ La nature des sols

La nature chimique du sol n'est pas un critère pour le figuier de barbarie, mais il préfère les sols légers (Neffar., 2012), souvent pauvres en Matière Organique, avec un PH acide. Le taux d'argiles doit être faible (< 20%) pour prévenir la pourriture des racines. IL est également capable de supporter sans problème des sols gypseux ou légèrement salins, à condition qu'ils soient bien drainés (El Kharrassi., 2015). On le trouve même dans des sols calcaires et pour obtenir des fruits de qualité, il est nécessaire que le sol renferme des niveaux élevés de potassium et de calcium (Abidi., 2010).

❖ L'humidité

Le figuier de barbarie est retiré des zones où l'humidité moyenne relative est inférieure à 40 % pendant plus de 30 jours consécutifs, ce qui entraîne un important déficit de saturation de l'atmosphère (haute humidité relative) (Rapport Du Ministère De l'agriculture et De La Pêche Maritime., 2010).

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

❖ **Évacuation des eaux**

Le rôle essentiel du drainage est de préserver l'environnement. Les sols argileux mal drainés ne doivent pas être utilisés, car ils sont très sensibles au figuier de barbarie.

Le rapport du ministère de l'agriculture et de la pêche maritime de 2010 explique le manque d'oxygène dans les racines.

I.7. Utilisation du figuier de barbarie

Tableau 2: Utilisation de figure de barbarie

Partie utilisée	Domaines d'utilisation	Références
Fruit	Substitut de l'eau potable. Aliment de base en cas de famine. Fabrication de jus, concentrés, confiture. Production de pectine. Prévention des maladies telles que le diabète, certains troubles cardiovasculaires, les infections de l'appareil urinaire et les troubles digestifs. Utilisation comme colorant naturel et édulcorant	(Rabemanatsoa., 2010 ; Alimi <i>et al.</i>, 2010)
Fleur	Apiculture (source nutritive très appréciée par les abeilles). Remède contre le dysfonctionnement de la prostate et contre les insuffisances rénales. Le bouilli des fleurs séchées est utilisé en pharmacopée traditionnelle, aux brûlures et coups de soleil.	(Rabemanantsoa ., 2010)
Cladode	Production de conserves à base de vinaigre. Utilisation en tant que légumes. Production de fourrage pour le bétail. Complément alimentaire pour les bovins et les ovins. Matière première pour la fabrication de shampooing, crèmes capillaires et laits hydratants pour le visage. Production d'adhésif. Barrière contre la désertification et l'érosion des sols. Production d'éthanol par fermentation. Transformé en farine pour remplacer celle de blé dans les cookies.	(HadjSadok., 2010)
Graine	Extraction d'huile utilisée dans les produits cosmétiques. Production de Farine. Réduction des risques de maladies cardio-vasculaires et maladies coronariennes.	(Ennouri <i>et al.</i>, 2006)

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

I.8. Maladies du figuier de barbarie

Tableau 3: Différents maladies de figuier de barbarie (Reggane., 2021).

Type	Agent	Manifestations	Photos
Rouille	<i>Phyllostica opuntiae</i>	Une petite tache jaune rouille, circulaire, peut se développer en plaques irrégulières de couleur blanche et se dessécher	
Mildiou	<i>Phytophthora cactorum</i>	On observe l'apparition de cloques sur l'épiderme et des taches brunâtres. Alteration des fruits	
Cératite	<i>Ceratitis Capitatawied</i>	Alteration des fruits	
Cochenilles	<i>Dactylopius coccus.</i> <i>Dactylopius opuntiae</i>	L'apparition de la couleur rouge et le déclin des cladodes. La mort de cactus.	

Chapitre II :

Dactylopius opuntiae

II.1. Définition sur les cochenilles *Dactylopius opuntiae*

La cochenille *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) est une espèce de cochenilles tueuses D'opantone (Cactaceae) au niveau mondial. Sur les plantations de cactus, de nombreux dommages ont été constatés dans de nombreux pays. La rapidité de la propagation et l'infestation du cactus par la cochenille sauvage entraînent rapidement des pertes socio-économiques significatives pour les populations (El Aalaoui et Sbaghi., 2023).

II.2. Origine et répartition de *Dactylopius opuntiae* dans le monde

Dactylopius opuntiae Cockerell (Hémiptères:Dactylopiidae) est une espèce originaire du Mexique et ses hôtes (Griffith ., 2004).

Cet insecte est le principal ravageur du figuier de barbarie en raison de sa capacité de reproduction, de la gravité de ses dommages aux cladodes et aux fruits et de son influence socio-économique (Mazzeo *et al.*, 2019).

Ces engrais pour plantes sont vendus dans plus de 20 états, où ils infestent 15 espèces de cactus (Chávez *et al.*, 2011). À l'échelle mondiale, ils ont été découverts dans plus de 29 pays (Méndez et Bravo., 2022), ont causé des dommages dévastateurs suite à leur récente expansion dans le bassin méditerranéen, principalement en Afrique du nord et au Moyen-Orient(El Bouhissi *et al.*, 2022). de plus, il est possible que cela se propage dans de nouvelles régions du nord-est du Brésil (Torres et Giorgi ., 2018).

II.3. Description

Dactylopius opuntiae est un genre de cochenilles vivant sur les cactus et cultivant une teinture rouge utilisée dans les textiles et les colorants alimentaires (le carmin). Le corps des femelles vivantes en colonies est rouge pourpre, ovale, recouvert de cire blanche pour se protéger (El Alaoui et Sbaghi., 2023).

II.4. Taxonomie

Dactylopius opuntiae est mentionnée ci- dessous :

- ✓ *Coccus Cactus opuntiae* (Cockerell., 1896).
- ✓ *Dactylopius opuntiae* (Cockerell., 1929).

Tableau 4: Taxonomie de *Dactylopius opuntiae* (Cockerel., 1929).

Règne	Animal
Classes	Insectes
Ordre	Hémiptères
Super famille	Coccoidea
Famille	<i>Dactylopiidés</i>
Genre	<i>Dactylopius</i>
Espèce	<i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell)

II.5. Caractéristiques de la cochenille

- 1- **Cire protectrice** : *Dactylopius opuntiae* produit une cire protectrice qui recouvre tout son corps, ainsi que de fibres de coton (Barreto *et al.*, 2020). Ses fibres cireuses le protègent pendant la plupart de sa vie en tant que protection contre les conditions météorologiques défavorables et les manipulations chimiques (Torres et Giorgi., 2018).
- 2- **Acide carminique** : on considère que ces insectes sont la principale source d'acide carminique. Son utilisation en tant que pigment dans les secteurs alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques, textiles, etc. Est justifiée par ses propriétés colorantes de grande qualité (Vigueras et Portillo., 2016).

II.6. Biologie

C'est un insecte de la famille des *Dactylopiidae*, la cochenille sauvage (Mj *et al.*, 2013). Selon Torres et Giorgi (2018), cette famille comprend 10 espèces : *D. opuntiae*, *D. austrinus*, *D. lotto*, *D. bassi*, *D. tomentosus*, *D. ceylonicus*, *D. coccus*, *D. confertus*, *D. confusus*, *D. salmianus* et *D. zimmermanni*.

Les femelles ont une taille comprise entre 4 et 6 mm, sont fixés aux cladodes et recouverts de fils cireux qui leur permettent de protéger leur corps de la pluie et du soleil, ce qui diminue également l'efficacité de la lutte chimique. Tandis que les mâles ont une taille plus réduite et peuvent se déplacer grâce à leurs ailes (Sbaghi *et al.*, 2019).

II.7. Cycle de Vie

Dactylopius opuntiae présente différents stades de développement en fonction du sexe

➤ **Male :** Le mâle de *Dactylopius opuntiae* présente cinq stades biologiques distincts : l'œuf, la nymphe I, nymphe II, pré-pupe, la puppe et l'adulte (El Alaoui et Sbaghi., 2022).



Figure 6: Observation du mâle adulte de la cochenille sous loupe binoculaire (**Originale**).

➤ **Femelle :** la femelle de *Dactylopius opuntiae* présente quatre stades biologique distincts : l'œuf, nymphe I, nymphe II, adulte (El Alaoui et Sbaghi., 2022).

➤ **Œufs I:** les œufs étaient ovales, d'un rouge vif typique des espèces de la famille des *Dactylopiidae* (Palafox *et al.*, 2018).



Figure 7: Observation d'une chaîne d'œufs pondus sous loupe binoculaire (**Rodriguez et Niemeyer., 2001**)

➤ **Nymphe II (Mobile) :** Ils ont immédiatement commencé à produire de la cire, ce qui a rendu impossible la distinction entre les sexes en fonction de critères morphologiques spécifiques (Palafox *et al.*, 2018)



Figure 8: Observation de stade **Nympe mobile II** sous loupe binoculaire (**Originale**).

➤ **Nympe III (Immobile)** : Une fois fixé au cladode, il peut être simple de faire la différence les femelles ont montré une durée plus longue du deuxième stade que les mâles et commencé à produire de la cire. Les femelles Immobile toute sa vie avec les pièces buccales inséré dans le cladode (**Palafox et al., 2018**).

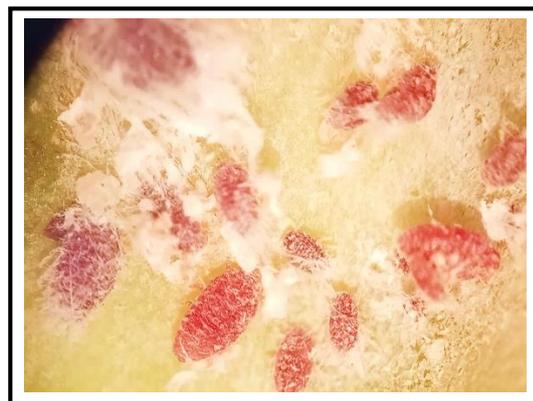


Figure 9: Observation de stade **Nympe immobile III** de la cochenille sous loupe binoculaire (**Originale**).

➤ **Adultes IV** : Les femelles génèrent de la cire à l'aspect de coton qui augmente de volume jusqu'à les recouvrir entièrement. Les femelles adultes ont atteint leur âge sexuel, se sont accouplées et ont augmenté leur taille, sans doute en raison de l'accumulation d'œufs dans l'ovaire (**Palafox et al., 2018**).



Figure 10: Observation de stade femelle adulte IV sous loupe binoculaire (Originale).

Le cycle de vie des femelles depuis l'œuf jusqu'au début de la ponte était en moyenne de 40 à 50 jours pour *Dactylopius opuntiae* à une température de 26°C (El Alaoui *et al.*, 2020).

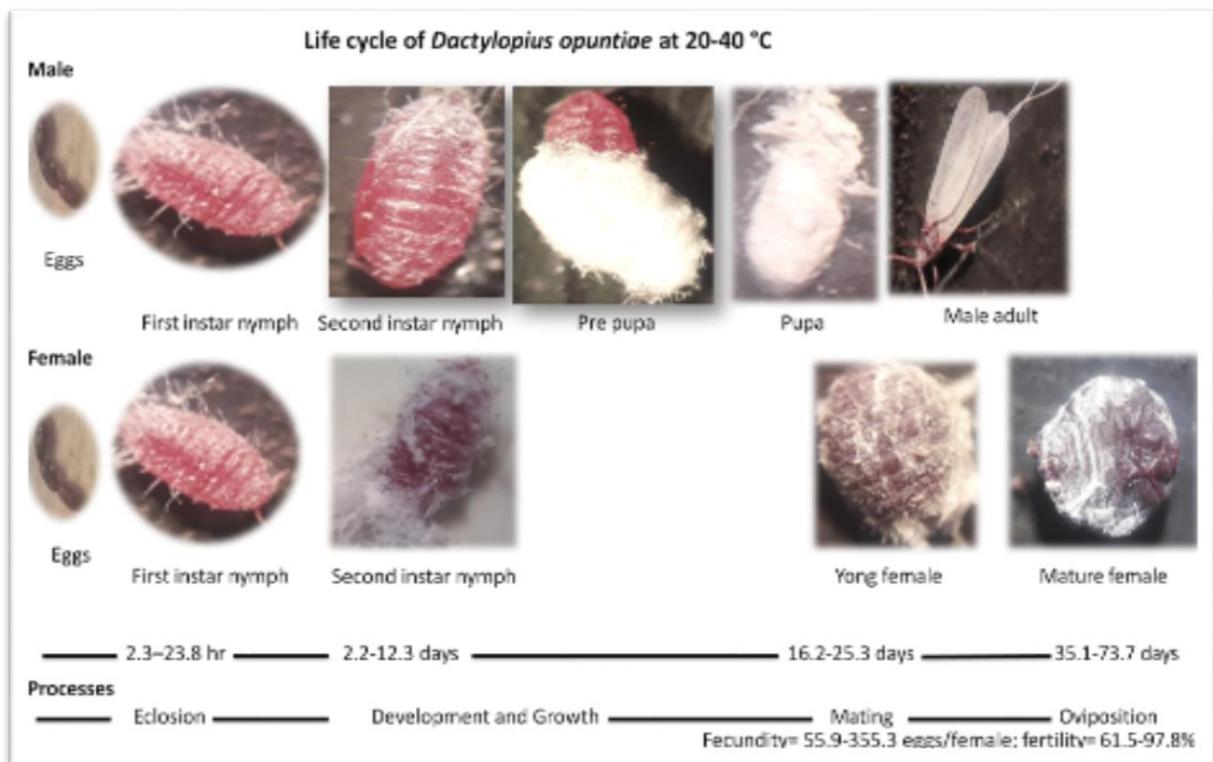


Figure 11: cycle de vie de *Dactylopius opuntiae* (El Alaoui et Sbaghi., 2022).

II.8. Les conditions de développements

Le développement et la reproduction de *Dactylopius opuntiae* étaient favorisés par des températures allant de 26 °C à 32 °C respectivement. Les femelles étaient âgées de 94,23 jours (20 °C) à 43,55 jours (40 °C) en tout. L'évolution moyenne des mâles, de l'œuf à la mort, était de 26,97 jours à 32 °C à 50,75 jours à 20 °C. La plus grande probabilité de survie d'un œuf

nouveau-né jusqu'au stade adulte était à 26 °C et 32 °C (44 à 60 %) (El Alaoui et Sbaghi., 2022).

II.9. Conséquences des attaques de *Dactylopius opuntiae*

La surface des cladodes est couverte par la cochenille, ce qui entraîne un jaunissement, un flétrissement des fruits et la mort du cactus. Une fois que la plante est installée, les femelles de *Dactylopius opuntiae* se reproduisent. Commencent à se reproduire, et en plus des larves, elles commencent à se nourrir de la sève des cladodes, ce qui entraîne la chlorose et la chute prématurée des cladodes, tandis que la plante meurt (Vigueras et Portillo., 2016). Les répercussions de cette maladie sont la diminution de la production, le manque de vente des produits du cactus et de ses dérivés, ce qui a un impact sur les domaines économique et agricole. *Dactylopius opuntiae* a affecté de nombreux pays.



Figure 12: Champ de figuier de Barbarie après l'attaque de la cochenille *Dactylopius opuntiae* dans la région de Nedroma- Tlemcen (**Originale**).

II.10. Les moyens de la lutte

La cochenille a été employée pour gérer biologiquement *Opuntia ficus indica* au Mexique, mais elle est maintenant devenue un ravageur majeur à travers le monde. Il est devenu essentiel de combattre cet insecte afin de préserver les restants de figuier de barbarie (El Minaoui., 2022).

II.10.1. Lutte Chimique

On utilise fréquemment des produits phytosanitaires et chimiques afin de maîtriser et diminuer les conséquences de la cochenille (Gonçalves *et al.*., 2020). Dans cette situation, de nombreuses personnes les insecticides tels que le Chlorpyrifos, la lambda-Cyhalothrine, L'acétamipride et Le Thiaméthoxame ont été étudiés sur *D. opuntiae* (Lopes *et al.*, 2018). Il

est important de noter que le Chlorpyrifos est un produit chimique organophosphoré employé pour combattre les insectes nuisibles aux cultures et aux foyers. La Lambdacyhalothrine est un insecticide Pyréthroïde qui combat les coléoptères, les pucerons, les coléoptères, les lépidoptères et d'autres parasites. L'acétamipride est un Néonicotinoïde insecticide qui est employé pour combattre les différentes espèces d'insectes tels que les hémiptères, les lépidoptères et les thysanoptères **(El Minaoui., 2022)**.

La concentration de Thiaméthoxame à 0,10 g/l entraîne la mort de 64 et 75 % des larves et des femelles respectivement. Par ailleurs, **(Zeitoun et al., 2020)** ont étudié la comparaison de Sulfoxaflor, un insecticide spécifique destiné aux insectes. Les insectes consommant de la sève **(Babcock et al., 2011)**.

Cependant, ces herbicides ont des conséquences néfastes sur le sol, les végétaux et la santé des êtres humains **(Sbaghi et al., 2019)**. En outre, la capacité de ces produits à résister et à accumuler des résidus dans les cladodes du cactus pose un autre défi. Ainsi, des recherches ont été entreprises pour trouver de nouvelles méthodes et alternatives afin de résoudre ce problème **(Diniz et al., 2020)**.

II.10.2 La Lutte Biologique

Description depuis plusieurs siècles, de nombreux efforts ont été déployés afin de développer la méthode de lutte biologique contre les insectes nuisibles **(El Minaoui., 2022)**.

La lutte biologique est un processus qui se produit au sein des populations et qui consiste à réduire la densité de population d'une espèce en raison de l'influence d'une autre espèce, qu'elle agisse par prédation, parasitisme, pathogénicité ou compétition. La lutte biologique, également appelée "bio contrôle", a été employée dans divers domaines de la biologie, tels que l'entomologie et la phytopathologie. En entomologie, l'utilisation d'insectes prédateurs vivants, de nématodes Entomopathogènes ou d'agents pathogènes microbiens a été employée pour éliminer les populations de divers insectes nuisibles. En phytopathologie, le mot fait référence à l'emploi d'agents antimicrobiens pour éliminer les micro-organismes. Les populations d'insectes nuisibles variés. Dans le domaine de la phytopathologie, le mot désigne l'emploi d'antagonistes microbiens afin de supprimer les espèces phytopathogènes ainsi que 24 espèces. Le recours à des agents pathogènes adaptés à l'environnement pour réguler les populations de mauvaises herbes **(Pal et Mcspadden., 2006)**.

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1 .Lieu de travail et l'objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de tester in vitro, l'efficacité du polymère et le mélange polymère-émulsifiant pour lutter contre les cochenilles des cactus « *Dactylopius opuntiae* ». Ce dans le laboratoire de microbiologie post-graduée de l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen (UABT) et au laboratoire de l'Institut Nationale de Protection des Végétaux (INPV) Tlemcen.

III.2. Matériel biologique

III.2.1. Les raquettes infectées

Le matériel biologique utilisé est la plante *Opuntia ficus indica* infectée par la cochenille *Dactylopius opuntiae*. Des raquettes infestées ont été prélevées de la région Nedroma wilaya de Tlemcen durant le mois du Mai.

Les raquettes prélevées sont ensuite mises dans des sachets en plastique, puis transportées au laboratoire de l'Institut Nationale de Protection des Végétaux (INPV) et examinées sous la loupe binoculaire.



Figure 13: Raquettes infectées par la cochenille *Dactylopius opuntiae* de la région Nedroma-Tlemcen (**Originale**).

III.2.2. Produits traitants

- **La Deltamétrine** : est un composé chimique de la famille des pyréthriinoïdes. Utilisée principalement comme insecticide et répulsif pour les insectes ou les serpents en raison de ses propriétés neurotoxiques.

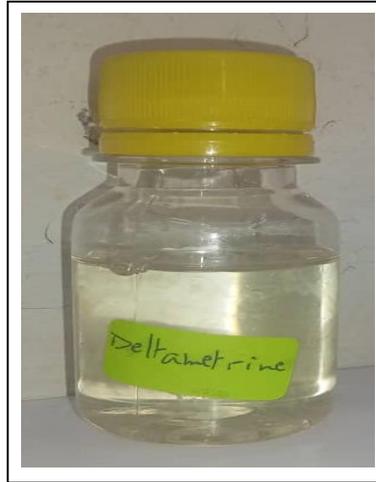


Figure 14: insecticide Deltamétrine (Originale).

- **Polymère** : est un polymère naturel, utilisé dans divers domaines notamment en médecine, en agriculture et dans l'industrie alimentaire, en raison de ses propriétés antibactériennes, de ses capacités de régulation de l'humidité et de sa biodégradabilité.
- **Emulsifiant naturel** : Il s'agit d'un produit naturel à base de substances bioactives, créé et perfectionné au laboratoire, dont la composition reste secrète. Pour préserver les plantes contre les microorganismes et les insectes, afin de minimiser les pertes agricoles du figuier de barbarie.

III.3. Évaluation de l'effet des différentes concentrations du polymère sur la cire de la cochenille

Des solutions du polymère sont préparé avec les concentrations suivantes : X1=0,25%, X2= 0,5%, X3= 0,75%, X4= 1%.



Figure 15: Les différentes concentrations du polymère (**Originale**).

Le polymère est testé sur 0,1 g de cire blanche de la cochenille *Dactylopius opuntiae* (plus exactement les filaments cireux plus de la cochenille) pesée à l'aide d'une balance. La cire est introduite dans des tubes à essais puis un volume de 5ml de chaque concentration du polymère est versé dans le tube contenant la cire. Chaque tube est mis de côté en attendant que le composé pénètre dans les filaments cireux. Un témoin positif (Deltamétrine) et témoins négatifs (Eau distillée) sont utilisés pour comparer l'effet du polymère, ces derniers sont prélevées et observées à l'œil nu, sous la loupe binoculaire et sur le microscope optique .

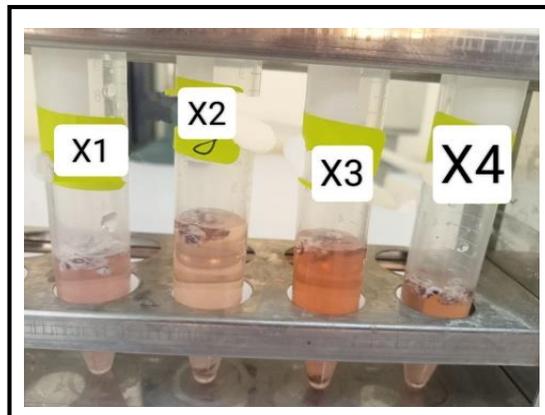


Figure 16: Etude de l'effet des concentrations du polymère sur la cire de la cochenille (**Originale**).

III.4. Évaluation de la meilleure concentration du polymère sur les différents stades du développement de la cochenille *Dactylopius opuntiae*

III.4.1. Identification et isolement des différents stades de la cochenille

Des observations sont faites des différents stades du développement de la cochenille (Œufs , Nymphes mobiles II , Nymphes immobiles III et femelles Adultes IV) sous une loupe binoculaire afin d'isoler ces différents stades sur des raquettes saines.

III.4.2. L'effet d. polymère, l'émulsifiant et le mélange (Polymère-Emulsifiant) des sur différents stade de la cochenille par pulvérisation

Trois stade de developpement de la cochenille sont identifiées et isolées sur des raquettes saines de 5 cm² coupées et placées dans des boites de Pétri. Ces derniers sont ensuite traitées par le polymère seul avec ces différentes concentrarion (X1, X2, X3, X4), l'émulsifiant seul et en fin le mélange (Polymère- Emulsifiant naturel H2000CH), en comparant avec un temoisn positif (Deltamétrine) et un temoins négatif (Eau distillée). Les tests sont réalisés en duplicate et les boites sont conservées à une température ambiante pendant 24h.

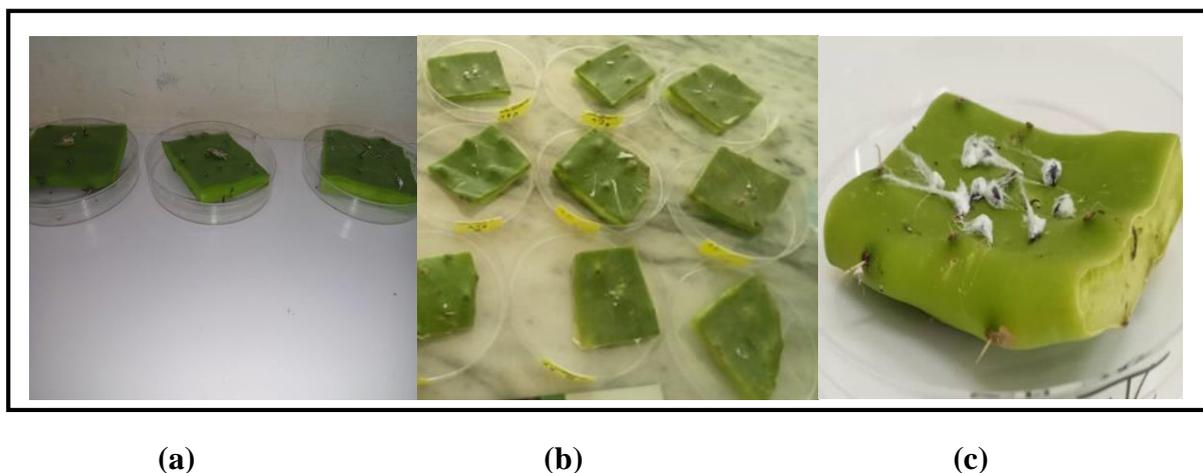


Figure 17: Dispositif pour tester l'effet du polymère, l'émulsifiant et le mélange sur les différents stades ((a) Nymphes mobiles II, (b) Nymphe immobile III et (c) Femelles adultes IV) (Originale).

III.5. Évaluation de l'effet du mélange (Polymère- émulsifiant naturel H2000CH) sur les raquettes completes de *Dactylopius opuntiae*

Une raquette complete qui contient tous les differents stade d'infection de la cochenille *Dactylopius opuntiae* est decoupées en deux morceaux de 5cm², pulvérisée par le mélange (Polymère- émulsifiant naturel H2000CH). Le taux de mortalité est surveillé chaques (02) deux heures pendant 6h et après 24 heures de contacte a une tempertaure ambiante.

Le tableau suivant montre le nombre des cochenilles de *Dactylopius opuntiae* vivants dans chaque morceaux de raquettes infectée .

Tableau 04 : Nombre des cocheniles vivantes sur les deux raquettes utilisées

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

Nombredes cochenilles vivants	Raquette (a)	Raquette (b)
Nymphemobile II	80	60
Nymphe immobile III	30	16
Femelle adulte IV	09	10
Totale	119	76

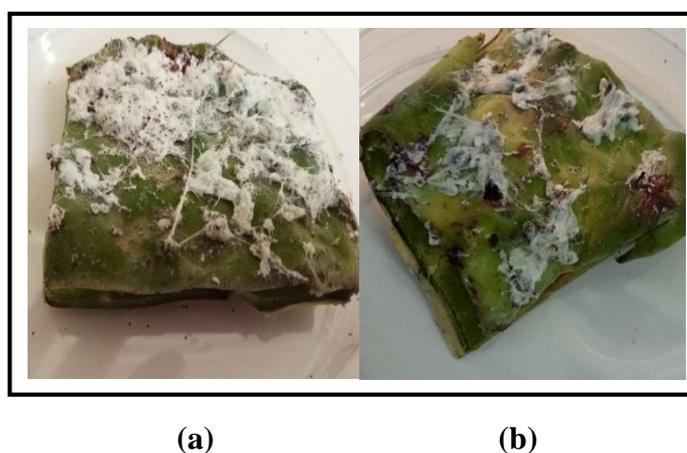


Figure 18: Dispositif expérimental pour le traitement par pulvérisation le mélange sur raquette (a) raquette (b) (**Originale**).

III.6. Evaluation de l'effet du polymère et du mélange (Polymère- Emisufiant naturel H2000CH) sur les raquettes de figuier de barbarie en plein champs

Le traitement sur le terrain est réalisé sur les raquettes de cactus infesté par la cochenille *Dactylopius opuntiae* dans un site situé à la région de Nedroma-Tlemcen, pulvérisées par le polymère, et par le mélange (polymère et de émulsifiant naturel H2000CH), et les deux témoins :l'eau distillé et Deltamétrine. Les résultats du traitement sont effectuées par observertion visuels des raquettes après 24 h et 48h de traitement.



Figure 19: Choix des raquettes pour le traitement (**Originale**).

Chapitre IV : Résultats et Discussions

IV.1. Évaluation l'effet des différents traitements sur la cire de la cochenille *Dactylopius opuntiae*

❖ L'utilisation de l'eau distillée pour traiter la cire

La figure 28 représente les résultats de traitement de la cire par l'eau distillée, nous remarquons que ce dernier n'exerce aucun effet sur la cire, les filaments traités flottent toujours à la surface du tube, sous la loupe binoculaire les filaments traités restent étroitement liés, inséparables. Les observations microscopiques montrent que la couleur des échantillons traités à l'eau est sombre et ne laisse pas passer la lumière.

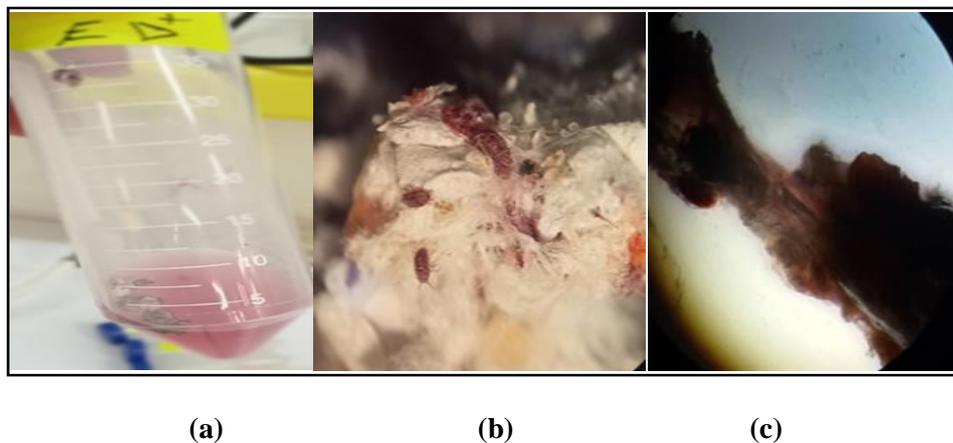


Figure 20: (a) observation visuelle, (b) sur loupe binoculaire, sous microscope optique (c) (grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à l'eau distillé (**Originale**).

❖ L'utilisation de concentration X1 du polymère pour traiter la cire

On effectue une observation visuelle (a) et la loupe (b) et microscopique (c) sur un échantillon prélevé de la cire de cochenille qui a été traitée à l'eau, au polymère, à différentes concentrations (X1, X2, X3, X4) et à Deltamétrine.

Les figures 29, 30, 31 et 32 de (a) montre que les filaments traités par les différentes concentrations du polymère restent constamment flottants à la surface du tube, sous la loupe binoculaire (b) nous avons remarqué que les filaments traités restent étroitement liés et inséparables, les observations microscopiques (c) ont également montrés que la couleur des échantillons traité au polymère sont transparente et clair.

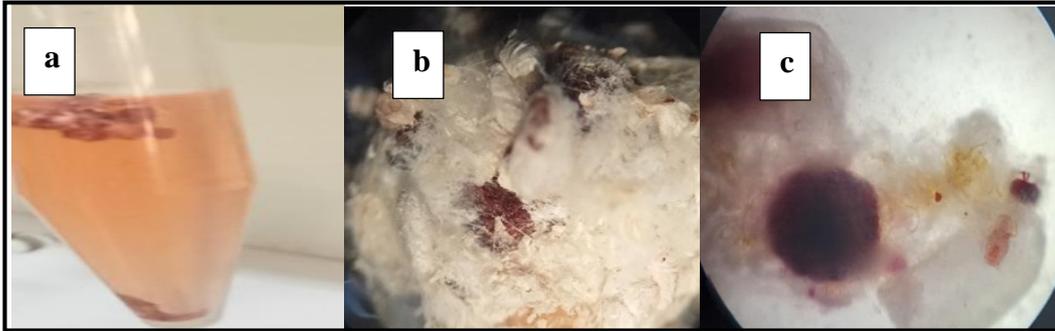


Figure 21: Observation(a) visuelle, (b) sur loupe binoculaire et sous microscope optique (c) (grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à polymère de concentration X1 (Originale).

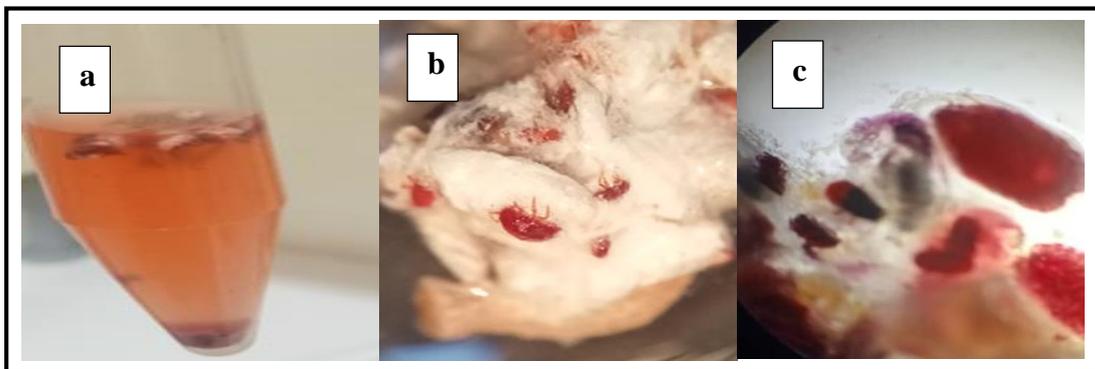


Figure 22: (a) Observation visuelle, (b) sur loupe binoculaire et sous microscope optique(c) (grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à polymère de concentration X2 (Originale).

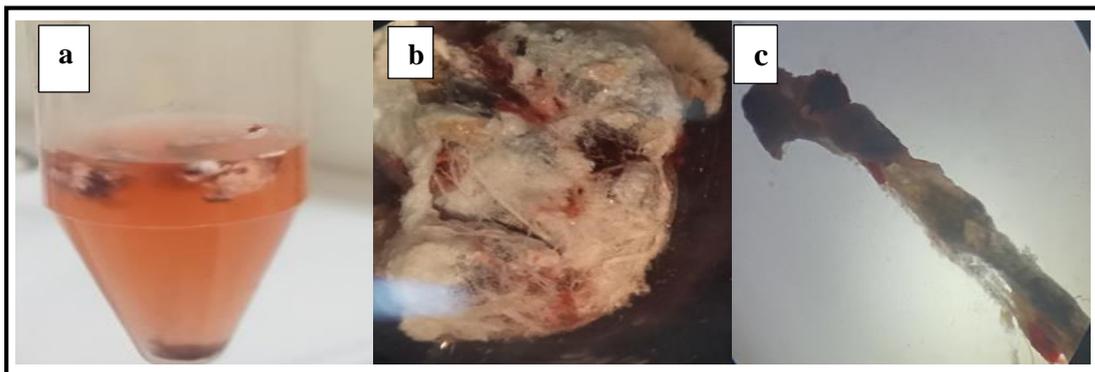


Figure 23: Observation visuelle(a) , sur loupe binoculaire (b), sous microscope optique (c) (Grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à polymère de la concentration X3

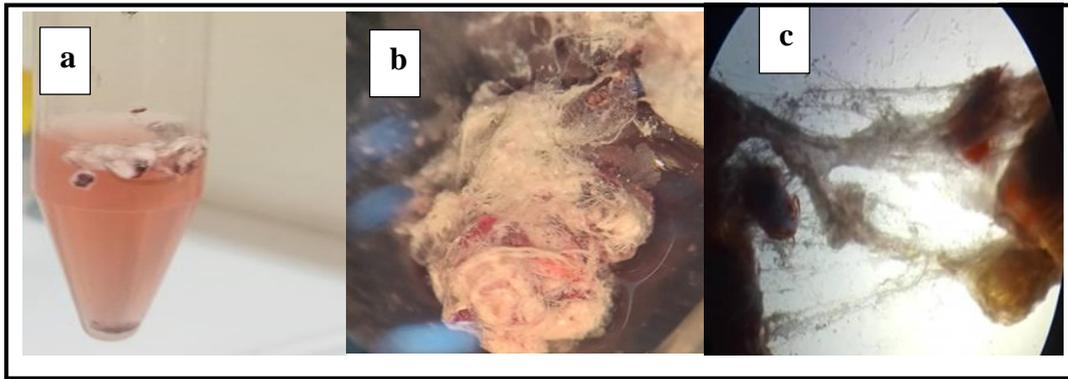


Figure 24: Observation visuelle(a)et sur loupe binoculaire (b), sous microscope optique (c) (Grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à polymère de la concentration X4 (Originale).

❖ **Traitement de la cire par Deltamétrine**

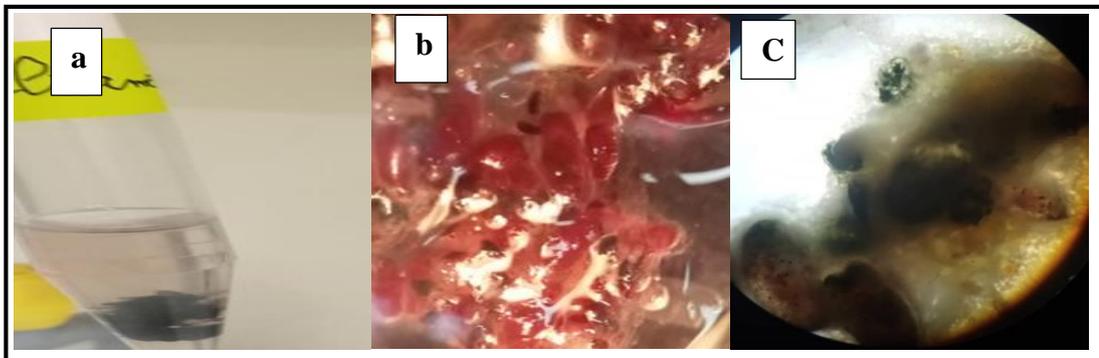


Figure 25: Observation visuelle(a)et sur loupe binoculaire (b), sous microscope optique (c) (Grossissement x40) d'un échantillon de cire traité à la concentration Deltamétrine (Originale).

L'analyse visuelle (a) du test Deltamétrine révèle une rupture des filaments cireux blancs qui se trouvent au fond du tube. Sous la loupe binoculaire (b) nous avons constaté une dissolution totale de la cire. Analyse microscopique (c) montre une dégradation de la cire sur toute la surface externe de la cochenille mais il reste des filaments cireux entre les cochenilles.

IV.2. Détermination de la meilleure concentration du polymère sur les différents stades du développement de la cochenille *Dactylopius opuntiae*

❖ **Action des différents traitements sur le stade nymphe mobile II par pulvérisation**

La figure 34 représente l'effet des différentes concentrations du polymère, Eau distillée et témoin positive Deltamétrine sur la mortalité des nymphes mobiles II en fonction du temps. Nous avons remarqué une mortalité totale à la concentration X4=1% du polymère après 6h. Par contre la cire résiste au traitement. En effet, la Deltamétrine s'avère plus efficace que l'eau

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

distillée, car le pourcentage de mortalité atteint 100% après 2h du traitement et une dégradation totale de la cire.

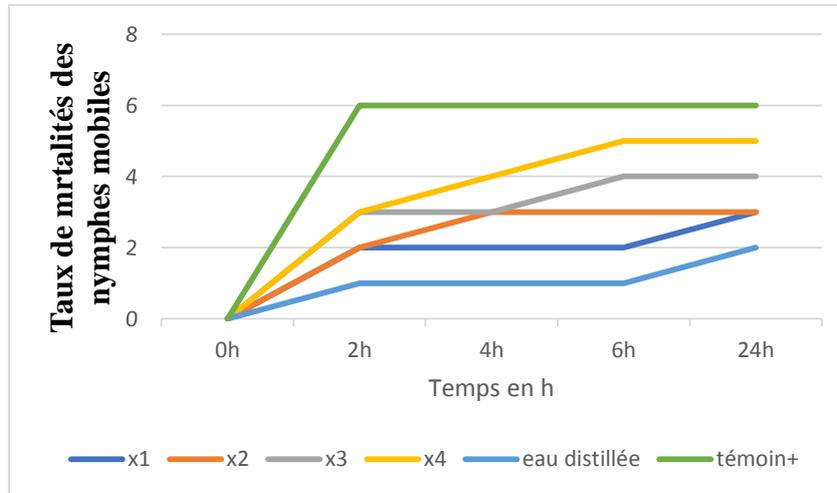


Figure 26: Cinétique de l'effet des différentes concentrations du polymère, eau distillée et témoin positif Deltaméthrine sur la mortalité des nymphes mobiles II (**originale**).

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles traitées

Les figures montre la déshydrations des nymphes mobiles II après 24h du traitement.

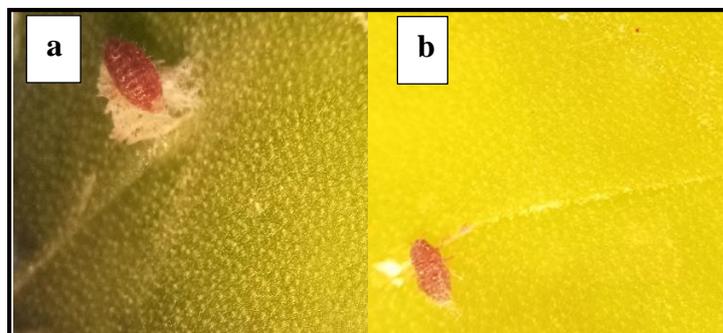


Figure 27: Nympe mobile II traitée à la concentration X1 du polymère (a) avant, (b) après. (**Originale**).

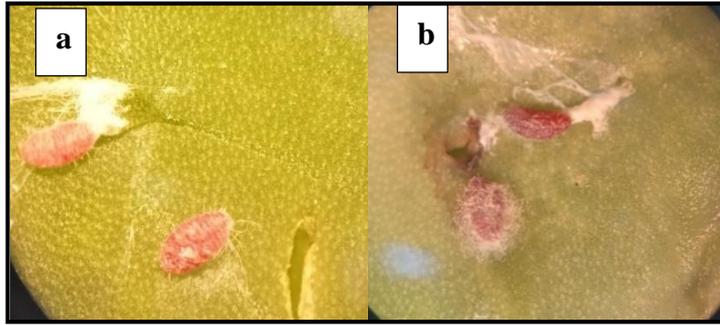


Figure 28: Nympe mobile II traitée à la concentration X2 du polymère (a) avant, (b) après. (Originale).

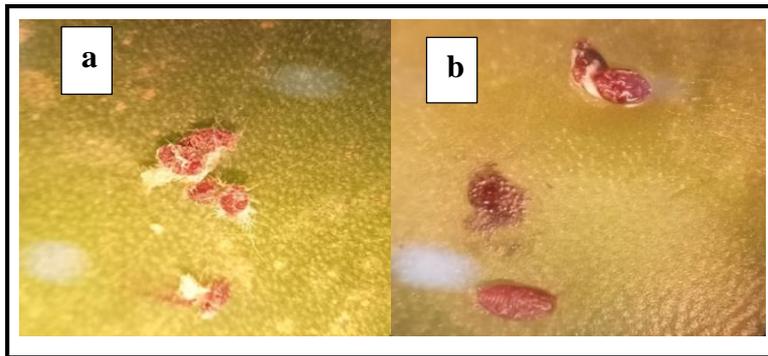


Figure 29: Nympe mobile II traitée à la concentration X3 du polymère avant (a) et (b) après (Originale).

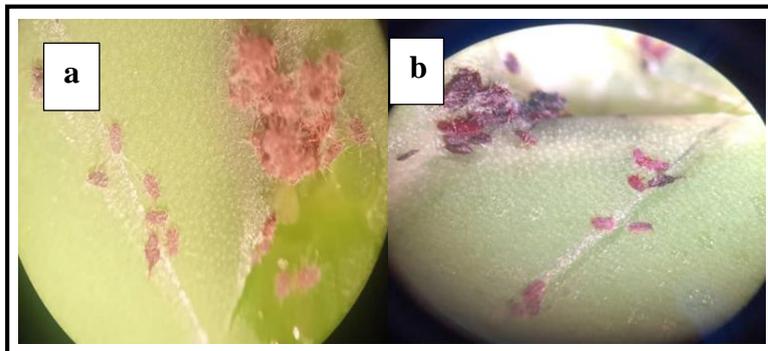


Figure 30: Nympe mobile II traitée à la concentration X4 de polymère avant (a) et (b) après. (Originale).

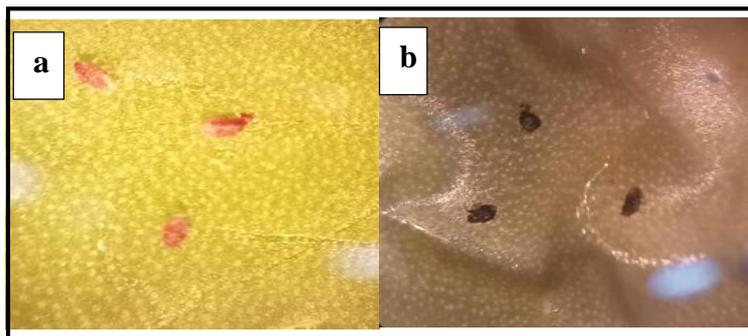


Figure 31: Nymphes mobiles II traitée à la Deltamétrine avant (a) et (b) après (Originale).

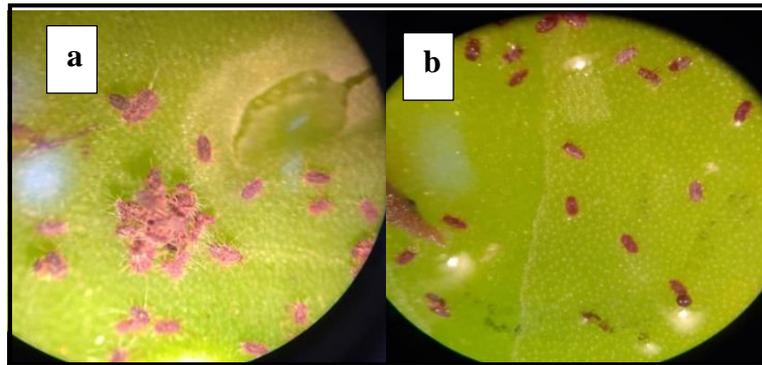


Figure 32: Nymphes mobiles II traitée à l'eau distillée avant (a) et après (b) (Originale).

- Le traitement à l'eau n'a aucun effet sur la déshydratation des nymphes mobiles II, Ces dernières ne montrent aucun changement et aucune différence morphologique. Par contre, les nymphes mobiles II traitées à polymère à une concentration X4=1% présente une déshydratation de la majorité des nymphes mobiles II atteint 80% après 24h de pulvérisations. La Deltamétrine montre qu'une mortalité totale atteint 100% des nymphes mobiles II après 24h de pulvérisations

IV.3. Action des différents traitements sur le stade nymphe immobile III par pulvérisation

La figure 41 représente les résultats de l'effet des différentes concentrations du polymère, Eau distillée et témoin positif Deltamétrine sur la mortalité des nymphes immobiles III en fonction de temps. Elle présente une augmentation du taux de déshydrations des nymphes immobiles III avec l'augmentation des concentrations du polymère et la prolongation du temps de contact. Nous avons constaté que la déshydratation des nymphes immobiles III après deux heures 2h de pulvériser au X1, X2, X3 atteint 40% après 24h et la concentration X4 = 1% montre 85 % de la mortalité des nymphes après 24 heures de pulvérisation mais la présence de la cire protectrice. En comparant avec ceux traitées à l'eau distillée qui n'a pas montré un effet ni sur la déshydratation des nymphes immobiles III ni sur la dégradation de la cire. Par contre, le témoin positif le Deltamétrine montre un meilleur effet sur les nymphes immobiles III avec une déshydratation très rapide après les premières heures de pulvérisation.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

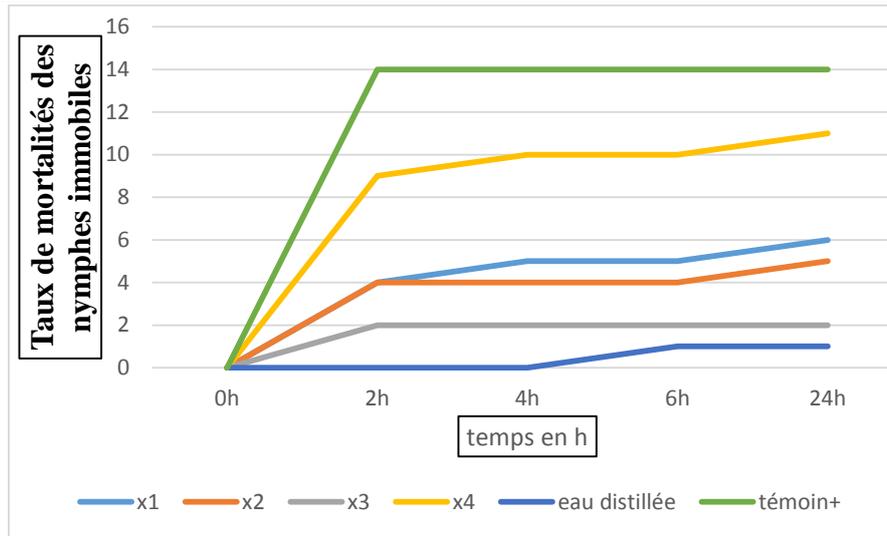


Figure 33: Cinétique de l'effet des différentes concentrations du polymère, l'eau distillée et témoin positif Deltamétrine sur la mortalité des nymphes immobiles III (**Originale**).

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles III traitées

Les figures 42 et 45 représentent l'observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles III déshydratées traitées à l'eau distillée, les différentes concentrations de polymère après 24h de traitement.

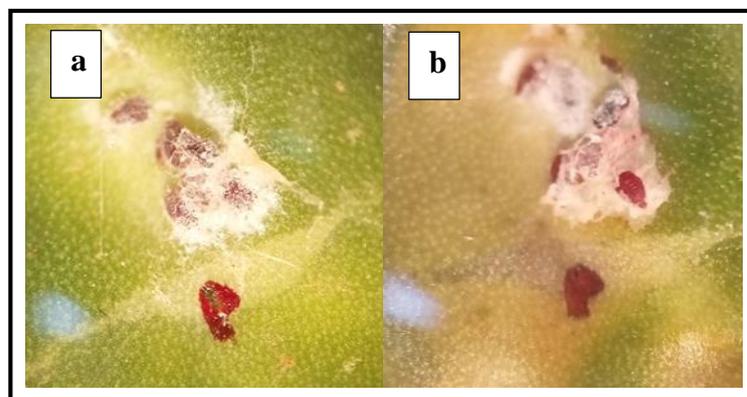


Figure 34: Nympe immobile traitée à la concentration X1 de polymère avant (a) après (b) (**Originale**).

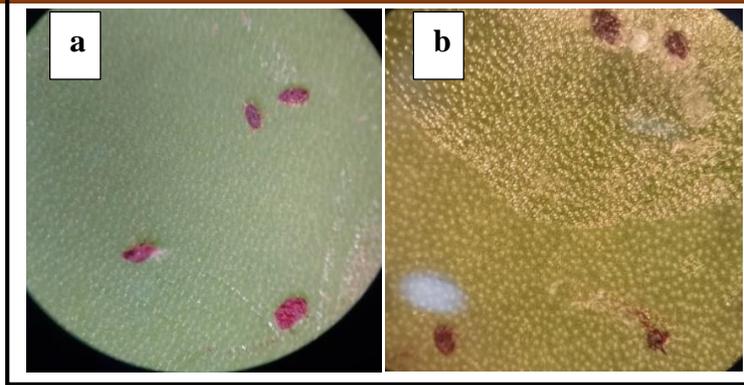


Figure 35: Nympe immobile traitée à la concentration X2 de polymère avant (a) et après (b) (Originale).

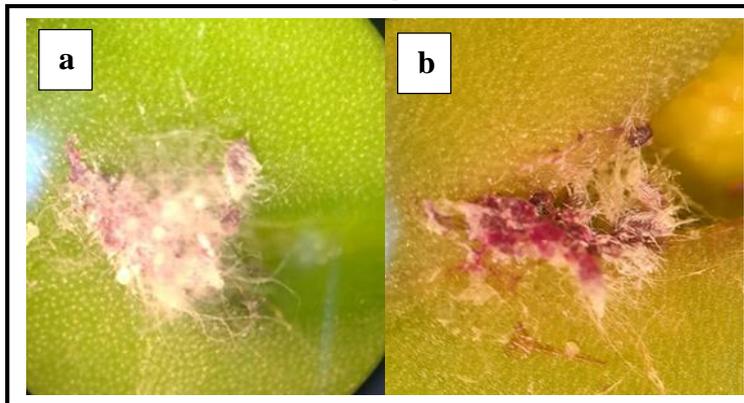


Figure 36: Nympe immobile traitée à la concentration X4 du polymère avant (a) et après (b) (Originale).

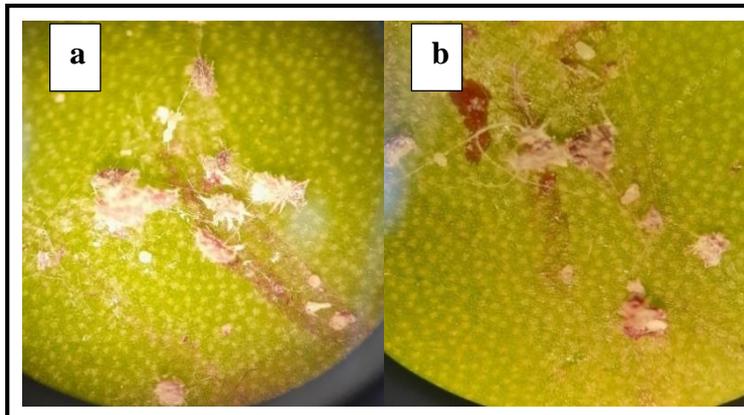


Figure 37: Nymphes immobiles traitées à l'eau distillée avant (a) et après (b) (Originale).

Le traitement à l'eau distillée n'a pas montré aucun changement sur les nymphes immobiles. Les nymphes traitées aux différentes concentrations du polymère (x1, x2, x3, x4) ont montré une présence totale de la cire et une déshydratation de la plupart des nymphes immobiles après 24h de traitement. Par contre, les nymphes traitées au Deltaméthrine montrent l'absence totale

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

des filaments cireux sur la surface des raquettes et un changement de la couleur des nymphes et la mortalité totale 100% après 2h de traitement.

IV.4. Action des différents traitements sur le stade femelles adultes par pulvérisation



Figure 38: Raquette après le traitement qui contient les femelles adultes (**Originale**).

La figure 47 représente le taux de la mortalité des femelles adultes durant 24h de traitement par pulvérisation à l'eau distillée (témoin négatif), Deltamétrine et les différentes concentrations du polymère (x1, x2, x3, x4). Nous avons remarqué que les concentrations x1, x2 et x3 du polymère ont un effet négligeable sur la déshydratation des femelles adultes, par contre la concentration X4 a montré un effet immédiate (70 %) sur la déshydratation des femelles après 24 h de la pulvérisation et par rapport la cire n'a aucun dissolution, préservation de la forme la plante.

Aucun effet signalé par traitement à l'eau distillée ni sur la cire ni sur la déshydratation des femelles adultes.

Nous signalons aussi, que le traitement à insecticide de Deltamétrine a un effet rapide sur la morte des adultes, et la disparation de la cire qui couvre les femelles et la pourriture de la plante après 24h de pulvérisation

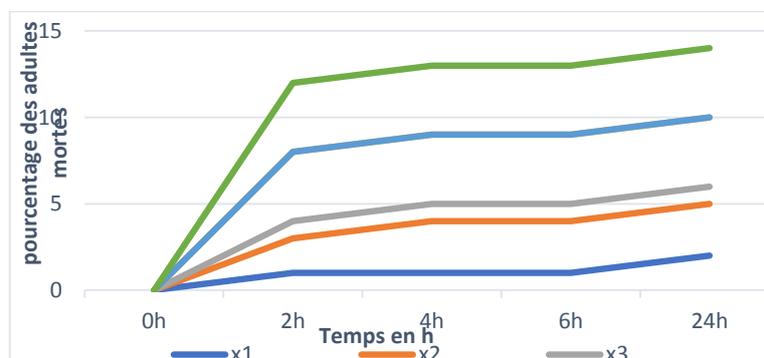


Figure 39: Cinétique de l'effet des différentes concentrations du polymère, l'eau distillée et témoin positif Deltamétrine sur la mortalité des femelles adultes (**Originale**).

❖ **Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traitées**

La figure 48, 49, 50, 51, 52 et 53 représente l'observation sous loupe binoculaire les femelles adultes de *Dactylopius Opuntiae* traitées à l'eau distillée, les différentes concentrations du polymère X1, X2, X3, X4 et la Deltamétrine après 24h de traitement.

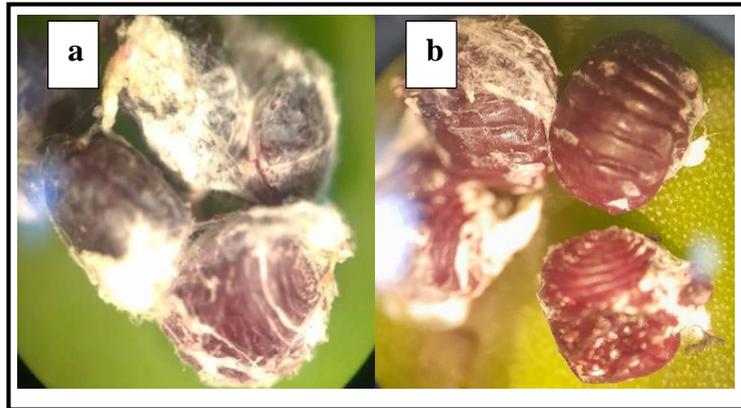


Figure 40: Femelles adultes traitée à la concentration X1 de polymère avant (a) et après (b) (Originale).

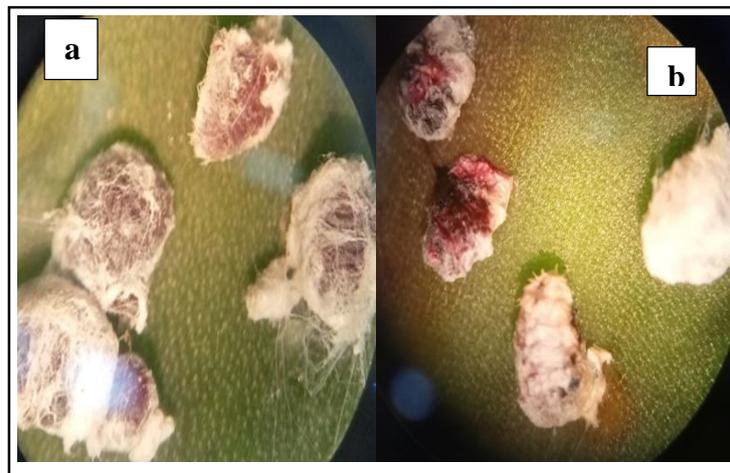


Figure 41: Femelles adultes traitée à la concentration X2 de polymère avant (a) et après (b) (Originale).

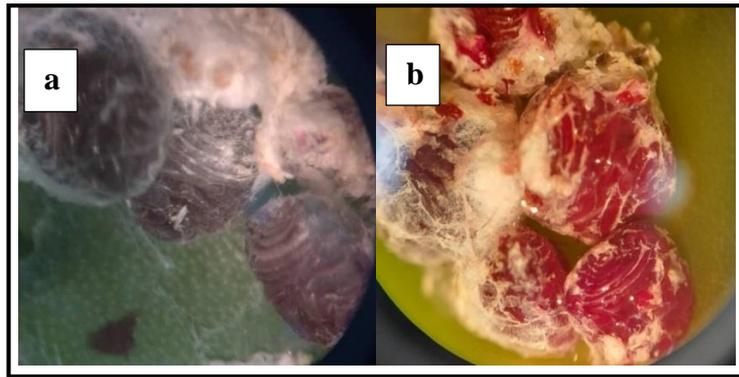


Figure 42: Femelles adultes traitées à la concentration X3 de polymère avant (a) et après (b) (Originale).

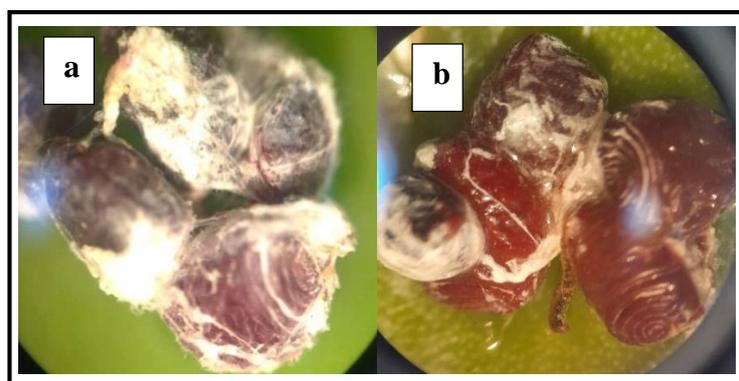


Figure 43: Femelles adultes traitées à la concentration x4 de polymère avant (a) et après (b) (Originale).

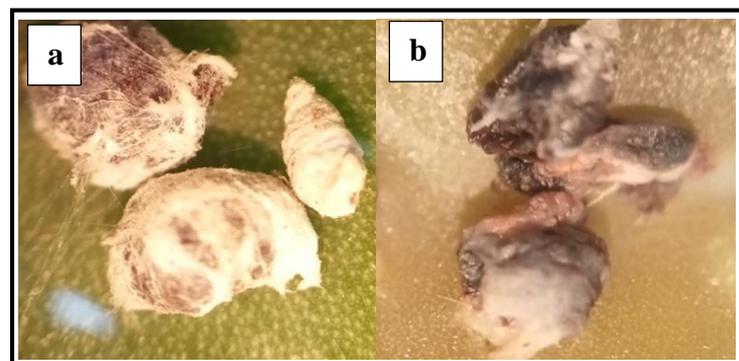


Figure 44: Femelles adultes traitées à la Deltaméthrine avant (a) et après (b) (Originale).

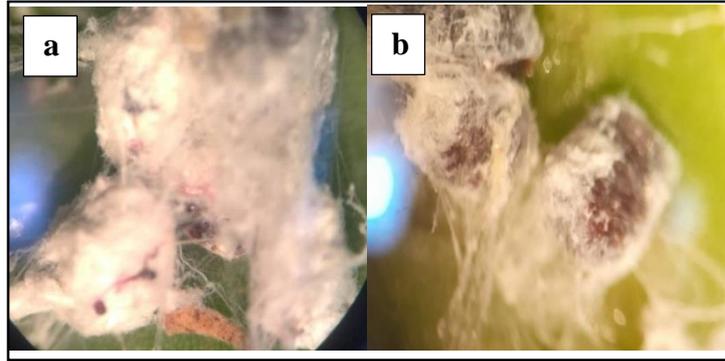


Figure 45: Femelles adultes traitées à l'eau distillée avant(a) et après (b) (Originale).

Tout d'abord, le traitement à l'eau distillée, comme indiqué au paravent n'a pas d'effet sur la déshydratation des femelles adultes et aucun changement sur la couleur ou la dégradation de la cire blanche. Par contre, la concentration la plus élevée X4 du polymère a un effet sur les mortalités des adultes de *Dactylopius opuntiae* 80% après 24 h de pulvérisation mais la présence de la cire blanche qui couvre les femelles adultes, nous avons également remarqué un changement de la couleur des femelles.

Enfin, l'insecticide Deltaméthrine s'avère plus efficace sur la morte de l'insecte et la cire blanche mais avec des pourritures sur la plante.

IV.5. Évaluation de l'effet mixte du polymère et émulsifiant naturel H2000CH sur les différents stades du développement de la cochenille *Dactylopius opuntiae*

❖ L'effet du traitement mixte (Polymère –émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade nymphes mobiles par pulvérisation

La figure 54 représente la différence entre la concentration X4 du polymère et le mélange de polymère –émulsifiant naturel H2000CH sur la mortalité des nymphes mobiles II en fonction de temps.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

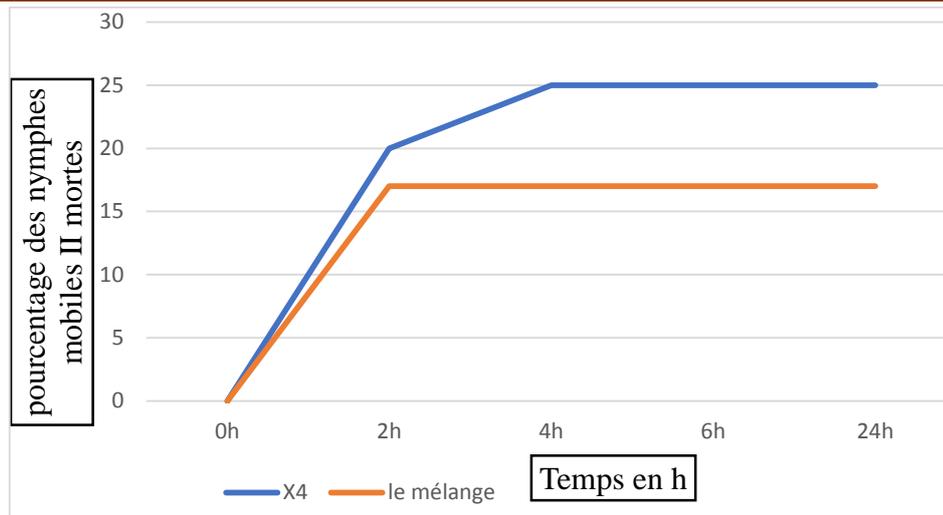


Figure 46: Cinétique L'effet mixte du polymère-émulsifiant naturel H2000CH des traitements sur le stade nymphes mobiles II par pulvérisation (**Originale**).

La meilleure concentration X4 présente une mortalité des nymphes mobile II 90% après 4h de pulvérisation, mais la cire présente totalement qui couvre les cochenilles. Aussi, l'effet de le mixte du (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) s'avère plus efficace que la concentration X4 du polymère et le pourcentage de mortalité des nymphes mobiles II et la disparition la cire atteint 100% après 2h de pulvérisation

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles II traitée au polymère

La figure 55 représente l'observation sous loupe binoculaire des nymphes traitée au X4 de polymère (avant et après pendant 2h, 4h, 6h)

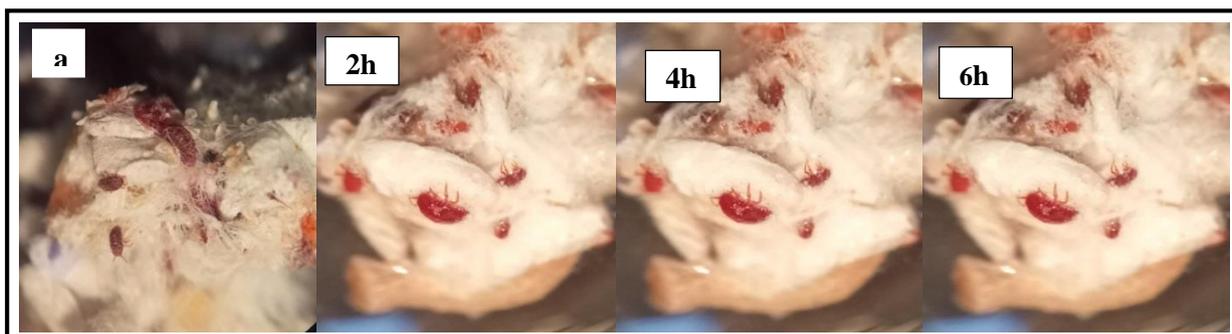


Figure 47: Observation sous loupe binoculaire de nymphes mobiles traitées à la concentration x4 de polymère avant (a) et après 2h, 4h, 6h (**Originale**).

En effet, après 6h de traitement par le polymère de la concentration x4 =1% on a observé la morte les majorités des nymphes mobiles II 80% avec la présence de la cire protectrice.

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles II traitée à le polymère a concentration X1

La figure 56 représente l'observation sous loupe binoculaire des nymphes mobiles déshydratées traitées par me polymère (avant et après 2h ,4h,6h)

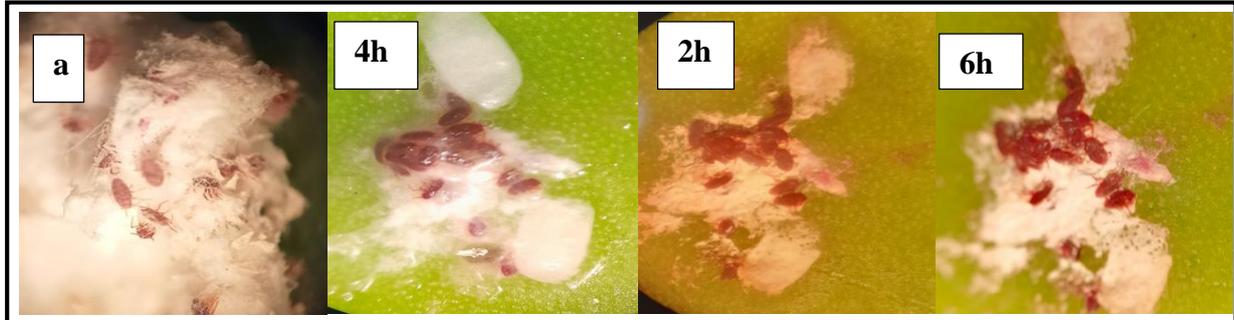


Figure 48: Observation sous loupe binoculaire de nymphe mobile II traitée à le polymère avant (a) et après 2h ,4h et 6h (originale).

Nous avons constaté un peu de dégradation de la cire et une déshydratation de la plupart des nymphes mobiles atteint 80% après 2h de pulvérisation, et la préservation de la plante contre les pourritures

❖ L'effet du mixte (Polymère- émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade nymphes immobiles par pulvérisation



Figure 49: Raquette des nymphes immobiles après traitement (Originale).

La figure 58 représente la différence entre la concentration X4 du polymère et le mélange de polymère- émulsifiant naturel H2000CH sur la mortalité des nymphes immobiles en fonction de temps.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

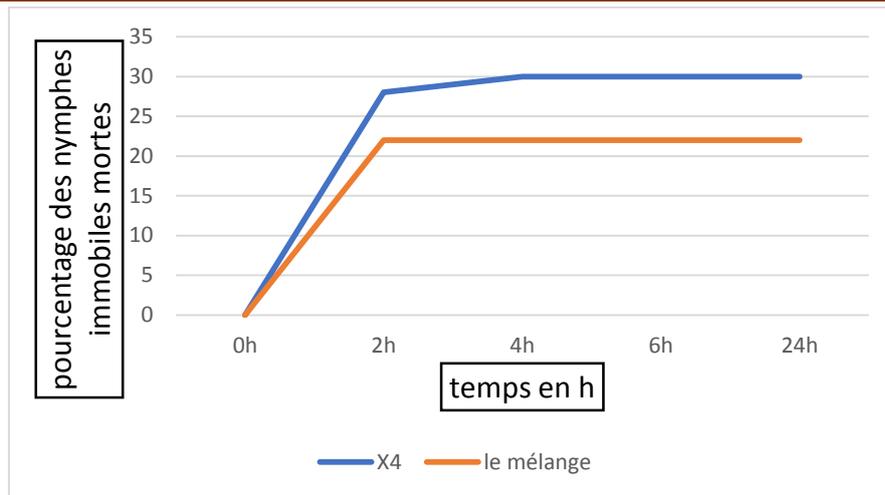


Figure 50: Cinétique L'effet mixte du (polymère - émulsifiant naturel H2000CH) des traitements sur le stade nymphes immobiles par pulvérisation (**Originale**).

Le taux de mortalité atteint 70% après 4h de contact avec le traitement à la concentration 1% du polymère, mais la cire présente au traitement et reste intacte. L'effet du mixte (polymère - émulsifiant naturel H2000CH), s'avère plus efficace que le polymère seule avec un taux de mortalité des nymphes immobiles de 100% après 2h de traitement seulement.

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traité au mixte (polymère - émulsifiant naturel H2000CH)

La figure 59 représente l'observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traitées au mélange entre le polymère- émulsifiant naturel H2000CH (avant et après 2h, 4h, 6h).

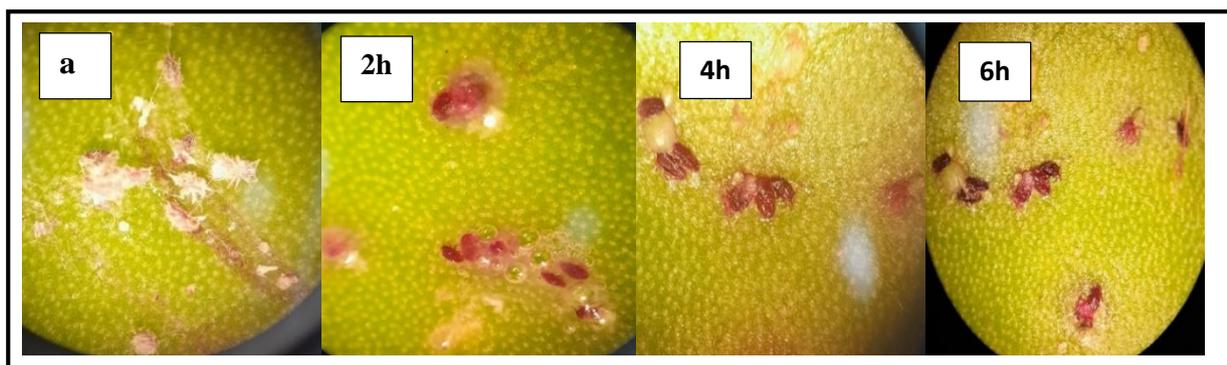


Figure 51: Observation sous loupe binoculaire de nymphes immobiles traitées au mixte du (polymère - émulsifiant naturel H2000CH) avant(a) et après 2h ,4h et 6h (**Originale**).

Nous remarquons une déshydratation totale des nymphes immobiles III après 2h de traitement à mixte (polymère- émulsifiant naturel H2000CH) et la disparition des filaments cireux blancs atteint 80%.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

❖ Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traitée au polymère

La figure 60 représente l'observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traitée au polymère (avant et après 2h, 4h, 6h)

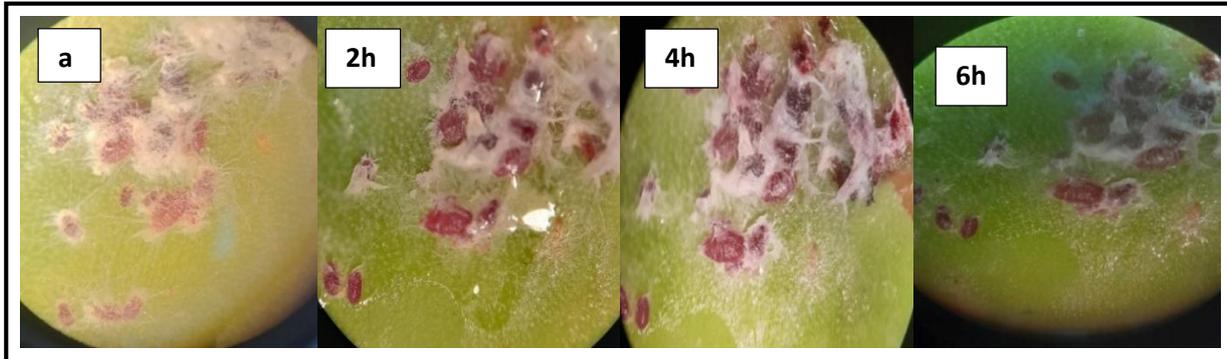


Figure 52: Observation sous loupe binoculaire des nymphes immobiles traitées à la concentration X4 de polymère (**Originale**).

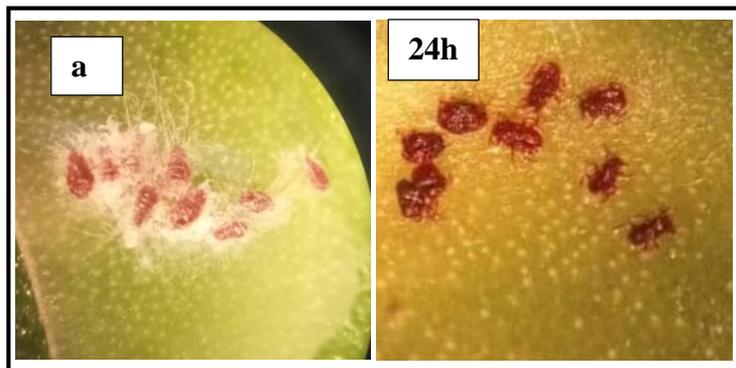


Figure 53: Observation sous loupe binoculaire les nymphes immobiles traitée à le Mélange (polymère- émulsifiant naturel H2000CH) avant (**a**) et après (**24h**) (**Originale**).

Les nymphes immobiles traitées à la concentration X4 du polymère ont montré une mortalité 100% des nymphes, avec une dégradation de la cire blanche qui préserve la cochenille de *Dactylopius opuntiae* après 4h de traitement.

❖ L'effet mixte (polymère - émulsifiant naturel H2000CH) sur le stade femelles adultes par pulvérisation

La figure 62 représente la différence entre la concentration X4 du polymère et le mélange de polymère - émulsifiant naturel H2000CH) sur la mortalité des femelles adultes en fonction de temps. Nous avons remarqué un taux de mortalité de 100% au bout de 2h de la mise en contact du mélange avec les adultes. Par contre l'effet du polymère seule savère moins efficace.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

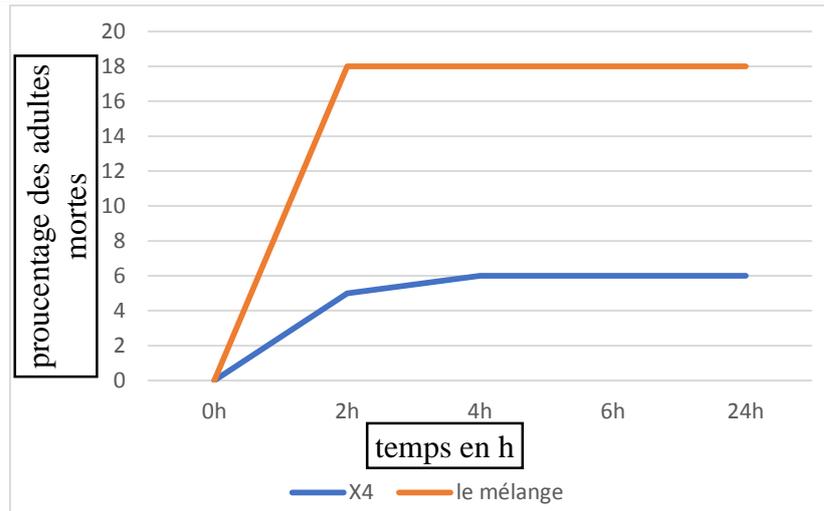


Figure 54: Cinétique l'effet mixte (polymère -émulsifiant naturel H200CH) sur les stades femelles adultes par pulvérisation (**Originale**).

❖ Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traitée au polymère

La figure 63 représente l'observation sous loupe binoculaire des adultes traitée au polymère (avant et après 2h, 4h, 6h)



Figure 55: Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traitée à polymère avant (a) et après 2h, 4h, 6h (**Originale**).

Les femelles traitée au polymère de la concentration X4 une déshydratation des majorités des femelles adultes après 4h de traitement et une persistante de la cire protectrice

❖ Observation sous loupe binoculaire des femelles adultes traité à le mixte (polymère- émulsifiant naturel H2000CH)

La figure 64 représente l'observation sous loupe binoculaire des adultes traitée au le mélange du (polymère - émulsifiant naturel H2000CH) (avant et après 2h, 4h, 6h)

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

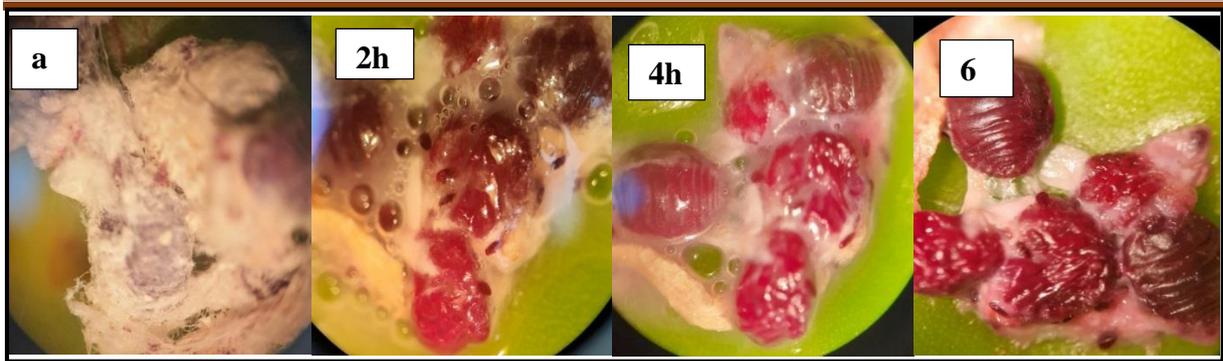


Figure 56: Observation sous loupe binoculaire des Femelles Adultes traitées à le mixte du (polymère et émulsifiant naturel H2000CH) (**Originale**).

Nous remarquons une déshydratation totale des adultes et une dégradation de la cire blanche qui couvre la cochenille.

IV.6. Évaluation de l'effet mixte (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) sur les raquettes

La figure 65 représente les résultats obtenus des cochenilles reste vivant après le traitement en fonction de temps . Nous remarquons que le pourcentage de déshydrations des cochenilles atteint 98% après 2h de traitement à le mélange de polymère et (polymère- émulsifiant naturel H2000CH).

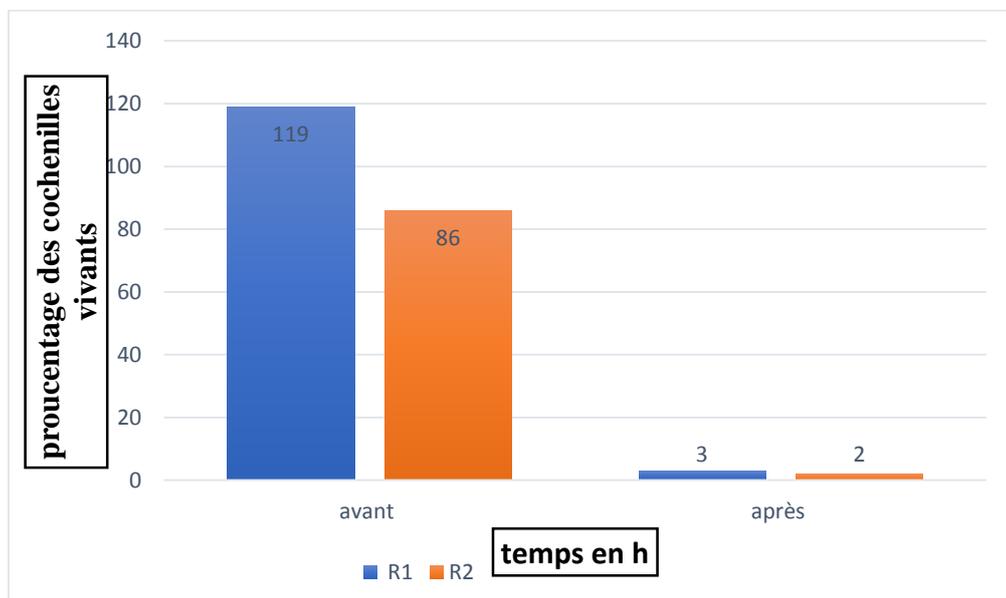


Figure 57: Le taux de survie de la cochenille avant et après pulvérisation de le mixte du (polymère- émulsifiant naturel H2000CH) (**Originale**).

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

❖ Observation sous loupe binoculaire de *Dactylopius opuntiae* traitée au mixte (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) sur la raquette complet

La figure 66 représente l'observation visuelle du champ de raquette 01 du cactus traité au mélange du (le polymère - émulsifiant naturel H2000CH) (avant et après 2h, 4h, 6h).

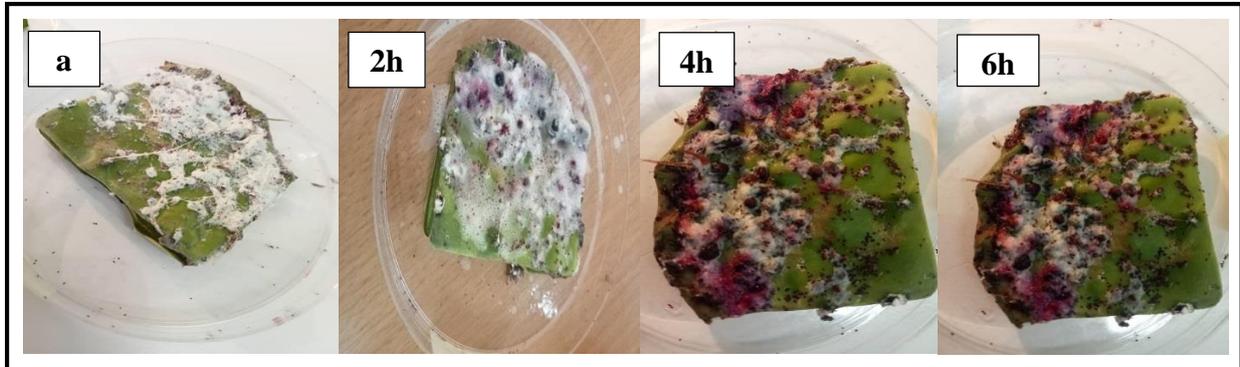


Figure 58: Raquette 01 avant (a) et après 2h, 4h, 6h le traitement à la mixture du (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) (Originale).

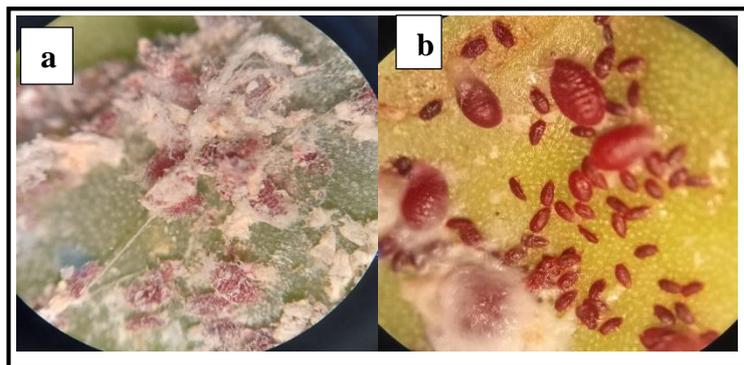


Figure 59: Observation sous loupe binoculaire des cochenilles traitée à la mixture du (polymère-émulsifiant naturel H2000CH) avant (a) et après (b) (Originale).

Les résultats obtenus après le traitement au mixte (polymère-émulsifiant H2000CH) (Figure 67,68) présentent une augmentation du pourcentage de mortalités des *Dactylopius opuntiae* après 2h de traitement et un effet rapide sur la disparation et la dégradation de la cire blanche et sans aucune des dommages et pourriture de la plante.

IV.7. Evaluation *in situ* de l'action du polymère sur les raquettes de figuier de barbarie

- Une raquette a été pulvérisée à l'eau distillée dont les résultats enregistrés lors d'un suivi de 48h représenté à la figure ci-dessous, aucun effet n'est signalé après 48h du traitement.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel



Figure 60: Suivi de l'état de la raquette après traitement à l'eau distillée (Originale).

- Une raquette a été pulvérisée à polymère de concentration X4=1% dont les résultats enregistrés lors d'un suivi de 48h à la figure 69, montre un effet sur la mortalité des cochenilles mais aucun effet sur la dégradation de la cire blanche qui protégé les cochenilles.

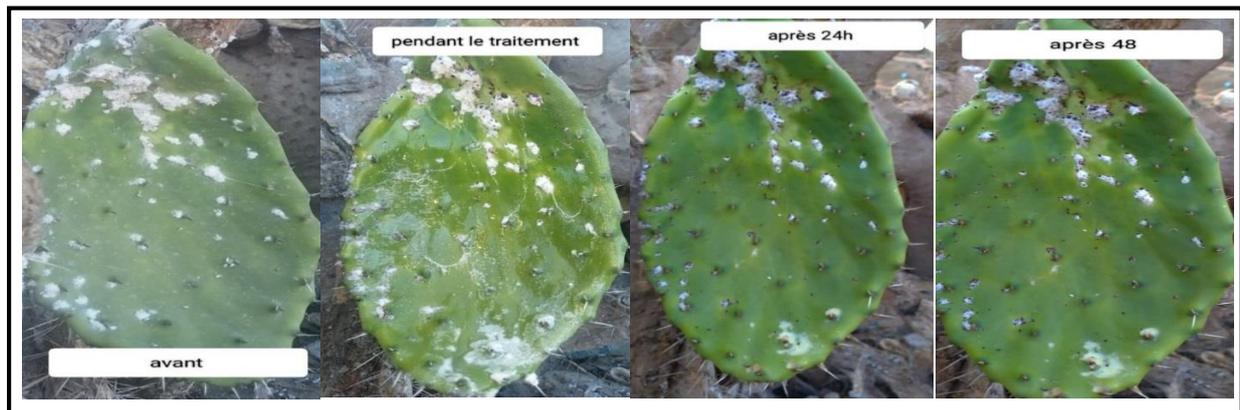


Figure 61: Suivi de l'état de la raquette après traitement à polymère de la concentration X4(Originale)

- Les raquettes pulvérisée au mixte (polymère –émulsifiant naturel H2000CH) dont les résultats enregistrés lors d'un suivi de 48h à la figure ci-dessous, montre un effet très remarquable sur l'infestation par la cochenille. La dégradation complète de la couche de cire protectrice permet de visualiser les cochenilles normalement cachées par l'amas cireux, sans entrainer des pourritures de la plante.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

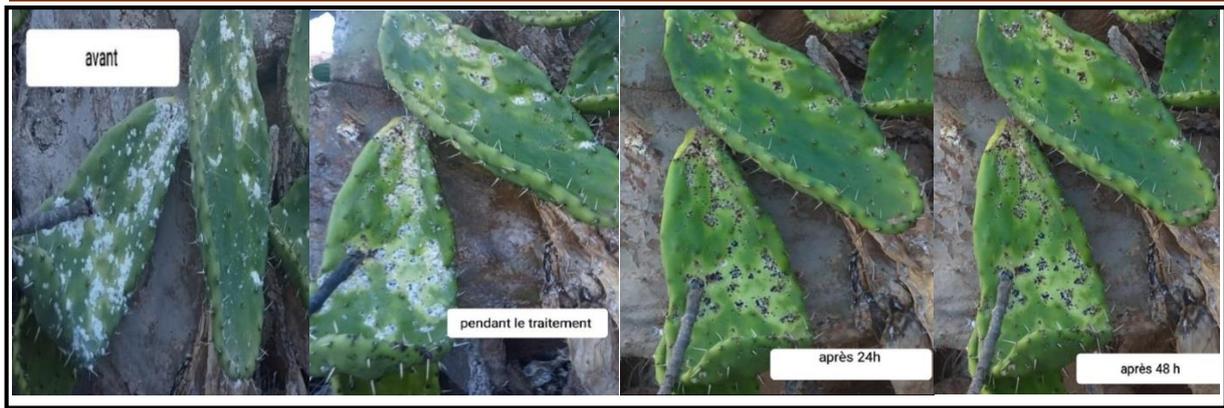


Figure 62: Suivi de l'état de la raquette après traitement au le mixte de (polymère - émulsifiant naturel H2000CH)(originale).

En comparant nos résultats avec l'étude menée par **FILALI Bouchra en 2021**, nous constatons que nos extraits présentent un pouvoir biopesticide plus important et le même effet que ceux obtenus dans leur étude.

Notre laboratoire a développé un polymère avec un émulsifiant naturel nommée H2000CH, une solution alternative des produits chimiques ayant le même effet insecticide sur la cochenille à un prix acceptable, mais dépourvue de toxicité pour la santé humaine et pour l'environnement. Dans un premier temps, nous avons effectué des tests sur ce biopesticide sur un échantillon de cire protectrice prélevé sur la cochenille. Ensuite, nous avons isolé les différents stades du développement de l'insecte *Dactylopius opuntiae*. La comparaison de l'effet insecticide du mixte polymère-émulsifiant naturel H2000CH avec celui du Deltamétrine a été réalisée. Nous avons également effectué des tests sur le terrain pour évaluer l'effet du mixte polymère-émulsifiant naturel H2000CH.

Selon les résultats obtenus, il a été démontré que le polymère amélioré a une action biopesticide rapide sur le développement de la cochenille et la dégradation de la cire protectrice, ce qui entraîne l'apparition de zones de jaunissement sur les raquettes du figuier de barbarie causées par cet insecte. La raison de ce jaunissement est que la chlorophylle, qui absorbe la lumière lors de la photosynthèse, est absente.

Conclusion

Conclusion

Dans cette étude, nous avons examiné les cochenilles de la figure de barbarie (*Dactylopius opuntiae*), qui entraînent des dommages considérables jusqu'à la mort de la plante.

Les cochenilles *Dactylopius opuntiae* sont des insectes parasites qui nourrissent la sève de la raquette de cactus, caractérisée par une cire protectrice qui protège contre les conditions météorologiques défavorables et les manipulations chimiques.

Dans cette étude, nous avons évalué l'efficacité *in vitro* et *in situ* du biopesticide du polymère associée avec un émulsifiant naturel H2000CH sur la cochenille qui endommage les cultures de cactus de manière incontrôlable. Ce produit, conçu dans un souci de préservation de l'environnement et de la santé humaine, a démontré son potentiel en provoquant la dégradation de la cire protectrice et en inhibant le développement des stades de la cochenille. Ces résultats confirment les propriétés insecticides des substances bioactives présentes dans le biopesticide, soulignant ainsi leur biodégradabilité et leur innocuité. Ensuite, cette combinaison du polymère et émulsifiant naturel H2000CH s'est révélée très efficace pour contrôler les populations de ravageurs, comme démontré par un taux de mortalité de 100% des différents stades de *Dactylopius opuntiae* après deux heures d'application. De plus, le traitement a permis de réduire significativement la quantité de cire sur les cochenilles, atteignant jusqu'à 80% de dissolution dans le même laps de temps. Ces résultats indiquent non seulement l'efficacité du biopesticide mais aussi son innocuité pour les plantes, avec aucune incidence de pourriture observée et une intégrité préservée.

Il est donc crucial d'encourager l'utilisation de biopesticides plutôt que des pesticides chimiques, en mettant en avant les arguments et les résultats de cette étude pour prévenir les maladies des cactus et promouvoir une agriculture durable pour les générations futures. De plus, des perspectives intéressantes incluent le test du biopesticide sur d'autres cultures comme le palmier dattier et l'étude de la résistance éventuelle de la cochenille au biopesticide.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Alimi, H., Hfaiedh, N., Bouoni, Z., Hfaiedh, M., Sakly, M., Zourgui, L., & Rhouma, K. B. (2010).** Antioxidant and antiulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* root extract in rats. *Phytomedicine*, 17(14), 1120-1126.
- Anaya-Pérez, M. A. (2001).** History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico. *FAO Plant Production and Protection Paper (FAO)*, (169).
- Babcock, J. M., Gerwick, C. B., Huang, J. X., Loso, M. R., Nakamura, G., Nolting, S. P., ... & Zhu, Y. (2011).** Biological characterization of sulfoxaflo, a novel insecticide. *Pest management science*, 67(3), 328-334.
- Bakali, A. H., Alem, C., Ichir, L. L., & El Mzouri, H. (2016).** Cladode planting methods improves the initial growth and production of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Advances in Agriculture & Botany*, 8(3), 111-128.
- Barreto-García, O. A., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., Vanegas-Rico, J. M., Viguera, A. L., & Portillo, L. (2020).** *Laetiliacoccidivora* feeding on two cochineal insect species, Does the prey affect the fitness of the predator?. *BioControl*, 65, 727-736.
- Brito, C. H., Batista, E. L., de Albuquerque, I., & de Luna Batista, J. (2008).** Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim na Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 8(2), 1-5
- Boutakiout, A. (2015).** Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit: jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*) (Doctoral dissertation, Angers).
- Cherif Benismail, M., Mokhtari, M., & Arba, M. (2000, October).** The cactus pear (*Opuntia* spp.) in Morocco: Main species and cultivar characterization. In *IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal* 581 (pp. 103-109).
- Chávez-Moreno, C. K., Tecante, A., Casas, A., & Claps, L. E. (2011).** Distribution and habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti hosts (Cactaceae: Opuntioideae). *Neotropical entomology*, 40, 62-71.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

Cockerell, T. D. A. (1896). New species of insects taken on a trip from the Mesilla Valley to the Sacramento Mts., New Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*, 4(4), 201-207.

Méndez-Gallegos, S., & Bravo-Vinaja, Á. (2022). *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), an emerging global threat for *Opuntia* spp.: a bibliometric analysis. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 24, 111-138.

El Aalaoui, M., & Sbaghi, M. (2023). Life table parameters and predation potential of the coccinellid *Hyperaspistrifurcata*, feeding on the invasive cactus scale *Dactylopius opuntiae*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(6), 2021-2031.

El Aalaoui, M., & Sbaghi, M. (2023). Side effects of some insecticides on numerical response of *Cryptolameus montrouzieri* to *Dactylopius opuntiae*. *Phytoparasitica*, 51(3), 513-520.

El Aalaoui, M., Bouharroud, R., Sbaghi, M., El Bouhssini, M., Hilali, L., & Morocco, R. (2020). Seasonal biology of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia ficus-indica* (Caryophyllales: Cactaceae) under field and semi field conditions. *International Journal*, 76(1/1).

El Kharrassi, Y. (2015). Mise en évidence de la diversité des populations de cactus (*Opuntia* spp.) au Maroc et de la modulation du métabolisme lipidique par des extraits naturels et de phytostérols issues de cactus ou d'huile d'Argan dans les cellules microgliales BV2 (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).

El Kharrassi, Y., Mazri, M. A., Sedra, M. H., Mabrouk, A., Nasser, B., & El Mzouri, E. (2017). Characterization of genetic diversity of cactus species (*Opuntia* spp.) in Morocco by morphological traits and molecular markers. *Current Agriculture Research Journal*, 5(2), 149-159.

Ennouri, M., Fetoui, H., Bourret, E., Zeghal, N., & Attia, H. (2006). Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats. *Bioresource Technology*, 97(12), 1382-1386.

Ezzahraa, E. M. F. (2022). Evaluation du pouvoir insecticide et fongicide des souches bactériennes isolées des racines du cactus vis-à-vis de la cochenille du cactus (*Dactylopius opuntiae*) et de champignons phytopathogènes.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

Griffith, M. P. (2004). The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American journal of botany*, 91(11), 1915-1921.

Gonçalves Diniz, A., Barbosa, L. F. S., Santos, A. C. D. S., Oliveira, N. T. D., Costa, A. F. D., Carneiro-Leão, M. P., & Tiago, P. V. (2020). Bio-insecticide effect of isolates of *Fusarium caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) combined to botanical extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Biocontrol science and technology*, 30(4), 384-395.

Hadjsadok, A., Moulai-Mostefa, N., & Rebiha, M. (2010). Rheological properties and phase separation of xanthan-sodium caseinate mixtures analyzed by a response surface method. *International Journal of Food Properties*, 13(2), 369-380.

Inglese, P. (2018). Ecologie, Culture et utilisations du Figuier De Barbarie.

Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui, A., & Saenz, C. (2017). *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Khalid, P. A. J., Adnane, P. R., Khalid, P. D., & Karima, P. M. Mise au point d'un biopesticide NPC pour lutter contre la cochenille *Dactylopius coccus*.

Longo, S., & Rapisarda, C. (1995). Pests of cactus pear.

Lopes, R. S., Oliveira, L. G., Costa, A. F., Correia, M. T., Lima, E. A. L. A., & Lima, V. L. (2018). Efficacy of *Libidibiaferrea* var. *ferrea* and *Agave sisalana* extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccoidea). *Journal of Agricultural Science*, 10(4), 255-267.

Mabrouk, A. (2022). Caractérisation agro-phénologique du figuier de Barbarie (*Opuntia* Spp.) et optimisation des techniques de multiplication in vitro.

Mauseth, J. D. (1984). Effect of growth rate, morphogenic activity, and phylogeny on shoot apical ultrastructure in *Opuntia polyacantha* (Cactaceae). *American journal of botany*, 71(9), 1283-1292.

Mazzeo, G., Nucifora, S., Russo, A., & Suma, P. (2019). *Dactylopius opuntiae*, a new prickly pear cactus pest in the Mediterranean: an overview. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167(1), 59-72.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

M. J. Ochoa., Lobos, E., Portillo, L., & Viguera, A. L. (2013, October). Importance of biotic factors and impact on cactus pear production systems. In VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal 1067 (pp. 327-333).

Moussa, Z., Yammouni, D., & Azar, D. (2017). *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), a new invasive pest of the cactus plants *Opuntia ficus-indica* in the South of Lebanon (Hemiptera, Coccoidea, Dactylopiidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 122(2), 173-178.

Mulas, M., & Mulas, G. (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR, 112.

Neffar, S. (2012). Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk-ahras et Tébessa (Doctoral dissertation, Annaba).

Nobel, P. S., & Bobich, E. G. (2002). Environmental biology. *Cacti: biology and uses*, 57-74.

Ochoa, M. J., Lobos, E., Portillo, L., & Viguera, A. L. (2013, October). Importance of biotic factors and impact on cactus pear production systems. In VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal 1067 (pp. 327-333).

Palafox-Luna, J. A., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., Viguera-Guzmán, A. L., & Vanegas-Rico, J. M. (2018). Life cycle and fecundity of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in *Opuntia ficus-indica* (Caryophyllales: Cactaceae). *Agrociencia*, 52(1), 103-114.

RABEMANATSOA, N. (2010). Action pour une meilleure valorisation des Cactus *Opuntia*.

Reggane, L. (2021). Étude bibliographique sur la valorisation biotechnologique des cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Sbaghi, M., Bouharroud, R., Boujghagh, M., & Bouhssini, M. E. (2019). Sources de résistance d'*Opuntia* spp. contre la cochenille à carmin, *Dactylopius opuntiae*, au Maroc. *EPPO Bulletin*, 49(3), 585-592.

Torres, J. B., & Giorgi, J. A. (2018). Management of the false carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): perspective from Pernambuco state, Brazil. *Phytoparasitica*, 46, 331-340.

Etude de l'effet biopesticide d'un biopolymère issu de déchets chitineux associé à un agent émulsifiant naturel

Vigueras, A. L., & Portillo, L. (2016). Good agricultural practices for fine cochineal production. *Good Agricultural Practices in Cactus Pear Crop* (ed. Ochoa, MJ), 24-29.

Zeitoun, R., Hayar, S., Majed, L., El-Omari, K., & Dousset, S. (2020). Comparison of the efficacy of two insecticides for the management of *Dactylopius opuntiae* on prickly pear cactus in Lebanon and monitoring of the insecticides residues dissipation rates in fruits and cladodes. *SN Applied Sciences*, 2, 1-16.

Zirmi-Zembri, N., & Kadi, S. A. (2016). Nutritive value of the main forage resources used in Algeria. 1-The herbaceous natural fodders. *Livestock Research for Rural Development*.

ملخص:

يهدف هذا العمل إلى تقليل أضرار حشرة البق الدقيقي في الصبار، حيث قمنا بتقييم التأثير المختبري والموضعي لمبيد الحيوي المتكون من بوليمر على حشرة البق الدقيقي *Dactylopus opuntiae* من خلال مقارنتها مع تأثير المبيد الكيميائي مثل Deltamétrine المضر بالبيئة والصحة للإنسان.

وفي الواقع، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن المبيد الحيوي كان له تأثيرات فعالة متعددة حيث لها تأثير على تحلل الشمع الواقى للقرمزية بنسبة تصل إلى 85% بعد ساعتين (02) من الرش وجفاف حشرات القرمزية بنسبة 100% في كل مراحل تطورها. الاستخدام المشترك للبوليمر والمستحلب مفيد للنبات دون التسبب في التعفن.

الكلمات المفتاحية: قرمزي، بوليمر، مستحلب طبيعي، *Dactylopus opuntiae*، شمع وقائي، مبيد حيوي.

Résumé :

Ce travail a pour objectif de réduire les dégâts de la cochenille du cactus, nous avons évalué l'effet in vitro et in situ du Polymère associé à un émulsifiant naturel H2000CH sur la cochenille *Dactylopus opuntiae* en le comparant avec l'effet d'un pesticide chimique Deltamétrine qui néfaste sur l'environnement et la santé humain.

En effet, les résultats obtenus ont montrés que le biopesticide composé du Polymère et d'émulsifiant naturel H2000CH a des effets multiples efficaces, notamment une dégradation de la cire protectrice de la cochenille jusqu'à 85% après deux (02) heures de pulvérisation, une mortalité totale des différents stades du développement de la cochenille de cactus à 100%. L'utilisation conjoint d'un polymère et un émulsifiant est bénéfique pour la plante sans entrainer des pourritures.

Mots clés : cochenilles, Polymère, émulsifiant naturel, *Dactylopus opuntiae*, cire protectrice, biopesticide..

Abstract :

The objective of this work is to reduce damage caused by the cactus cochineal. We evaluated the in vitro and in situ effects of the polymer combined with a natural emulsifier H2000CH on the cochineal *Dactylopus opuntiae*, comparing it with the effect of the chemical pesticide Deltamethrin, which is harmful to the environment and human health.

Indeed, the results obtained showed that the biopesticide composed of the polymer and natural emulsifier H2000CH has multiple effective effects, including degradation of the protective wax of the cochineal by up to 85% after two (02) hours of spraying, and complete mortality of various stages of cactus cochineal development at 100%. The combined use of a polymer and emulsifier is beneficial for the plant without causing rot.

Keywords: Cochineals, Polymer, natural emulsifying agent, *Dactylopus opuntiae*, protective wax, biopesticide effect.