



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



Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie et Environnement

MÉMOIRE

Présenté par

MENDI Fatima Zohra

Pour l'obtention du diplôme de Master en

Ecologie Animale

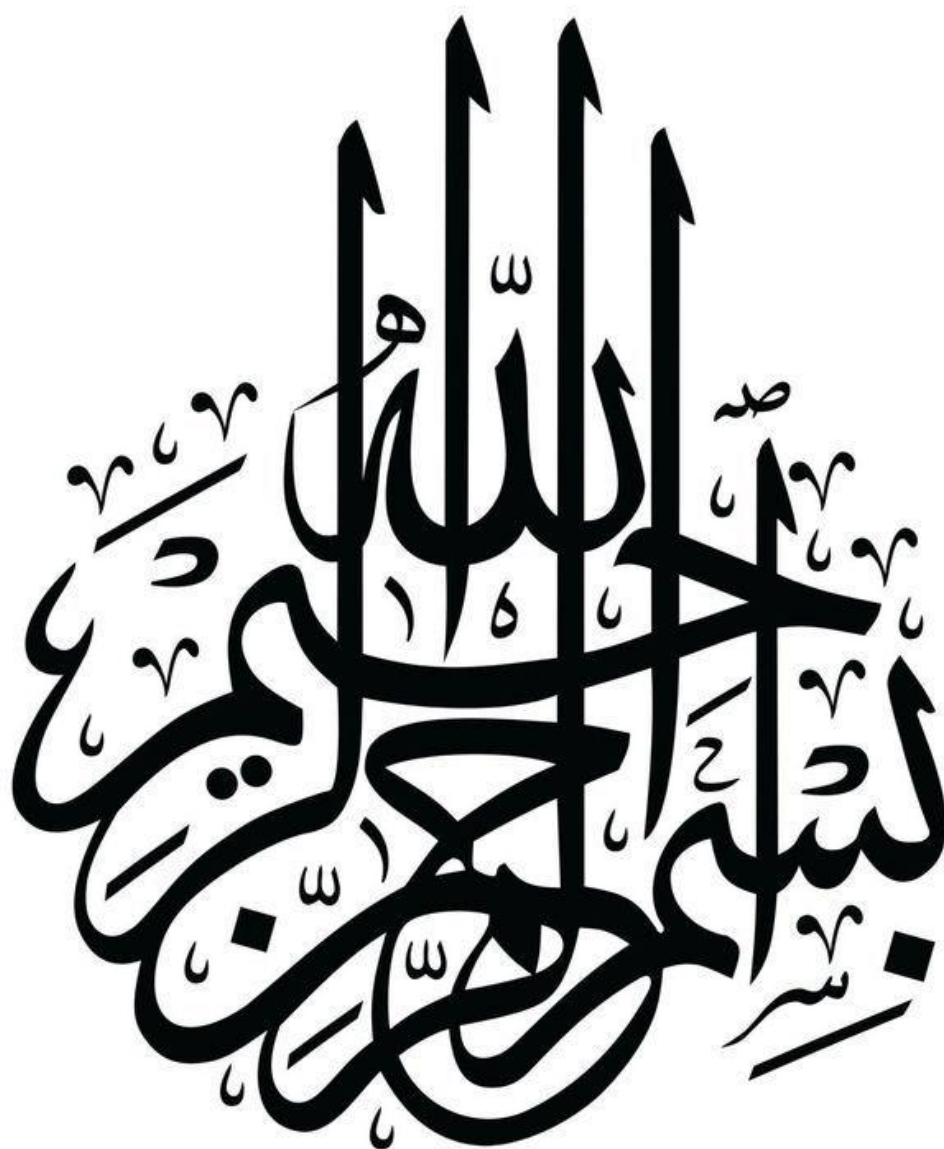
Thème

**Étude écologique de l'espèce *Dactylopius opuntiae*,
principal ravageur d'*Opuntia ficus indica* L. dans
la région de Fellaoucène et son impact sur la
biodiversité**

Soutenu le : 24 /06/2026, devant le jury composé de :

Présidente :	TABTI Leila	MCA	Université Tlemcen
Examinatrice :	KASSEMI Naima	MCB	Université Tlemcen
Encadrante :	TABTI Nassima	MCA	Université Tlemcen
Co-encadrante :	DANOUN Meriem	MCB	Université Tlemcen

Année universitaire: 2025/2026



REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Allah le Tout-Puissant pour m'avoir accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements à mes encadrantes, Mme TABTI Nassima et Mme DANOUN Meriem, pour leur disponibilité, leurs précieux conseils, leur accompagnement et leurs encouragements tout au long de ce travail.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à Mme TABTI Leila, présidente du jury à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider ce jury.

Mes remerciements s'adressent également à Mme KASSEMI Naima, pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour les remarques et suggestions constructives qui contribueront à son amélioration.

Je remercie vivement tous les enseignants du département d'Ecologie et environnement qui ont contribué à ma formation universitaire et à l'acquisition de mes connaissances.

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à ma famille, à mes amis ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont soutenue, encouragée et accompagnée de près ou de loin durant l'élaboration de ce mémoire.

À toutes et à tous, je témoigne ma profonde reconnaissance.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents,

Aucune dédicace ne saurait exprimer toute ma reconnaissance, mon amour et mon profond respect pour les sacrifices que vous avez consentis afin de m'offrir les meilleures conditions de réussite. Que Dieu vous protège et vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes frères et sœurs,

Pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon parcours.

À toute ma famille,

Pour leur présence, leur confiance et leurs prières qui m'ont toujours accompagnée.

À mes amis,

Pour les moments de partage, de soutien et d'encouragement.

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Je dédie également ce travail à tous ceux qui m'ont aidée et soutenue durant mes études.

Fatima Zohra

SOMMAIRE

Remercîments

Dédicaces

Listes des tableaux

Listes des figures

Listes des abréviations

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I: Synthèse bibliographique.....2

1. *Opuntia ficus indica* L. (Plante hôte).....2

1.1. Définition.....2

1.2. Origines et historique d'*Opuntia* 2

1.3. Répartitions géographiques 2

1.4. Systématique.....3

1.5 Morphologie d'*Opuntia* 3

1.6 Exigences pédologiques 5

1.7 Exigences Climatiques 6

1.8. Intérêt écologique, social, économique d'*Opuntia* 6

1.9. Les maladies d'*Opuntia*.....7

2. *Dactylopius opuntiae* (L'insecte ravageur) 12

2.1. *Dactylopius opuntiae*.....12

CHAPITRE II: Matériel et méthodes.....19

1. Présentation de la zone d'étude.....20

1.1. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....20

1.2. Situation géographique de la région de Fellaoucène 20

2.2. Hydrologie.....22

2.3. Pédologie 22

3. Etude bioclimatique.....22

3.1. Facteurs climatiques.....23

3.2.3. Température.....24

3.2.4. Précipitations 25

4. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....26

5. Quotient pluviothermique d'EMBERGER.....27

6. Matériel et Méthodes 28

6.1. Etude entomologique.....28

6.2. Choix des stations.....29

6.3. Matériel utilisé.....31

6.3.1. Matériel de terrain 31

6.3.2. Matériel d'échantillonnage 32

6.3.3. Matériel d'observation et d'analyse 32

6.3.4. Matériel spécifique à l'étude	32
6.4. Méthodologie d'échantillonnage sur le terrain	33
6.5. Identification des espèces	36
6.6. Étude floristique de la végétation associée à <i>Opuntia ficus-indica</i>	37
7. Traitement des Données	39
7.1. Evaluation de L'infestation	39
7.2. Analyses statistiques.....	39
7.3. Analyse de la biodiversité (Les indices écologiques).....	39
CHAPITRE III: Résultats et discussion.....	41
1. Résultats	42
1.1. Dynamique spatio- temporelle de l'infestation par <i>Dactylopius opuntiae</i>	42
1.2. Évaluation des dégâts sur <i>Opuntia ficus indica</i>	42
1.3. Impact sur la biodiversité	43
1.3.1. Espèces collectées.....	44
1.3.2. Analyses statistiques.....	46
1. Discussion.....	53
Conclusion générale.....	55
Références bibliographiques.....	57
Les Annexes.....	67

Liste des tableaux

Tableau 1: Données géographiques de la station météorologique de Zenata	22
Tableau 2: Les données climatique de la région de Zenata durant la période de 2003 à 2023	23
Tableau 3: Situation bioclimatique et valeur de Q2 dans la station de Zenata durant la période (2003-2023)	24
Tableau 4: Coordonnées géographiques et orientation des stations d'étude dans la région de Fellaoucène (Tlemcen)	26
Tableau 5: Liste des espèces végétales associées à <i>Opuntia ficus-indica</i> dans les stations étudiées (région de Fellaoucène)	30
Tableau 6: Répartition quantitative des espèces entomologiques dans les stations infestées et non infestées par <i>Dactylopius opuntiae</i>	36
Tableau 7 : Répartition quantitative des espèces entomologiques dans les stations infestées et non infestées par <i>Dactylopius opuntiae</i>	43
Tableau 8 : Valeurs de la richesse spécifique enregistrée dans les différents sites d'étude...	49
Tableau 9 : Valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') des stations étudiées..	50
Tableau 10 : Valeurs de l'équitabilité de Pielou (E) dans les 3 stations étudiées.....	50
Tableau 11 : Valeurs de l'indice de Margalef dans les 3 stations étudiées.....	51
Tableau 12 : Valeurs de l'indice de similitude de Jaccard entre les stations étudiées.....	51

Liste des Figures

Figure 1: Distribution géographique du figuier de Barbarie (NEFFAR, 2012)	2
Figure 2: Schéma descriptif d' <i>Opuntia Ficus Indica</i> (Schweizer, 1997).....	5
Figure 3: Maladies de pourriture des racines (DROUECHE, 2023).....	8
Figure 4: Maladies de pourriture des cladodes (DROUECHE, 2023).....	9
Figure 5: La maladie de la mosaïque de l'Opuntia (DROUECHE, 2023)	10
Figure 6 : Cladode de figuier de Barbarie touché par la cochenille farineuse d' <i>Opuntia</i> (DROUECHE, 2023)	11
Figure 7: Fruit d' <i>Opuntia</i> attaqué par la mouche <i>Ceratitis capitata</i> (DROUECHE, 2023) ...	12
Figure 8: <i>Dactylopius opuntiae</i> sous microscope x10 (DROUECHE, 2023).....	13
Figure 9: Cladode de l'opuntia touché par <i>Dactylopius opuntiae</i> (DROUECHE, 2023)	13
Figure 10: Dispersion de <i>Dactylopius opuntiae</i> à Tlalnepantla, Morelos (VANEGAS RICO,2009)	14
Figure 11: Cycle de vie de <i>Dactylopius opuntiae</i> de l'œuf a l'adulte (FAO,2018)	15
Figure 12: Poudre de carmin après extraction & Molécule d'acide carminique (POTTIER, 2017).....	16
Figure 13: Localisation d'infestation d' <i>Opuntia ficus indica</i> par le <i>Dactylopius opuntiae</i> dans la région de Tlemcen (EL BOUHISSI et al., 2021).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14: Degré d'infestation de <i>Dactylopius opuntiae</i> sur le figuier de barbarie dans la région de Tlemcen, Algérie (EL BOUHISSI et al., 2021)	Erreur ! Signet non défini.
Figure 15 : Situation géographique et limites de wilaya de Tlemcen	19
Figure 16: Situation géographique de Fellaoucène (Google MAPS, 2026)	20
Figure 17: Températures moyennes mensuelles de la station Zenata (2003-2023)	23
Figure 18: Courbe des variations moyennes mensuelles des précipitations de Zenata pour la période (2003-2023)	24
Figure 19: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Zenata durant la période (2003-2023)	25
Figure 20: Situation bioclimatique et valeur de Q2 dans la station de Zenata durant la période (2003-2023)	27
Figure 21 : Photo de Station 01 Forte infestation (Original, 2026).....	28
Figure 22 : Photo de la Station 02 Infestation moyenne (Original, 2026).....	29
Figure 23 : Photo de la Station 03 Station témoin (Original, 2026)	30

Figure 24: Équipements d'analyse (Loupe binoculaire, boîtes de Pétri, tubes Falcon) dédiés à l'étude de <i>Dactylopius opuntiae</i> . (Original, 2026)	31
Figure 25: Installation des pièges Barber contenant de l'éthanol pour l'échantillonnage de la faune épigée (Original, 2026)	33
Figure 26: Collecte de l'entomofaune associée à <i>Opuntia ficus indica</i> à l'aide d'un filet fauchoir (région de Fellaoucène) (Original, 2026)	34
Figure 27: Pièges à sucre utilisés pour la collecte des insectes (Original, 2026)	34
Figure 28: Quelques espèces collectées (Original, 2026)	35
Figure 29: Étude de quelques espèces végétales sauvages dans la région (Fellaoucène) (Original, 2026)	37
Figure 30 : les jeunes repousses sur certains plants infestés par <i>Dactylopius opuntiae</i>	42
Figure 31: Variation de l'abondance des espèces inventoriées dans les trois stations d'étude	44
Figure 32: Diagramme des valeurs individuelles des trois stations (Station 1, Station 2 et Station 3)	45
Figure 33: Boîte à moustaches des données enregistrées dans les Stations 1, 2 et 3	46
Figure 34: Diagrammes de valeurs résiduelles pour Station 1 ; Station 2 ; Station 3	47
Figure 35: Répartition de la richesse spécifique des trois stations	48
Figure 36: Variation des indices écologique dans les trois stations infestées par <i>Dactylopius opuntiae</i>	49

Liste des abréviations

ANAT : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire

ANOVA : Analyse de la Variance

DCO : Demande Chimique en Oxygène

FAO : Food and Agriculture organisation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

GPS : Global Positioning System

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver

J : Indice de similarité de Jaccard

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid

Mg : Indice de Margalef

N : Nombre total d'individus

P : Précipitations annuelles ou mensuelles

pi : Proportion des individus d'une espèce donnée

PP : Précipitations mensuelles

Q : Quotient pluviothermique d'Emberger

Q₂ : Quotient pluviothermique modifié d'Emberger

S : Richesse spécifique

SE : Sud-Est

TM : Température maximale moyenne

Tm : Température minimale moyenne

T : Température moyenne

USDA: United States Department of Agriculture

°C : Degré Celsius

mm : Millimètre

μmol m⁻² s⁻¹ : Micromole par mètre carré et par seconde

NE : Nord-Est

E : Est

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le figuier de Barbarie, connu scientifiquement sous le nom d'*Opuntia ficus indica*, est une plante originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Il a été introduit en Afrique du Nord au 16^{ème} siècle, où il s'est largement adapté aux conditions climatiques locales. Ses fruits, appelés figes de Barbarie, sont appréciés pour leur valeur nutritive et leur effet rafraîchissant. Ils sont riches en vitamine C et contiennent divers composés comme l'albumine, des sucres non cristallisés et du mucilage, une substance végétale visqueuse capable de former un gel (BOUZOUBAA *et al.*, 2014).

Cependant, la culture du figuier de Barbarie fait face à une menace importante liée à l'infestation de *Dactylopius opuntiae*, communément appelée cochenille du figuier de Barbarie. Cet insecte se nourrit de la sève des cladodes, ce qui affaiblit progressivement la plante et peut entraîner sa mort. Sa propagation rapide provoque des dégâts considérables, affectant la santé des plantes ainsi que leur rendement.

Cette cochenille représente donc un véritable problème pour les cultures d'*Opuntia ficus indica*, car elle entraîne une baisse de la productivité et de la qualité des fruits (GOMEZ *et al.*, 2012). Il devient ainsi nécessaire de rechercher des solutions efficaces pour limiter son développement et protéger les cultures.

Par ailleurs, au-delà des dommages directs causés à la plante, *Dactylopius opuntiae* peut également avoir un impact sur la biodiversité locale. En modifiant l'équilibre des populations d'insectes, elle peut influencer la présence d'espèces utiles, notamment les prédateurs.

Dans ce contexte, cette étude vise à analyser la présence de *Dactylopius opuntiae* dans la région de Fellaoucène (Tlemcen) et à évaluer son impact sur la biodiversité associée, afin de mieux comprendre les interactions écologiques au sein de cet agroécosystème.

1. *Opuntia ficus indica* L. (Plante hôte)

1.1. Définition

Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L.) est une plante originaire des régions tropicales d'Amérique du Nord, notamment du Mexique (ARABA *et al.*, 2000). Introduite dans le bassin méditerranéen au XVI^e siècle, elle est aujourd'hui cultivée dans de nombreuses zones chaudes et sèches, comme l'Afrique du Nord, l'Australie et la Californie (EL-MOSTAFA *et al.*, 2014).

En Algérie, cette espèce est répandue dans les régions arides et semi-arides, où elle est valorisée pour ses fruits, son utilisation comme fourrage et son rôle dans la lutte contre l'érosion et la désertification (FAO, 2018 ; ARONSON et FLORET, 2011).

1.2. Origines et historique d'*Opuntia*

Les Cactaceae sont généralement considérées comme originaires du continent américain, en particulier des zones arides de l'Amérique du Nord (GIBSON et NOBEL, 1986). *Opuntia ficus indica* était déjà utilisée par les civilisations précolombiennes pour ses propriétés alimentaires et médicinales (HERNANDEZ-ORTEGA *et al.*, 2011).

L'introduction de cette espèce en dehors de son aire d'origine remonte au XVI^e siècle, lors des explorations espagnoles, qui ont permis sa diffusion vers l'Europe puis vers d'autres régions du monde, notamment l'Afrique du Nord et le bassin méditerranéen (NEFZAOU *et al.*, 2001). En Algérie, cette plante s'est bien adaptée aux conditions arides et semi-arides, où elle est aujourd'hui largement répandue et valorisée pour ses multiples usages.

1.3. Répartitions géographiques

La figure 1 présente l'origine des figuiers de Barbarie au Mexique (en vert) ainsi que leur diffusion vers plusieurs régions du monde (en noir), notamment en Amérique, en Europe et en Afrique.

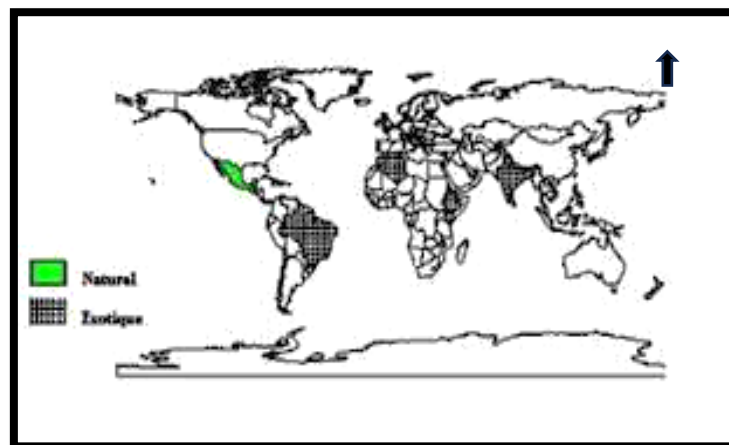


Figure 1: Distribution géographique du figuier de Barbarie (NEFFAR, 2012)

1.4. Systématique

Les Cactaceae, appartenant aux Caryophyllales, constituent une famille de plantes succulentes comprenant 1438 à 1870 espèces réparties en environ 130 genres, et distribuées du nord du Canada à la Patagonie (KHAN *et al.*, 2024).

La classification botanique est la suivante :

- Règne : Plantae
- Sous règne : Tracheobionta
- Embranchement : Phanérogames
- Sous Embranchement : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous classe : Caryophyllidae
- Ordre : Opuntiales
- Famille : Cactaceae
- Sous-famille : Opuntioideae
- Tribu : Opuntieae
- Genre : *Opuntia*
- Sous-genre : *Platyopuntia*
- Espèce : *Opuntia ficus indica* L. (WALLACE et GILESON, 2002)

Les cactus appartiennent à la famille des Opuntiaceae , comprenant environ 160 genres et 1500 à 2000 espèces d'Amérique (NOVOA *et al.*, 2015 ; HUNT *et al.*, 2006). Les espèces d'*Opuntia* produisant des fruits comestibles sont appelées figuiers de Barbarie (USDA, 2014) et furent d'abord nommées *Ficus indica*, puis *Opuntia ficus indica* . Elles sont classées dans l'ordre des Caryophyllales, sous-ordre des Portulacacées, famille des Opuntiaceae et genre *Opuntia* (GRIN, 2007).

1.5. Morphologie d'*Opuntia*

La morphologie d'*Opuntia ficus indica* illustre les caractéristiques générales des cactus tout en présentant des particularités propres à cette espèce. Les cladodes ou raquettes, plats et ovales, assurent la photosynthèse et mesurent 1 à 5 cm d'épaisseur. Les épines et glochides, situées sur les aréoles, protègent la plante des herbivores et sont irritantes pour la peau (NOBEL, 2009).

Les fleurs, en entonnoir ou en coupe, mesurent jusqu'à 10 cm et présentent des couleurs allant du jaune au rouge. Les fruits (TUNAS ou figues de Barbarie) sont ovales ou en poire, contiennent des graines comestibles et portent des glochides difficiles à enlever. Les racines,

superficielles et discoïdes, optimisent l'absorption de l'eau dans les milieux arides (**TERRAZAS *et al.*, 2019**).

Cette morphologie montre une adaptation efficace à l'aridité : les cladodes et les racines maximisent l'eau et la lumière, tandis que les épines, les glochides, les fleurs et les fruits favorisent la protection et la reproduction (**PARRA-TABLA *et al.*, 2016**).

Cladodes : les cladodes ou raquettes sont des tiges plates vert-mat, mesurant 30–50 cm de long, 15–30 cm de large et 1,5–3 cm d'épaisseur. Leur cuticule cireuse limite la transpiration et protège la plante contre les prédateurs (**SCHEINVAR, INGLESE *et al.*, 1995**). Elles assurent la photosynthèse et forment des branches lorsqu'elles s'unissent (**SCHWEIZER, 1999**).

- Feuilles : Sur les jeunes cladodes apparaissent des feuilles fragiles, éphémères et rudimentaires. Chaque cladode porte environ 150 aréoles, bourgeons typiques des cactacées, dont les méristèmes produisent les épines (**SUDZUKI HILLS, 1995**).
- Fleurs : La floraison se déroule généralement en Avril et Mai dans les climats tempérés (**POTVIN, BILODEAU *et al.*, 2011**). Les fleurs hermaphrodites et solitaires émergent des aréoles marginales au sommet des cladodes âgés d'un an. Chaque aréole produit une seule fleur, jaune, rouge ou orange, de 4 à 10 cm de large, dont le nombre dépend de facteurs physiologiques et de la position des cladodes (**NERD, KARADY *et al.*, 1991**).
- Fruits : Les fleurs donnent des fruits charnus (67 à 216 g), ovoïdes ou piriformes, de couleurs variées (jaune, rouge ou blanchâtre) (**MOBHAMMER, STINTZING *et al.*, 2006**). Récoltés de Juillet à Septembre lorsqu'ils sont légèrement mous, ils ont une pulpe juteuse et savoureuse mais portent de petites épines. Dans certaines zones arides, la plante peut fructifier deux fois par an. Pour une qualité optimale, la récolte se fait lorsque les fruits atteignent au moins 50 % de leur coloration finale (**BOUTAKIOUT, 2015**).
- Graines : Les graines sont réniformes ou lenticulaires, dures et riches en vitamines et oligoéléments. Leur nombre varie selon plusieurs facteurs. Elles contiennent une huile recherchée pour ses propriétés nutritionnelles (**PIGA, 2004**).

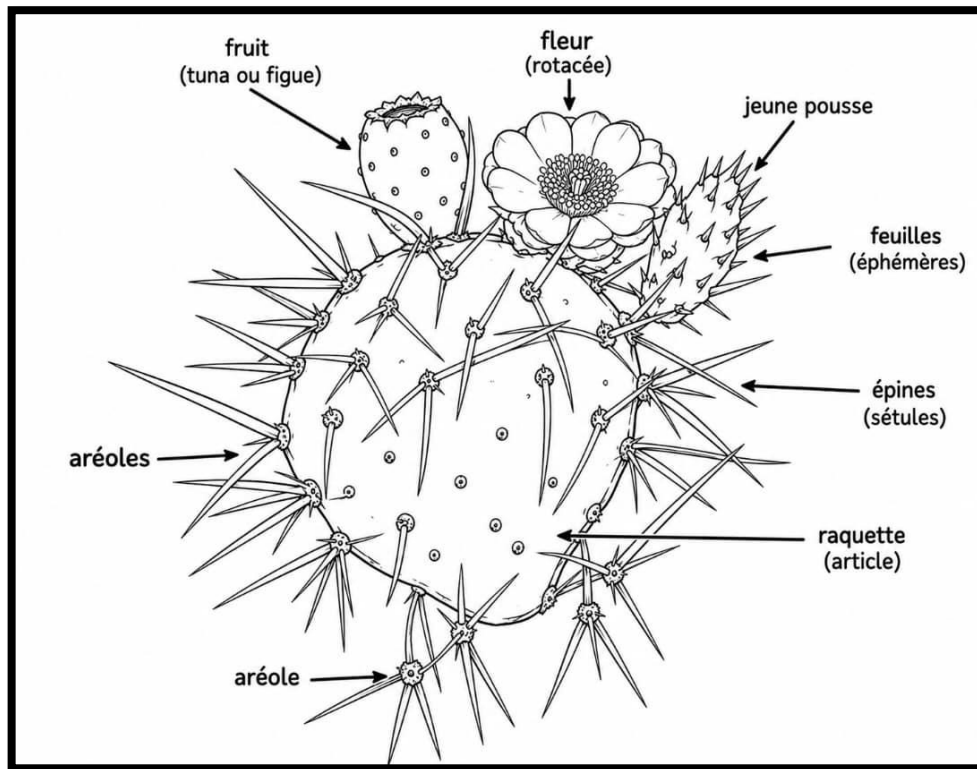


Figure 2: Schéma descriptif d'*Opuntia ficus indica* (SCHWEIZER, 1997)

1.6. Exigences pédologiques

Les besoins en sol d'*Opuntia* dépendent de la disponibilité en eau, de la texture et structure du sol, de la teneur en nutriments et sels, ainsi que de la présence de contaminants. En général, cette plante préfère des sols bien drainés, peu profonds, riches en matière organique et en nutriments, avec une texture sablonneuse à grossière. Elle peut tolérer des sols pauvres ou salins, mais seulement dans des conditions limitées.

Des études ont montré qu'*Opuntia ficus indica* peut résister à des concentrations élevées de certains métaux lourds, comme le zinc et le cuivre, mais reste sensible au plomb et au cadmium. L'ajout de compost organique améliore sa croissance dans les sols contaminés (LOPEZ-CEDILLO *et al.*, 2015). Dans la région de Tlemcen, les sols accueillant cette plante sont souvent pauvres en matière organique, azote, phosphore et potassium, avec une texture argileuse à limoneuse et une forte salinité (BELKACEM, 2018).

La plante nécessite une quantité minimale d'eau pour survivre et tolère de longues périodes de sécheresse, mais un apport suffisant est essentiel pour la production de fleurs et de fruits (MANDUJANO *et al.*, 2000). Elle se développe mieux dans des sols légèrement acides, sablonneux et bien drainés, exempts de débris et bien aérés, afin d'éviter l'asphyxie racinaire (HOUSSA *et al.*, 2020). Une étude menée au Mexique a confirmé que la croissance et le

rendement sont optimaux sur des sols limoneux à texture fine, avec une rétention d'eau modérée, un pH neutre à légèrement acide et une teneur suffisante en nutriments (**DELGADO et al., 2019**).

1.7. Exigences Climatiques

Opuntia est très résistante à la sécheresse et aux fortes températures. Pour une croissance et une production optimale, la plante préfère des températures diurnes chaudes (25 à 35°C) et nocturnes plus fraîches (10 à 20°C). Des températures supérieures à 40°C réduisent la croissance et le rendement (**NEFZAOUI et al., 2001**).

La plante nécessite une humidité modérée et tolère des précipitations annuelles de 250 à 600 mm, avec des périodes sèches pendant la maturation des fruits. Elle peut également s'adapter à des précipitations plus faibles si le sol est bien drainé.

L'ensoleillement est crucial : *Opuntia ficus indica* a besoin d'au moins 6 à 8 heures d'exposition directe par jour pour une photosynthèse et une croissance optimale. Les températures optimales de croissance observées en Tunisie sont de 25 à 30°C, avec des maxima tolérés de 45°C et des minima nocturnes de -5°C (**BOUSSADIA et al., 2018**). En Espagne, un fort ensoleillement avec des niveaux de lumière supérieurs à 900 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ est nécessaire pour la croissance et la photosynthèse (**FERNANDEZ-LOPEZ et al., 2019**). Une humidité relative inférieure à 80 % pendant la floraison favorise la fructification (**OPARA et al., 2010**).

1.8. Intérêt écologique, social, économique d'*Opuntia*

1.8.1. L'intérêt économique

L'huile extraite des graines d'*Opuntia ficus indica* est riche en acides gras polyinsaturés, ce qui en fait une source intéressante pour l'alimentation humaine (**DE WIT et al., 2016 ; SAWAYA et al., 1982**). Elle contient également une quantité élevée de vitamine E et de composés phénoliques, responsables de ses propriétés antioxydantes (**EL FINTI et al., 2013**). La présence de β -sitostérol lui confère une activité anti-inflammatoire (**PARK et al., 2001**). En cosmétique, cette huile est utilisée pour hydrater la peau, ralentir le vieillissement cutané et renforcer la kératine des cheveux (**GUILLAUME et al., 2015**). De plus, les graines sont riches en fibres et en acide linoléique, ce qui leur donne un intérêt nutraceutique important (**OZCAN et al., 2011**).

1.8.2. L'intérêt écologique

Opuntia ficus indica est utilisée comme bio-floculant naturel dans le traitement des eaux usées, notamment textiles. Le mucilage extrait de la plante, associé à un coagulant, permet d'obtenir des taux élevés de décoloration, de réduction de la DCO et de la turbidité.

Les résultats expérimentaux montrent une efficacité remarquable, souvent supérieure à celle des floculants chimiques classiques, ce qui en fait une solution écologique prometteuse pour la dépollution (BOUATAY et MHENNI, 2014).

1.8.3. L'intérêt médical

Opuntia ficus indica est largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections (SHETTY *et al.*, 2012). Cette plante est riche en métabolites primaires (glucides, protéines, lipides, vitamines) et en métabolites secondaires tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes et les caroténoïdes (NUÑEZ-GASTELUM *et al.*, 2018).

Ces composés bioactifs possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, jouant un rôle important dans la protection contre le stress oxydatif et les agressions extérieures (ZRIRA *et al.*, 2016).

1.9. Les maladies d'*Opuntia*

Comme toutes les cultures, le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* [L.] Mill.) est exposé à diverses maladies d'origine biotique et abiotique. L'importance de ces maladies varie selon les conditions environnementales et l'utilisation de la culture. Malgré leur impact potentiel, les connaissances relatives à leur étiologie, leur épidémiologie, leur répartition géographique et leurs conséquences économiques demeurent limitées. La majorité des maladies infectieuses observées chez cette plante sont causées par des champignons, tandis que les bactéries, les phytoplasmes et les virus sont signalés plus rarement.

Dans les régions arides et semi-arides où le figuier de Barbarie est largement cultivé, ces maladies ne deviennent généralement préoccupantes que lorsque les conditions climatiques leur sont favorables. Cependant, l'extension des superficies cultivées, l'intensification des systèmes de production et les changements climatiques pourraient favoriser l'augmentation de leur fréquence et de leur gravité, ainsi que l'apparition de nouvelles maladies. Dans ce contexte, la surveillance régulière des plantations, la détection précoce des symptômes et l'identification précise des agents pathogènes sont essentielles pour limiter leur propagation.

Parmi les maladies signalées en Afrique du Nord figure la pourriture des racines, causée principalement par des champignons telluriques tels que *Fusarium*, *Phytophthora* et *Rhizoctonia* (ABDEL-HAMEED ET AL., 2018IN ;DROUECHE, 2024). Ces agents pathogènes attaquent le système racinaire et le collet de la plante, provoquant un flétrissement, un jaunissement des cladodes, un ralentissement de la croissance et, dans les cas sévères, la mort de la plante. L'adoption de bonnes pratiques culturales, notamment la rotation des cultures, une gestion adéquate de l'irrigation et l'amélioration de la structure du sol, contribue efficacement à la prévention de cette maladie (BOUDYACH ET AL., 2015IN ;DROUECHE, 2024).

1.9.1. Pourriture des racines (Root rot)

Cette maladie est due à des champignons telluriques tels que *Fusarium*, *Phytophthora* et *Rhizoctonia*. Elle affecte les racines et le collet, provoquant un flétrissement, un jaunissement, un ralentissement de la croissance, pouvant conduire à la mort de la plante. Des pratiques culturales adaptées (rotation, gestion de l'irrigation, amélioration du sol) permettent de réduire les risques.



Figure 3: Maladies de pourriture des racines (DROUECHE, 2023)

1.9.2. Pourriture des cladodes (Cladode rot)

Également causée par des champignons du sol tels que *Fusarium*, *Phytophthora* et *Rhizoctonia* (ELSHAFIE *et al.*, 2014), cette maladie entraîne la dégradation des cladodes, accompagnée de flétrissement et de jaunissement. Sa prévention repose sur une bonne gestion hydrique et nutritionnelle ainsi que sur l'amélioration des conditions du sol (SANCHEZ *et al.*, 2020).



Figure 4: Maladies de pourriture des cladodes (DROUECHE, 2023)

1.9.3. Maladie de la gomme (Gummosis)

Provoquée par des champignons tels que *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium oxysporum* et *Diplodia seriata*, cette maladie affecte les tiges et les branches. Elle se manifeste par l'exsudation de gomme, suivie de nécrose et de dépérissement des tissus. L'élimination des parties atteintes et la taille sanitaire constituent des efficaces (HALIMA *et al.*, 2021).

1.9.4. La maladie des taches foliaires de l'*Opuntia* (Leaf spot disease)

Cette pathologie est causée par plusieurs champignons, notamment *Phyllosticta opuntiae* et *Cochliobolus heterostrophus* (FIRA *et al.*, 2021). Elle se caractérise par l'apparition de taches brunes à noires sur les cladodes, pouvant s'étendre, fusionner et entraîner leur nécrose et leur chute.

1.9.5. La maladie de la mosaïque de l'*Opuntia* (*Opuntia mosaic disease*)

Il s'agit d'une maladie virale due au virus de la mosaïque de l'*Opuntia*, transmise par des insectes piqueurs-suceurs (AZZOUZ *et al.*, 2014). Les symptômes incluent des motifs en mosaïque sur les cladodes, ainsi que des déformations des organes végétatifs et des fruits. Cette maladie a été signalée notamment en Algérie et en Tunisie.



Figure 5:La maladie de la mosaïque de l'*Opuntia* (DROUECHE, 2023)

1.9.6. Les insectes ravageurs d'*Opuntia*

Bien que le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) soit une plante robuste, elle reste vulnérable à plusieurs insectes ravageurs qui peuvent réduire significativement sa croissance et sa production. Ces insectes attaquent différents organes de la plante, tels que les cladodes, les tiges et les fruits, et leur gestion repose principalement sur des méthodes de lutte biologique.

a. Cochenille farineuse (*Dactylopius opuntiae*)

Cette cochenille est un insecte suceur qui se nourrit de la sève des cladodes, entraînant un affaiblissement général, une défoliation et une baisse de rendement. Recouverte d'une substance cireuse protectrice, elle résiste aux prédateurs et aux traitements chimiques. La lutte biologique, par l'introduction de prédateurs naturels, est la méthode la plus efficace pour contrôler sa population.



Figure 6 : Cladode de figuier de Barbarie touché par la cochenille farineuse *d'Opuntia* (DROUECHE, 2023)

b. Charançon de la tige (*Cactophagus validus*)

Ce coléoptère ronge les tiges et les segments de la plante. Les larves se nourrissent des tissus internes, provoquant la déformation et parfois la mort des segments, tandis que les adultes consomment les fleurs et les fruits. La prévention repose sur des méthodes biologiques et l'utilisation de pièges pour réduire l'infestation (OYAMA *et al.*, 2020).

c. Pyrale du cactus (*Cactoblastis cactorum*)

Les chenilles de cette pyrale s'introduisent dans les cladodes et s'alimentent des tissus internes, pouvant entraîner la destruction complète de la plante. Bien qu'elle ait été introduite pour contrôler certaines populations d'*Opuntia*, elle reste un ravageur important dans certaines

régions. La lutte biologique et le suivi régulier sont essentiels pour limiter ses dégâts (ZIMMERMANN *et al.*, 2017).

d. Mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*)

Cette mouche s'attaque aux fruits d'*Opuntia*. Les larves se développent à l'intérieur, provoquant une dégradation de la qualité et une diminution de la production. Des méthodes de lutte telles que les pièges attractifs et l'introduction de parasitoïdes sont utilisées pour contrôler cette mouche des fruits (FARHADI *et al.*, 2020).



Figure 7: Fruit d'*Opuntia* attaqué par la mouche *Ceratitis capitata* (DROUECHE, 2023)

2. *Dactylopius opuntiae* (L'insecte ravageur)

2.1. *Dactylopius opuntiae*

2.1.1. Généralités et origine

Les cochenilles carminées sont des insectes américains de la famille monogénérique des Dactylopiidae (Hemiptera) contenant de l'acide carminique, qui les protège contre leurs prédateurs (LAMBDIN *et al.*, 2002 ; EISNER *et al.*, 1980).

Le genre *Dactylopius* comprend neuf espèces (*D. Ceylonicus*, *D. Coccus*, *D. Confusus*, *D. Opuntiae*, *D. Tomentosus*, *D. Austrinus*, *D. Confertus*, *D. Salmianus*, *D. Zimmermanni*) (DE LOTTO, 1974 ; PEREZ-GUERRA et KOSZTARAB, 1992). Ces insectes mesurent 1 à 6 mm, les mâles étant plus petits que les femelles, et se distinguent par leur sécrétion cireuse blanche et leur corps coloré. Ils se nourrissent exclusivement de cactus, principalement du genre *Opuntia* (MANN, 1969 ; DE LOTTO, 1974 ; MACGREGOR ET SAMPEDRO, 1984).

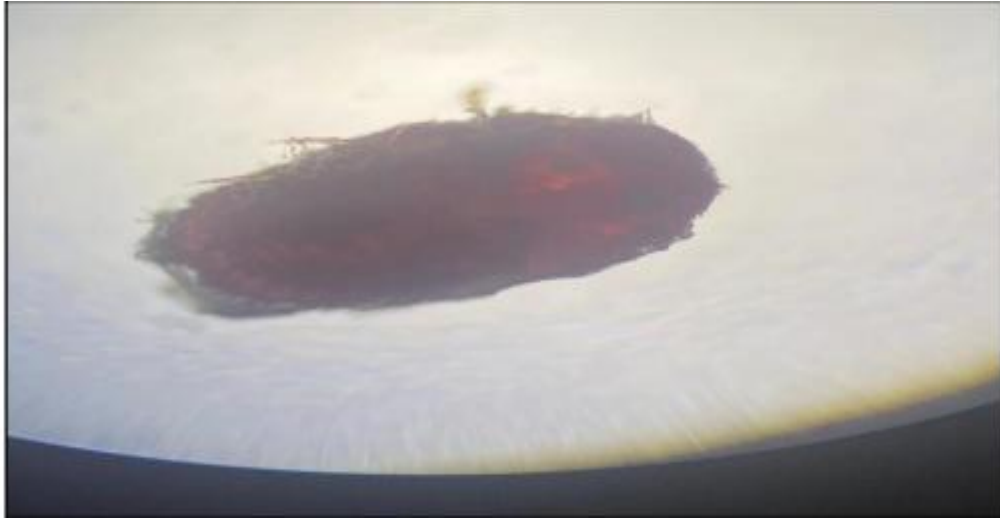


Figure 8: *Dactylopius opuntiae* sous microscope x10 (DROUECHE, 2023)



Figure 9: Cladode de l'opuntia touché par *Dactylopius opuntiae* (DROUECHE, 2023)

2.1.2. Systématique

La famille des Dactylopiidae regroupe exclusivement le genre *Dactylopius* (WILLIAMS et BEN-DOV, 2015). Il s'agit d'un insecte sessile, vivant et se nourrissant sur les raquettes des cactus. Sa classification taxonomique est la suivante :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Sous-classe : Pterygota
- Infra-classe : Neoptera
- Ordre : Hemiptera
- Sous-ordre : Sternorrhyncha
- Super-famille : Coccoidea
- Famille : Dactylopiidae
- Genre : *Dactylopius*
- Espèce : *Dactylopius opuntiae* (COCKERELL, 1896)

2.1.3. Cycle de vie et description

Le cycle biologique complet dure environ 77 jours chez les femelles et 43 jours chez les mâles, chaque femelle pondant en moyenne 131 œufs (VISHALI *et al.*, 2015).

Les espèces du genre *Dactylopius* présentent une biologie et un cycle de vie similaires, influencés par la température (MATHENGE *et al.*, 2009). Chez *D. Opuntiae*, le cycle comprend les stades suivants : nymphe I, nymphe II, cocon (chez le mâle) et adulte (MORALES, 1994).

Les œufs éclosent rapidement, parfois à l'intérieur du corps de la femelle. Les nymphes se fixent sur le cladode pour se nourrir. Les femelles passent par une phase de pré-oviposition de 19 à 25 jours, suivie d'une ponte de 13 à 31 jours. Les mâles, quant à eux, forment un cocon, deviennent ailés à l'état adulte et vivent seulement 3 à 5 jours.

La durée du cycle varie avec la température : elle augmente au froid et diminue à des températures élevées (ANTONIO, 2014).



Figure 10: Dispersion de *Dactylopus opuntiae* à Tlalnepantla, Morelos (VANEGAS RICO, 2009)

- A) Concentration de nymphes I dans la partie apicale du cladode. B) Moment de dispersion des nymphes. C - H) Stades de *D. opuntiae* en conditions de laboratoire, suivi pendant un mois et demi. C) nymphes I de *D. opuntiae*. D) nymphes de stade intermédiaire de développement de la cire I et II. E) Nymphes II, développement de cire. F) Femelles matures G) colonie de cochenilles avec des cocons de mâles au-dessus des femelles. H) Mâle de *D. opuntiae*

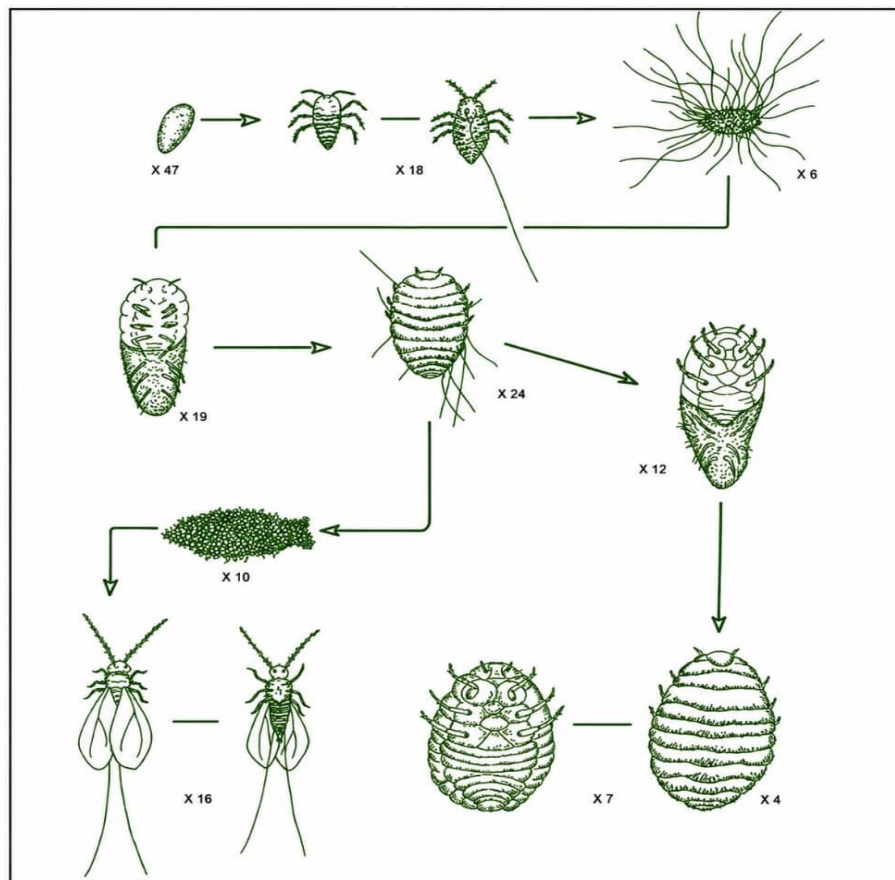


Figure 11: Cycle de vie de *Dactylopus opuntiae* de l'œuf à l'adulte (FAO, 2018)

2.1.4. Répartition géographique

Dactylopius opuntiae a été initialement décrite sous le nom de *Coccus cacti opuntiae* par Lamarck, après la collecte de « grains sauvages » de cactus au Mexique en 1896. Elle a ensuite été considérée comme synonyme de *D. Tomentosus*, avant d'être définitivement reconnue sous le nom de *D. Opuntiae* en 1929 (DE LOTTO, 1974).

Originnaire d'Amérique centrale, cette espèce constitue un ravageur important du figuier de Barbarie. Elle s'est progressivement propagée vers d'autres régions productrices, probablement via du matériel végétal infesté (CABI, 2021). Aujourd'hui, elle est signalée dans plusieurs pays, notamment le Brésil, la France, l'Inde, la Jamaïque, le Liban, le Maroc, le Pakistan, la Palestine et l'Espagne (MAZZEO *et al.*, 2019).

2.1.5. Utilités de *Dactylopius Opuntiae*

La cochenille, appartenant au genre *Dactylopius*, a joué un double rôle important dans plusieurs régions du monde. D'un côté, elle a été utilisée comme moyen de lutte biologique contre certaines plantes envahissantes, notamment les cactus de la famille des Opuntiaceae. En se nourrissant de leur sève, elle affaiblit ces plantes et limite leur propagation, ce qui aide à rétablir l'équilibre écologique dans les zones touchées.

D'un autre côté, cette cochenille est surtout connue pour produire un colorant naturel rouge très apprécié, appelé carmin (ou acide carminique). Ce pigment est extrait des femelles, riches en substance colorante. Le procédé consiste généralement à les broyer afin de récupérer ce pigment, ensuite transformé en poudre ou en pâte.

Le carmin est utilisé depuis longtemps dans plusieurs domaines. Dans l'industrie alimentaire, il sert à donner une couleur rouge ou rosée à différents produits comme les boissons, les bonbons et les produits laitiers. En cosmétique, on le retrouve dans les rouges à lèvres, les fards et les vernis, pour ses teintes intenses. Il est aussi utilisé en textile pour teindre les tissus avec des couleurs vives et durables (MACGREGOR, 1976).

Par ailleurs, la cochenille a parfois été employée en médecine traditionnelle pour traiter certaines maladies, comme des troubles digestifs, respiratoires ou cutanés. Toutefois, ces usages restent limités et ne sont pas toujours confirmés par des études scientifiques.

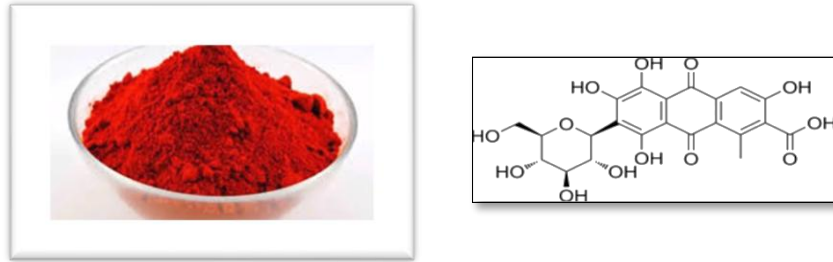


Figure 12: Poudre de carmin après extraction & Molécule d'acide carminique (POTTIER, 2017)

2.1.6. Dégâts en Algérie

En 2016, le ravageur *Dactylopius opuntiae* a été signalé pour la première fois en Afrique du Nord, au Maroc, avant de se propager vers l'ouest de l'Algérie, notamment à Tlemcen et dans la région de Msirda. Cette expansion rapide a causé d'importants dégâts sur le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) (EL BOUHISSI *et al.*, 2022).

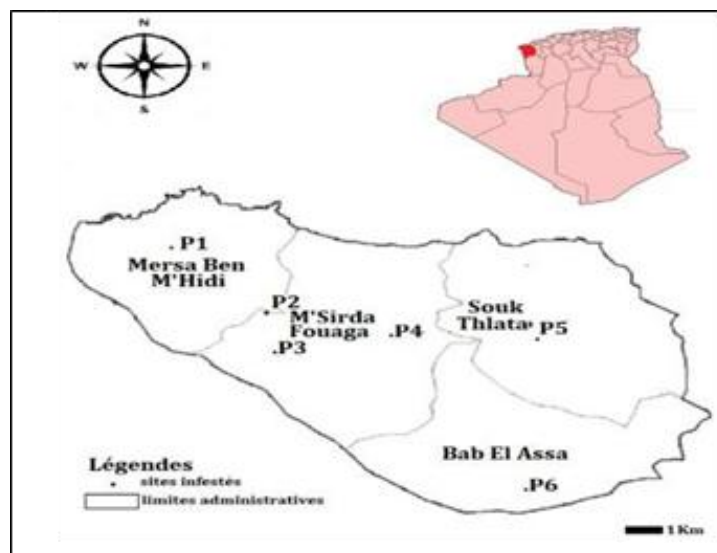


Figure 13: Localisation d'infestation d'*Opuntia ficus indica* par le *Dactylopius opuntiae* dans la région de Tlemcen (EL BOUHISSI *et al.*, 2021)

De manière générale, cette espèce s'est largement étendue, entraînant des pertes économiques significatives sur les cultures d'*Opuntia spp.* (VANEGAS-RICO *et al.*, 2010 ; CHAVEZ-MORENO *et al.*, 2009).



Figure 14: Degré d'infestation de *Dactylopus opuntiae* sur le figuier de barbarie dans la région de Tlemcen, Algérie. (a) infestation sur les fruits ; (b) mort de la plante (EL BOUHISSI *et al.*, 2021)

2.1.7. Moyen de lutte

a. Contrôle chimique

Bien que l'utilisation officielle des produits chimiques pour lutter contre les ravageurs du nopal ne soit pas autorisée au Mexique (COFEPRIS, 2013), leur emploi demeure courant sur le terrain. Parmi les insecticides utilisés contre la cochenille du nopal figurent plusieurs substances à large spectre, notamment le malathion, le parathion-méthyle, le chlorpyrifos, le trichlorfon, le carbaryl et la cyperméthrine (BADII ET FLORES, 2001 ; MONROY, 2010).

b. Contrôle cultural

Dans le cadre de la lutte culturale, il est recommandé de sélectionner soigneusement les raquettes afin d'éviter l'introduction de plants infestés (DELGADILLO *et al.*, 2008). Il est également essentiel de contrôler les mauvaises herbes qui entrent en compétition avec la culture pour les ressources (eau, lumière, nutriments). Des tailles sanitaires doivent être réalisées pour éliminer les parties affectées par les ravageurs ou les maladies. De plus, les raquettes entrecroisées, pouvant servir de refuges aux insectes nuisibles, doivent être supprimées. Les résidus issus de la taille doivent être retirés, broyés ou enfouis afin de prévenir la propagation des ravageurs et des maladies (SAGARPA, 2006).

c. Contrôle mécanique

La lutte mécanique doit être mise en œuvre dès l'apparition des premiers signes d'infestation. Elle consiste notamment à éliminer les femelles ou les colonies de cochenilles en les retirant manuellement à l'aide d'une brosse ou d'un balai. D'autres méthodes incluent l'utilisation d'un chiffon humide, d'un coton imbibé d'alcool ou d'huile végétale. L'application

d'eau sous pression peut également être efficace pour déloger les colonies présentes sur les raquettes (**SANIDAD VEGETAL, 2004a ; INEGI, 2013 ; COBIX HERRERA, 2023**).

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique de la wilaya de Tlemcen

La wilaya de Tlemcen est située à l'extrême nord-ouest de l'Algérie. Elle bénéficie d'une façade maritime d'environ 120 km sur la mer Méditerranée et s'étend sur une superficie de 9 017,69 km². Son chef-lieu se trouve à environ 432 km à l'ouest d'Alger. La wilaya est comprise entre les latitudes 34°25' et 35°25' Nord, et les longitudes 0°55' et 2°30' Ouest.

Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au nord-est par la wilaya d'Aïn Témouchent, à l'est par la wilaya de Sidi Bel Abbès, à l'ouest par la frontière algéro-marocaine et au sud par la wilaya de Naâma. Cette position géographique lui confère une grande diversité de paysages et de conditions naturelles (Figure 15).

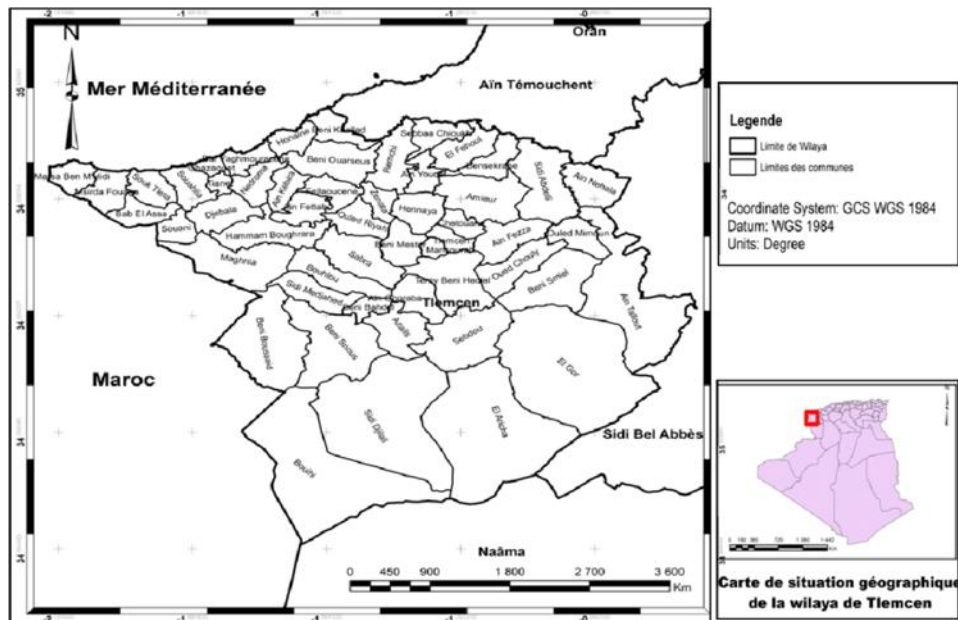


Figure 15 : Situation géographique et limites de wilaya de Tlemcen (web 1)

1.2. Situation géographique de la région de Fellaoucène

Selon l'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT, 2003), la commune de Fellaoucène, située dans la wilaya de Tlemcen au Nord-Ouest de l'Algérie (Figure 16), se trouve à environ 30 km au Nord-Ouest de Tlemcen, à 35,03°N et 1,60°O, avec une altitude moyenne de 300 m. Elle fait partie du massif des Traras, caractérisé par un relief montagneux de collines et de formations marneuses (J.O.E, 2020). Le climat est semi-aride à influence méditerranéenne, avec des étés chauds et secs et des hivers doux.

Administrativement, Fellaoucène est limitée par Beni Ouarsous, Aïn Kebira, Zenata, Aïn Fetah et Ouled-Riyah, et comprend plusieurs localités : Fellaoucène (Chef-lieu Mehrez), Zaïlou, Tafna, Damous et Ouled-Hasna (M.A.T.E, 2015).

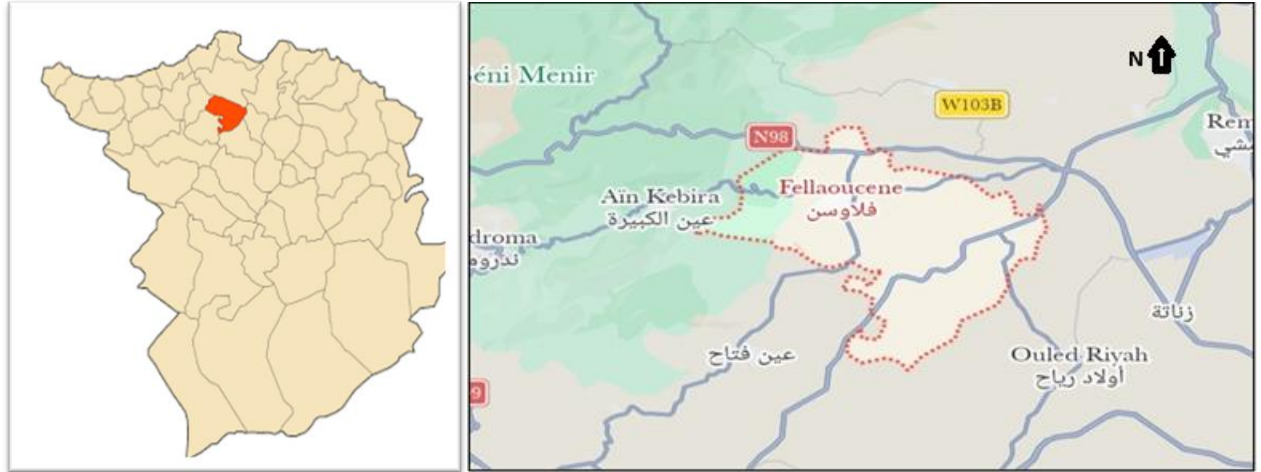


Figure16 : Situation géographique de Fellaoucène (Google MAPS, 2026)

2. Facteurs abiotiques

Les éléments abiotiques, c'est-à-dire les composants non vivants d'un milieu, exercent une influence importante sur les écosystèmes et les organismes qui y vivent. Ces caractéristiques physiques comprennent le sol, le relief, l'hydrogéologie, ainsi que les conditions climatiques telles que la température, les précipitations, l'humidité de l'air et le vent. L'ensemble des conditions climatiques globales représente également un facteur abiotique fondamental. La combinaison de ces facteurs détermine la diversité des habitats, influence les adaptations des espèces et régule la dynamique écologique des environnements terrestres et aquatiques.

2.1. Reliefs

La zone étudiée, Fellaoucène, est située dans le massif des Traras (Monts de Traras). Dans le Nord-Ouest, cette région se compose d'une série de montagnes densément occupées le long du littoral. Les forêts y sont rares, et les zones reboisées se concentrent principalement au centre, autour du Djebel Fellaoucène, tandis que le reste du territoire est majoritairement cultivé.

Le socle géologique apparaît au nord de Nedroma, dans le Djebel Fellaoucène, dont l'altitude atteint 1081 mètres. On observe également des collines marneuses, particulièrement exposées à l'érosion, dans d'autres secteurs (KAZI TANI, 1996).

2.2. Hydrologie

D'après (**KAZI TANI, 1995**), les rivières de la région de Tlemcen se caractérisent par des débits irréguliers et par des phénomènes hydrologiques intenses. Le régime d'écoulement temporaire de nombreux petits cours d'eau est fortement affecté par le déficit en eau pendant l'été. Les barrages d'El Mafrouche, de Sidi El Abdeli, de Beni Bahdel et de Boughrara, alimentés par les deux principaux oueds, Tafna et Isser, assurent l'approvisionnement en eau destinée à l'irrigation.

2.3. Pédologie

Selon (**KADIK 1987**), les sols dominants le long de la côte et dans le sublittoral (Monts des Traras) sont des sols calci-magnésiques développés sur des marnes calcaires ou des calcaires fissurés.

- **Sols humifères calcaires** : riches en matière organique, ils se sont développés au détriment d'anciens sols marécageux. On les trouve principalement à l'Ouest de Nedroma et le long de la côte de Rachgoun.
- **Sols calciques** : situés au Sud et à l'Est des monts des Traras, ils se sont formés à partir de dépôts de graviers provenant des montagnes environnantes et présentent une faible profondeur.
- **Sols en équilibre** : caractérisés par une mince épaisseur et par la dureté de leur roche mère.
- **Sols insaturés** : ils se sont développés sur des schistes et des quartzites primaires.

3. Etude bioclimatique

La synthèse climatique constitue une étape essentielle pour tout projet lié à l'environnement. Elle repose sur la combinaison de multiples données climatiques, accumulées depuis longtemps. Plusieurs auteurs ont proposé des études synthétiques, à la fois numériques et graphiques, afin de classifier le climat et de montrer son rôle dans la répartition des espèces végétales. En nous concentrant sur les paramètres clés, à savoir la pluviosité et la température, il est possible de caractériser le climat de la zone.

Dans le cadre de cette étude, nous avons analysé les données climatiques de la station météorologique de Zenata, la plus proche de la région de Fellaoucène avec le traitement effectué via **InfoClima**. Pour compléter le tableau climatique, nous avons également utilisé les relevés

de la station météorologique la plus proche, située à Zenata. Les moyennes ont été calculées sur la période 2003-2023, ce qui les rend représentatives du climat régional.

3.1. Station météorologique

La station météorologique retenue pour l'étude climatique de notre région est celle de Zenata. Elle a été choisie en raison de sa proximité avec notre site d'étude situé à Djebel Fellaoucène, ce qui permet de disposer de données climatiques représentatives de la zone analysée (Tableau 1).

Tableau 1: Données géographiques de la station météorologique de Zenata

Station météorologique	Latitude	Longitude	Altitude	Wilaya
Zenata	34°59'4''N	1°27'30''W	284m	Tlemcen

3.1. Facteurs climatiques

3.2.1. Le vent

En Afrique du Nord, les vents estivaux sont généralement chauds et secs, ce qui renforce les conditions de sécheresse. Parmi eux, le sirocco est particulièrement caractéristique de cette période. Il entraîne une forte diminution de l'humidité de l'air, parfois en dessous de 30 %, favorisant ainsi le risque de propagation des incendies. De plus, l'action du vent augmente l'évapotranspiration et accentue le stress hydrique des végétaux, les rendant plus vulnérables au feu (QUEZEL ET MEDAIL, 2003).

Dans la région de Tlemcen, les vents dominants proviennent principalement de l'Ouest et du Nord-Ouest durant la majeure partie de l'année et sont souvent associés aux précipitations. En été, ces vents cèdent la place à des vents chauds et secs venant du Sud et du Sud-Ouest, ainsi qu'au sirocco. La fréquence des vents dans la région varie généralement entre 57 % et 68 %.

3.2.2. Humidité

Dans les régions semi-arides, l'humidité de l'air joue un rôle important, notamment durant les périodes les plus chaudes de l'année (ALCARAZ, 1982). Bien qu'elle ne fournisse qu'une faible quantité d'eau aux végétaux, elle contribue à réduire les pertes hydriques en diminuant le pouvoir évaporant de l'atmosphère, ce qui aide les plantes à mieux résister aux conditions de sécheresse (OZENDA, 1986).

3.2.3. Température

RAMADE considère la température en **1984** comme un facteur limitant majeur, car elle contrôle l'ensemble des processus métaboliques et influence ainsi directement la répartition des espèces et des communautés vivantes dans la biosphère.

Chez les végétaux, les conditions thermiques jouent un rôle essentiel. La température, en tant que facteur écologique fondamental, intervient dans tous les processus biologiques, notamment la croissance, la reproduction et la survie. Elle détermine donc en grande partie la distribution géographique des espèces, ce qui explique la diversité des paysages (**SOLTNER, 1992**).

Pour analyser les variations de température, **EMBERGER (1930)** a proposé plusieurs indicateurs :

« M » : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud ;

« m » : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid ;

« M – m » : l'amplitude thermique.

Tableau 2: Températures mensuelles et annuelles de la station météorologique Zenata durant la période (2003-2023)

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
T	10,38	11,47	13,53	15,87	19,45	23,16	26,5	26,83	23,4	19,86	14,85	11,72
TM	16,81	17,8	20,16	22,53	26,34	29,96	33,65	34,12	30,37	27,28	21,53	18,11
Tm	5,28	6,24	7,82	9,88	12,9	16,5	19,91	20,47	17,68	13,98	9,56	6,72

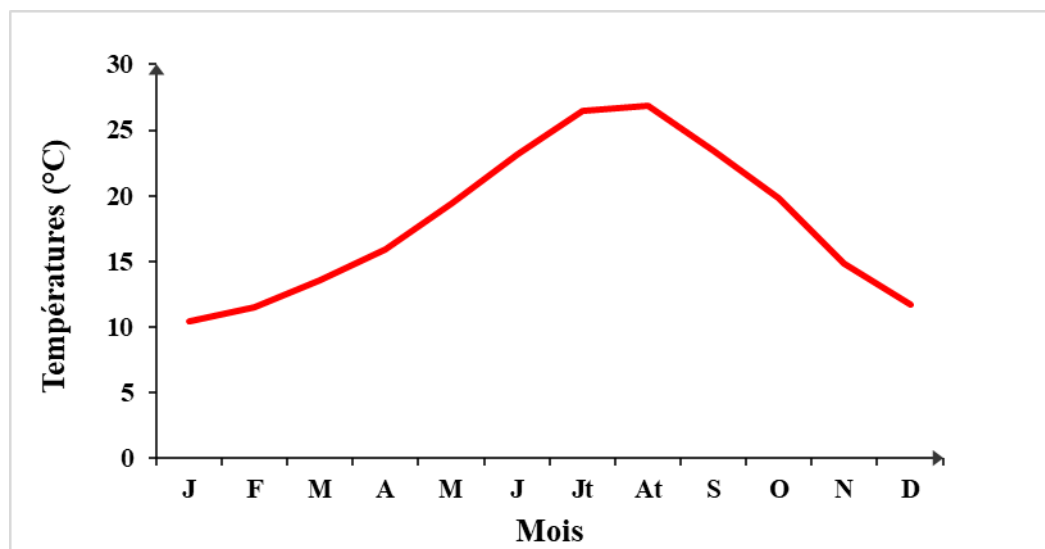


Figure 17 : Températures moyennes mensuelles de la station Zenata (2003-2023)

La Figure 17 illustre les moyennes mensuelles des températures enregistrées à la station de Zenata sur la période 2003 - 2023. On remarque une relative stabilité des températures entre Janvier et Février. À partir du mois de Mars, les températures augmentent progressivement pour atteindre leur maximum en Août. Par la suite, elles diminuent graduellement dès Septembre jusqu'à Décembre.

3.2.4. Précipitations

Selon **DJEBALI (1978)**, la pluie en tant que facteur climatique essentiel, conditionne le type de climat d'une région. Son régime influence directement la distribution de la végétation et joue un rôle majeur dans la dégradation des milieux naturels par l'érosion hydrique. De plus, les précipitations sont un indicateur déterminant pour évaluer le niveau de sécheresse global d'un climat.

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de station Zenata durant la période 2003-2023.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Total
PP (mm)	46,47	34,19	33,96	35,56	21,92	5,43	0,81	1,62	16,34	29,75	37,65	35,68	299,38

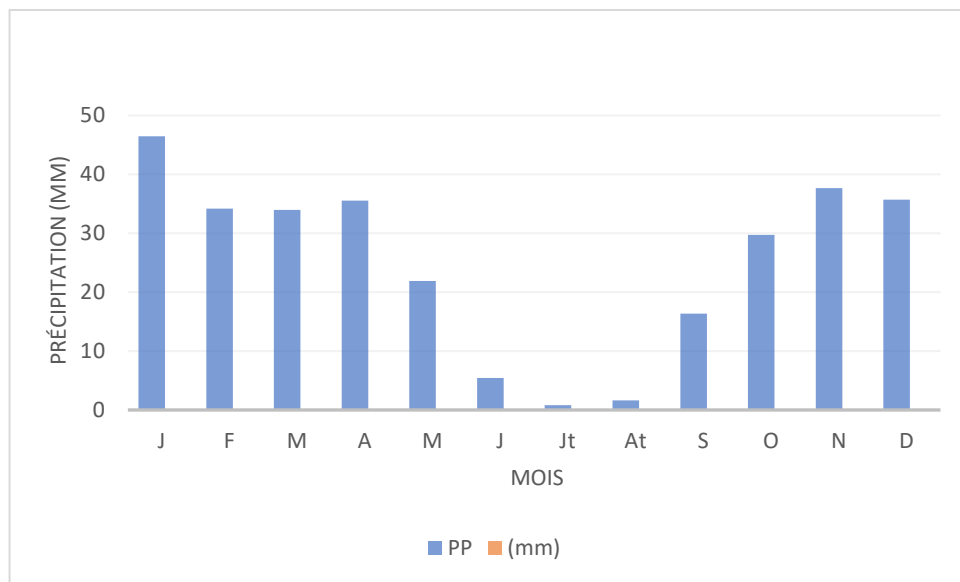


Figure 18 : Courbe des variations moyennes mensuelles des précipitations de Zenata pour la période (2003-2023)

D'après les données climatiques présentées dans ce tableau, on constate que les précipitations sont relativement élevées et proches les unes des autres durant les mois de

Janvier, Février, Avril, Novembre et Décembre, avec des valeurs comprises entre 34 mm et 46 mm, ce qui correspond à la période froide.

En revanche, les précipitations deviennent plus modérées entre Mars, Mai, Septembre et Octobre, avec des valeurs variant de 16 mm à 33 mm.

Par ailleurs, une nette diminution est observée en été (Juin, Juillet et Août), où les précipitations sont très faibles, comprises entre 0,81 mm et 5 mm.

4. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) ont proposé une classification climatique adaptée aux besoins de l'écologie végétale, permettant de déterminer la durée de la période sèche. Leur méthode repose sur la comparaison entre les courbes des précipitations (courbes Ombriques) et celles des températures (courbes thermiques), donnant lieu aux diagrammes Ombrothermiques. Selon ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la précipitation moyenne mensuelle est inférieure ou égale au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius (°C), soit :

$$P \leq 2T$$

P : représente la précipitation moyenne mensuelle (en mm),

T : la température moyenne du même mois (en °C).

D'après (**RAMADE, 2003**) les périodes d'aridité correspondent aux intervalles où la courbe des précipitations se situe en dessous de celle des températures.

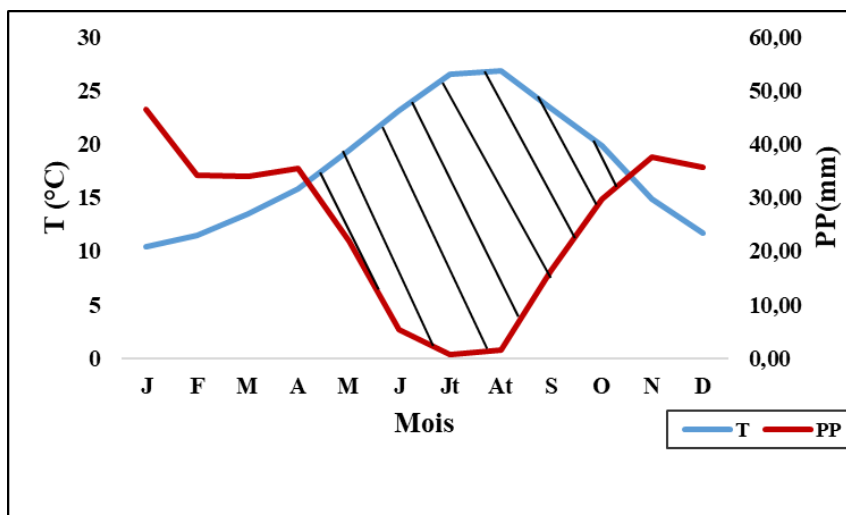


Figure 19 : Diagramme Ombrothermique de **BAGNOULS et GAUSSEN (1953)** de la station de Zenata durant la période (2003-2023)

L'analyse du diagramme Ombrothermique (Figure 19) met en évidence l'existence d'une période sèche qui commence au mois d'Avril et se prolonge jusqu'à la fin du mois

d'Octobre, soit une durée d'environ six à sept mois. En revanche, le reste de l'année correspond à une période plus humide et pluvieuse.

5. Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Dans les années 1930, **EMBERGER** a élaboré de manière empirique un quotient bioclimatique (**Q**) destiné à synthétiser les principaux facteurs climatiques influençant la répartition géographique de la végétation. Ce quotient intègre des variables climatiques telles que les précipitations annuelles (**P**), la température minimale du mois le plus froid (**m**) et la température maximale du mois le plus chaud (**M**), reflétant directement ou indirectement des aspects comme la sécheresse, la continentalité et l'évapotranspiration. La formule originale proposée par **EMBERGER** dans les années 1930 est la suivante (Formule 1) :

$$(1) Q = 100 * P / (M^2 - m^2)$$

Plus tard, **DAGET** en 1977 a adapté ce quotient en utilisant les températures exprimées en degrés Kelvin plutôt qu'en Celsius, donnant lieu à la Formule 2 :

$$(2) Q_2 = 2000 * P / (M^2 - m^2)$$

Tableau 4 : Situation bioclimatique et valeur de Q2 dans la station de Zenata durant la période (2003-2023)

Station	Période	P (mm)	TM (°K)	Tm (°K)	Q2	Etage bioclimatique
Zenata	2003-2023	299.38	307.27	278.43	35.45	Aride à hiver tempéré

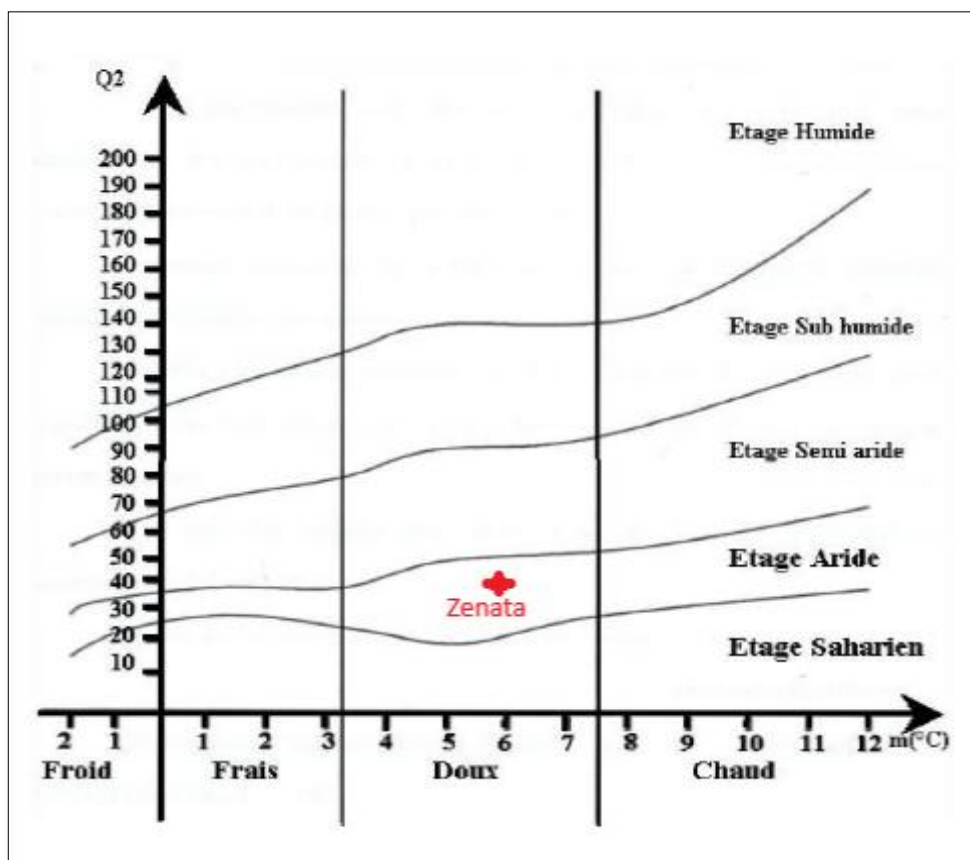


Figure 20 : Situation bioclimatique et valeur de Q2 dans la station de Zenata durant la période (2003-2023)

Le calcul du Q_2 pour la station considérée durant la période récente permet, d'une part, de le placer sur le climagramme pluviothermique d'Emberger (Tableau 4 et Figure 20) et, d'autre part, d'analyser les changements climatiques survenus ces dernières années. Les calculs du quotient pluviométrique d'EMBERGER permet de classer notre zone d'étude sur l'étage bioclimatique comme un étage aride à hiver tempéré.

6. Matériel et Méthodes

6.1. Etude entomologique

L'étude entomologique portant sur l'*Opuntia ficus indica* vise à examiner les relations entre ce cactus et les insectes qui lui sont associés, qu'ils soient ravageurs, pollinisateurs ou jouent d'autres rôles écologiques. En collectant des insectes à la station de Fellaoucène, nous avons pu observer la diversité des espèces présentes autour de cette plante dans la région. Les résultats de cette recherche peuvent fournir des données importantes sur les interactions de l'*Opuntia ficus indica* avec son environnement insectifère à Fellaoucène, ce qui pourrait contribuer à une meilleure gestion des cultures et à la préservation de la biodiversité locale.

6.2. Choix des stations

Le choix des stations d'étude a été réalisé en fonction du degré d'infestation d'*Opuntia ficus indica* par *Dactylopius opuntiae* ainsi que des conditions environnementales locales. Trois stations ont été choisies dans la région de Fellaoucène (Tlemcen) :

❖ Station 01 (Forte infestation)

La Station 01 est située dans la région de Fellaoucène (Tlemcen), sur un site caractérisé par une forte infestation de *Dactylopius opuntiae* sur *Opuntia ficus indica*. Elle se trouve à une latitude de 35.046668°N et une longitude de -1.577604°E, avec une orientation Nord-Est (NE) (Figure 21).

Cette station est marquée par une pression parasitaire très élevée, où les cladodes du figuier de Barbarie sont fortement colonisés par la cochenille. Le recouvrement végétal y est relativement faible en raison de la dégradation avancée des plants. Le milieu est généralement exposé à un ensoleillement important et à des conditions sèches favorisant le développement du ravageur.



Figure 21 : Photo de Station 01 Forte infestation (Original, 2026)

❖ Station 02 (Infestation moyenne)

La Station 02 est localisée dans la même région de Fellaoucène (Figure 22), à une latitude de 35.034635°N et une longitude de -1.594436°E, avec une orientation Sud-Est (SE).

Elle représente une zone à infestation moyenne, où la présence de *Dactylopius opuntiae* est modérée et moins dense que dans la Station 01. Les plants d'*Opuntia ficus indica* présentent des symptômes intermédiaires de stress, sans destruction totale des cladodes. Le recouvrement végétal y est plus important que dans la station fortement infestée, ce qui contribue à maintenir une certaine stabilité écologique.



Figure 22 : Photo de la Station 02 Infestation moyenne (Original, 2026)

❖ Station 03 (Station témoin)

La Station 03 (Figure 23) est située à une latitude de 35.037165°N et une longitude de -1.566022°E, avec une orientation Est (E).

Elle correspond à la station témoin, caractérisée par une absence ou une très faible présence de *Dactylopius opuntiae*. Les plants de figuier de Barbarie y sont globalement en bon état sanitaire, avec des cladodes verts et vigoureux. Le recouvrement végétal y est meilleur, et la biodiversité associée est plus riche et plus stable comparativement aux autres stations.

L'ensemble de ces stations a été sélectionné afin de représenter différents niveaux d'infestation. Cette approche permet d'analyser l'impact de l'insecte sur la plante hôte ainsi que sur la biodiversité associée.



Figure 23 : Photo de la Station 03 Station témoin (Original, 2026)

Tableau 5 : Coordonnées géographiques et orientation des stations d'étude dans la région de Fellaoucène (Tlemcen)

Station	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Orientation
Station 1	35.046668	-1.577604	Nord-Est (NE)
Station 2	35.034635	-1.594436	Sud-Est (SE)
Station 3	35.037165	-1.566022	Est (E)

6.3. Matériel utilisé

Dans le cadre de l'évaluation du niveau d'infestation de *Dactylopius opuntiae* sur *Opuntia ficus indica*, différents équipements ont été mobilisés lors des campagnes d'échantillonnage sur le terrain.

6.3.1. Matériel de terrain

- GPS : utilisé pour la localisation précise des stations d'étude ;
- Carnet de terrain et fiches de relevés : destinés à l'enregistrement des observations et des données collectées ;
- Stylo et marqueur : utilisés pour le codage et l'identification des échantillons ;
- Appareil photographique : employé pour assurer la documentation visuelle des sites et des observations.

6.3.2. Matériel d'échantillonnage

- Filet fauchoir : utilisé pour la capture des insectes aériens ;
- Pièges Barber : destinés à la collecte des insectes du sol ;
- Piège à sucre : utilisé pour attirer et capturer les insectes sensibles aux substances sucrées ;
- Pince fine : utilisée pour la manipulation des spécimens collectés ;
- Flacons et tubes de collecte : destinés au conditionnement et au transport des échantillons ;
- Alcool éthylique et formol : utilisés comme agents fixateurs afin d'assurer la conservation des insectes collectés.

6.3.3. Matériel d'observation et d'analyse

- Loupe ou loupe binoculaire (pour l'observation des caractéristiques morphologiques des spécimens)
- Boîtes de Pétri (pour le tri et l'examen des insectes collectés)
- Étiquettes d'identification (pour le codage et la traçabilité des échantillons)

6.3.4. Matériel spécifique à l'étude

- Fiches d'évaluation de l'indice d'infestation (de 0 à 5)
- Tableau de relevé des cladodes

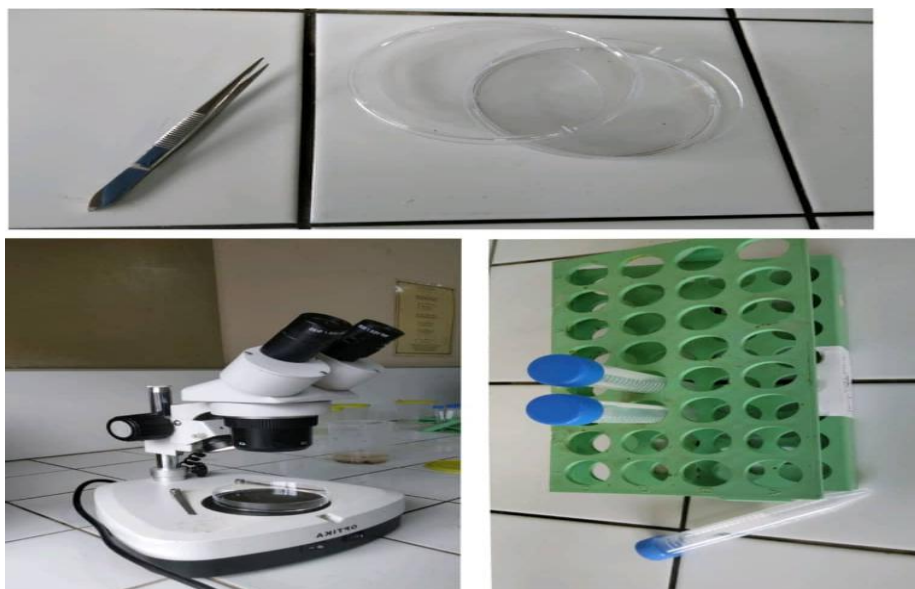


Figure 24 : Équipements d'analyse (Loupe binoculaire, pince entomologique,boîtes de Pétri, tubes Falcon) dédiés à l'étude de *Dactylopius opuntiae* (Original, 2026)

6.4. Méthodologie d'échantillonnage sur le terrain

Le travail de terrain constitue une étape essentielle dans la présente étude. Il a été réalisé à travers des sorties régulières dans les différentes stations sélectionnées, en adoptant des méthodes standardisées permettant d'assurer la fiabilité, la reproductibilité et la comparabilité des résultats.

Ce travail s'articule autour de deux axes principaux : l'étude de la dynamique du ravageur *Dactylopius opuntiae* et l'inventaire de la biodiversité associée, notamment l'entomofaune liée à *Opuntia ficus indica*.

6.4.1. Évaluation de l'infestation par *Dactylopius opuntiae*

▪ Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé selon la méthode des transects, permettant une exploration systématique des stations étudiées. Au niveau de chaque station, dix (10) plants d'*Opuntia ficus indica* ont été sélectionnés de manière aléatoire afin d'obtenir un échantillon représentatif et de permettre une évaluation homogène de l'infestation.

▪ Indice d'infestation

Sur chaque plant, un nombre défini de cladodes (raquettes) est inspecté. Un score visuel est attribué selon une échelle de 0 à 5 :

0 : absence totale de cochenille.

1 : présence de rares colonies isolées.

2 : infestation faible, localisée sur certaines zones.

3 : infestation modérée avec une propagation visible.

4 : infestation importante couvrant une grande partie du cladode.

5 : cladode entièrement recouvert (croûte blanche), accompagné de nécrose ou de chute de la raquette.

▪ Principe d'évaluation

L'attribution de l'indice d'infestation repose sur une observation visuelle directe des plants étudiés, en prenant en considération plusieurs critères d'évaluation, notamment :

- La densité des colonies de cochenilles
- Leur répartition spatiale sur les cladodes
- Les symptômes de dégradation observés sur les plants (dessèchement, nécrose, et chute des cladodes).

Cette méthode permet d'obtenir une évaluation rapide, standardisée et reproductible du niveau d'infestation au sein des stations étudiées.

6.4.2. Echantillonnage de la Biodiversité

Afin d'évaluer la biodiversité associée aux plants d'*Opuntia ficus indica*, plusieurs techniques complémentaires ont été mises en œuvre pour échantillonner les différentes catégories d'insectes (épigés et aériens).

- **Pièges Barber (Pot traps)**

Les pièges Barber ont été utilisés pour capturer la faune épigée (insectes se déplaçant au sol). Ces pièges consistent en des récipients enterrés au niveau du sol, à proximité des plants, permettant de piéger les insectes marchants tels que : les Carabiques, les Staphylinins et d'autres arthropodes du sol

Cette méthode est particulièrement efficace pour échantillonner la faune discrète et active au niveau du sol.



Figure 25 : Installation des pièges Barber contenant de l'éthanol pour l'échantillonnage de la faune épigée (Original, 2026)

• Collecte avec le filet fauchoir

Le frappage des cladodes, combiné à l'utilisation d'un filet fauchoir (Figure 26), permet de collecter les insectes présents sur la partie aérienne des plantes.

Cette technique consiste à :

- Secouer ou frapper légèrement les raquettes
- Récupérer les insectes à l'aide d'un filet

Elle est adaptée pour capturer l'entomofaune mobile associée aux cladodes.



Figure 26 : Collecte de l'entomofaune associée à *Opuntia ficus-indica* à l'aide d'un filet fauchoir (région de Fellaoucène) (Original, 2026)

• Pièges à sucre

Les pièges à sucre ont été utilisés en complément afin d'attirer certains insectes opportunistes ou auxiliaires, sensibles aux substances sucrées.

Ils permettent notamment de détecter certains insectes saprophages : Des espèces attirées par les ressources alimentaires disponibles

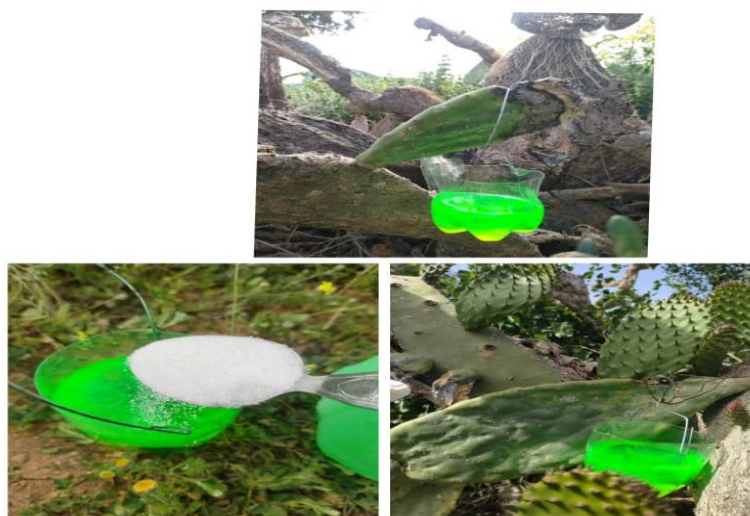


Figure 27 : Pièges à sucre utilisés pour la collecte des insectes (Original, 2026)

6.5. Identification des espèces

La détermination des espèces entomologiques collectées lors des sorties sur terrain a été réalisée sur la base de critères morphologiques et écologiques, en utilisant l'observation directe, une loupe manuelle ainsi qu'une loupe binoculaire. Les individus collectés ont été placés dans des boîtes de Pétri afin de faciliter leur examen, puis analysés selon plusieurs caractères morphologiques tels que la taille, la couleur, la forme du corps, les ailes et les antennes.

L'identification des spécimens collectés a été réalisée à l'aide de clés de détermination simplifiées et de boîtes de collection (**DAMERDJI, 2000**) ainsi qu'aux études d'inventaire entomofauniques de la forêt de Zariffet (Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen), et sur la base de l'observation des caractères morphologiques visibles.

L'espèce ravageuse principale, *Dactylopius opuntiae*, a été reconnue grâce à ses caractéristiques distinctives, notamment sa petite taille, sa forme ovale, son recouvrement par une sécrétion cireuse blanchâtre ainsi que sa forte présence sur les cladodes d'*Opuntia ficus indica*.

Par ailleurs, d'autres insectes phytophages ont été observés et identifiés principalement selon des critères morphologiques tels que leur taille, leur localisation sur les parties tendres des plantes et leur mode d'alimentation fondé sur la succion de la sève.

En complément l'utilisation des pièges Barber a permis de recenser certains insectes du sol, identifiés à partir de leur morphologie corporelle et de leur comportement de déplacement. En raison de l'absence de moyens analytiques avancés, certaines identifications ont été limitées au niveau de la famille. Toutefois, ce niveau taxonomique reste suffisant pour l'analyse de la biodiversité et l'interprétation des interactions écologiques au sein de l'écosystème étudié.

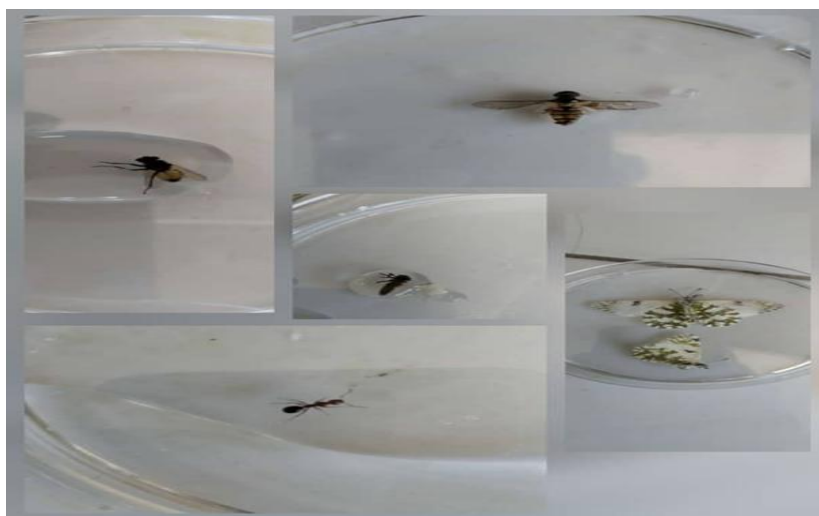


Figure 28 : Quelques espèces collectées (Original, 2026)

6.6. Étude floristique de la végétation associée à *Opuntia ficus-indica*

L'étude de la végétation associée à *Opuntia ficus-indica* a été réalisée par un échantillonnage floristique autour de chaque pied infesté, dans un rayon de 3 à 4 mètres, afin de recenser les espèces végétales présentes dans chaque station.

Les observations ont été effectuées directement sur le terrain, suivies d'un prélèvement d'échantillons représentatifs lorsque cela était nécessaire. L'identification des espèces a été réalisée au laboratoire de botanique avec l'aide de Mr. **BABA Ali**, qui a contribué à la détermination des espèces recensées.

Tableau 6 : Liste des espèces végétales associées à *Opuntia ficus indica* dans les stations étudiées (région de Fellaoucène)

N°	Nom scientifique	Famille
1	<i>Anacyclus valentinus L.</i>	Asteraceae
2	<i>Galactites tomentosus Moench</i>	Asteraceae
3	<i>Onopordum macracanthum Schousb.</i>	Asteraceae
4	<i>Sinapis arvensis L.</i>	Brassicaceae
5	<i>Opuntia stricta (Haw.) Haw.</i>	Cactaceae
6	<i>Convolvulus althaeoides L.</i>	Convolvulaceae
7	<i>Ballota hirsuta Benth.</i>	Lamiaceae
8	<i>Olea europaea var. sylvestris (Mill.) Lehr</i>	Oleaceae
9	<i>Papaver rhoeas L.</i>	Papaveraceae



Figure29 : Quelques espèces végétales sauvages dans la région (Fellaoucène) (Original, 2026)

7. Traitement des Données

7.1. Evaluation de L'infestation

Le niveau d'infestation a été évalué à l'aide d'une échelle visuelle graduée de 0 à 5. La valeur 0 correspond à l'absence totale de cochenilles, tandis que la valeur 1 indique la présence de quelques colonies isolées. La valeur 2 traduit une infestation faible et limitée à certaines zones du cladode, alors que la valeur 3 correspond à une infestation modérée caractérisée par une propagation visible des colonies. La valeur 4 est attribuée lorsque l'infestation devient importante et couvre une grande partie de la surface du cladode. Enfin, la valeur 5 représente le niveau d'infestation le plus élevé, caractérisé par un recouvrement quasi total du cladode par une couche blanchâtre de cochenilles, souvent accompagné de symptômes de dégradation tels que la nécrose ou la chute de la raquette.

7.2. Analyses statistiques

L'ANOVA (Analyse de la variance logiciel Minitab 17) est une méthode statistique permettant de comparer les moyennes de plusieurs groupes afin de déterminer s'il existe des différences significatives. Elle analyse la variabilité des données en la séparant en variabilité inter- groupes et intra-groupes. Elle est largement utilisée en biologie et en écologie pour comparer des stations, des traitements ou des niveaux d'infestation.

7.3. Analyse de la biodiversité (Indices écologiques)

Dans le cadre de cette étude, plusieurs indices écologiques ont été utilisés afin d'évaluer la diversité biologique, la structure des peuplements ainsi que les relations existantes entre les différentes stations étudiées. Ces indices permettent de mieux comprendre l'état écologique du milieu et la répartition des espèces au sein des communautés biologiques.

7.3.1. Richesse spécifique

La richesse spécifique constitue un indicateur essentiel pour décrire la composition d'un peuplement biologique (**RAMADE, 1984 ; BLONDEL, 1979**). Elle correspond au nombre total d'espèces recensées dans un milieu donné à un moment précis (**BOULINIER *et al.*, 1998**). Cet indice permet d'apprécier le niveau de diversité biologique d'un écosystème et de comparer différents habitats entre eux.

Par ailleurs, la richesse spécifique est un indicateur de l'état écologique des milieux naturels, utilisé pour la gestion et la conservation de la biodiversité ainsi que pour l'évaluation des impacts des activités humaines sur les écosystèmes (NICHOLAS *et al.*, 1998).

S : Nombre total des espèces

7.3.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver est l'un des indices les plus utilisés pour évaluer la diversité biologique d'un milieu. Il prend en compte à la fois le nombre d'espèces présentes et leur abondance relative, ce qui permet d'apprécier l'équilibre de la communauté étudiée (DAJOZ, 1974).

Une valeur élevée de cet indice traduit généralement un milieu favorable, caractérisé par une diversité importante d'espèces. À l'inverse, une faible valeur indique un environnement moins propice.

$$H' = - \sum (p_i \log_2 p_i)$$

Avec :

Pi : n_i / N

H' : Indice de diversité (bits)

pi : Nombre d'individus présents / Nombre total d'individus

ni : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (= 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale pour toutes les espèces (FRONTIER, 1983).

7.3.3. Équitabilité de Pielou

L'équitabilité (E) est un indice dérivé de l'indice de Shannon-Weaver (H') et de sa valeur maximale théorique (H'max). Elle permet d'évaluer la répartition des individus entre les différentes espèces d'un peuplement. Sa valeur varie entre 0 et 1 : plus elle est proche de 1, plus les espèces présentent des effectifs équilibrés ; à l'inverse, une valeur proche de 0 traduit la domination d'une seule espèce. Cet indice est particulièrement utile pour comparer la structure des communautés entre différentes stations ou périodes d'échantillonnage.

$$E = H' / H \text{ max}$$

$$\text{Avec : } H \text{ max} = \log_2 S$$

H max : Diversité maximale

S : Le nombre d'espèces

7.3.4. Indice de Margalef

L'indice de Margalef (Mg) est utilisé pour mesurer la richesse spécifique en tenant compte du nombre total d'individus observés. Cet indice permet de comparer la diversité des différentes stations indépendamment de la taille des échantillons. Plus la valeur obtenue est élevée, plus la richesse du milieu est importante.

$$DMg = (S - 1) / \ln(N)$$

S : nombre d'espèces

N : nombre total d'individus

7.3.5. Indice de similitude de Jaccard

L'indice de Jaccard permet d'évaluer la similarité entre les stations pour des données binaires, il est calculé par l'expression qui suit :

$$J = c / (a + b) - c$$

a : nombre des espèces présentes dans le relevé a

b : nombre des espèces présentes dans le relevé b

c : nombre d'espèces communes

Cet indice varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (**YOUNESS et SAPORTA, 2004**).

1. Résultats

1.1. Dynamique spatio- temporelle de l'infestation par *Dactylopius opuntiae*

L'étude réalisée dans la région de Fellaoucène a montré une variation du niveau d'infestation par *Dactylopius opuntiae* selon les stations et les conditions du milieu.

La station 1 a présenté la plus forte infestation, avec des cladodes largement recouverts de colonies blanchâtres et des symptômes visibles tels que le dessèchement, la nécrose et la chute des cladodes. La station 2 a montré une infestation modérée, caractérisée par une densité plus faible des colonies et des dégâts moins importants.

En revanche, la station 3, considérée comme station témoin, a enregistré une très faible infestation, les plants conservant un bon état sanitaire.

Les observations de terrain ont également révélé que l'infestation devient plus importante durant les périodes chaudes et sèches, ce qui favorise le développement et la propagation rapide de ce ravageur dans les zones semi-arides.

1.2. Évaluation des dégâts sur *Opuntia ficus indica*

L'étude a révélé que *Dactylopius opuntiae* exerce un effet néfaste important sur *Opuntia ficus indica*. L'infestation débute par l'apparition de petits amas blancs sur les cladodes, puis ces colonies se développent progressivement et deviennent plus denses, couvrant de larges surfaces de la plante et entraînant une dégradation progressive de son état sanitaire.

Les dégâts les plus fréquemment observés sont :

- Le jaunissement des cladodes.
- Le dessèchement progressif des tissus.
- La réduction de la croissance.
- La chute des raquettes.
- La nécrose des parties infestées et parfois la mort complète du plant.

Dans la station 1, qui présentait le niveau d'infestation le plus élevé, plusieurs pieds de figuier de Barbarie présentaient un état de dépérissement avancé. Certains plants étaient presque entièrement recouverts de cochenilles, empêchant le fonctionnement normal des cladodes.

Ces dégâts s'expliquent principalement par le mode d'alimentation de l'insecte. En se nourrissant de la sève des cladodes, la cochenille affaiblit progressivement la plante et réduit ses capacités physiologiques. La couche cireuse produite par les colonies accentue également le stress subi par les plants.

Les résultats obtenus dans cette étude confirment que *Dactylopius opuntiae* représente aujourd'hui une menace sérieuse pour les plantations d'*Opuntia ficus indica* dans la zone étudiée.

Par ailleurs, la présence de jeunes repousses a été observée sur certains plants infestés par *Dactylopius opuntiae*. Cette régénération pourrait être liée aux précipitations relativement abondantes enregistrées durant l'année d'étude, qui ont probablement favorisé la reprise de la croissance végétative malgré l'attaque du ravageur. Cette observation témoigne de la capacité de résilience du figuier de Barbarie face aux conditions environnementales favorables.



Figure 30 : les jeunes repousses sur certains plants infestés par *Dactylopius opuntiae*
(Original, 2026)

1.3. Impact sur la biodiversité

La comparaison de la faune entomologique et de la flore entre les zones saines et les zones infestées a permis de mettre en évidence l'influence de *Dactylopius opuntiae* sur les communautés biologiques associées à *Opuntia ficus indica*. L'analyse de la biodiversité a été complétée par l'utilisation d'indices écologiques afin de caractériser la faune associée et d'évaluer les variations de diversité entre les différents milieux. Les résultats indiquent que l'infestation modifie la structure et la composition des peuplements, affectant ainsi la diversité des insectes et des espèces végétales dans les zones étudiées.

L'étude des insectes récoltés au niveau des trois stations étudiées a permis d'établir une liste des différents taxons recensés durant cette étude. Certains individus ont été identifiés jusqu'au rang de l'espèce ou du genre grâce à leurs caractères morphologiques, tandis que d'autres ont été déterminés uniquement au niveau de la famille en raison des difficultés de détermination et du manque de références spécialisées. Les insectes inventoriés ont ensuite été classés selon leurs familles afin de mieux analyser la biodiversité associée à *Opuntia ficus-indica*.

1.3.1. Espèces collectées

Les résultats de l'inventaire faunistique recensé à partir de notre échantillonnage dans les trois stations de la zone d'étude sont consignés dans le tableau (7)

Tableau 7 : Répartition quantitative des espèces entomologiques dans les stations infestées et non infestées par *Dactylopius opuntiae*

Espèce	Station 1	Station 2	Station 3
<i>Carabus spp.</i>	55	41	29
<i>Pterostichus spp.</i>	42	47	35
<i>Harpalus spp.</i>	69	59	41
<i>Tenebrionidae</i>	87	54	35
<i>Formica spp. (Barber)</i>	123	87	55
<i>Collembola spp.</i>	85	111	140
<i>Formica spp. (Sucre)</i>	165	123	69
<i>Aphis gossypii</i>	140	105	0
<i>Dactylopius opuntiae</i>	105	40	0
<i>Bemisia tabaci</i>	105	78	0
<i>Syrphidae</i>	0	63	105
<i>Drosophila spp.</i>	0	0	87
<i>Apis mellifera</i>	0	0	87
N (Nombre des individus)	976	808	683

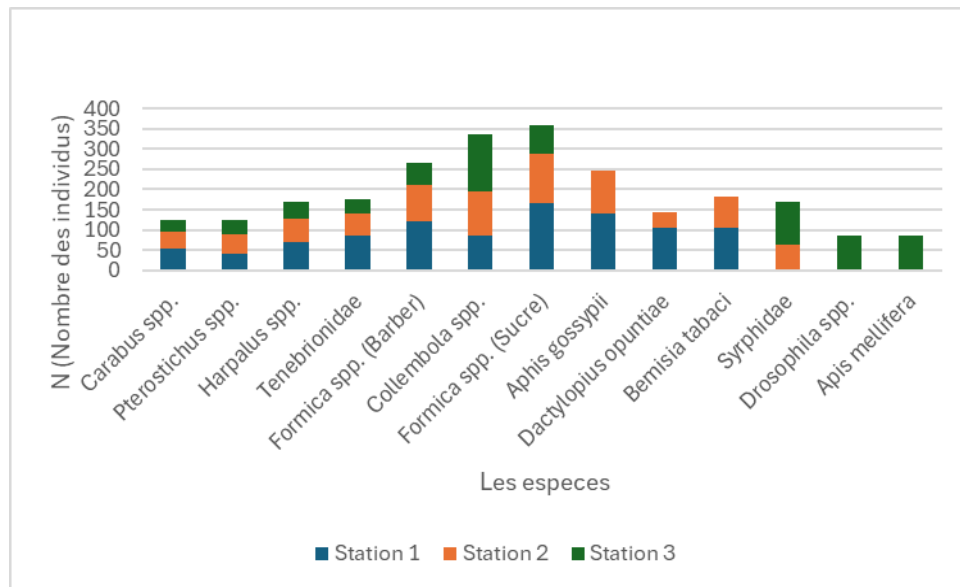


Figure 31 : Variation de l'abondance des espèces inventoriées dans les trois stations d'étude

Le graphique présente la variation du nombre d'individus des différentes espèces recensées dans les trois stations d'étude. Les résultats montrent une différence notable dans l'abondance des espèces d'une station à une autre.

Les espèces du genre *Formica* spp. Enregistrent les effectifs les plus élevés, particulièrement dans la station 1 et la station 2, ce qui traduit leur forte adaptation aux conditions du milieu étudié. L'espèce *Dactylopius opuntiae* présente également une abondance importante, notamment dans la station 1, indiquant une forte infestation des cladodes du figuier de Barbarie. Certaines espèces comme *Catabus* spp., *Pterostichus* spp., *Harpalus* spp. et *Tenebrionidae* montrent des effectifs moyens répartis dans les trois stations, ce qui reflète une présence relativement stable dans l'écosystème.

En revanche, des espèces telles que *Drosophila* spp. et *Apis mellifera* sont faiblement représentées et apparaissent principalement dans la station 3.

D'une manière générale, la station 1 semble présenter la plus grande abondance spécifique (976 individus, suivie par la station 2 avec 808 individus, tandis que la station 3 enregistre des effectifs plus faibles pour la majorité des espèces (683 individus). Cette variation peut être liée aux différences des conditions écologiques, de la disponibilité des ressources alimentaires et du degré d'infestation par *Dactylopius opuntiae*.

1.3.2. Analyses statistiques

On a appliqué une ANOVA à un facteur pour comparer les abondances des espèces entre les trois stations.

Résultats obtenus :

$F = 0.799$ $p\text{-value} = 0.457$

- La répartition des valeurs individuelles enregistrées dans les trois stations d'étude

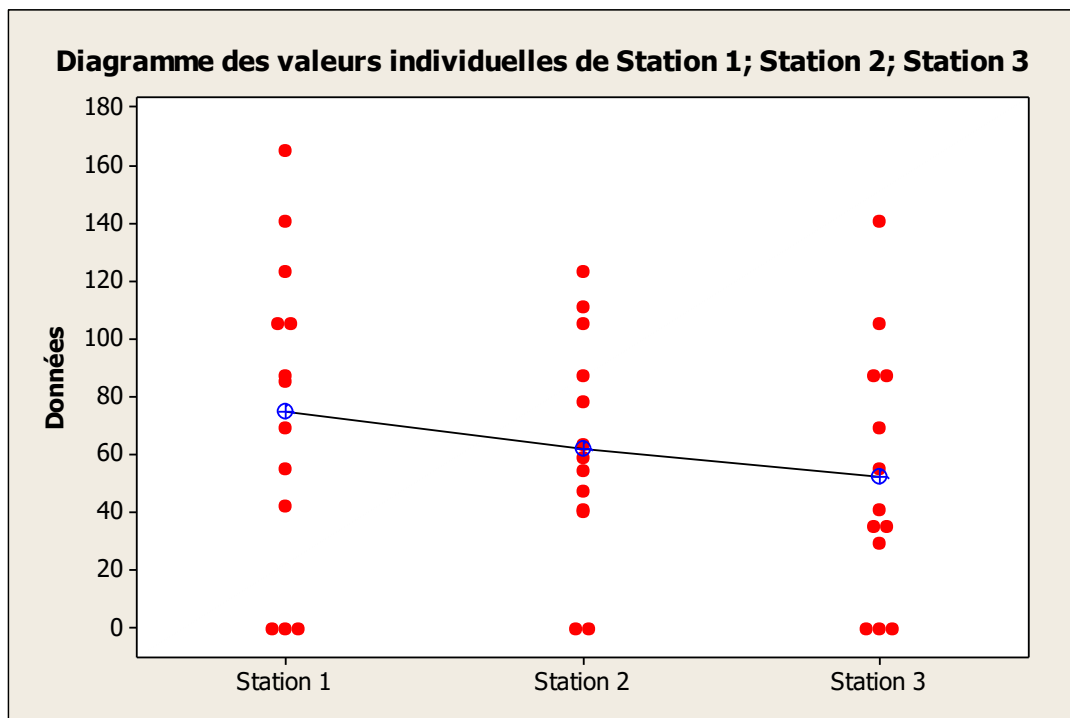


Figure 32 : Diagramme des valeurs individuelles des trois sites d'étude

Ce graphique présente la répartition des valeurs individuelles enregistrées dans les trois stations d'étude. Les points rouges représentent les observations individuelles, tandis que les symboles bleus reliés par une ligne indiquent la moyenne de chaque station.

On observe que :

- **La Station 1** présente la moyenne la plus élevée (environ 75), avec une forte dispersion des valeurs allant de faibles valeurs (proches de 0) jusqu'à des valeurs élevées (supérieures à 150). Cela traduit une importante variabilité des données au sein de cette station.
- **La Station 2** affiche une moyenne légèrement inférieure (environ 60), avec une distribution des valeurs également dispersée, mais moins élevée que celle observée dans la Station 1.

- **La Station 3** possède la moyenne la plus faible (environ 50) et montre également une dispersion importante des observations, indiquant une variabilité notable malgré des valeurs globalement plus faibles.

La ligne reliant les moyennes met en évidence une diminution progressive des valeurs moyennes de la Station 1 vers la Station 3. Toutefois, le chevauchement important des valeurs entre les trois stations et l'écart-type regroupé élevé (45,79) indiquent une forte variabilité des données, ce qui suggère que les différences entre les stations pourraient ne pas être statistiquement significatives sans une analyse complémentaire (ANOVA).

- **La répartition des valeurs de boîte à moustaches des données enregistrées dans les trois stations d'étude**

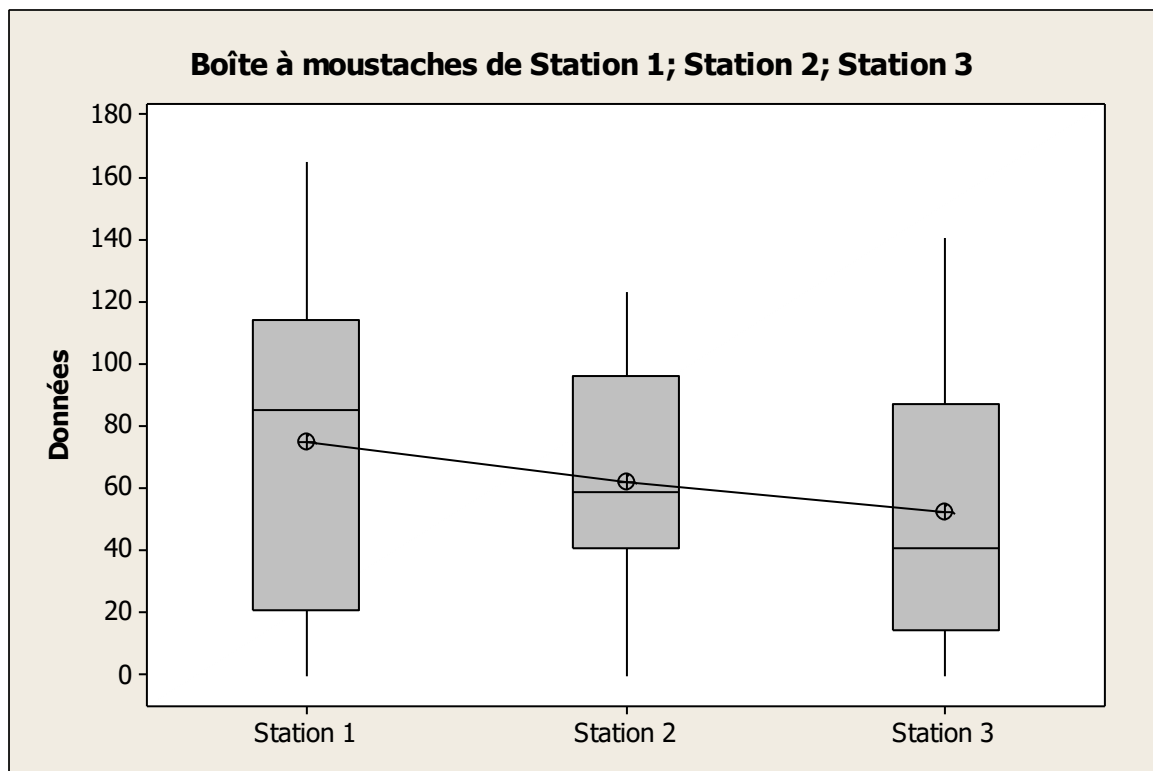


Figure 33 : Boîte à moustaches des données enregistrées dans les stations d'étude

Ce graphique présente la boîte à moustaches met en évidence des différences dans la répartition des données entre les trois stations étudiées. La Station 1 se distingue par des valeurs généralement plus élevées et une dispersion importante, traduisant une forte variabilité des observations. La Station 2 présente des valeurs intermédiaires et une distribution plus resserrée, ce qui indique une plus grande homogénéité des données. Quant à la Station 3, elle affiche les valeurs centrales les plus faibles, tout en conservant une variabilité relativement marquée.

Par ailleurs, le recouvrement des boîtes et des moustaches entre les stations montre que certaines observations sont communes aux différents sites. Bien qu'une tendance à la diminution des valeurs soit observée de la Station 1 vers la Station 3, la dispersion des données suggère que les différences constatées pourraient être liées à la variabilité naturelle du milieu. Une analyse statistique complémentaire est donc nécessaire pour déterminer si ces écarts sont réellement significatifs.

- La répartition des valeurs de boîte à moustaches des données enregistrées dans les trois stations d'étude

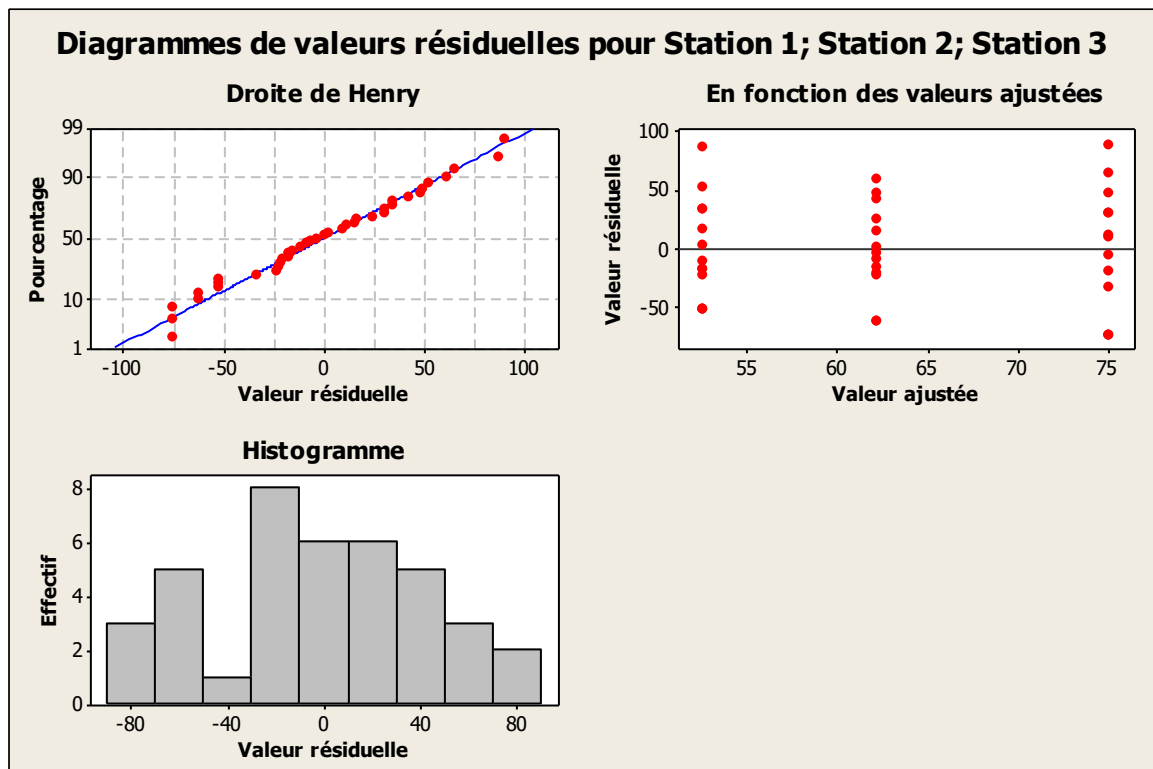


Figure 34 : Diagrammes de valeurs résiduelles pour Station 1 ; Station 2 ; Station 3

La figure 34 présente les valeurs résiduelles obtenues pour les trois stations étudiées à travers un histogramme, une droite de Henry et un graphique des résidus en fonction des valeurs ajustées.

L'histogramme montre que les résidus sont répartis autour de la valeur zéro, ce qui indique que les écarts entre les valeurs observées et celles prédites par le modèle restent globalement faibles. Bien que certaines valeurs extrêmes soient observées, leur nombre demeure limité. La droite de Henry met en évidence un alignement relativement satisfaisant des points autour de la droite théorique. Cette disposition suggère que les résidus suivent approximativement une distribution normale, malgré quelques légères déviations aux extrémités.

Par ailleurs, le nuage de points représentant les résidus en fonction des valeurs ajustées ne montre aucune tendance particulière. Les points sont dispersés de manière aléatoire autour de la ligne horizontale correspondant à zéro, ce qui traduit une variance relativement constante des résidus et l'absence de biais apparent dans le modèle.

Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que le modèle utilisé s'ajuste correctement aux données des trois stations. Les hypothèses statistiques de normalité et d'homogénéité des variances sont globalement respectées, ce qui permet de considérer les résultats obtenus comme fiables et interprétables.

1.3.3. Indices écologiques

1.3.3.1. Nombre des individus

Le graphique suivant montre une variation du nombre d'individus recensés entre les trois stations étudiées dans la région de Fellaoucène.

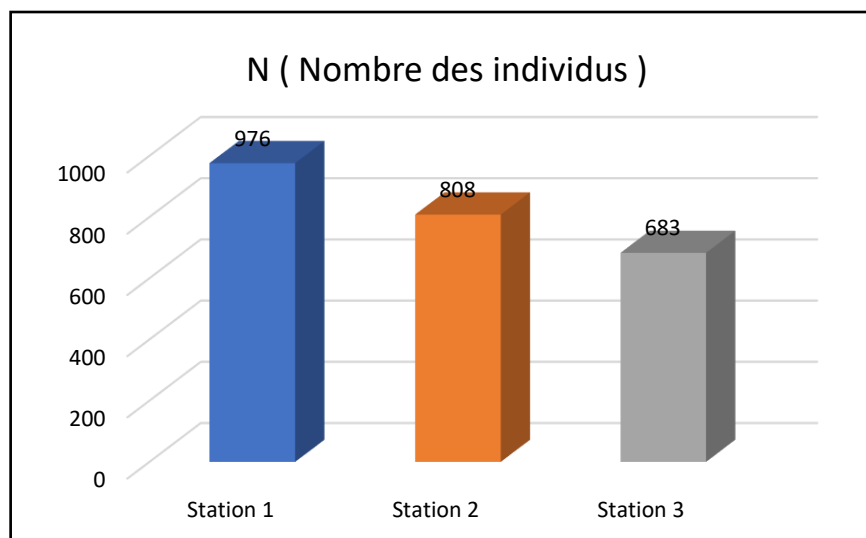


Figure 35 : Variation de l'abondance totale des individus entre les stations étudiées

La station 1 présente l'effectif le plus élevé, avec environ 970 individus, ce qui traduit des conditions favorables au maintien et au développement des populations observées.

La station 2 occupe une position intermédiaire avec près de 800 individus, indiquant une diminution de l'abondance par rapport à la station 1.

En revanche, la station 3 enregistre le nombre d'individus le plus faible, avec environ 675 individus. Cette baisse peut être liée à plusieurs facteurs, notamment les conditions environnementales, la disponibilité des ressources ou encore l'impact de l'infestation par *Dactylopius opuntiae*.

Dans l'ensemble, les résultats révèlent une diminution progressive du nombre d'individus de la station 1 vers la station 3. Cette tendance met en évidence l'existence de différences écologiques entre les stations, influençant directement la répartition et l'abondance des populations étudiées. Ces variations pourraient également refléter l'effet des perturbations environnementales sur la biodiversité locale.

1.3.3.2. Richesse spécifique

Richesses spécifique calculée pour les trois stations est consignée dans le tableau (8) ;

Tableau 8 : Valeurs de la richesse spécifique enregistrée dans les différents sites d'étude

Station	Richesse spécifique (S)
Station 1	10
Station 2	11
Station 3	10

La Station 2 présente la richesse spécifique la plus élevée, avec 11 espèces recensées, ce qui traduit une diversité plus importante. Elle est suivie des Stations 1 et 3, qui comptent chacune 10 espèces.

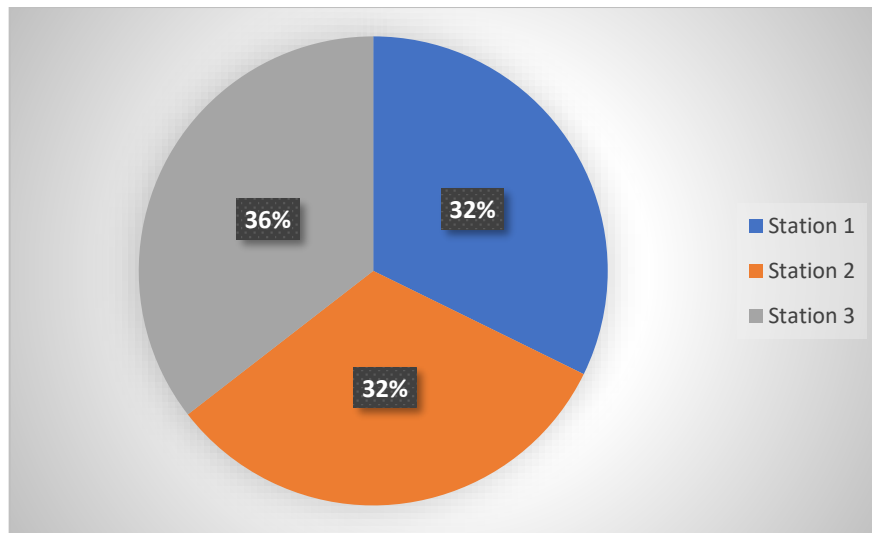


Figure 36 : Répartition de la richesse spécifique des trois stations

Le graphique montre que la station 2 présente la richesse spécifique la plus élevée, traduisant une diversité d'espèces plus importante. En revanche, les stations 1 et 3 affichent la même richesse spécifique, indiquant un nombre identique d'espèces recensées dans ces deux

stations. Ces variations peuvent être liées aux différences des conditions écologiques et environnementales qui influencent la répartition des espèces dans les stations étudiées.

1.3.3.3. Indice diversité de Shannon-Weaver

Les valeurs calculées par l'indice de biodiversité de Shannon- Weaver se trouvent dans le tableau 9

Tableau 9 : Valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') des stations étudiées

Station	H'
Station 1	3.22
Station 2	3.36
Station 3	3.14

Le tableau 9 présente les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') calculées pour les trois stations étudiées. Les résultats montrent que la station 2 possède la diversité biologique la plus élevée avec une valeur de H' égale à 3,36. Cette valeur indique une communauté relativement riche en espèces et une répartition assez équilibrée des individus entre celles-ci. La station 1 occupe la deuxième position avec un indice de 3,22, traduisant également une diversité importante mais légèrement inférieure à celle de la station 2. En revanche, la station 3 enregistre la valeur la plus faible (H' = 3,14), ce qui suggère une diversité spécifique un peu moins élevée. Cependant, les trois valeurs restent supérieures à 3, indiquant globalement une biodiversité élevée dans l'ensemble des stations étudiées. Les différences observées peuvent être liées aux conditions écologiques locales, à la disponibilité des ressources ou encore à l'impact de l'infestation par *Dactylopius opuntiae* sur la composition des peuplements.

1.3.3.4. Équitabilité de Pielou

Tableau 10 : Valeurs de l'équitabilité de Pielou (E) dans les 3 stations étudiées

Station	Station 1	Station 2	Station 3
E (Équitabilité)	0.067	0.67	0.66

Les stations 2 (0,67) et 3 (0,66) présentent des valeurs d'équitabilité élevées et très proches, ce qui montre une répartition relativement équilibrée des individus entre les espèces. En revanche, la station 1 affiche une faible équitabilité (0,067), indiquant qu'une ou quelques espèces y sont largement dominantes.

1.3.3.5. Indice de Margalef

Les valeurs de l'indice de Margalef trouvées dans notre stations d'étude sont trouvés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Valeurs de l'indice de Margalef dans les 3 stations étudiées

Station	Margalef
Station 1	1.31
Station 2	1.49
Station 3	1.38

L'indice de Margalef montre que la station 2 possède la richesse spécifique la plus importante (1.49), indiquant la présence d'un plus grand nombre d'espèces. La station 1 présente la richesse la plus faible, ce qui peut refléter des conditions écologiques moins favorables ou un impact plus marqué de l'infestation.

1.3.3.6. Indice de similitude de Jaccard

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de similitude de Jaccard entre les stations étudiées

	Station 1	Station 2	Station3
Station 1	100	91	54
Station 2	91	100	62
Station 3	54	62	100

Le taux de similitude élevé entre les stations 1 et 2 (91 %) traduit une forte proximité écologique entre ces deux milieux. Le nombre d'espèces communes entre elles est estimé à environ 768 espèces communes, ce qui indique une composition floristique très similaire et des conditions environnementales proches, notamment en termes de climat, de végétation et de degré de perturbation.

En revanche, la station 3 présente une similitude plus faible avec les deux autres stations, particulièrement avec la station 1 (54 %), avec environ 453 espèces communes. Cela met en évidence une différence notable dans la composition spécifique, suggérant des conditions écologiques différentes, possiblement liées à une intensité d'infestation plus élevée, à des variations microclimatiques ou à une dégradation du milieu.

La similitude entre les stations 2 et 3 (62 %) correspond à environ 496 espèces communes, ce qui montre l'existence d'un certain nombre d'espèces partagées, mais avec une divergence persistante dans la structure globale des communautés.

Ainsi, l'indice de Jaccard met en évidence une forte homogénéité écologique entre les stations 1 et 2, tandis que la station 3 apparaît nettement plus différenciée sur le plan biologique, traduisant l'impact des perturbations environnementales sur la distribution des espèces.

Dans l'ensemble, les résultats des indices écologiques montrent que la station 2 est la plus diversifiée et la plus riche en espèces, tandis que les stations 1 et 3 présentent une meilleure répartition des individus entre les différentes espèces. La station 1, malgré une diversité appréciable, semble être caractérisée par la dominance de certains taxons. Ces différences mettent en évidence l'influence des conditions écologiques locales sur la structure et la diversité des peuplements étudiés.

1. Discussion

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que *Dactylopius opuntiae* constitue une menace sérieuse pour *Opuntia ficus indica* dans la région de Fellaoucène. En effet, les plants infestés présentent un dessèchement progressif des cladodes, un affaiblissement général de la vigueur végétale ainsi qu'une réduction notable du couvert végétal dans les zones les plus touchées. Ces observations sont en accord avec les travaux de **EL BOUHISSI *et al.*, (2022)**, qui ont signalé des niveaux d'infestation variables dans six zones étudiées : Jamaa El Wast avec un taux plus élevé (90 %), suivie d'Arbouz (75 %) et Chaib Rasso (60 %). El ANNABRA affiche un taux moyen (40 %), tandis que Souk Thlata (35 %) et Ank Jmal (8 %) sont les moins touchées. Donc il a constaté que les infestations les plus élevées sont observées dans les zones proches de la frontière algéro-marocaine. Ces résultats mettent en évidence l'extension de cette cochenille en Algérie ainsi que ses effets fortement délétères sur l'état sanitaire du figuier de Barbarie, entraînant une dégradation progressive des peuplements naturels et cultivés.

L'importance de l'infestation observée dans la zone d'étude peut être expliquée par les conditions environnementales locales. Le climat chaud et sec caractérisant la région de Fellaoucène joue un rôle déterminant dans la dynamique de développement de *Dactylopius opuntiae*, en favorisant son cycle biologique et sa dispersion rapide. Dans ce cadre, **(SEDDIKI 2023)** souligne que les milieux semi-arides de l'ouest algérien constituent des zones

particulièrement propices à l'installation et à la prolifération de cette espèce, en raison de la faiblesse des précipitations et des températures élevées sur une grande partie de l'année.

Par ailleurs, les résultats obtenus montrent que la dégradation des peuplements *d'Opuntia ficus indica* a des répercussions écologiques importantes qui dépassent la simple relation ravageur-plante. En effet, la diminution du couvert végétal entraîne une perte d'habitats et une réduction des ressources alimentaires pour de nombreuses espèces, ce qui impacte directement l'entomofaune locale. Dans ce contexte, les travaux de (GHLOUCI, 2024) ont montré qu'une forte infestation de *Dactylopius opuntiae* est associée à une baisse significative de la richesse spécifique et de l'abondance de l'entomofaune, avec une disparition progressive des espèces sensibles et une dominance des espèces généralistes ou tolérantes aux perturbations. Ce phénomène traduit une simplification de la structure écologique des communautés d'insectes dans les zones dégradées.

De plus, plusieurs études menées en Algérie ont mis en évidence l'intérêt des méthodes de lutte biologique contre cette cochenille. Les travaux de (DROUECHE, 2023) ont démontré l'efficacité de certaines huiles essentielles, notamment celles d'eucalyptus, dans la réduction des populations de *Dactylopius opuntiae*. De même, (AMGHAR, 2025) a rapporté que les extraits de plantes aromatiques, tels que le thym, présentent une activité insecticide prometteuse, offrant ainsi une alternative écologique aux pesticides chimiques. Ces approches contribuent non seulement à limiter les dégâts causés par l'agent ravageur, mais également à préserver l'équilibre de l'entomofaune utile, essentielle au fonctionnement des écosystèmes.

Il est important de souligner que les résultats de cette étude s'inscrivent globalement dans la continuité des recherches scientifiques réalisées en Algérie. Ils confirment que les facteurs climatiques et environnementaux jouent un rôle fondamental dans la dynamique d'infestation de *Dactylopius opuntiae*.

Ils mettent également en évidence les impacts indirects de cette infestation sur la biodiversité, en particulier sur l'entomofaune, cela peut être interprétée en lien avec les travaux de DAMERDJI (2014), qui a montré que la composition de l'entomofaune dans les milieux semi-arides de Tlemcen dépend fortement de la nature de la végétation et des conditions écologiques locales.

De même, DAMERDJI et HADJOUTI (2016) ont démontré que les stations végétales présentant une couverture végétale dense favorisent le maintien d'une entomofaune diversifiée, contrairement aux milieux perturbés où la diversité diminue significativement.

En **2021**, les travaux de **DAMERDJI** sur la malacofaune associée aux Cistacées dans la région de Tlemcen confirment également que les interactions plante –milieu jouent un rôle essentiel dans la structuration des communautés biologiques. Ces résultats appuient l'idée selon laquelle toute perturbation, notamment biologique comme l'infestation par *Dactylopius opuntiae*, peut entraîner une modification de l'équilibre écologique et une réorganisation des assemblages entomologiques.

On peut dire que les observations de la présente étude sont en accord avec les conclusions de **DAMERDJI (2014, 2016, 2021)**, qui soulignent que la diversité entomologique est étroitement liée à la complexité de l'habitat et à la stabilité écologique du milieu.

Pour cela, la nécessité d'adopter une approche intégrée de gestion écologique, combinant surveillance, lutte biologique et préservation des équilibres naturels dans les zones affectées est nécessaire.

Notre étude, menée dans la région de Fellaoucène (wilaya de Tlemcen), a permis de mettre en exergue l'impact écologique et phytosanitaire de *Dactylopius opuntiae*, une cochenille qui constitue aujourd'hui une menace majeure pour *Opuntia ficus indica* ainsi que pour la biodiversité associée à cet écosystème.

Sur le plan méthodologique, la sélection des stations d'étude a été effectuée de manière rigoureuse afin de représenter différents gradients d'infestation par *Dactylopius opuntiae*. L'échantillonnage a intégré des foyers fortement touchés, des secteurs moyennement infestés ainsi que des zones indemnes ou peu affectées, permettant d'établir une comparaison pertinente entre des milieux aux caractéristiques écologiques contrastées. Cette démarche s'est avérée essentielle pour analyser avec précision l'effet du degré d'infestation sur la biodiversité et sur l'état phytosanitaire d'*Opuntia ficus indica*.

La méthode d'échantillonnage s'est appuyée sur des observations *in situ*. Au sein de chaque station, les relevés ont été effectués à l'aide d'unités d'échantillonnage appropriées à la structure du milieu. Ce dispositif a permis d'estimer la densité des cladodes, d'évaluer l'intensité de l'infestation et de recenser la flore et l'entomofaune en présence. Les relevés ont été réitérés dans le temps afin de minimiser les biais d'observation et de garantir une représentativité optimale des données. Cette approche a ainsi fourni une vision globale et fiable de la répartition spatiale de la cochenille dans l'aire d'étude.

Les résultats obtenus démontrent sans équivoque que l'infestation par ce ravageur ne se limite pas à la plante hôte, mais induit également des perturbations significatives au sein des communautés végétales et entomologiques. Les foyers fortement infestés se caractérisent par une dégradation prononcée des cladodes, se traduisant par un jaunissement progressif, un dessèchement tissulaire, l'apparition de nécroses et une baisse drastique de la vigueur des plants, conduisant parfois à leur dépérissement total. À l'inverse, les stations préservées ou faiblement infestées affichent un bien meilleur état phytosanitaire, doublé d'une plus grande résilience écologique et d'une biodiversité plus riche.

En outre, l'analyse souligne l'influence déterminante des paramètres environnementaux sur la dynamique d'infestation. Les températures élevées, le stress hydrique prolongé et l'insolation directe exacerbent la prolifération de *Dactylopius opuntiae*, tandis qu'un couvert végétal plus dense et une humidité relative plus élevée freinent son expansion. Cette corrélation illustre le rôle prépondérant des facteurs microclimatiques et écologiques dans la prolifération de cette espèce invasive.

L'étude a mis au jour une corrélation négative entre le degré d'infestation et la richesse spécifique. En effet, les stations les plus touchées accusent un appauvrissement spécifique

notable et une déstructuration des communautés biologiques, reflétant l'impact en cascade de la cochenille sur l'ensemble de l'écosystème. Les zones épargnées maintiennent, quant à elles, une meilleure diversité et une architecture écologique plus équilibrée.

Ce travail constitue une contribution majeure à l'étude de *Dactylopius opuntiae* dans la région de Tlemcen. Il met en évidence l'urgence de renforcer la surveillance phytosanitaire et de déployer des stratégies de lutte intégrée, combinant approches biologiques et écologiques, pour endiguer la progression du ravageur. Les perspectives de recherche s'orientent naturellement vers l'identification d'écotypes de figuier de Barbarie plus résistants, ainsi que vers l'élaboration de protocoles de lutte spécifiquement adaptés aux contraintes des zones semi-arides.

Références Bibliographiques

- **ALCARAZ C., 1982** - La végétation de l'Ouest Algérien. Thèse Doct. Es. Sc. Univ. Perpignan. 145p.
- **AMGHAR, M. K., 2024** -Etude de l'effet de l'huile essentielle de *Thymus ciliatus* dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae*, le principal ravageur d'*Opuntia ficus indica* L. Mémoire de Master, Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- **ANAT., 2003** - Atlas national de l'Algérie. Alger : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire
- **ANTONIO P. L. J., 2014** – Partenogénésis en *Dactylopius opuntiae*(Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae).
- **ARABA, A., EL AICH, A., SARTI, B., BELBEHRI, L., BOUBKRAOUI, A., AIT HAMOU, A., ZEMMOURI, A., SBAA, H. ,2000** _ Valorisation du figuier de barbarie en élevage. Bulletin du PNTTA n° 68, Mai. Rabat, Maroc.
- **ARONSON, J., ET FLORET, C. ,2011** - Restoration ecology in arid and semi-arid regions (Ecological principles and environmental applications). Springer. (Exact pagination).
- **AZZOUZ T, CHERMITI B, SABRI A. 2014** - First report of *Phyllosticta opuntiae* causing leaf Spot on *Opuntia ficus indica* in Tunisia. Plant Disease. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0525-PDN>.
- **BADII, M. H., ET FLORES, A. E., 2001**- Prickly pear cacti pests and their control in Mexico. Florida Entomologist, pp: 503-505
- **BELKACEM, M., YAHIAOUI, S., BOUMEZZOUGH, A., ZEGHIB, I., ET BOUTEKRABT, A. ,2018** -Physico-chemical characterization of soils supporting the cultivation of *Opuntia ficus indica* in the region of Tlemcen (northwest Algeria). Acta Horticulturae, 1227, 189-194.
- **BOUATAY F. ET MHENNI F., 2014** - Use of the cactus cladodes mucilage (*Opuntia ficus indica*) as an eco-friendly flocculant: process development and optimization using statistical analysis. *International Journal of Environmental Research*, 8(4). pp : 1295-1308.
- **BOULINIER T., NICHOLAS J.D., SAUER J.R., HINES J.E., ET POLLOCK K.H., 1998**-. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology*, 79(3) : 1018-1028.

- **BOUSSADIA, O., FERCHICHI, S., ET JBIR, R. ,2018** - Influence of soil texture on growth and mineral nutrition of prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica* L.) in a semi-arid region of Tunisia. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 18(1), 99-108.
- **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*), Université d'Angers.
- **BOUZOUBAA Z., ESSOUKRATI Y., TAHROUCH S., HATIMI A., GHARBY S., HARHAR H., 2014** _ Etude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie ('Achefri' et 'Amouslem') du Sud marocain. Les Technologies De Laboratoire, 8(34) ,137-138.
- **BRAVO-HOLLIS, H. ,1978** - Las Cactáceas de México (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México.
- **CHAVEZ-MORENO C. K., TECANTE A. ET CASAS A., 2009** -The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopus* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. Biodiversity and Conservation. 18(13). 3337p.
- **COBIX HERRERA J. C., 2023** – Evaluation de aceites vegetales naturales para el control poblacional de Cochinilla silvestre del nopal *Dactylopus opuntiae* en laboratorio.
- **COFEPRIS., 2013** – Catalogo de Plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. CICOPLAFEST. 2004. 483p. En :
<http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.asp>
- **DAJOZ R., 1996**- Précis d'écologie, Ed. Dunod
- **DAMERDJI, A. 2014.** Étude de l'entomofaune dans les formations à Cistacées dans la région de Tlemcen [Mémoire ou article scientifique].
- **DAMERDJI, A. 2021.** Contribution à l'étude de la malacofaune associée aux Cistacées dans la région de Tlemcen [Mémoire ou article scientifique].
- **DAMERDJI, A. et ADJLANI, M., 2000.** Entomofaune du Diss (*Ampelodesma mauritanicum*) : inventaire et aperçu bioécologique dans la région de Tlemcen. L'Entomologiste, 56(3), 107-117.
- **DAMERDJI, A., ET HADJOUTI, K., 2016.** Diversité entomologique et structure des stations végétales dans les milieux semi-arides de Tlemcen [Mémoire ou article scientifique].

- **DE LOTTO G., 1974** – On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). J. Entom. Soc. Southern Africa. 37(1). Pp : 167-193.
- **DE WIT, M., HUGO, A., SHONGWE, N., VAN DER MERWE, R., 2016**-Effect of cultivar, season and locality on lipid content and fatty acid composition of cactus pear seed oil. S. Afr. J. Plant Soil, 33, pp: 279–288.
- **DELGADILLO V. I., GONZALES M. A. ET RIVERA Y. R., 2008** – Manejo fitosanitario del nopal verdura en Milpa Alta, Distrito Federal. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). 63 p.
- **DELGADO-ALVARADO, A., RUIZ-AGUILAR, G. M., ET OCAMPO-JIMÉNEZ, O., 2019** - Soil fertility management in cactus pear (*Opuntia ficus indica* [L.] Mill.) cultivation: A review. Scientia Horticulturae, 256, 108543.
- **DJEBAILI S., 1978**- Recherche phytosociologique et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse Doctorat. Université des Sciences et Technologie. Langue doc. Montpellier. 229p.
- **DROUCHE M., 2023**- étude de la bioécologie d'*Opuntia ficus-indica* L dans la région de Tlemcen et essais de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* dans lutte contre *Dactylopius punctatus*, son principal ravageur, mémoire, 59p.
- **EISNER T., NOWICKI S., GOETZ M. ET MEINWALD J., 1980** – Red cochineal dye (Carminic acid): Its role in nature. Science. 208. Pp : 1039-1042.
- **EL BOUHISSI M., GHEFAR M., SADINE S. E. ET GACHI M., 2022** – Note sur la présence de *Dactylopius Opuntiae*(Cockerell, 1896) sur le figuier de Barbarie en Algérie (Hemiptera: Dactylopiidae). Annales De la Recherche Forestière en Algérie, 12(1). Pp : 1-6.
- **EL FINTI, A., BELAYADI, M., BOULLANIA, R.E., MSANDA, F., SERGHINI, M.A. ET MOUSADIK, A.E., 2013**- Genetic structure of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) in Moroccan collection. Asian J. Plant Sci., 12, pp: 145–148.
- **EL-MOSTAFA, K., EL KHARRASSI, Y., BADREDDINE, A., ANDREOLETTI, P., VAMECQ, J., EL KEBBAJ, M. S., & LATRUFFE, N. 2014**. Nopal cactus (*Opuntia ficus indica*) as a source Of bioactive compounds for nutrition, health and disease. Molecules, 19(9), 14879-14901.
- **ELSHAFIE, A. E., ET EL-MOUGY, N. S. ,2014** - Cladode rot of cactus (*Opuntia ficus indica*) caused by *Phytophthora nicotianae* in Egypt. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3(8), 231-240.

- **EMBERGER L., 1930** – Sur une formule climatique explicable en géographie botanique. Sciences. 191p.
- **FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, A., ET MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J., 2019** -Photosynthetic response of *Opuntia ficus indica* under different light intensities in a semi-arid area of south-east Spain. Journal of Arid Environments, 163, 37-44.
- **FIRA D, DABBOUSSI S, KHEFIFI M, ET AL. 2021** - First report of Opuntia leaf spot disease caused by Cochliobolus heterostrophus in Tunisia. Plant Disease.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2234-PDN>
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). ,2018** _ Ecology, cultivation and uses of the prickly pear (*Opuntia ficus indica*). Rome, Italy : FAO / ICARDA (rapport technique).
- **FRONTIER S., 1983** - Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson et cie, Paris, Coll. d'école, n°17, 455p. Fonctionnement et évolution. Ed. Dunod, Paris, 447p.
- **GHLOUCI, F. Z. 2024.** Impact de *Dactylopius opuntiae* sur la biodiversité et l'entomofaune associée aux écosystèmes d'*Opuntia en Algérie*. Université de Tlemcen, Algérie.
- **GIBSON A. C. ET NOBEL PS., 1986** – The cactus primer. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- **GOMEZ, F., ET OYAMA, K. ,2012** _ Effect of temperature and humidity on life history of the cochineal insect *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). Journal of insect science, 13(1), 71
- **GRIN, 2007**-Opuntiaceae information from NPGS (National plant germplasm system) of GRIN (Germplasm resources information network). Taxonomic information on cultivated plants in the USA. National genetic resources program. United States Department of Agriculture, Agricultural research service. Maryland, USA.
- **GUILLAUME, D., GHARBY, S., HARHAR, H., BABA, M.,2015**-*Opuntia ficus indica* and *Balanites aegyptiaca* Oils: two seed oils to watch. HPC Today, 10(2), pp : 45–48.
- **HOUSSA, B., AMMARI, Y., EL GHAROUS, M., ET BENYAMNA, A. ,2020** - A Review on Agronomic Management of *Opuntia ficus indica*: A Sustainable and High-Value Crop for Arid Environments. Agriculture, 10(8), 336.
- **HUNT D, TAYLOR N ET CHARLES G., 2006**-The new cactus lexicon. 2 vols. DH books, Milborne Port, England.

- **KADIK B., 1987** -Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Algérie. Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. O.P.U. Alger.
- **KAZI TANI C., 1995.**Possibilité d'enrichissement par introduction d'essences feuillues dans les monts de Tlemcen.Thèse d'ingénieure d'état en foresterie. Faculté de science.Université de Tlemcen, 93p.
- **KHAN D., HARRIS A. J., ZAMAN Q. U., WANG H. X., WEN J., LANDIS J. B. ET WANG H. F., 2024** – tNationtionary history and distribution of cactus germplasm resources, as well as potential domestication under a changing climate. Journal of Systematics and Evolution.
- **LAMBDIN P., AQUINO G., GREEN J.F. ET SOTO-HERNÁNDEZ, M., 2002**
- Synopsis of carmine acid biosynthesis. *CACTUSNET Newsletter*. 7. pp: 11-15.
- **LOPEZ-CEDILLO, R., CALDERON-SANCHEZ, F., MARTINEZ-LOPEZ, W., VACA-MIER, M., ET RAMOS-SOLIS, L. ,2015** - Growth and survival of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller in Heavy-metal contaminated soils amended with organic matter. Water, Air, et Soil Pollution, 226(6), 186.
- **MACGREGOR R. & SAMPEDRO G., 1984** - Familia Dactylopiidae (Homoptera:Coccoidea). Catálogo de Cócidos Mexicanos. Ann. Inst. Biol. Serie Zoología. 54(1). pp : 217-223
- **MACGREGOR R., 1976** – La grana o cochinilla del nopal usada como colorante desde el México antiguo Hasta nuestros días. Cactáceas y Suculentas Mex. 21(4). Pp : 93-97.
- **MANDUJANO, M. C., GOLUBOV, J., ET EGUIARTE, L. E. ,2000** - Morphological variation And differentiation in wild and cultivated populations of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) in central Mexico. Journal of Arid Environments, 46(1), 1-19.
- **MANN, J., 1969** – Cactus-feeding insects and mites. Bulletin 256. Washington, DC, United States National Museum. 158 p.
- **MATHENGE C. W., HOLFORD P., HOFFMANN J. H., SPOONER-HART R., BEATTIE G. A. ET ZIMMERMANN Y. H. G., 2009** – The biology of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera:Dactylopiidae). Bulletin of Entomological Research. 99(6). Pp : 551-559.
- **MAZZEO G., NUCIFORA S., RUSSO A. ET SUMA P., 2019** – *Dactylopius opuntiae*, a new prickly pear Cactus pest in the Mediterranean: an overview. Entomologia Experimentalis et Applicata, 167(1). Pp : 59-72. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/eea.12756>

- **MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, ALGERIE, 2015** - Monographie de la wilaya de Tlemcen. Alger : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- **MONROY L. M., 2010** – Plagas y enfermedades del nopal (*Opuntia ficus indica*, Berg.). TecnoAgro. Revista digital. En: [http://tecnoagro.com.mx/no-52/plagas-y-enferme-dades-del-nopal-opuntia-ficus Indica-berg-dp2](http://tecnoagro.com.mx/no-52/plagas-y-enferme-dades-del-nopal-opuntia-ficus-Indica-berg-dp2)
- **MORALES, M., 1994** – Estudio del ciclo biológico de la cochinilla silvestre (*Dactylopius sp.*). Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad de Guadalajara, Guadalajara México. 41 p.
- **MOBHAMMER, M. R., F. C. STINTZING, ET AL. , 2006** - “Evaluation of different methods for the production of Juice concentrates and fruit powders from cactus pear.” Innovative food science et emerging technologies 7(4): 275-287.
- **NEFFAR, S., 2012** - Étude 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. Thèse. Doct. Univ. Annaba, Algeria (unpublished).
- **NEFZAOU, A., ET BEN SALEM, H. ,2001-** *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.: a multipurpose forage and fodder crop for arid areas. Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens, 44, 139-147.
- **NEFZAOU, A., ET BEN SALEM, H. ,2001** - Cactus (*Opuntia spp.*) in arid and semi-arid regions as a multipurpose resource: Utilization of cactus pear fruits. Journal of Arid environments, 47(3), 207-229.
- **NERD, A., A. KARADY, ET AL. ,1991** - “Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of Fertilization and short droughts on productivity.” HortScience 26(5): 527-529.
- **NOBEL, P.S. (2009).** Cacti: Biology and Uses. University of California Press, Berkeley, California.
- **NOVOA, A., LE ROUX, J. J., ROBERTSON, M. P., WILSON, J. R., ET RICHARDSON, D. M., 2015**-Introduced and invasive cactus species: a global review. AoB Plants, 7, plu078.
- **NÚÑEZ-GASTELUM J.A., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ R., HERNÁNDEZHERRERA A., CAMPAS-BAYPOLI O.N., RODRÍGUEZ-RAMÍREZ R., LOBO-GALO N., VALERO-GALVÁN J., 2018**-Morphological characteristics, chemical composition and antioxidant activity of seeds by four wild *Opuntia* species from North of Mexico. J. Prof. Assoc. Cactus Dev, 20, pp: 23-33.

- **OPARA, U. L., AL-ANI, M. R., ET CRONJE, P. J. R. , 2010** - The effect of flowering characteristics on fruit set in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Scientia Horticulturae*, 124(1), 100-105.
- **ÖZCAN, M. ET AL JUHAIMI, F., 2011**- Nutritive value and chemical composition of prickly pear seed (*Opuntia ficus indica* L.) growing in Turkey. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 62(5), pp: 533–536
- **OZENDA P., 1986** - La cartographie écologique et ses applications. 7. Paris: Masson.
- **PARK, E. H, KAHNG, J. H., LEE, S. H., SHIN, K. H., 2001**- An antiinflammatory principle from cactus. *Fitoterapia* , 72 . pp: 288–290.
- **PARRA-TABLA, V., ET CAMPOS-NAVARRETE, M.J. , 2016** - Ecophysiology of *Opuntia*: fundamentals and applications. Springer International Publishing, Switzerland.
- **PEREZ-GUERRA, G. ET KOSZTARAB, M., 1992** – Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinae) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. *Studies on the morphology and systematics of scale insects Bull.* 16. Pp : 92-1. Virginia Agric. Exp. Sta. Virginia Polytechnic Institute and State University. 90 p.
- **PIGA, A. , 2004** - “Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance.” *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 6: 9-22.
- **POTTIER F., 2017** - Etude des matières picturales du Codex Borbonicus-Apport des spectroscopies non-invasives à la codicologie. Thèse. Doct. Univ. Cergy Pontoise (UCP). pp : 28-32.
- **POTVIN, L., A. BILODEAU, ET AL. , 2011** - “Trois conceptions de la nature des programmes: Implications pour l’évaluation de programmes complexes en santé publique.” *The Canadian Journal of Program Evaluation* 26(3): 91.
- **QUEZEL P. et MEDAIL F., 2003**-Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris. 592p.
- **RAMADE F., 1984** – Eléments d’écologie- Ecologie fondamentale. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397p.
- **RAMADE F., 2003** – Elément d’écologie (Ecologie fondamentale)-3 ème édition .DUNOD- pages (293.312.313).
- **SAGARPA., 2006** - Manejo fitosanitario de las principales plagas del nopal. Tríptico. En: www.cesavem.org/divulgacion/nopal/TRIPTICO.pdf
- **SANCHEZ-RANGEL, D., RODRIGUEZ-GUERRA, R., HERNANDEZ-MONTIEL, L. G., ET NUÑEZ-BARRIOS, A. , 2020** - Characterization of *Rhizoctonia solani* causing cladode rot of cactus (*Opuntia ficus indica*) in Mexico.

Plant Disease, 104(4), 1074-1074.

- **SANIDAD VEGETAL., 2004a** – Campaña manejo fitosanitario del nopal: principales plagas del nopal y su control. Tríptico.pp : 2 . En: [http://www.cesavem.org/divulgacion/nopal/ TRIPTICO.pdf](http://www.cesavem.org/divulgacion/nopal/TRIPTICO.pdf) 110. Sanidad Vegetal., 2004b – manejo fitosanitario del cultivo de nopal. Comité Estatal de s
- **SAWAYA, W.N. ET KHAN, P., 1982-** Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus-indica*. J. Food Sci., 47, pp : 2060–2061.
- **SCHEINVAR, L. B., P. INGLESE, ET AL., 1995** - Taxonomy of utilized opuntias. Agroecology cultivation and Uses of cactus pear, FAO, Roma (Italia).
- **SCHWEIZER, M. ,1999** - Docteur Nopal: médecin du bon Dieu, APB, Aloe plantes et beauté.
- **SEDDIKI N.,2023**-etude de la bioecologie *d'opuntiae ficus-indica* L dans la région de Tlemcen et l'effet de la diatomite dans la lutte contre *Datylopusis puntiae*, son principal ravageur, mémoire, 58p
- **SHETTY., ANOOP A., RANA M.K. AND PREETHAM S.P., 2012**-Cactus: A Medicinal Food. Journal of Food Science and Technology, **49(5)**, pp: 530-36.
- **SOLTNER D., 1992**.Les bases de la production végétale.320p.
- **SUDZUKI HILLS, F. ,1995** - “Anatomy and morphology.” FAO Plant Production and Protection Paper (FAO).
- **TERRAZAS, T., ET ARIAS, S. (2019)**. The morphology of *Opuntia cactus*: a review. Acta Botanica Mexicana, 126, e1537.
- Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. Travaux d’inventaire entomofaunique incluant les Hémiptères dans la forêt de Zariffet (Mémoire de Master).
- **USDA., 2014-** Field guide for managing prickly pear in the Southwest. Forest service, Southwest region, 7p
- **VANEGAS RICO J. M., 2009** – *Dinámica poblacional de Dactylopusis opuntiae*(Cockerell) y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos.
- **VANEGAS-RICO J. M., LOMELI-FLORES J. R., RODRÍ GUEZ-LEYVA E., MORA-AGUILERA G., ET VALDEZ, J. M., 2010** – Enemigos naturales de *Dactylopusis opuntiae*(Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller En el centro de México. Acta zoológica mexicana. 26(2). Pp : 415-433.
- **VISHALI S. ET KARTHIKEYAN R., 2015** – Cactus *Opuntia ficus-indica*: an eco-friendly alternative coagulant in the treatment of paint effluent. Desalination and Water Treatment, 56(6). Pp : 1489-1497.

- **WALLACE RS, GILSON AC. EVOLUTION AND SYSTEMATIC. BIOLOGY AND USES, P.S.NOBEL ED,2002,1-21 pp.**
- **WILLIAMS D. J. ET BEN-DOV Y., 2015** – Scale insect species names that have been combined with the Genus name *Dactylopus* Costa (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoomorpha). Zootaxa. 4006. Pp : 161–170.
- **YOUNESS G. ET SAPORTA G., 2004** - Une méthodologie pour la comparaison de partitions. Revue de Statistique Appliquée, T 52, n° 1. pp : 97-120.
- **ZRIRA S., PETRETTO G.L., SAIDI B., SALARIS M. AND. PINTORE G.,2016-** Volatile constituents and polyphenol composition of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill from Morocco. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 4 : pp: 5-11.

Les Annexes

Sortie 1

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Tableau 13 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1 fortement infestée.

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
2	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	4	Faible	Sec	Forte infestation
4	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
6	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
8	4	4	Faible	Sec	Forte infestation
9	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
10	3	4	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 14 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	6	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	8	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 15 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 3

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	8	1	Bon	Humide	Plante saine
2	9	1	Bon	Humide	Plante saine
3	8	1	Bon	Humide	Plante saine
4	9	1	Bon	Humide	Plante saine
5	8	1	Bon	Humide	Plante saine
6	9	1	Bon	Humide	Plante saine
7	8	1	Bon	Humide	Plante saine
8	9	1	Bon	Humide	Plante saine
9	8	1	Bon	Humide	Plante saine
10	9	1	Bon	Humide	Plante saine

Sortie 2

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Station 1 (forte infestation)

Tableau 16 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	3	4	Faible	Sec	Forte infestation
2	5	4	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	4	Faible	Sec	Forte infestation
4	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
6	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
8	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
9	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
10	3	5	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 17 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	5	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 18 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants *d'Opuntia ficus indica* dans la station 3

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	9	1	Bon	Humide	Plante saine
2	9	1	Bon	Humide	Plante saine
3	8	1	Bon	Humide	Plante saine
4	9	1	Bon	Humide	Plante saine
5	8	1	Bon	Humide	Plante saine
6	9	1	Bon	Humide	Plante saine
7	8	1	Bon	Humide	Plante saine
8	8	1	Bon	Humide	Plante saine
9	8	1	Bon	Humide	Plante saine
10	9	1	Bon	Humide	Plante saine

Sortie 3

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Station 1 (forte infestation)

Tableau 19 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
2	3	4	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
4	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
6	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
8	3	4	Faible	Sec	Forte infestation
9	5	4	Faible	Sec	Forte infestation
10	3	5	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 20 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	8	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 21 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 3

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	8	1	Bon	Humide	Plante saine
2	9	1	Bon	Humide	Plante saine
3	8	1	Bon	Humide	Plante saine
4	9	1	Bon	Humide	Plante saine
5	8	1	Bon	Humide	Plante saine
6	9	1	Bon	Humide	Plante saine
7	9	1	Bon	Humide	Plante saine
8	9	1	Bon	Humide	Plante saine
9	9	1	Bon	Humide	Plante saine
10	9	1	Bon	Humide	Plante saine

Sortie 4

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Station 1 (forte infestation)

Tableau 22 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
2	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
4	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	4	Faible	Sec	Forte infestation
6	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	3	4	Faible	Sec	Forte infestation
8	4	4	Faible	Sec	Forte infestation
9	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
10	5	4	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 23 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	7	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 24 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants *d'Opuntia ficus indica* dans la station 3

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	8	1	Bon	Humide	Plante saine
2	8	1	Bon	Humide	Plante saine
3	8	1	Bon	Humide	Plante saine
4	8	1	Bon	Humide	Plante saine
5	8	1	Bon	Humide	Plante saine
6	9	1	Bon	Humide	Plante saine
7	8	1	Bon	Humide	Plante saine
8	9	1	Bon	Humide	Plante saine
9	9	1	Bon	Humide	Plante saine
10	9	1	Bon	Humide	Plante saine

Sortie 5

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Station 1 (forte infestation)

Tableau 25 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
2	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
4	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
6	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
8	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
9	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
10	3	5	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 26 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	3	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 27 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants *d'Opuntia ficus indica* dans la station 3 faible infestation

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	8	1	Bon	Humide	Plante saine
2	9	1	Bon	Humide	Plante saine
3	9	1	Bon	Humide	Plante saine
4	9	1	Bon	Humide	Plante saine
5	10	1	Bon	Humide	Plante saine
6	9	1	Bon	Humide	Plante saine
7	8	1	Bon	Humide	Plante saine
8	9	1	Bon	Humide	Plante saine
9	10	1	Bon	Humide	Plante saine
10	9	1	Bon	Humide	Plante saine

Sortie 6

Étude terrain - 10 plantes par station (*Opuntia ficus indica*)

Station 1 (forte infestation)

Tableau 28 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 1

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
2	4	4	Faible	Sec	Forte infestation
3	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
4	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
5	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
6	3	5	Faible	Sec	Forte infestation
7	3	4	Faible	Sec	Forte infestation
8	4	5	Faible	Sec	Forte infestation
9	5	5	Faible	Sec	Forte infestation
10	4	5	Faible	Sec	Forte infestation

Station 2 (moyenne infestation)

Tableau 29 : Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 2

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	5	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
2	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
3	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
4	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
5	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
6	5	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
7	6	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
8	7	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
9	8	3	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne
10	5	2	Moyen	Semi-sec	Infestation moyenne

Station 3 (faible infestation)

Tableau 30: Résultats des observations de terrain réalisées sur 10 plants d'*Opuntia ficus indica* dans la station 3 faible infestation

N°	Nb cladodes	Indice	État	Environnement	Notes
1	7	1	Bon	Humide	Plante saine
2	8	1	Bon	Humide	Plante saine
3	9	1	Bon	Humide	Plante saine
4	10	1	Bon	Humide	Plante saine
5	7	1	Bon	Humide	Plante saine
6	11	1	Bon	Humide	Plante saine
7	8	1	Bon	Humide	Plante saine
8	9	1	Bon	Humide	Plante saine
9	8	1	Bon	Humide	Plante saine
10	8	1	Bon	Humide	Plante saine

الملخص

يُعد التين الشوكي (*Opuntia ficus indica*) من النباتات المهمة في المناطق الجافة وشبه الجافة، إلا أنه أصبح مهدداً بانتشار الحشرة القرمزية *Dactylopius opuntiae* التي تسبب أضراراً كبيرة للنبات. هدفت هذه الدراسة، المنجزة بمنطقة فلاوسن (تلمسان)، إلى تقييم مستوى الإصابة بهذه الآفة ودراسة تأثيرها على التنوع البيولوجي المصاحب. أظهرت النتائج أن زيادة الإصابة تؤدي إلى تدهور نبات التين الشوكي وانخفاض التنوع الحيوي في المناطق المصابة. وتبرز هذه الدراسة ضرورة اعتماد وسائل مكافحة فعالة للحفاظ على هذا المورد النباتي والتوازن البيئي المحلي.

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، الحشرة القرمزية، التنوع البيولوجي، الإصابة، البيئة.

Résumé

Le figuier de Barbarie *Opuntia ficus indica* joue un rôle important dans les régions arides et semi-arides. Cependant, il est fortement menacé par la cochenille *Dactylopius opuntiae*, un ravageur responsable de dégâts importants.

Cette étude, réalisée dans la région de Fellaoucène (Tlemcen), vise à évaluer le niveau d'infestation de cette cochenille et son impact sur la biodiversité associée.

Les résultats montrent que l'augmentation de l'infestation entraîne une dégradation du figuier de Barbarie ainsi qu'une diminution de la diversité biologique.

Cette étude souligne l'importance de mettre en place des méthodes de lutte efficaces pour préserver cette ressource végétale et l'équilibre écologique local.

Mots-clés : *Dactylopius opuntiae*, *Opuntia ficus indica*, biodiversité, infestation, écologie.

Summary

Prickly pear cactus *Opuntia ficus indica* is an important plant in arid and semi-arid regions. However, it is seriously threatened by the cochineal insect *Dactylopius opuntiae*, which causes severe damage to the plant.

This study, conducted in the Fellaoucène region (Tlemcen, Algeria), aimed to assess the infestation level of this pest and its impact on associated biodiversity.

The results showed that higher infestation levels lead to the deterioration of prickly pear plants and a decline in biodiversity. These findings highlight the need for effective control strategies to preserve this valuable plant resource and maintain local ecological balance.

Key words: *Dactylopius opuntiae*, *Opuntia ficus indica*, biodiversity, infestation, ecology.