

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologie

Réf :

Mémoire

Présenté par
BENHAMOUCHE Katia & DAGMOUNE Celia

Pour l'obtention du diplôme de
Master Académique/Professionnel

Filière : Biologie
Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

Evaluation du potentiel préventif du purin de sauge (Salvia officinalis) contre les maladies cryptogamiques de la tomate sous serre dans la région de Bejaïa

Soutenu le 07/07/2025

Devant le jury composé de :

Mme BOUADAM-FARHI Baya	MCB	Présidente
Mme CHELLI-TABTI Dalila	MCB	Encadrante
Mme DJOUADI-HAMA Naima	Insp. DSA	Co-encadrante
Mr BENKHENNOUCHE Nordine	MAA	Examineur

Année Universitaire : 2024-2025

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : BEN HAMDOUCHE

Prénom : Katia

Matricule : 1919 330 M 829

Spécialité et/ou Option : Biotechnologie et valorisation de plante

Département : Biotechnologie

Faculté : Science de la nature et de vie

Année universitaire : 2024.../...2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : Master

Intitulé : Evolution du potentiel préventif du purin de rang
(Salvia officinalis) contre les maladies cryptogamiques de la
tomate sous serre dans la région de Béjaïa

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
15/05/2024

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

[Signature]

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bjaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : Dagmoun
Prénom : Celia
Matricule : 1818 33 000 675
Spécialité et/ou Option : Biotechnologie et valorisation de plante
Département : Biotechnologie
Faculté : Science de la nature et de la vie
Année universitaire : 2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : Master

Intitulé : Evolution du potentiel préventif du piment de
sauge (Salvia officinalis) contre les maladies
cryptogamiques de la tomate sous serre dans la région de Béjaïa
déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans
l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
15.07.2025

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bejaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Remerciements

Nous tenons à remercier DIEU TOUT-POUISSANT de nous avoir accordée la santé et la volonté nécessaire pour entreprendre et menée à bien ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail n'aurait pu être aussi riche et voir le jour sans l'aide et l'encadrement précieux de Madame TABTI, épouse CHELLI. Nous vous remercions sincèrement pour la qualité exceptionnelle de son suivi, pour sa patience et pour sa constante disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire.

Notre remerciement s'adresse également à Madame DJOUADI NAIMA, épouse HAMMA, inspectrice phytosanitaire et chef de service à l'IVPW de BEJAIA. On la remercie personnellement pour sa disponibilité, ses orientations et les facilitations qu'elle nous a offertes pour l'obtention d'information, que ce soit au niveau de l'inspection phytosanitaire ou auprès de toute autre institution.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur disponibilité, leurs remarques pertinentes et leur regard critique ont grandement enrichi notre réflexion. Leur engagement dans le suivi et la valorisation des travaux scientifiques constitue pour nous une source d'inspiration et de motivation.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur Ameur Ahmed, membre de l'EAC 01 Das Athmani, pour avoir généreusement mis à notre disposition sa serre, véritable support matériel de notre étude, et pour son accompagnement constant, bienveillant et engagé tout au long de notre travail. Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des membres de l'exploitation, dont la disponibilité et l'accueil ont grandement facilité le bon déroulement de notre recherche.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers toutes ces personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.



B.Katía & D.Celia -

Dédicaces

Avec l'expression de ma profonde reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux à qui je ne pourrai jamais trouver les mots justes pour exprimer tout l'amour sincère que je leur porte.

À l'homme, mon précieux cadeau de Dieu, à qui je dois la vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père MOHAMED.

À la femme qui a souffert sans jamais me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère FATIHA.

*À mes chères petites sœurs, lumière de ma vie : que Dieu les protège et leur accorde tout le bonheur du monde LYDIA,
LOUIZA, MAYA.*

À mes grands-parents, qui ont toujours été là pour moi avec autant d'amour et de soutien que mes parents.

À mes tantes, qui m'ont entourée d'affection, de conseils et de présence chaleureuse tout au long de mon parcours.

À mes chères amies, pour leur bienveillance, leur présence rassurante et leurs mots qui réconfortent.

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



- B.Katia -

Dédicaces

La mémoire de mon très cher grand-père DAGMOUNE AMAR

Je ne saurais exprimer la profondeur de mon chagrin face à ton absence. J'aurais aimé que tu sois à mes côtés en ce jour si important. Que dieu t'accorde sa miséricorde et t'accueille en son vaste paradis.

Mon très cher papa ABDESLAM et ma chère maman SADIKA.

Aucun mot ne saurait traduire le respect profond et la gratitude immense que je vous porte pour tous les sacrifices que vous avez faits afin de m'offrir une éducation digne. J'implore dieu, le tout-puissant, de vous accorder une longue vie, la santé et la sérénité.

Mes sœurs ASMA et ANAIS.

Votre soutien, votre affection et votre amour fraternel ont été pour moi une source de force et de motivation. Merci d'avoir toujours été là.

Mon oncle TAHAR et sa femme SAMIRA.

Merci pour votre présence bienveillante, vos encouragements constants et vos prières. Que dieu vous comble de ses bienfaits et vous accorde une longue vie.

Mon cher oncle NACIM, à sa femme KHEIRA et à leurs enfants, et mes grands parents.

Merci pour votre bienveillance, votre soutien et vos encouragements sincère tout au long de ce parcours.

Toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail



- D.Celia -

Sommaire

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale..... 1

Chapitre I

Généralités et maladies de la tomate

I.1. Généralité sur la tomate	4
I.2. Position systématique	4
I.3. Caractéristiques morphologique du plant de tomate	5
I.3.1. Système racinaire	5
I.3.2. Tige	5
I.3.3. Feuilles	6
I.3.4. Les fleurs	6
I.3.5. Le fruit	7
I.3.6. Graine	7
I.4. Cycle de vie de la tomate	7
I.4.1. Germination.....	7
I.4.2. Croissance	7
I.4.2.1. En pépinière.....	8
I.4.2.1.1. En plein champ	8
I.4.2.2. Floraison.....	8
I.4.2.3. Fécondation	8
I.4.2.4. Fructification et nouaison	8
I.5. Besoins climatiques et pédologiques	9
I.5.1. Besoin climatique	9
I.5.1.1. Température	9
I.5.1.2. Eau et humidité	9
I.5.1.3. Lumière	9
I.5.2. Besoin pédologique	10
I.5.2.1. Type de sol	10
I.5.2.2. Ph de sol	10

Sommaire

I.5.2.3. Salinité.....	10
I.5.2.4. Température du sol.....	10
I.6. Les maladies qui touchent la tomate	10
I.7. Les principaux de la tomate	15

Chapitre II

La lutte biologique

II.1. Les maladies cryptogamiques de la tomate	17
II.1.1. La pourriture grise de la tomate (<i>Botrytis</i>).....	17
II.1.1.1. Généralité sur le <i>Botrytis</i>	17
II.1.1.2. Systématique	18
II.1.2. L'oïdium de la tomate	18
II.1.2.1. Généralité sur l'oïdium.....	18
II.1.2.2. Systématique	19
II.1.3. Le mildiou	19
II.1.3.1. La classification taxonomique de mildiou	19
II.1.3.2. Alternariose de la tomate.....	19
II.1.3.2.1. Systématique	20
II.1.4. Fusariose de la tomate	20
II.1.4.1. Systématique	20
II.2. Les ravageurs de la tomate	21
II.2.1. Tuta absoluta	21
II.2.2. Acariens	21
II.3. La lutte biologique	21
II.3.1. Historique.....	21
II.3.2. Dans le monde.....	21
II.3.2.1. L'histoire de la lutte biologique a été divisé en trois étapes	22
A. Le stade des premières tentatives.....	22
B. Stade d'action intensive	22
C. Stade moderne.....	22
II.3.3. En Algérie	23
II.4. Les différents types de lutte	23
II.4.1. La lutte mécanique	23
II.4.2. La lutte chimique.....	23
II.4.3. La lutte physique	24

Sommaire

II.4.4. La lutte intégrée.....	24
II.4.5. La lutte biologique.....	25
II.5. Objectif de la lutte biologique	25

Chapitre III

Matériel et méthodes

III.1. Présentation générale de l'étude.....	27
III.2. Zone d'étude	27
III.2.1. Localisation géographique	27
III.2.2. Relief	28
III.2.3. Hydrographie.....	28
III.2.4. Types de sol	28
III.3. Matériel utilisé	28
III.3.1. Matériel de terrain.....	28
III.3.2. Matériel végétal 1 : Tomate Poire Rouge.....	28
III.3.3. Installation de la culture	29
III.3.4. Matériel végétal 2 : La Sauge et son purin.....	30
III.4. Au laboratoire	31
III.4.1. Préparation du milieu PDA	31
III.4.2. Isolement et identification des agents pathogènes	31
III.4.2.1. Désinfection et séchage.....	31
III.4.2.2. Ensemencement des fragments	32
III.4.2.3. Purification des colonies	32
III.4.3. Identification des champignons	33
III.4.3.1. Identification macroscopiques	33
III.4.3.2. Identification microscopique.....	33
III.4.3.3. Dispositif expérimental.....	33
III.4.4. Observations	34
III.5. Analyses statistique	34

Chapitre IV

Résultats et Discussion

IV.1. Identification des agents pathogènes (champignons).....	36
IV.1.1. Phytophthora infestans (le mildiou).....	36
IV.1.1.1. Description macroscopique	36
IV.1.1.2. Description microscopique	36

Sommaire

IV.1.2. Leveillula taurica (Oïdium)	38
IV.1.2.1. Observation macroscopique	38
IV.1.2.2. Observation microscopique	38
IV.2. Etat phytosanitaire de la culture de la tomate	40
IV.3. Effet des traitements au purin de sauge sur l'incidence des deux maladies.....	41
IV.4. Effet des traitements au purin de sauge sur la sévérité des deux maladies étudiées ...	43
IV.5. Discussion des résultats	44
Conclusion Générale	46
Références bibliographiques.....	49
Annexes.....	56

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

DSA : Direction des Services Agricoles

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux

IVPW : Inspection et vétérinaire de la wilaya

L'OCDE : L'organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS : L'Organisation Mondiale de la Santé

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I: La position systématique de la tomate	5
Tableau II: Les maladies fongiques (Anonyme 1, 2023)	11
Tableau III: Les maladies virales	13
Tableau IV: Les ravageurs de la tomate	15
Tableau V: Classification de <i>Botrytis</i>	18
Tableau VI: Systématique de l'oïdium	19
Tableau VII: Systématique de mildiou	19
Tableau VIII: Systématique de l'alternariose	20
Tableau IX: Systématique de fusariose	20
Tableau X: Les différents traitements appliqués	34
Tableau XI: Évolution de l'incidence du mildiou et de l'oïdium	41
Tableau XII: Incidence des maladies cryptogamiques chez la tomate selon les différentes concentrations de purin de sauge, comparée (mars–mai 2025).	42
Tableau XIII: Analyse de la variance appliquée sur l'incidence des deux maladies	42
Tableau XIV: Incidence des maladies cryptogamiques chez la tomate selon les différentes concentrations de purin de sauge (mars–mai 2025).	43
Tableau XV: Analyse de la variance appliquée sur la sévérité des deux maladies	44

Liste des figures

Figure 1 : La tige de la plante (la tomate).....	5
Figure 2 : Les feuilles de la tomate.....	6
Figure 3 : Les fleurs de la tomate	6
Figure 4 : Le fruit de la tomate	7
Figure 5 : Les différents symptômes et maladies cryptogamique de la tomate	17
Figure 6 : Localisation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Bejaia par le logiciel Google Earth Pro.....	27
Figure 7 : Morphologie de la tomate Poire Rouge (A : verte, B : mure).	29
Figure 8 : L'intérieur de la serre	29
Figure 9 : Morphologie de la Sauge.....	30
Figure 10 : Préparation du purin de Sauge.....	31
Figure 11 : Désinfection et séchage des fragments de tomate malades.....	32
Figure 12 : Ensemencement des fragments de tomate malades	32
Figure 13 : Purification des colonies des champignons.	33
Figure 14 : Le mildiou de la tomate <i>phytophthora infestans</i> : (A) Symptômes sur une foliole ; (B et C): Aspect des colonies sur boîte de Pétri. (D et E): Mycélium et spores sous microscope optique (x40 ; x100)	37
Figure 15 : L'oïdium de la tomate <i>Leveillula taurica</i> : (A, B) : Symptômes sur folioles (C, D) : Mycélium et spores sous microscope optique (x40).....	38
Figure 16 : Ravageurs de la tomate : <i>Tuta absoluta</i> (A), araignée (B), acariens (C).....	39
Figure 17 : Taux d'infection de la tomate par les deux maladies.	40

Introduction Générale

Introduction Générale

La tomate est, après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde **(FAO STAT, 2010)**, cultivée sous toutes les latitudes pour son fruit consommé à l'état frais ou transformé **(Chaux et Foury, 1994)**.

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à cette culture, avec une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (MADR 2009). Ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie) producteurs de tomate, où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha **(FAO, 2008)**.

En Algérie, elle est le second produit maraîcher après la pomme de terre, de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires **(Baci, 1995)**. Elle répond bien aux attentes nutritionnelles de l'organisme, car le fruit est relativement pauvre en calories, mais riche en eau et en élément minéraux. Elle contient aussi une grande quantité d'éléments antioxydants, comme le lycopène et la vitamine C **(Ranc, 2010)**.,

Bien que la tomate présente des atouts nutritionnels indéniables pour les populations, sa culture est confrontée à de multiples contraintes biotiques pouvant entraîner des pertes de rendement atteignant 90% **(Coraf, 2015)**. En effet, divers agents pathogènes (champignons, virus, bactéries, nématodes) affectent différentes parties de la plante (feuilles, fruits, racines), tandis que des insectes ravageurs causent d'importants dégâts aux cultures.

Pour faire face à ces bioagresseurs, plusieurs stratégies de lutte ont été développées. Parmi celles-ci, la lutte chimique par utilisation intensive de pesticides s'est révélée la plus efficace **(Soro et al., 2019)**. Toutefois, cet usage massif engendre des conséquences préoccupantes : pollution environnementale, risques sanitaires, et apparition de résistances chez les pathogènes dus à l'emploi répété des mêmes substances actives **(Soro et al., 2018)**.

Devant ces impacts négatifs, le développement de méthodes de protection plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine devient impératif. L'utilisation de biopesticides à base d'extraits végétaux émerge ainsi comme une alternative prometteuse

Introduction Générale

pour une gestion agroécologique des bioagresseurs. C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, visant à évaluer l'efficacité d'un biopesticide à base de purin de sauge (*Salvia officinalis*) comme traitement préventif foliaire dans la protection phytosanitaire de la tomate sous serre, variété poire rouge, contre les maladies d'origine fongiques (champignons).

Notre travail s'articule autour de deux parties principales : une revue bibliographique synthétisant les connaissances sur la tomate, ses principales maladies cryptogamiques et les méthodes de lutte biologique existantes, suivie d'une partie expérimentale détaillant le protocole, les techniques employées, les résultats obtenus et leur discussion. La conclusion propose une synthèse globale, des recommandations pratiques et des perspectives de recherche, offrant ainsi une vision complète alliant théorie et expérimentation dans l'étude des alternatives biologiques pour la protection de la tomate.

Chapitre I
Généralités et maladies de
la tomate

I.1. Généralité sur la tomate

La tomate, est une espèce herbacée annuelle appartenant à la vaste famille des solanacées. Bien qu'elle soit sensible aux basses températures, elle manifeste une croissance vigoureuse dans les climats chauds.

Origine d'Amérique du sud, cette plante a été domestiquée au Mexique avant d'être introduite en Europe, transitant par l'Espagne et l'Italie pour ensuite se diffuser à travers le continent (**Grasselley et al., 2000**).

L'introduction de la tomate en Algérie est attribuée aux cultivateurs espagnols du sud, les « **Tomatteros** », qui ont perçu le potentiel des conditions climatiques locales pour sa culture. Sa consommation initiale s'est concentrée dans la région d'Oran dès 1905, avant de s'étendre progressivement vers le centre du pays, en particulier le littoral algérois (**Latigy, 1984**).

Aujourd'hui, la culture de la tomate s'étend sur environ 3 millions d'hectares à l'échelle mondiale, représentant un tiers des terres dédiées à la production légumière. Son cycle de croissance relativement court, combiné à un rendement élevé, lui confère des perspectives économiques favorables, se traduisant par une expansion continue des surfaces cultivées, et le développement d'une industrie de transformation significative (**Elouissi, 2016**).

I.2. Position systématique

Au fil du temps, les botanistes ont modifié à plusieurs reprises la dénomination scientifique du genre et de l'espèce de la tomate. En 1753, le naturaliste suédois Carl Linnaeus l'avait initialement désignée sous le nom de *Solanum lycopersicum*. Toutefois, quinze ans plus tard, ce nom a été remplacé par *Lycopersicon esculentum* par Philip Miller (Taylor, 1986). Plus récemment, les taxonomistes ont rétabli l'appellation d'origine *Solanum lycopersicum*, conformément aux travaux de Heiser et Anderson (1999). La classification scientifique actuellement adoptée, proposée par Benton en 2007, se présente comme suit :

Tableau I: La position systématique de la tomate

Règne	plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	solanales
Famille	solanaceae
Genre	solanum
Espèce	<i>Solanum lycopersicum</i>

I.3. Caractéristiques morphologique du plant de tomate

La tomate, ***Solanum lycopersicum*** L., se présente comme une plante herbacée annuelle au port puissant, appartenant à la famille des solanacées. Sa classification repose sur divers critères, incluant son aspect botanique, sa constitution génétique et son mode de croissance (Gallais et bannerot, 1982).

I.3.1. Système racinaire

Le système de la tomate est fortement ramifié et tend à être fasciculé. Son activité principale se concentre dans les 30 à 40 premiers centimètres du sol. Cependant en conditions de sol profond, il peut s'étendre jusqu'à 1 mètre de profondeur (Chaux et Foury, 1994).

I.3.2. Tige

La tige est caractérisée par une pubescence et des entre-nœuds épais. Sa texture évolue d'herbacée en début de croissance vers une consistance légèrement ligneuse avec l'âge. Les ramifications issues des bourgeons axillaires développement des feuilles à chaque nœud et culminent également par une inflorescence (Chaux et Foury, 1994) (figure 1)



BENHAMOUCHE DAGMOUN

Figure 1 : La tige de la plante (la tomate)

I.3.3. Feuilles

Les feuilles sont alternes, mesurent entre 10 et 25cm de long. Elles sont composées, de type imparipenné, et comprennent 5 à 7 folioles aux lobes profondément découpés. Le limbe présent un bord denté et les feuilles peuvent souvent adopter une forme concave ou présenter des bords enroulés vers le dessus. Leur disposition sur la tige est alterne (**Raemakers, 2001**) (fig.2).



Figure 2 : Les feuilles de la tomate

I.3.4. Les fleurs

Les fleurs de la tomate sont bisexuées, caractérisées par un pistil entouré d'un androcée constitué d'étamines. La fleur typique comprend 5 pétales, 5 à 7 étamines et un ovaire formé par la fusion de deux carpelles (**Shankara et al., 2005**) (Fig. 3)



Figure 3 : Les fleurs de la tomate

I.3.5. Le fruit

Le fruit de la tomate est une baie charnue, généralement divisée en 2 à 3 loges et contenant une abondance de graines. Il présente une grande diversité de taille, de forme et de couleur. Le pédoncule du fruit développe une zone d'abscission, permettant au fruit mûr de se détacher en conservant une partie du pédoncule ainsi que le calice. A maturité, le fruit peut être de forme ronde et régulière ou présente des côtes (Fig. 4).



BENHAMOUCHE DAGMOUN

Figure 4 : Le fruit de la tomate (Shankara et al., 2005).

I.3.6. Graine

Les fruits de la tomate renferment un nombre important de graines, varient généralement entre 80 à 500 par fruit. Ces graines, de forme réniforme ou piriforme, sont pubescentes et de couleur beige. Leurs dimensions varient de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé au sein de l'albumen (Shankara et al., 2005).

I.4. Cycle de vie de la tomate

Le cycle de développement de la tomate comprend plusieurs étapes distinctes :

I.4.1. Germination

La germination, d'après Corbineau et Core (2006), est la phase initiale où la graine germe et se développe en une jeune plante, ce processus nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80 % (Chaux et Foury, 1994).

I.4.2. Croissance

La croissance végétale se caractérise par une augmentation irréversible de la taille de la plante au fil du temps (Mazalik, 1982) ; chez la tomate, cette croissance se déroule en deux phases distinctes et dans deux environnements différents (Laumonier, 1979).

1.4.2.1. En pépinière

De la germination jusqu'au 5 feuilles, la jeune plantule, à ce stade précoce de son développement, présente une capacité photosynthétique immature et des structures racinaires initiales qui ne sont pas encore pleinement fonctionnelles, parallèlement à l'émergence de ses premières feuilles.

1.4.2.1.1. En plein champ

Dès l'apparition de feuilles pleinement photosynthétiques et de racines fonctionnelles capable d'absorber l'eau et les nutriments, la plante entre dans une phase de croissance accélérée.

1.4.2.2. Floraison

La floraison, selon Shankara et *al.* (2005), correspond au développement des ébauches florales par la transformation du méristème apical, passant d'un état végétatif à un état reproducteur. Environ un mois après le début de sa croissance, la tomate initie la formation de fleurs à partir de bourgeons floraux. Ce processus est influencé par la photopériodisme, la température et les besoins nutritionnels de la plante.

1.4.2.3. Fécondation

La fécondation se produit par pollinisation naturelle, et influencée par des facteurs tels que la température, le vent et les insectes (**Rey et Costes, 1965**).

Selon pesson et louveau (1984), des températures nocturnes inférieures à 13°C peuvent entrainer la formation de pollen majoritairement vide, tandis qu'une faible humidité peut dessécher les stigmates, entraînant ainsi le dépôt de pollen.

1.4.2.4. Fructification et nouaison

Le pistil se développe pour former le fruit. La paroi de l'ovaire s'épaissit et ovules fécondés se transforment en graines contenant les embryons. Les autres parties du pistil (style et stigmate) ainsi que les pétales et les étamines se dessèchent et tombent (**Shankara et al., 2005**).

I.5. Besoins climatiques et pédologiques

Pour une production abondante et de qualité, la tomate requiert des conditions climatiques et édaphiques bien spécifiques.

I.5.1. Besoin climatique

I.5.1.1. Température

La température est un facteur crucial pour la culture de la tomate, car la culture réagit fortement aux variations thermiques (**Lambert, 2006**). Un climat relativement frais et sec est idéal. La température optimale pour la majorité des variétés se situe entre 21°C et 24°C. Bien que la plante puisse tolérer certaines variations, des températures inférieures à 10°C ou supérieures à 38°C peuvent endommager les tissus végétaux. Un équilibre entre les températures diurnes et nocturnes semble favoriser une bonne croissance et la nouaison des fruits (**Shankara et al., 2005**).

I.5.1.2. Eau et humidité

La tomate est sensible à l'hygrométrie. Elle ne tolère pas les sols gorgés d'eau ni une humidité excessive (supérieure à 80). Une humidité ambiante relative de 60 à 65 est optimale pour la fécondation, car une humidité trop élevée peut entraver la libération du pollen. Un apport d'eau suffisant est essentiel pendant la fructification. Le manque d'eau et les périodes de sécheresse prolongées peuvent entraîner la chute des bourgeons et des fleurs, ainsi que le fendillement des fruits (**Munro et small, 1998**).

I.5.1.3. Lumière

La lumière est un facteur écologique fondamental qui influence la qualité de la photosynthèse. Sa durée, son intensité et sa qualité jouent également un rôle dans la croissance et fructification de la tomate. Bien que la tomate ne soit pas sensible au Photopériodisme, elle a de grands besoins en énergie lumineuse. La durée de l'obscurité est importante pour la régulation de la croissance et du développement de la plante.

Un faible rayonnement lumineux peut réduire le nombre de fleurs par bouquet et affecter la fécondation (**CiradetGre, 2002**).

I.5.2. Besoin pédologique

I.5.2.1. Type de sol

La tomate d'adapte à une large gamme de sols, mais elle préfère les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est considérée comme idéal (**Huat, 2008**).

I.5.2.2. Ph de sol

Selon Chaux et foury (1994), la tomate est tolérante à différentes valeurs de ph, mais un équilibre nutritionnel optimal est atteint entre 6 et 7.

I.5.2.3. Salinité

Un excès de vigueur de la plante en début de culture est généralement considéré comme retardant la précocité de la production. La gestion de la concentration en sel de la solution nutritive est une méthode utilisée pour contrôler le développement des jeunes plants (**Brun et Montaron, 1987**).

I.5.2.4. Température du sol

La température du sol est facteur initial déterminant pour le taux de levée et la vitesse de germination. Les semis nécessitent une température supérieure à 16°C. la croissance de la plante est optimale lorsque la température du sol se situe entre 13°C et 3°C (**Zuang, 1991**). Cette température influence également la croissance des racines et l'absorption de l'eau et des nutriments.

I.6. Les maladies qui touchent la tomate

La tomate est très vulnérable aux maladies et aux ravageurs. Ces derniers sont accentués par les conditions climatiques, le travail du sol et le mode de culture.

Les principales maladies sont les suivant (représenter dans les tableaux suivant) :

Tableau II: Les maladies fongiques (Anonyme 1, 2023)

Maladies fongique	Champignons aériens	
	Nom de la maladie	Nom de l'agent causal
	Pourriture noir des fruits	Alternaria alternata
	Pourriture noir des fruits	Alternaria tomato
	Alternariose	Alternaria tomatophila
	Chancre à alternaria	Alternaria alternata f.sp. lycopersici
	Moisissures saprophytes	Botrysporium spp
	Moisissures grises	Botrytis cinerea
	Corynesporiose	Corynespora cassicola
	Pieds noir, Chancre	Didymella lycopersici
	Pourriture aigre	(geotrichum candidum)- Dipodascus geotrichum
	Oïdium interne	Leveillula turica
	Cladosporiose	Passalora fulva
	Moisissures saprophytes	Penicilium sp
	Pourriture des fruits	
	Cercosporiose	Pseudocercospora fuliginea
	Oïdium externe	Pseudoidium neolycopersici
	Mildiou aérien	Phytophthora infestan
	Pourriture des fruits	Rhizopus stolonifer
	Septoriose	Septoria lycopersici
	Stemphyliose	Stemphylium spp
	Pourriture rose	Trichothecium roseum
	Champignons telluriques	
	Pourriture à athelia	Athelia rolfsii
	Anthraxnose	Colletotrichum coccodes
	Forl	Fusarium oxysporum f.sp radicis-lycopersici
	Champignons des racines	Olpidium brassicae
	Fonte des semis, pourriture	Oomycete divers

	Raciness liégeuse	Pyrenochaeta lycopersici
	Sclérotinioses	Sclerotinia spp
	Tumeur racinaires	Spongospora subterranean
	Rhizoctone brun	Thanatephorus cucumeris
	Champignons vasculaires	
	Nom commun	Nom scientifique
	Fusariose vasculaire	Fusarium f.sp lycopersici
	Verticilliose	Verticilium dahliae – verticilium albo-atrum
Bactéries et phytoplasme	Chancre bactériens	Clavibater michiganensis
	Pourriture bactériennes	Pectobarium spp
	Moelle noire	Pseudomonas corrugata
	Moucheture	Pseudomonas syringae pv. tomato
	Flétrissement bactérien	Ralstonia solanacearum
	Tumeurs bactériennes	Rhizobium radiobacter
	Gale bactérienne	Xanthomonas. spp
	Pourriture déliquescentes des fruits	Divers bactéries
	stolbur	Candidatus phytoplasma spp

Tableau III: Les maladies virales

	Nom de la maladie	Nom de l'agent causal
	concombre	(CMV)
Virus	Virus du rabougrissement marbré de l'aubergine	Eggplant mottled dwarf virus (EMDV)
	Virus du genre nepovirus	nepovirus
	Virus de la mosaïque de pépino	Pepino mosaic virus (PepMV)
	/	Phytostegia chlorotic mottle virus (PhCMoV)
	/	Parietaria mottle virus (PMoV)
	Virus X de la pomme de terre	Potato virus X (PVX)
	Virus Y de la pomme terre	Potato virus Y (PVY)
	/	Pelargonium zonate spot virus (PZSV)
	/	Tobacco mosaic virus (TMV)
	Virus de la chlorose infectieuse de la tomate	Tomato infectious chlorosis virus (TICV)
	Virus des fruits bruns et rugueux de la tomate	Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)
	Virus de la chlorose de la tomate	Tomato tomato chlorosis virus (ToCV)
	/	Tomato mottle mosaic virus (ToMMV)
	Virus de la mosaïque de la tomate	Tomato mosaic virus (ToMV)
	Virus torrado virus	Tomato trrado virus (ToTV)
	Virus de la maladie bronze de la tomate	Tomato spotted wilt virus (TSWV)
	Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)
Viroides	Nom commun	Nom scientifique
	Viroides de l'exocortis des agrumes	Citrus exocortis viroid (CEVd)
	Viroïde latent du columnéa	Columnnea latent viroid (CLVD)
	Viroid des tubercules	Potato spindle tuber

		viroid
	Fusifformes de la pomme de terre	(PSTVd)
	Viroïde du rabougrissement chlorotique de la tomate	Tomato chlorotique dwarf viroid (TYLCV)
Nématodes	Nématodes à galles	Meloidogyne spp
	Nématodes à lésion racinaire	Pratylenchus spp
Les maladies non parasitaires	Anomalies génétique du feuillage	
	Anomalies génétique des fruits	
	Argenture (silvering)	
	Asphyxie racinaire	
	Brûlures solaires des fruits	
	Cicatrice pédonculaire liégeuse sur fruits	
	Cicatrice stylaire liégeuse sur fruits	
	Collet et pivot liégeux	
	Collet vert ou jaune sur fruits	
	Désordres nutritionnels (Carences)	
	Enroulement physiologique des feuilles	
	Excès de sel	
	Fente de croissance des fruits	
	Foudre	
	Fruits à facette	
	Fruits à fermeture éclair	
	Fruits mucronnés	
	Fumagine	
	Grêle	
	Intumescences sur feuilles	
	Malformation racinaires agronomiques	
	Marbrure physiologique des fruits	
	Microfissure physiologique des fruits	
	Microfissure des fruits liées à un stress (Phytotoxicité ou accident climatique)	
	Moucheture dorées sur fruits	
	Nécrose apical sur fruits	

	Phytotoxicités diverses
	Points dorés sur fruits
	Racines aériennes sur tige
	Les taches nécrotiques foliaires indéterminées
	Trames fibreuses interne blanches sur fruits
	Variole des fruits

I.7. Les principaux de la tomate

Tableau IV: Les ravageurs de la tomate

	Nom de la maladie	Nom de l'agent causal
Insectes	Aleurodes	/
	Cochenilles	/
	Mouche des fruits	/
	Mouche mineuses	/
	Papillon de nuits	Noctuelles
	Pucerons	/
	Punaises	/
	Thrips	/
	Mineuse de la tomate	Tuta absoluta
Acariens	Acariose bronzée	Aculops lycopersici
	Tarsonème	Polyphagotarsonemus latus
Animaux	Dégâts d'oiseau sur fruits	/
	Rongeurs	/

Chapitre II
La lutte biologique

II.1. Les maladies cryptogamiques de la tomate

La culture de la tomate est fréquemment confrontée à diverses maladies cryptogamiques, qui peuvent compromettre significativement le rendement et la qualité de la production (Fig. 5) :

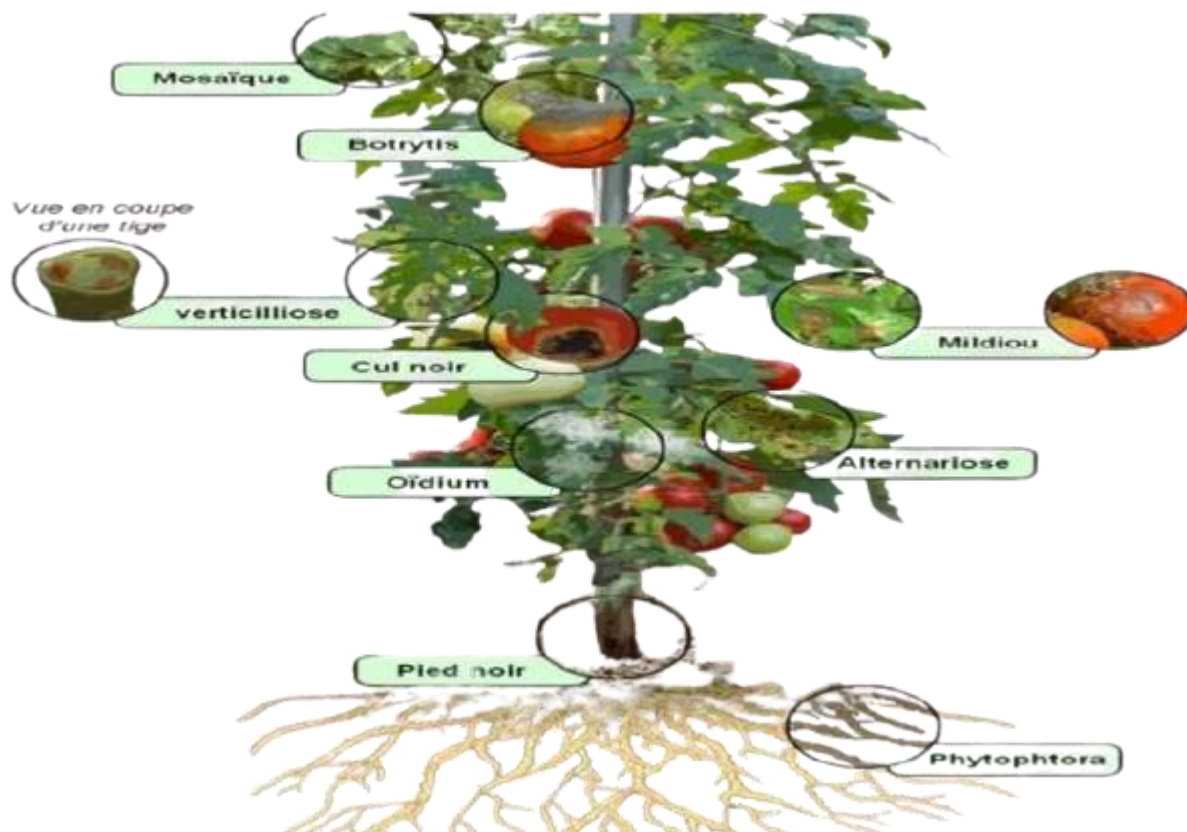


Figure 5 : Les différents symptômes et maladies cryptogamiques de la tomate

II.1.1. La pourriture grise de la tomate (*Botrytis*)

II.1.1.1. Généralité sur le *Botrytis*

Cette maladie est considérée parmi les maladies les plus redoutables en culture sous serre, elle est causée par *Botrytis Cinerea*, ce champignon peut attaquer toutes les parties de la plante, principalement les feuilles, la tige et le fruit.

La maladie manifeste, sous forme de taches beiges en anneaux concentriques, parfois forme de flamme en plus des chancres de couleurs gris beige légèrement déprimés avec un duvet grisâtre constitué des fructifications du champignon.

Sur le fruit, on observe une pourriture moelleuse avec affaiblissement des tissus qui débute généralement au niveau des sépales ou pétales desséchés. On peut aussi observer des

anneaux blanchâtres (El Akel et al., 2001). Une humidité relative de 90% et une température 17 à 23°C sont les facteurs qui favorisent cette maladie. Botrytis est un champignon de faiblesse, alors lors de l'effeuillage, ébourgeonnement ou du tuteurage. Il y a une propagation importante de l'infection (El Akel et al., 2001).

II.1.1.2. Systématique

Après les remaniements de la classification des mycètes, la classification actuelle de *Botrytis cinerea* est comme suit : (CARD, 2005).

Tableau V: Classification de *Botrytis*

Règne	Fungi
Division	Ascomycota
Classe	Leotiomycetes
Ordre	Helotiales
Famille	Sclerotiniaceae
Genre	Botrytis
Espèce	<i>Botrytis cinerea</i>

II.1.2. L'oïdium de la tomate

II.1.2.1. Généralité sur l'oïdium

L'oïdium de la tomate est une maladie relativement récente, signalée pour la première fois au Royaume-Uni en 1986 (Fletcher et al. 1988), puis rapidement propagée à l'échelle mondiale. Son identification a longtemps été incertaine, en raison de l'absence d'un stade sexuel et de descriptions divergentes concernant sa structure, notamment sur la formation des conidies, qui pouvaient apparaître isolées ou en chaînes.

La première description précise du champignon responsable semble provenir d'Australie (Cooke et Massee, 1888). En 1999, son nom a été officialisé sous l'appellation *Oidium lycopersici*, conformément au code international de nomenclature botanique (Mieslerova et Lebeda, 1999). Cependant, une certaine confusion persiste quant à sa classification basée sur ses caractéristiques morphologiques.

II.1.2.2. Systématique

Tableau VI: Systématique de l'oïdium

Règne	Fungi
Division	Ascomycota
Classe	Leotiomycetes
Ordre	Erysiphales
Famille	Erysiphaceae
Genre	Leveillula
Espèce	<i>Leveillula taurica</i>

II.1.3. Le mildiou

Le mildiou, provoqué par *phytophthora infestans*, est l'une des principales maladies affectent la culture de la tomate, en raison des importantes pertes économiques qu'il engendre. Cette maladie fongique, favorisée par des conditions climatiques humides et des températures modérées, se manifeste par des lésions foliaires brunâtres, un flétrissement rapide des parties aériennes et une pourriture des fruits, compromettant gravement la productivité des cultures.

II.1.3.1. La classification taxonomique de mildiou

Tableau VII: Systématique de mildiou

Division	Oomycota
Classe	Oomycetes
Ordre	Peronosporales
Famille	Peronosporales
Genre	Phytophthora
Espèce	<i>Phytophthora infestans</i>

II.1.3.2. Alternariose de la tomate

L'alternariose (aussi appelée brûlure alternarienne) est caractérisée par l'apparition de taches noires arrondies à la surface des feuilles, des tiges et des fruits. Ces taches sont caractérisées par une croissance en anneaux concentriques, donnant aux lésions une forme de cible. L'alternariose optimales afin d'éviter tout risque de carence. Les apports en

éléments fertilisants doivent donc Prévenir tout risque de stress au niveau de l'alimentation de la plante (Snoussi., 2010).

II.1.3.2.1. Systématique

Tableau VIII: Systématique de l'alternariose

Règne	Fungi
Espèce	<i>Alternaria solani</i> (sorauer 1896)
Division	Ascomycota
Classe	Dothideomycetes
Ordre	pleosporales
Famille	pleosporaceae
Genre	<i>Alternaria</i>

II.1.4. Fusariose de la tomate

La fusariose de la tomate est une maladie vasculaire, c'est l'une des maladies les plus dévastatrices de cette culture à travers le monde (Haas et Defago, 2005). Elle est causée par *Fusarium oxysporum* fsp. *Lycopersici* et *Fusarium oxysporum*. Fsp. *Radicis-lycopersici*, champignons tellurique dotés d'une spécificité stricte d'hôtes. Ils sont capables d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante, puis sa mort (Duval, 1991).

II.1.4.1. Systématique

Tableau IX: Systématique de fusariose

Règne	Fungi
Division	Ascomycota
Classe	Sordariomycetes
Ordre	Hypocreales
Famille	Nectriaceae
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i>

II.2. Les ravageurs de la tomate

II.2.1. *Tuta absoluta*

Est considérée comme l'un des ravageurs les plus importants de la tomate (**Bogoni et al., 2003. Pires, 2008**), elle constitue un facteur limitant du développement de la culture, puisqu'elle peut causer entre 17% et 100% de pertes de production (**Pratissoli et parra, 2000. Borgoni et al., 2003. Oliviera et al., 2007. Urbaneja et al., 2008. Guenaoui et Ghelamallah, 2008**). Les attaques se produisent sur toute la partie aérienne (feuilles, fleurs, tiges et fruits) (**Filho et al., 2000. Marchiori, 2004. Guenaoui et Ghelamallah, 2008**)

Ce ravageur s'attaque exclusivement aux solanacées (**Lietti et al., 2005**). Dans de bonnes conditions climatiques, *Tuta absoluta* pourrait s'attaquer à la culture de pomme de terre (**pereyra et Sanchez, 2006**), l'aubergine et d'autres plantes spontanées comme *solanum nigrum* L. (**Estay, 2000**).

II.2.2. Acariens

Les acariens causent un arrêt de la végétation, il y a présence de petites ponctuations jaunes sur les folioles, de nombreuses toiles soyeuses, des plages luisantes sur tiges, des folioles de couleur vert bronze, ainsi qu'un dessèchement et chute de folioles et des feuilles (**Snoussi,2010**).

II.3. La lutte biologique

II.3.1. Historique

Depuis le début de l'humanité, l'Homme a toujours été confronté à divers adversaires dont il cherchait à limiter la présence, qu'il s'agit d'autre humains ou d'organismes nuisibles. Avec l'avènement de l'agriculture, il y a environ 10 000 ans, les agriculteurs ont progressivement fait face à une diversité croissante de bio-agresseurs, dont l'impact s'est accentué avec l'intensification des pratiques agricoles.

Cette section propose un aperçu historique de la lutte biologique, mis en perspective avec l'évolution de l'utilisation des pesticides, tant à l'échelle mondiale qu'en Algérie (**Noemie, 2010**).

II.3.2. Dans le monde

La première utilisation documentée de la lutte biologique remonte à environ 304 av. J.-C., en Chine. Dans les vergers d'agrumes, les agriculteurs employaient des fourmis tisserandes

indigènes (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) pour contrôler naturellement divers ravageurs en les prédatant, assurant ainsi la protection des fruits (**Peng, 1983**). Afin de faciliter le déplacement de ces fourmis d'arbre à l'autre et renforcer leur efficacité, les cultivateurs installaient des tiges de bambou entre les arbres, améliorant ainsi la couverture du contrôle biologique (**Sforza, 2009**).

II.3.2.1. L'historique de la lutte biologique a été devisé en trois étapes

A. Le stade des premières tentatives

Son utilisation était encore empirique et non fondée sur des bases scientifiques, les agriculteurs intervenant de manière intuitive. Un exemple ancien est rapporté au Yémen, vers l'an 1200, où des cultivateurs déplaçaient des nids de fourmis depuis les collines vers les palmiers dans le but de lutter contre les ravageurs.

B. Stade d'action intensive

Ce stade débute en 1888 avec l'introduction en Californie du coléoptère prédateur *Rodolia cardinalis* (souvent mal orthographié « *Vidalia* ». ou « *Rodala cardanoli* »), originaire d'Australie, dans le but de contrôler biologiquement la cochenille australienne des agrumes (*Icerya purchasi*). Cette opération fut un succès retentissant et constitue l'un des premiers exemples historiques de lutte biologique classique, suscitant un vif intérêt dans le domaine de la protection intégrée des cultures.

C. Stade moderne

Cette phase débute en 1962 avec la publication de *Silent Spring* par Rachel Carson, qui alerte sur les effets nocifs des pesticides chimiques sur la santé humaine et l'environnement. Parallèlement, le concept de lutte biologique par l'utilisation de micro-organismes contre les ravageurs gagne en intérêt, prolongeant les travaux de Louis Pasteur sur l'emploi d'agents pathogènes à des fins sanitaires dès les années 1870 (**Pasteur, 1870**).

Dès 1958, Steinhaus souligne le potentiel de la lutte biologique, notamment grâce à *Bacillus thuringiensis*, bactérie entomopathogène active contre les larves de lépidoptères. Des observations de pathologies virales chez les vers à soie remontent au XVI^e siècle. La discipline se structure avec la création, en 1945, du premier laboratoire de pathologie des insectes à l'Université de Californie, après le succès du contrôle du scarabée japonais. En Égypte, les premières applications remontent à 1890–1892, avec l'introduction de *Rodolia cardinalis* contre la cochenille farineuse, contribuant à la fondation du ministère de l'Agriculture (1910) et d'un laboratoire de parasitologie (1927) spécialisé dans la lutte

biologique par agents exotiques (Tannai, 2017).

II.3.3. En Algérie

En Algérie, l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) promeut des alternatives à la lutte chimique en favorisant la lutte biologique et biotechnologique. Cette stratégie mobilise des agents de contrôle naturels (prédateurs, parasitoïdes, champignons entomopathogènes, bio-pesticides végétaux) pour maintenir les ravageurs en dessous des seuils de nuisibilité, tout en préservant les écosystèmes. Depuis 2010, un programme ciblant *Tuta absoluta* sur tomate a introduit le prédateur *Nesidiocoris tenuis*, produit dans cinq unités régionales. Au total, 171 lâchers ont permis l'introduction de 61 550 individus dans les zones de culture.

La lutte biologique est une composante de la gestion intégrée des ravageurs, fondée sur des principes écologiques et durables. Elle repose sur l'utilisation d'organismes vivants — prédateurs, parasitoïdes, nématodes, champignons, bactéries ou virus — pour limiter les populations nuisibles. Chez les insectes, les prédateurs et parasitoïdes jouent un rôle clé, notamment par l'induction d'une mortalité larvaire importante, comme observé chez les mineuses (Miranda et al., 1998).

II.4. Les différents types de lutte

II.4.1. La lutte mécanique

La lutte mécanique constitue une stratégie de gestion physique des bioagresseurs, ciblant principalement les mauvaises herbes et les insectes. Pour les adventices, des méthodes telles que le labour, le fauchage, le paillage, le désherbage manuel ou l'inondation sont couramment utilisées, notamment en grandes cultures. Le désherbage mécanique représente l'approche la plus répandue. En ce qui concerne les insectes, les barrières physiques sont employées pour empêcher leur accès aux cultures, avec une efficacité notable en serres, mais aussi en plein champ (Metcalf et Metcalf, 1993 ; cité dans Boiteau et Vernon, 2000).

II.4.2. La lutte chimique

La lutte chimique consiste en l'utilisation de substances chimiques de synthèse pour le contrôle des populations de moustiques, tant au stade larvaire qu'adulte. Les premières

formulations utilisées contre les ravageurs étaient relativement simples et comprenaient des composés à base d'arsenic, de soufre, de chaux, de dérivés pétroliers, de substances fluorées ainsi que d'extraits végétaux tels que la nicotine.

Ces pesticides de première génération se distinguaient par une toxicité élevée non seulement envers les organismes cibles, mais également envers les organismes non ciblés (abiotiques), en raison notamment de leur persistance dans l'environnement et de leur lente dégradation.

Par la suite, des composés de synthèse plus complexes, qualifiés de « deuxième génération », ont été développés. Ceux-ci incluent principalement les organochlorés, les organophosphorés et les carbamates, largement utilisés en lutte chimique pour leur efficacité accrue, bien qu'ils rémanence et de leur bioaccumulation (**Philogene, 1991**).

II.4.3. La lutte physique

La lutte physique regroupe l'ensemble des méthodes de lutte contre les ravageurs dont le mode d'action principal repose sur des mécanismes purement mécaniques ou physiques, sans implication de processus biologiques ou biochimiques (**Dore et al. 2006**).

Elle regroupe divers moyens d'action visant à éliminer les insectes nuisibles, notamment : les pièges attractifs, les traitements thermiques par abaissement ou élévation de la température, l'utilisation de signaux acoustiques (ondes sonores), de champs électriques, ainsi que de rayonnements lumineux, ultraviolets ou infrarouges.

II.4.4. La lutte intégrée

La lutte intégrée constitue une stratégie de protection phytosanitaire multidisciplinaire, combinant plusieurs approches complémentaires telles que la lutte biologique, les pratiques culturales adaptées et l'utilisation raisonnée et limitée des produits phytosanitaires chimiques. Cette méthode repose sur une compréhension globale de l'écosystème agricole, en tenant compte des interactions entre les différents organismes vivants.

L'objectif principal de cette stratégie est de réduire les pertes agricoles de manière économiquement viable, tout en limitant les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine. (**EPA, 2009**).

II.4.5. La lutte biologique

Plusieurs définitions de la lutte biologique ont été proposées par diverses organisations internationales telles que la FAO, l'OCDE et l'OMS. Selon les disciplines scientifiques et les domaines d'application ou régions concernées, ces définitions peuvent varier sensiblement.

Garrett définit la lutte biologique comme : « toute méthode visant à réduire la survie ou l'activité parasitaire par l'introduction d'organismes autres que l'homme, afin de contrôler les pertes causées par les parasites ». **(Corbaz, 1990)**.

Selon l'Académie nationale des sciences, au sens large, le parasitisme comprend tout processus impliquant un organisme vivant (le parasite) qui altère son hôte, incluant également les méthodes culturales susceptibles de réduire, directement ou indirectement, les dommages causés par ces parasites. » **(Corbaz, 1990)**.

En agronomie, la lutte biologique se définit comme l'utilisation d'organismes vivants – appelés agents de lutte biologique ou ennemis naturels – pour prévenir ou réduire la prolifération et la nocivité des ravageurs sur les cultures **(Resche-rigon, 2008)**.

II.5. Objectif de la lutte biologique

La lutte biologique n'a pas pour objectif l'éradication totale des espèces cibles (organismes envahissants). Elle vise plutôt à maintenir, de façon écologique et/ou économiquement viable, les populations de ravageurs en dessous d'un seuil de nuisance, tout en minimisant les interventions humaines. L'objectif principal est donc d'établir un équilibre durable entre les agents de contrôle (prédateurs, parasitoïdes, pathogènes, concurrents) et les espèces ciblées. Cette approche consiste à introduire volontairement des organismes vivants — prédateurs, parasitoïdes ou micro-organismes— afin de réduire ou de supprimer les populations nuisibles, sans chercher leur élimination complète **(Lydie, 2010)**.

Chapitre III
Matériel et méthodes

III.1. Présentation générale de l'étude

La présente étude a été menée en conditions *in situ* dans la serre agricole de M. Ameer, située dans le domaine ATHMANI à Boukhelifa (wilaya de Béjaïa), ainsi qu'au sein des laboratoires n°3 et n°9 du bloc 9 de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abderrahmane Mira de Béjaïa. Les expérimentations se sont déroulées sur trois mois, de mars à mai 2025. Ce travail vise à évaluer l'efficacité fongicide du purin de sauge (*Salvia officinalis*) contre les maladies cryptogamiques de la tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivée sous serre (variété Poire Rouge), et à identifier les agents pathogènes responsables.

III.2. Zone d'étude

III.2.1. Localisation géographique

La commune de Boukhelifa est située au sud-est de Béjaïa. Elle couvre une superficie de 11 638 hectares. Elle est délimitée (**Fig. 6**) :

- Au nord par la mer Méditerranée,
- Au sud par Kendira et Barbacha,
- A l'est par Tichy,
- A l'ouest par Tala Hamza et Amizour.

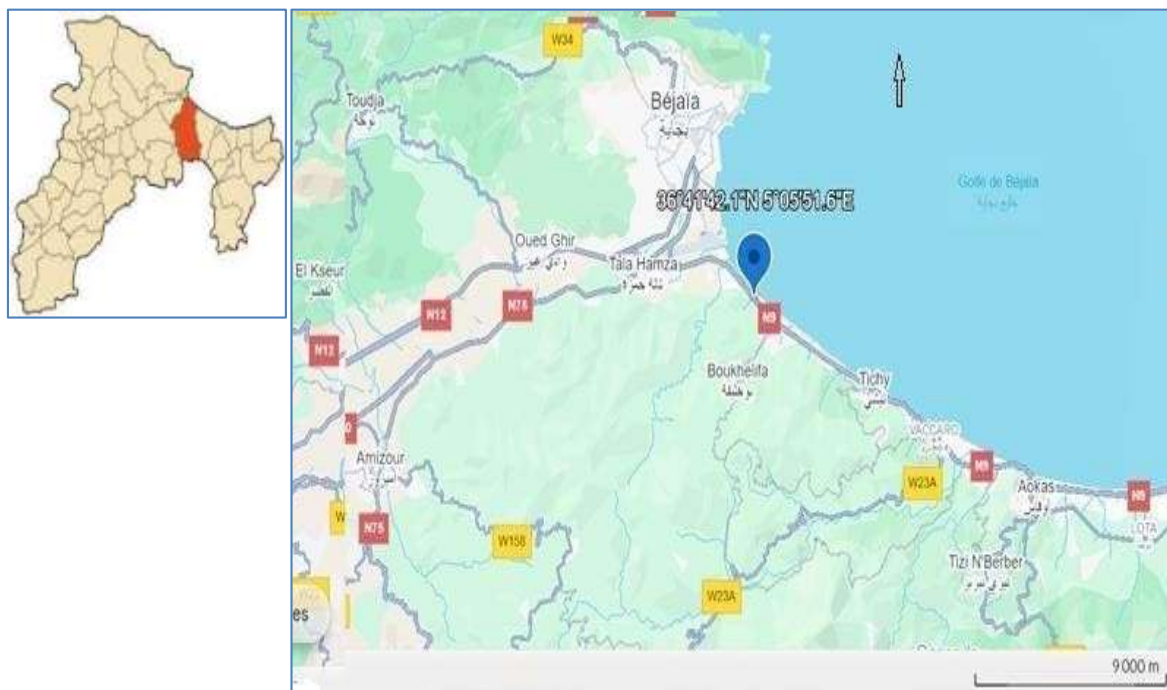


Figure 6 : Localisation géographique de la zone d'étude dans la wilaya de Béjaïa par le logiciel Google Earth Pro.

III.2.2. Relief

Selon la DSA (2024), le relief est structuré en trois unités géomorphologiques :

- Une bande côtière fertile, propice aux cultures maraîchères et arboricoles,
- Une zone montagneuse couvrant 80 % du territoire, dominée par l'agriculture rustique,
- Une zone de piémont occupant environ 10 % de la surface.

III.2.3. Hydrographie

La commune est traversée par cinq principaux oueds : Djebira, Marsa, Djoua, Acherchour et Afalou. Une retenue d'eau, Thamda (Talendjast), constitue une réserve non négligeable pour l'irrigation agricole (DSA, 2024).

III.2.4. Types de sol

Les zones montagneuses présentent des sols argileux, tandis que les plaines littorales possèdent des sols argilo-sableux fertiles, adaptés aux cultures maraîchères (DSA, 2024).

III.3. Matériel utilisé

III.3.1. Matériel de terrain

Durant notre étude sur terrain, nous étions munis d'un téléphone portable pour noter les coordonnées géographiques (longitude, latitude) à l'aide de l'application Google Maps, ainsi que pour la prise de photos de la station étudiée et des maladies et ravageurs rencontrés, un questionnaire a été établi pour connaître l'itinéraire technique de la culture (**Annexe 1**), d'un bloc note et d'un crayon pour noter toutes informations nécessaires, des sacs en papier pour récolter les échantillons malades, un pulvérisateur pour le traitement biopesticide, d'une loupe et d'un thermomètre placé au milieu de la serre pour la prise des températures.

III.3.2. Matériel végétal 1 : Tomate Poire Rouge

Notre étude porte sur la tomate « Poire Rouge », une variété ancienne à croissance indéterminée, productive et adaptée à la culture sous serre (**Polose, 2011**). C'est une variété ancienne connue en Italie dès le début du XIX^{ème} siècle, elle produit des fruits rouges en forme de poire et rassemblés en grappe à chair ferme et croquante et une saveur sucrée avec une pointe d'acidité, idéale pour apéritif, en brochette, confite ou en décoration. La récolte se fait entre 70-85 jours (**Anonyme, 2021**) (Fig. 7 A et B).

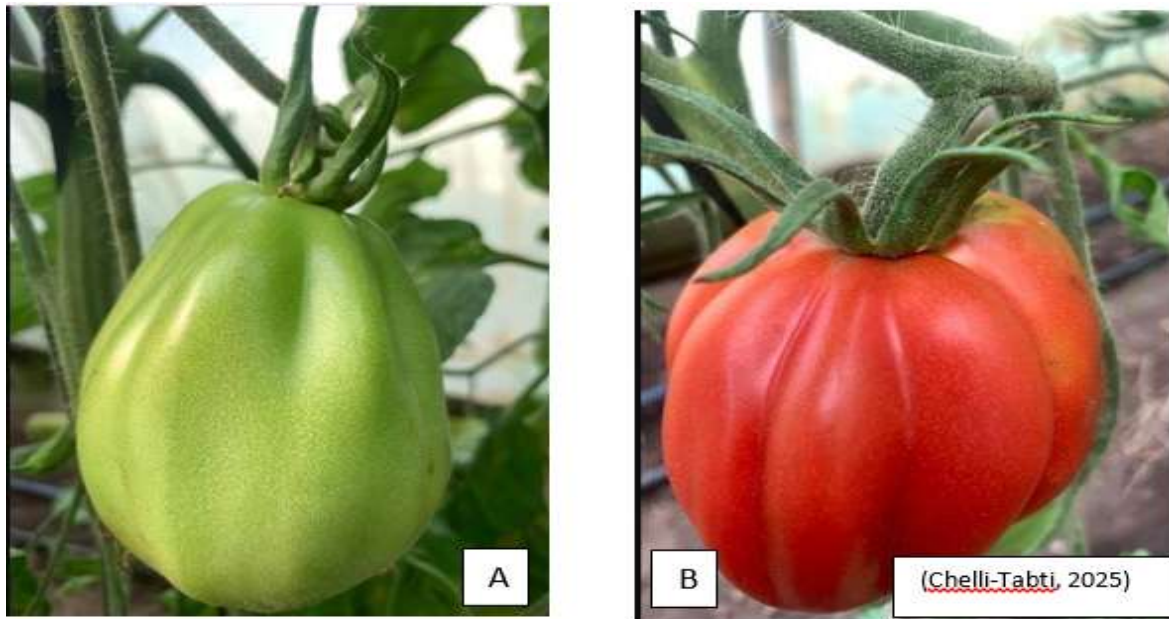


Figure 7 : Morphologie de la tomate Poire Rouge (A : verte, B : mure).

III.3.3. Installation de la culture

Toutes les opérations culturales (semis, repiquage, irrigation ont été effectuées par M. Ameer (Fig. 8) (Annexe).



Figure 8 : L'intérieur de la serre

III.3.4. Matériel végétal 2 : La Sauge et son purin

La sauge officinale (*Salvia officinalis* L.), du latin Salvare = sauver, appartenant à la famille des Lamiacées (anciennement appelée Labiées) (**Maatoug, 1990**). C'est une plante buissonnante, haute de 0.50 à 1m (**Fig. 9**), très rameuse et très aromatique ; feuilles pétiolées, lancéolées et aigues ; fleurs d'un bleu-violacés, assez grandes, pédicellées, 3 à 6 cm ; verticilles un peu lâches formant une grappe simple ; bractées ovales-acuminées, calice pubescent, bilabié. Corolle de 2 à 3cm de long, calice à tube. Les fruits sont des tétrakène. Floraison Mars -Mai (**Beloued, 2001**).



Figure 9 : Morphologie de la Sauge.

Le purin de la sauge a été préparé par Mme Djouadi selon (**Lis, 2012**).

La recette, très simple, requiert tout de même quelques points d'attention pour une bonne fermentation, et quelques jours de patience: La sauge a été récoltée à Oued Ghir la matinée pour préserver ses huiles essentielles. Les feuilles (1 kg) finement découpées (Fig. 10, A), ont été mises à macérer dans 10 litres d'eau dans un récipient couvert d'une mousseline. Le mélange a fermenté 10 jours température ambiante, à l'abri de la lumière, avec agitation quotidienne. Après filtration sur toile stérile (Fig. 10, B), le purin obtenu a servi de traitement préventif dans notre expérience.



Figure 10 : Préparation du purin de Sauge.

III.4. Au laboratoire

III.4.1. Préparation du milieu PDA

Le milieu de culture le plus communément utilisé pour les champignons est le PDA (Potato Dextrose Agar 5Aissat, 2018).

Protocole :

- 200 g de pommes de terre bouillies dans 800 ml d'eau distillée
- Ajout de 20 g de glucose + 20 g d'agar dans 200 ml d'eau
- Compléter jusqu'à 1000 ml avec l'extrait filtré
- pH ajusté, stérilisation à 120°C pendant 20 minutes
- Distribution dans des boîtes de Pétri stériles de 90 mm

III.4.2. Isolement et identification des agents pathogènes

III.4.2.1. Désinfection et séchage

Les échantillons de plantes présentant des symptômes ont été lavés à l'eau et découpés en fragments de 2 à 5 mm. et désinfectés à l'Hypochlorite de Sodium (eau de Javel) (2%) pendant 1 minute. Cette opération a pour but d'éliminer la flore saprophyte. Les fragments sont ensuite rincés trois fois à l'eau distillée, séchés sur un papier filtre stérile près du bec Bunsen (Aissat, 2008) (Fig. 11).



Figure 11 : Désinfection et séchage des fragments de tomate malades

III.4.2.2. Ensemencement des fragments

Les échantillons sont placés dans des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA à raison de 04 fragments par boîte puis scellées par du parafilm, étiquetées et mises à incuber sous une température de 25°C pendant 5 à 7 jours (**Fig. 12**).



Figure 12 : Ensemencement des fragments de tomate malades

III.4.2.3. Purification des colonies

Après une semaine d'incubation, chaque colonie de champignon a été transférée individuellement dans une nouvelle boîte contenant du PDA.



Figure 13 : Purification des colonies des champignons.

III.4.3. Identification des champignons

III.4.3.1. Identification macroscopiques

L'observation des critères macroscopiques est basée sur plusieurs aspects distinctifs à l'œil nu (et à la loupe binoculaire) : L'aspect et le relief des colonies, La couleur des colonies ainsi que de son revers, les structures de fructification (**Fares et Bouchaib, 2017**). Le contour de la colonie et la vitesse de croissance apicale sont aussi des éléments très importants d'identification. (**Ferradji et Saada, 2018**).

III.4.3.2. Identification microscopique

La technique utilisée a consisté en un étalement du mycelium entre lame et lamelle selon la méthode du ruban adhésif (scotch), suivi d'une coloration au bleu de coton.

L'observation microscopique permet de repérer le mycélium (absence ou présence de closions, couleur de ramifications), et des spores (forme, couleurs, chaines,...etc.) (**Botton et al., 1990, Chabasse et al., 2005**).

- L'oïdium s'identifie facilement, sans culture sur milieu PDA.
- Les clés d'identification utilisées sont **Barnett & Hunter (1998), Blancard (1988)**.

III.4.3.3. Dispositif expérimental

L'échantillonnage a été réalisé selon un dispositif en blocs aléatoires randomisés, comprenant cinq lignes expérimentales. Quatre de ces lignes ont été soumises quatre traitements (T1 à T4) appliqués à différentes concentrations (**Tab. X**), en pulvérisation foliaire, une fois par semaine, tandis qu'une ligne non traitée a été maintenue comme témoin (T).

Tableau X: Les différents traitements appliqués

Traitements	T1	T2	T3	T4	T
Concentrations(%)	10	15	20	25	Témoin

III.4.4. Observations

Les observations ont été notées deux fois par semaine.

L'évaluation des maladies et dégâts a consisté à l'observation des symptômes présents sur les plants de tomate et à noter l'incidence et le degré de sévérité. L'incidence a été calculée par comptage des pieds malades par types de symptôme, selon l'équation suivante:

$$\text{Incidence I} = \frac{\text{Nombre de plants malades}}{\text{Nombre total de plants}} \times 100$$

L'indice de sévérité des symptômes foliaires a été déterminé grâce à une échelle de notation allant de 0 à 5 (**Vakalounakis et Fragkiadakis, 1999**) avec :

- 0 : plant sain
- 1 : quelques feuilles atteintes
- 2 : moitié des feuilles atteintes
- 3 : plus de la moitié atteintes
- 4 : plante entière atteinte
- 5 : plante morte

III.5. Analyses statistique

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur afin de déterminer l'existence de différences significatives entre les traitements. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Excel, avec un seuil de signification fixé à 5 % ($p < 0,05$).

Chapitre IV
Résultats et Discussion

Ce chapitre met en évidence les résultats globaux de l'identification de la flore fongique isolée de la tomate ainsi que ceux du potentiel préventif du purin de sauge sur les maladies cryptogamiques de la tomate.

IV.1. Identification des agents pathogènes (champignons)

Les observations sur le terrain et les résultats des isolements ont abouti à l'identification de deux champignons responsables de mycoses aériennes sur les différents organes de la tomate.

IV.1.1. *Phytophthora infestans* (le mildiou)

IV.1.1.1. Description macroscopique

L'ensemble des parties aériennes de la plante présente des symptômes visibles. Le pathogène a été isolé des feuilles infectées. Ces dernières présentent des taches se développant à partir de l'extrémité ou des marges des folioles. Sur la face supérieure, les lésions apparaissent sous forme de grandes plages huileuses, souvent desséchées en leur centre, tandis que la face inférieure révèle un duvet blanchâtre caractéristique (**Fig. 14 A**). L'attaque peut aller jusqu'au dépérissement total de plante (**Fig. 14 B**).

Sur la boîte de Pétri, les colonies sont blanches avec une texture duveteuse et cotonneuse (**Fig. 14 C, D**).

IV.1.1.2. Description microscopique

On observe un mycélium non cloisonné, les conidiospores sont isolées ou bien très ramifiées sous forme de bouquet. Les conidies sont terminales et présentent une papille caractéristique (**Fig. 14 E, F**).

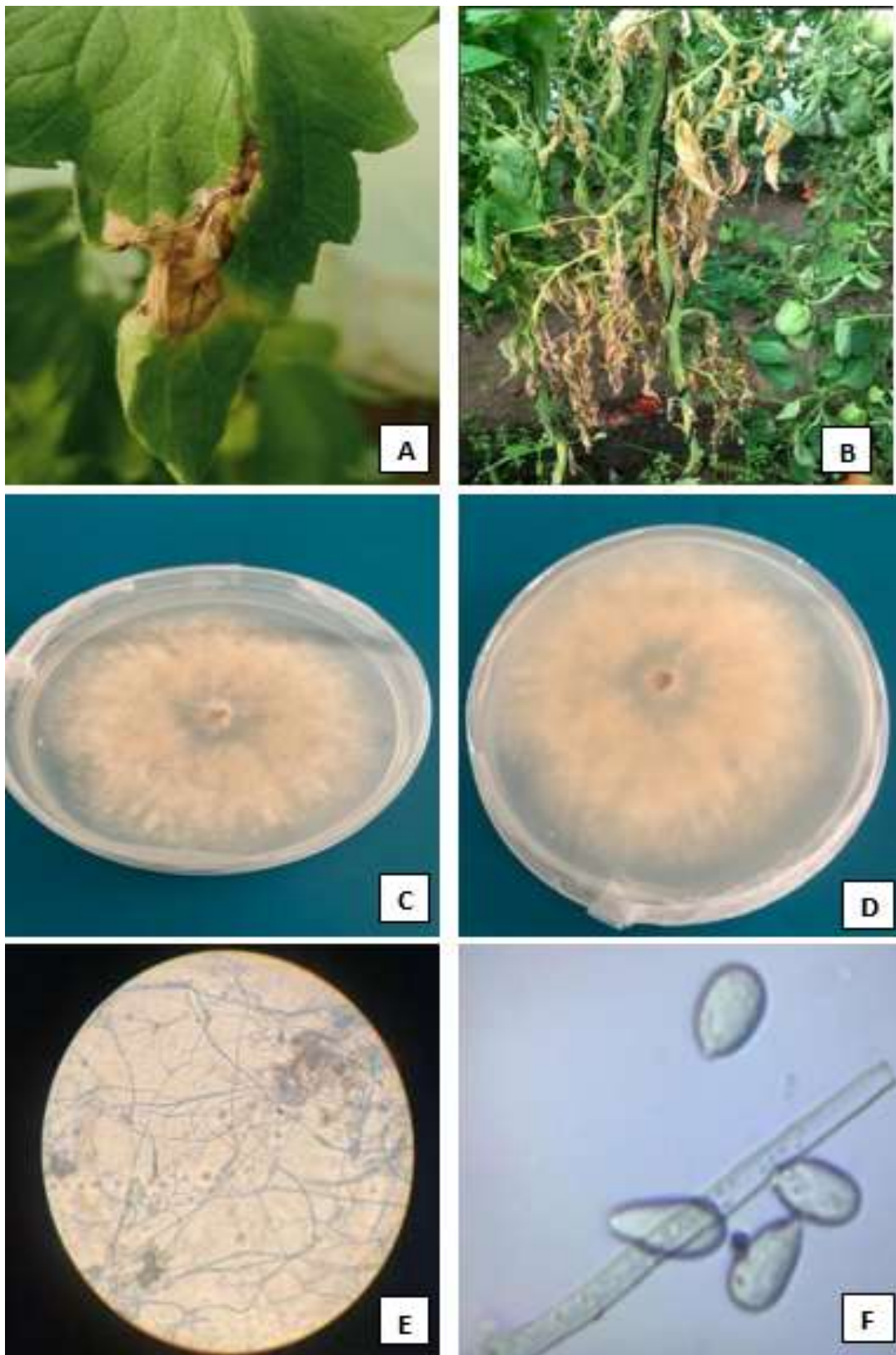


Figure 14 : Le mildiou de la tomate *phytophthora infestans* : (A) Symptômes sur une foliole ; (C et D): Aspect des colonies sur boîte de Pétri. (E et F): Mycélium et spores sous microscope optique (x40 ; x100)

IV.1.2. *Leveillula taurica* (Oïdium)

IV.1.2.1. Observation macroscopique

Les premières attaques se caractérisent par l'apparition de taches blanches, poudreuses et arrondies sur la face inférieure des feuilles. Ces colonies correspondent à des taches jaunes sur la face supérieure qui s'agrandissent pour aboutir au jaunissement puis au dessèchement de la feuille (**Fig. 15 A, B**).

IV.1.2.2. Observation microscopique

L'observation directe par la méthode du scotch met en évidence des conidies allongées. Les conidies se présentent en courte chaîne, la première formée est plus ou moins lancéolée. La seconde est plus ou moins ellipsoïdale à cylindrique (**Fig. 15 C, D**).

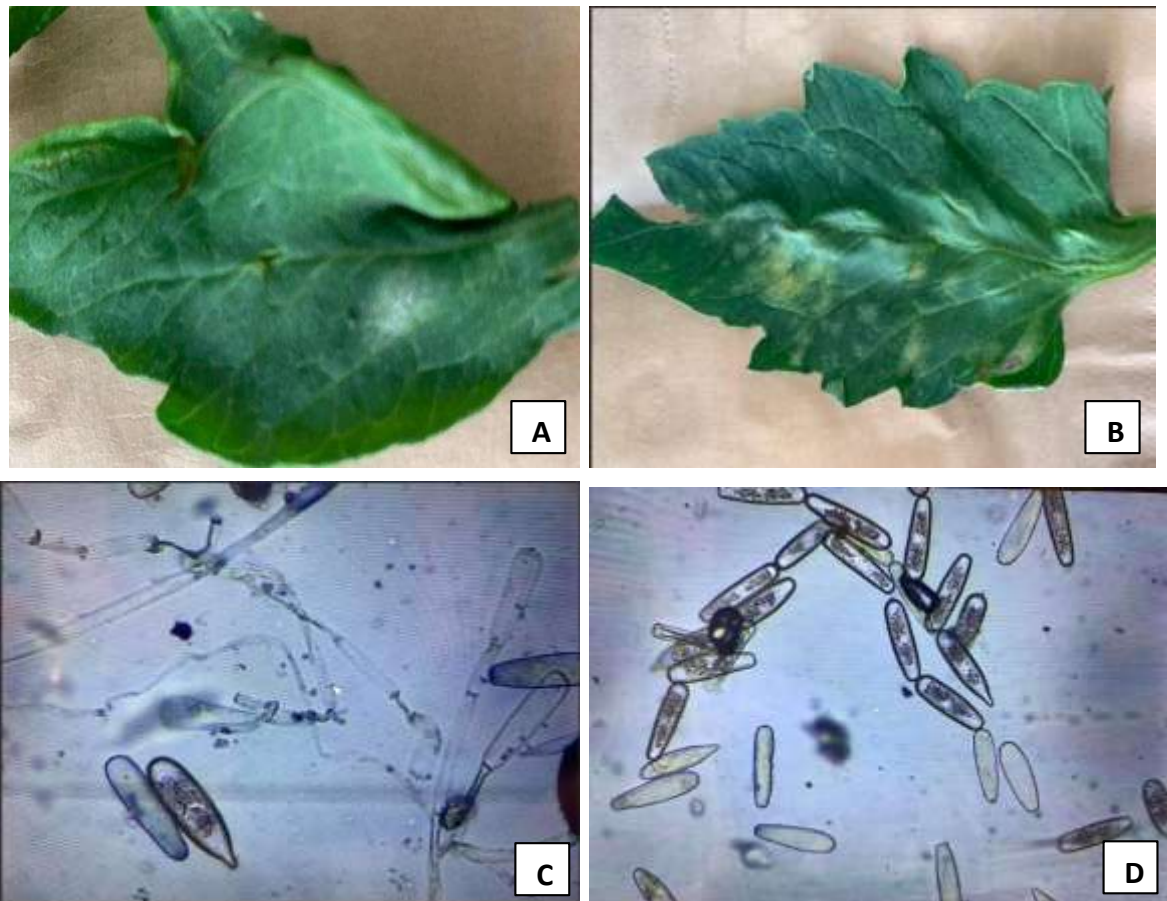


Figure 15 : L'oïdium de la tomate *Leveillula taurica* : (A, B) : Symptômes sur folioles (C, D) : Mycélium et spores sous microscope optique (x40)

Lors de notre travail sur le terrain nous avons également la présence de quelques ravageurs qui attaquent la tomate, on cite : La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) (Fig. 16 A), des araignées (Fig. 16 B) et des pucerons (Fig. 16 C).

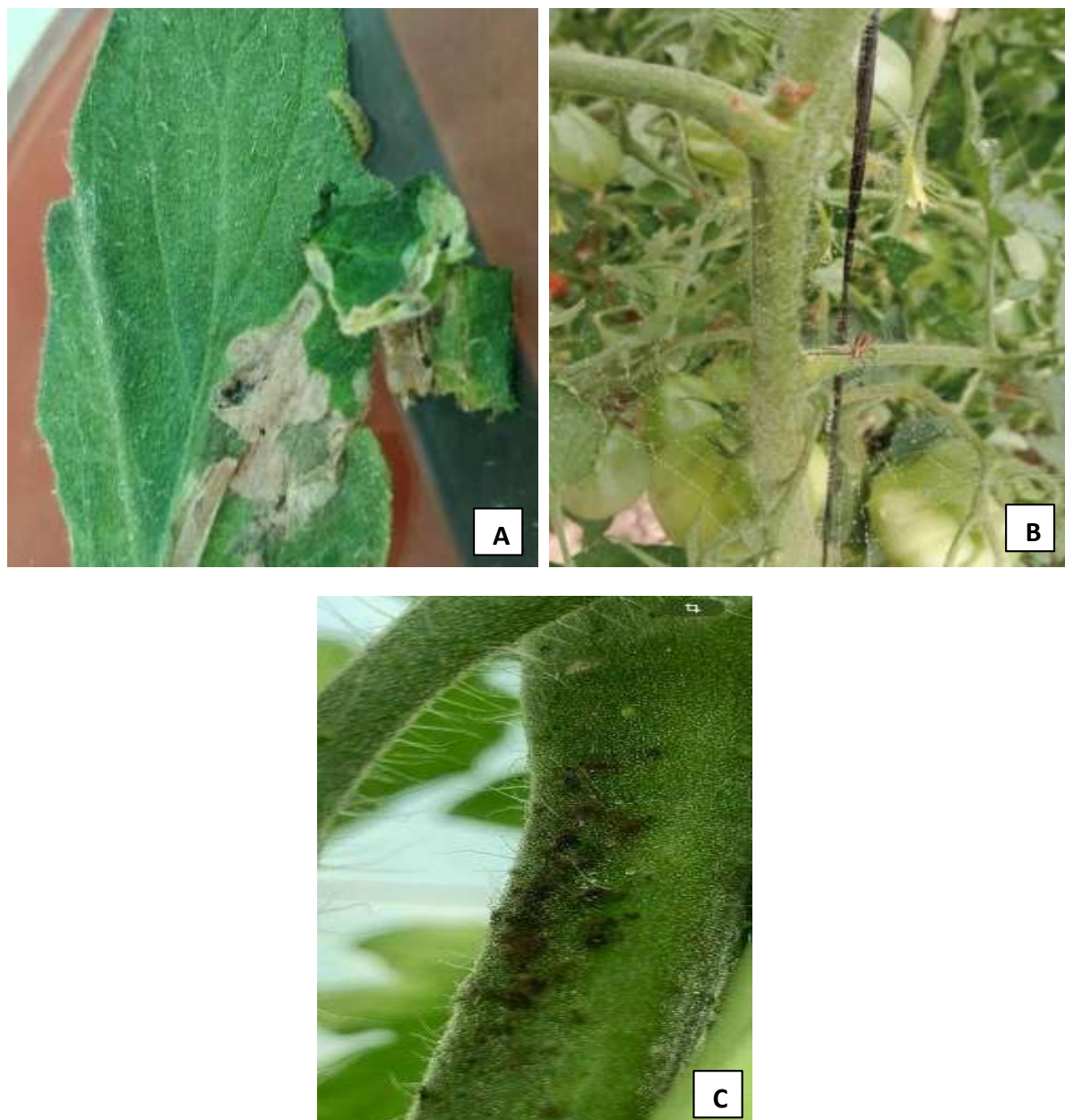


Figure 16 : Ravageurs de la tomate : *Tuta absoluta* (A), araignée (B), puceron(C).

IV.2. Etat phytosanitaire de la culture de la tomate

Au cours de la période d'étude allant du 06 mars au 28 mai 2025, le nombre de plants infectés a significativement augmenté pour atteindre un total de 154 individus, soit un taux d'infection de 46 % parmi les 336 plants observés pour les deux maladies infectant cette culture (Fig. 17).

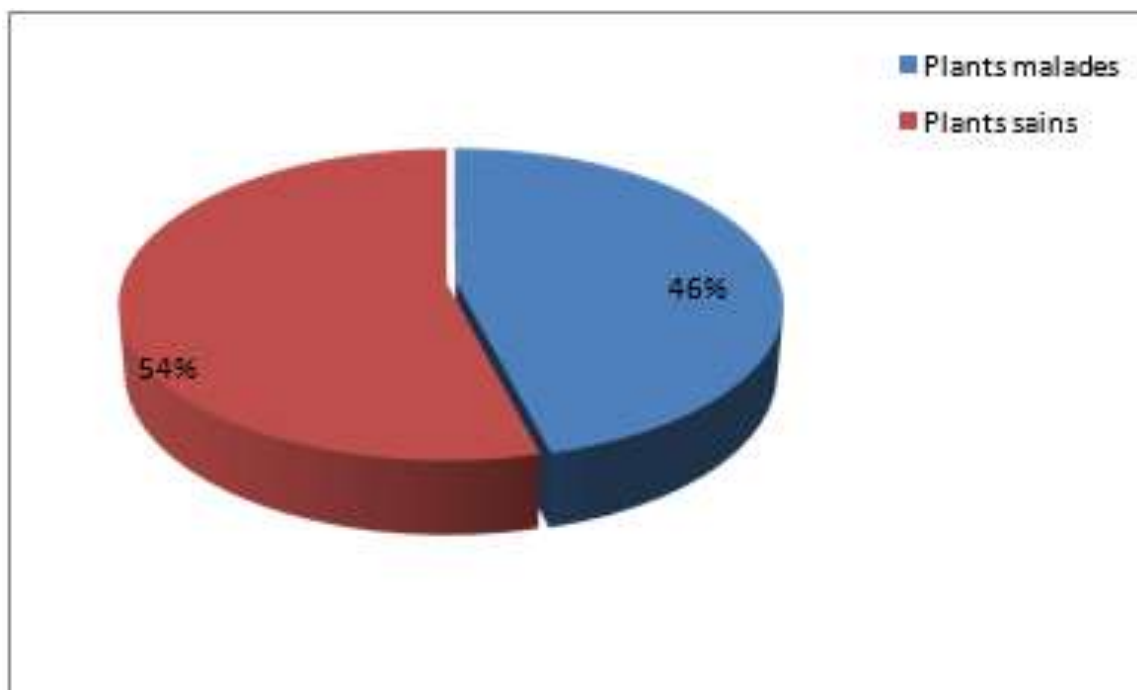


Figure 17 : Taux d'infection de la tomate par les deux maladies.

Le tableau XI illustre l'évolution de l'incidence du mildiou et de l'oïdium du 6 mars au le 28 mai 2025. Durant la première phase (du 6 au 20 mars), aucune manifestation pathologique n'est observée. À partir du 8 avril, l'oïdium se manifeste de façon précoce avec une incidence de 2,38 %, contre 0 % pour le mildiou. Ce dernier n'apparaît qu'à partir du 10 avril avec 0,29 %, indiquant une latence plus longue. La dynamique épidémique montre ensuite une progression continue des deux maladies, avec une prédominance de l'oïdium. A partir du 6 mai, les deux maladies évoluent de manière parallèle, mais l'oïdium conserve une incidence toujours plus élevée, atteignant 15,47 % à la fin du suivi, contre 12,79% pour le mildiou.

En moyenne, l'oïdium présente une incidence plus élevée (5,61 %) que le mildiou (4,23 %), ce qui suggère que *Leveillula taurica* bénéficie de conditions plus favorables à son développement sous serre.

Tableau XI: Évolution de l'incidence du mildiou et de l'oïdium

Date	Mildiou (%)	Oïdium (%)
06/03/2025	0	0
11/03/2025	0	0
13/03/2025	0	0
18/03/2025	0	0
20/03/2025	0	0
08/04/2025	0	2,38
10/04/2025	0,29	0,59
24/04/2025	0,89	0,01
29/04/2025	2,08	2,97
06/05/2025	3,86	5,06
13/05/2025	6,84	8,33
20/05/2025	7,14	10,11
28/05/2025	12,79	15,47
Moyenne	4,23	5,61

IV.3. Effet des traitements au purin de sauge sur l'incidence des deux maladies

Le suivi de l'incidence des deux maladies (**Tab. XII**), révèle une évolution progressive de l'infection influencée par les différents traitements au purin de sauge.

Aucun symptôme n'est noté avant le 8 avril. À cette date, les premières incidences apparaissent principalement dans les traitements T1 (10 %), T2 (15 %) et T4 (25 %), tandis que T3 (20 %) et le témoin restent indemnes. La maladie progresse ensuite dans tous les traitements, avec des pics d'incidence atteignant 47,91 % pour T1 et 50 % pour T3.

L'analyse des moyennes montre que T4 (25 %) présente la plus faible incidence moyenne (6,40 %), suivi de T2 (15 %) avec 8,01 %, et T3 (20 %) avec 8,65 %, alors que le témoin non traité affiche une moyenne de 7,85 %. Le traitement T1 (10 %), en revanche, enregistre la moyenne la plus élevée (12,23 %), traduisant une efficacité préventive faible. Bien que certains traitements aient permis de retarder l'apparition des symptômes ou de limiter leur progression, les écarts avec le témoin restent modérés, suggérant une efficacité

partielle du purin de sauge aux concentrations testées.

Tableau XII: Incidence des maladies cryptogamiques chez la tomate selon les différentes concentrations de purin de sauge, comparée (mars–mai 2025).

Date	T1	T2	T3	T4	T
06/03/2025	0	0	0	0	0
11/03/2025	0	0	0	0	0
13/03/2025	0	0	0	0	0
18/03/2025	0	0	0	0	0
20/03/2025	0	0	0	0	0
08/04/2025	4,16	6,25	0	2,08	0
10/04/2025	6,25	2,08	0	0	0
24/04/2025	4,16	6,25	0	2,08	4,16
29/04/2025	14,58	6,25	0	10,41	4,16
06/05/2025	27,88	10,41	4,16	10,41	10,41
13/05/2025	20,83	18,75	33,33	14,58	18,75
20/05/2025	33,33	29,16	25	10,41	22,91
28/05/2025	47,91	25	50	33,33	41,66
Moyenne	12,23	8,01	8,65	6,40	7,85

L'analyse de la variance (ANOVA) (**Tab. XIII**) n'a révélé aucune différence significative entre les traitements ($F = 0,35$; $p = 0,84$). Ces résultats suggèrent que les différentes concentrations de purin de sauge testées n'ont pas eu d'effet significatif sur l'incidence des deux maladies.

Tableau XIII: Analyse de la variance appliquée sur l'incidence des deux maladies

Source des variations	SC	ddl	MC	F	p-value
Entre groupes	246,36	4	61,59	0,35	0,84
À l'intérieur des groupes	10536,04	60	175,60		
Total	10782,40	64			

IV.4. Effet des traitements au purin de sauge sur la sévérité des deux maladies étudiées

L'analyse du **Tableau XIV** montre des différences modérées entre les traitements au purin de sauge et le témoin.

Aucun symptôme n'est enregistré avant le 8 avril. Par la suite, la sévérité augmente de manière progressive dans l'ensemble des traitements, avec des niveaux plus marqués pour le traitement T1 (10 %), qui atteint un score final de 4 et présente la moyenne la plus élevée (1,53). Le traitement T2 (15 %) se distingue par une stabilité de la sévérité à 2 à partir de fin avril, ce qui se reflète dans la moyenne la plus faible (1,00), traduisant une meilleure régulation de la maladie. Les traitements T3 (20 %) et T4 (25 %) montrent des progressions modérées, avec des moyennes de 1,15 et 1,23 respectivement. Le témoin atteint un score final de 3 avec une moyenne de 1,30.

Ces résultats suggèrent que le purin de sauge appliqué à 15 % est le plus efficace pour limiter la sévérité de la maladie sur la durée, bien que les écarts globaux entre les traitements et le témoin demeurent relativement faibles.

Tableau XIV: Incidence des maladies cryptogamiques chez la tomate selon les différentes concentrations de purin de sauge (mars–mai 2025).

Date	T1	T2	T3	T4	T
06/03/2025	0	0	0	0	0
11/03/2025	0	0	0	0	0
13/03/2025	0	0	0	0	0
18/03/2025	0	0	0	0	0
20/03/2025	0	0	0	0	0
08/04/2025	1	1	0	1	0
10/04/2025	1	1	0	0	0
24/04/2025	1	1	0	1	2
29/04/2025	2	2	0	2	3
06/05/2025	3	2	2	3	3
13/05/2025	4	2	4	3	3
20/05/2025	4	2	4	3	3
28/05/2025	4	2	5	3	3
Moyenne	1,53	1	1,15	1,23	1,30

L'analyse de la variance (ANOVA) (**Tab. XV**) ($F = 0,22$; $p = 0,92$) n'indiquent aucune différence significative entre les traitements. Ces résultats suggèrent que les différentes concentrations de purin de sauge testées n'ont pas eu d'effet significatif sur la sévérité des deux maladies.

Tableau XV: Analyse de la variance appliquée sur la sévérité des deux maladies

Source des variations	SC	ddl	MC	F	p-value
Entre groupes	2,06	4	0,51	0,22	0,92
À l'intérieur des groupes	136	60	2,26		
Total	138,06	64			

IV.5. Discussion des résultats

Nous avons identifié deux maladies cryptogamiques aériennes affectant la tomate sous serre le mildiou et l'oidium, nos résultats sont proche de ceux rapportés par Aissat (2008) et ceux de Oukala (2014), lors de leur étude dans la même région. Comparativement à la situation au niveau méditerranéen, Hanafi et Papasolomontos (1999) ont rapporté que les mycoses aériennes sont très fréquentes dans ces régions et la plupart des agents en cause sont : *Botrytis* sp., *Phytophthora* sp., *Alternaria* sp., *Sclerotinia* sp., *Leveillula* sp. et *Erysiphe* sp.

Les résultats de notre étude indiquent que l'efficacité du purin de sauge (*Salvia officinalis* L.) contre les maladies cryptogamiques de la tomate varie en fonction de la concentration appliquée. Bien que des différences visuelles aient été observées entre les traitements, les analyses statistiques n'ont révélé aucun effet significatif sur les deux pathologies étudiées.

Cependant, la concentration de 15 % semble offrir une certaine stabilité et un effet partiellement inhibiteur, suggérant un potentiel préventif modéré. L'absence de significativité statistique souligne néanmoins la nécessité de renforcer le protocole expérimental, en augmentant le nombre de répétitions, en ajustant la fréquence d'application, ou en combinant ce bioproduit avec d'autres méthodes de lutte culturale ou biologique. L'augmentation relative des taux d'attaques est probablement liée aux conditions microclimatiques favorables pour le développement de ces deux pathogènes ou seraient à

l'effet d'orientation de la serre (ambiance maritime).

Nos résultats concordent en partie avec ceux rapportés dans la littérature concernant l'efficacité variable des extraits végétaux. Plusieurs travaux ont montré que les purins de plantes comme l'ortie, la prêle, ou la consoude exercent une activité fongistatique dépendante de la concentration, du mode d'extraction et du pathogène ciblé.

Rey et al. (2018) pour le purin d'ortie, et **Delaunois et al. (2020)** pour celui de prêle, ont observé une atténuation des symptômes fongiques à certaines concentrations, sans toutefois égaler les fongicides de synthèse. **Pautot et al. (2021)** ont également mis en évidence qu'une concentration optimale de 15 à 20 % était nécessaire pour obtenir un effet inhibiteur significatif avec le purin de rhubarbe. En revanche, d'autres auteurs comme **Dubois et al. (2019)** attribuent l'absence d'effet significatif à des facteurs environnementaux, à la variabilité des souches fongiques ou à la dégradation des composés actifs.

Par ailleurs, certaines études ont obtenu des résultats plus probants en intégrant les purins dans une stratégie de lutte combinée, notamment avec des microorganismes antagonistes ou des pratiques culturales préventives, ce qui pourrait expliquer les divergences avec nos observations basées sur une application unique.

L'efficacité partielle du purin de sauge contre les maladies cryptogamiques pourrait s'expliquer par sa composition biochimique. *Salvia officinalis* renferme plusieurs groupes de molécules aux propriétés antifongiques (**Wichtl & Anton, 2003**), notamment les terpènes (thuyone, camphre, cinéole) contenus dans les huiles essentielles, l'acide rosmarinique et les diterpènes (carnosol, rosmanol), ainsi que des flavonoïdes et des tanins. Ces composés peuvent agir directement sur les agents pathogènes ou stimuler les défenses de la plante hôte. Toutefois, leur concentration dans le purin aqueux, généralement inférieure à celle obtenue par d'autres méthodes d'extraction (ex. : hydrodistillation), ainsi que leur sensibilité à l'oxydation, pourraient limiter leur efficacité en conditions de terrain (**Onawunmi et al., 1984**).

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les maladies de la tomate causent des pertes quantitatives et qualitatives à travers les zones de culture. En Algérie, le spectre d'apparition et de développement des pathologies prend de l'ampleur d'année en année, notamment sur le littoral.

Notre étude a été réalisée sur la culture de tomate sous serre dans la wilaya de Bejaia. Nos prospections sur terrain et analyse au laboratoire, nous ont permis d'identifier la présence de deux pathologies provoquées par *Phytophthora infestans* (mildiou) et *Leveillula taurica* (oidium).

L'évaluation de l'efficacité du purin de sauge (*Salvia officinalis*) comme alternative de traitement phytosanitaire sur la culture de la tomate a permis de mieux cerner son impact sur ces maladies principales. Les résultats obtenus montrent que l'efficacité du purin varie selon la concentration appliquée. Bien que certaines différences visuelles aient été constatées entre les traitements, notamment une légère réduction de la sévérité des symptômes sur certaines feuilles, les analyses statistiques n'ont pas permis de démontrer un effet significatif du purin de sauge sur la maîtrise des maladies étudiées.

Ces résultats suggèrent que, dans les conditions expérimentales de cette étude, le purin de sauge n'offre pas une efficacité suffisante pour être utilisé seul comme agent de lutte. Cependant, son utilisation pourrait être envisagée comme un élément complémentaire dans une stratégie de protection intégrée, notamment en combinaison avec d'autres extraits végétaux ou des pratiques culturales appropriées.

Le purin de sauge représente une piste intéressante pour la recherche de solutions alternatives et écologiques aux produits phytosanitaires de synthèse, mais des études plus approfondies sont nécessaires afin de déterminer les formulations, concentrations et modes d'application les plus efficaces.

A la lumière des résultats obtenus, plusieurs pistes peuvent être envisagées pour approfondir l'étude de l'efficacité du purin de sauge et optimiser son utilisation :

- Il serait pertinent de tester des doses plus variées et des intervalles d'application différents pour déterminer un seuil d'efficacité optimal.
- L'intégration d'autres plantes aux propriétés antifongiques reconnues (comme l'ortie, la prêle ou l'ail) pourrait permettre des effets synergiques plus marqués.

Conclusion Générale

- Une étude approfondie des composés actifs présents dans les extraits de sauge utilisés permettrait de mieux comprendre leur mode d'action et leur stabilité dans le temps.
- La répétition des essais en plein champ, sous serre et dans différents contextes agro-écologiques permettrait de valider l'efficacité des résultats.
- L'intégration du purin dans une démarche de lutte intégrée (rotation des cultures, utilisation de variétés résistantes, apport de compost, etc.) pourrait améliorer son efficacité globale.
- La sensibilisation des agriculteurs sur l'efficacité des pratiques culturales a minimisées les problèmes phytosanitaires.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Aissat, A.** (2008). Leadership styles in educational institutions. *Journal of Educational Management*, 22(3), 145–159.
2. **Anonyme 1.** (2023). *Les maladies fongiques*. <https://www.exemple.com/les-maladies-fongiques>
3. **Beloued, A.** (2001). *Plantes médicinales d'Algérie*. Alger : Office des publications universitaires.
4. **Ben Maatoug, A.** (1990). *Les taux de rendement interne de l'éducation*. Paris : l'auteur.
5. **Boiteau, G., & Vernon, R. S.** (2000). Insect pest management in the Pacific Northwest. Agriculture and Agri-Food Canada.
6. **Bogoni, S., Botton, M., & Garcia, M. S.** (2003). Ocorrência e danos de *Tuta absoluta* em tomateiros no Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(1), 113–118.
7. **Brun, P., & Montarone, L.** (1987). Effets de la salinité sur la croissance et le rendement de la tomate. Montpellier : Presses Agronomiques.
8. **Chabasse, D., Raccurt, C. P., & Niel, G.** (2005). Emerging parasitic diseases in tropical regions. *Annals of Tropical Parasitology*, 29(4), 311–318.
9. **Chaux, C., & Foury, C.** (1994). Morphologie du système racinaire de *Solanum lycopersicum* L. : ramifications et profondeur d'enracinement. Dans *Caractéristiques morphologiques de la tomate* (pp. xx–xx). [Source éducative non précisée].
10. **Chaux, J., & Foury, J.** (1994). Nutrition et pH du sol pour la culture de la tomate. Paris : Éditions Agronomiques.
11. **Carson, R.** (1962). *Silent Spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
12. **Card, A.** (2005). Classification et taxonomie des mycètes. Paris : Éditions Mycologiques.
13. **Ciradet-Gre, L.** (2002). Effets de la lumière sur la croissance et la fructification de la tomate. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
14. **Cooke, M. C., & Massee, G.** (1888). *Fungi australiensis: A preliminary description of Australian fungi*. London: British Mycological Society.

Références bibliographiques

15. **Corbineau, F., & Côme, D.** (2006). La germination chez la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) : stade initial de développement nécessitant environ 20 °C et 70– 80 % d'humidité [Chapitre]. Dans Cycle de vie et exigences physiologiques de la tomate (pp. xx–xx). Paris : Éditions Agronomie.
16. **Corbaz, R.** (1990). La protection intégrée des cultures : Une alternative à la lutte chimique. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
17. **Doré, T., Le Bail, M., & Roger-Estrade, J.** (2006). Agronomie : Analyse et compréhension des systèmes de culture. Éditions Lavoisier.
18. **European Union Agency for Criminal Justice Cooperation.** (2024). Digital Services Act. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2812/802073>
19. **Elouissi, M.** 2016). Expansion mondiale de la culture de la tomate : superficies, rendement et perspectives économiques. *Revue Internationale de la Production Légumière*, 28(1), 45–57.
20. **Estay, P.** (2000). Plagas de los cultivos agrícolas. Santiago, Chili : Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
21. **El Akel, M., Dupont, J., & Lefèvre, P.** (2001). Étude de la pathologie de *Botrytis cinerea* sur la tomate en culture sous serre. Montpellier : Presses Agronomiques.
22. **EPA.** (2009). *Integrated science assessment for particulate matter (EPA/600/R-08/139F)*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter>
23. **Fares, M., & Bouchaib, A.** (2017, Month Day). *Title of the web page in italics*. Website Name. <https://www.example.com>
24. **Filho, J. S., Bueno, V. H. P., & Lenteren, J. C. V.** (2000). Infestação de Tuta absoluta em cultivos de tomate sob diferentes manejos. *Revista Brasileira de Entomologia*, 44(3), 354–359.
25. **Fletcher, J. T., Gilligan, C. A., & Northover, J.** (1988). First record of powdery mildew (*Oidium lycopersici*) on tomato in the United Kingdom. *Plant Pathology*, 37(3), 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1988.tb02096.x>

Références bibliographiques

- 26. Gallais, A., & Bannerot, H.** (1982). Critères botaniques, génétiques et physiologiques de la classification de *Solanum lycopersicum* L. Dans *Amélioration des espèces végétales cultivées : Objectifs et critères de sélection* (pp. 123–140). Paris
- 27. Grasselley, R., López, A., & Martínez, J.** (2000). Origine et diffusion de la plante domestiquée en Amérique du Sud et sa propagation en Europe [Titre à vérifier]. *Revue d'Histoire des Plantes*, 12(2), 145–158.
- 28. Guenaoui, Y., & Ghelamallah, A.** (2008). Impact de *Tuta absoluta* sur la culture de tomate en Algérie. *Revue d'Entomologie Agricole*, 12(2), 44–49.
- 29. Huat, B. K.** (2008). Caractéristiques du sol et leur influence sur la culture de la tomate. Kuala Lumpur : Université de Malaisie Press.
- 30. Laumonnier, R.** (1979). Cultures légumières et maraîchères (3^e éd.). Paris : J.-B. Baillière.
- 31. Laumonier, R.** (1979). Croissance et développement de la tomate. Paris : Éditions INRA.
- 32. Latigui, A.** (1984). Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivée en hiver sous serre non chauffée (Thèse de magister). Institut National Agronomique, El- Harrach, Algérie
- 33. Lietti, M. M. M., Botto, E., & Alzogaray, R. A.** (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick). *Crop Protection*, 24(7), 703– 712. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.12.002>
- 34. Lydie, B.** (2010). La lutte biologique : Vers une gestion durable des bioagresseurs. Éditions Educagri.
- 35. Marchiori, C. H.** (2004). Ocorrência de *Tuta absoluta* em tomateiro na região Centro-Oeste do Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 71(4), 521–524.
- 36. Mazalik, J.** (1982). Physiologie de la croissance des plantes. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
- 37. Metcalf, R. L., & Metcalf, R. A.** (1993). Destructive and useful insects: Their habits and control (5th ed.). McGraw-Hill.

Références bibliographiques

38. **Munroe, J. A., & Small, R. L.** (1997). Systematic classification of *Solanum lycopersicum* (tomato): A taxonomic revision. *Journal of Plant Systematics*, 12(4), 321–336.
39. **Mieslerová, B., & Lebeda, A.** (1999). Taxonomic revision and naming of powdery mildew on tomato: *Oidium lycopersici*. *Mycotaxon*, 71, 23–32.
40. **Miranda, M. M., Costa, V. A., Moraes, J. C., & Carvalho, G. A.** (1998). Biological control of leafminer *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) in vegetable crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(10), 1441–1446.
41. **Munro, J., & Small, R.** (1998). Gestion de l'eau et conditions d'humidité pour la
42. **Noemie, D.** (2010). Histoire de la lutte biologique et évolution de l'usage des pesticides. Paris : Éditions Agricoles Modernes.
43. **Oliveira, F. A., Barbosa, F. R., & Ribeiro, G. T.** (2007). Níveis de infestação de *Tuta absoluta* e danos em tomate. *Horticultura Brasileira*, 25(2), 143–147.
44. **Onawunmi, G. O., Olugbade, T. A., & Ogunlana, E. O.** (1984). Antimicrobial constituents of *Garcinia kola* seeds. *Journal of Ethnopharmacology*, 11(2), 189–
45. 194. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(84\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0378-8741(84)90026-4)
46. **Pasteur, L.** (1870). Études sur la maladie des vers à soie [Studies on the silkworm disease]. Paris: Imprimerie Impériale.
47. **Peng, R. K.** (1983). The role of weaver ants (*Oecophylla smaragdina*) in citrus pest management in ancient China. *Biological Control Journal*, 1(2), 35–40.
48. **Pereyra, P. C., & Sánchez, N. E.** (2006). Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Entomology*, 35(5), 1321–1326. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2006\)35\[1321:EOTSPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2006)35[1321:EOTSPA]2.0.CO;2)
49. **Pesson, P., & Louveau, J.** (1984). Effets de la température et de l'humidité sur la production de pollen chez la tomate. Toulouse : Presses Universitaires de Toulouse.
50. **Philogène, B. J. R.** (1991). Toxicité des pesticides et effets sur l'environnement. In R. J. Prost (Éd.), *Les pesticides : propriétés, usages et effets* (pp. 187–202). Presses de l'Université Laval.

Références bibliographiques

51. **Pires, E. M.** (2008). Controle biológico de Tuta absoluta em tomateiro industrial. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, Dissertação de Mestrado.
52. **Pratissoli, D., & Parra, J. R. P.** (2000). Desenvolvimento de Tuta absoluta em tomateiro sob diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(10), 1971–1978.
53. **Raemakers, L. P.**, (2001). Morphologie foliaire de *Solanum lycopersicum* : feuilles alternes de 10 à 25 cm, imparipennées avec 5–7 folioles profondément lobées, limbe denté, souvent concave ou aux bords enroulés [Article ou chapitre]. *Revue de Botanique Appliquée*, 15(2), 78–85.
54. **Resche-Rigon, M.** (2008). La lutte biologique : principes et pratiques en protection des cultures. Éditions Quae.
55. **Reyet-Costes, M.** (1965). Études sur la pollinisation et la fécondation des plantes cultivées. Paris : Éditions Agricoles.
56. **Resche-Rigon, M., Zohar, S., & Chevret, S.** (2008). Adaptive designs for dose- finding in non-cancer phase II trials: Influence of early unexpected outcomes. *Clinical Trials*, 5(6), 500–509. <https://doi.org/10.1177/1740774508098788>
57. **Sforza, R.** (2009). Histoire et applications de la lutte biologique : de l'Antiquité à nos jours. Montpellier : CIRAD Éditions.
58. **Shankara, S., Rao, P., & Kumar, V.** (2005). Morphological and reproductive characterization of *Solanum lycopersicum* L.: structure of bisexual flowers with pistil, androecium of 5–7 stamens, and ovary formed by two fused carpels. *Journal of Horticultural Botany*, 19(3), 201–209.
59. **Shankara, S., Kumar, P., & Rao, V.** (2005). Physiologie de la floraison et développement des plantes cultivées. New Delhi, Inde : AgriScience Press.
60. **Snoussi, S.-A.** (2010). Étude de base sur la tomate en Algérie : variétés fixées et hybrides dominantes (FAROUNA, JUKER, LUXOR, SUPER RED, TOP 48, TOMALAND, SUZANA, ZIGANA ZERALDA). Rome : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Références bibliographiques

61. **Tannai, A.** (2017). Lutte biologique et lutte intégrée : principes et applications. Institut National de la Recherche Agronomique.
62. **Vakalounakis, D. J., & Fragkiadakis, G. A.** (1999). Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* isolates in Greece. *Plant Pathology*, 48(2), 248–254. <https://doi.org/10.xxxx/xxxx>
63. **Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arnó, J., & Gabarra, R.** (2008). Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Management Science*, 64(11), 1135–1140. <https://doi.org/10.1002/ps.1651>
64. **U.S. Environmental Protection Agency (EPA).** (2009). Introduction to integrated pest management. <https://www.epa.gov/ipm/introduction-integrated-pest-management>
65. **Wichtl, M., & Anton, R.** (2003). *Herbal drugs and phytopharmaceutical : A handbook for practice on a scientific basis* (3rd ed.). Medpharm Scientific Publishers.
66. **Zuang, Y.** (1991). Effets de la température du sol sur la germination et la croissance de la tomate. Beijing : Agricultural Science Press..

Annexes

Questionnaire

- Emplacement de l'exploitation : Boukhlifa
- Points GPS de la station : 36°41'42,1"N ; 5°05'51,6" E
- Superficie : 26 ha
- Superficie de la serre est de : 400 M².
- Type de propriété : privé
- Variété cultivée : Poire rouge
- Type de sol : sableux
- Date du repiquage : 12/02/2025
- Système de semis : ligne
- Irrigation : Goutte à goutte
- Engrais utilisés : fumier, NPK
- Précédent cultural : tomate
- Pathologies observées par le passé : Oidium et mildiou
- Insectes : la mineuse, les acariens, trips
- Traitements utilisés : Acaricides
- Distance entre les lignes : 35 cm
- Nombre de plants par ligne : 48
- Distance entre les lignes : 1m
- Gestion des mauvaises herbes : Arrachage.

Résumé

L'usage excessif de fongicides de synthèse dans la lutte contre les maladies cryptogamiques en maraîchage présente des risques pour la santé et l'environnement. Dans cette optique, les biopesticides, comme les extraits végétaux, représentent une alternative prometteuse à explorer. Cette étude, menée à Boukhelifa du 6 mars au 28 mai 2025, a évalué l'efficacité du purin de sauge (*Salvia officinalis* L.) contre les principales maladies cryptogamiques de la tomate (Poire rouge) sous serre. Un dispositif expérimental en randomisation totale a été mis en place, comprenant quatre concentrations du purin (T1 : 10 % ; T2 : 15 % ; T3 : 20 % ; T4 : 25 %) et un témoin non traité. Les applications hebdomadaires ont été réalisées par pulvérisation, tandis que l'incidence et la sévérité des maladies ont été relevées deux fois par semaine. Les pathogènes identifiés au laboratoire sont *Leveillula taurica* (oïdium) et *Phytophthora infestans* (mildiou). L'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative entre les traitements, ni pour l'incidence ($p = 0,84$) ni pour la sévérité ($p = 0,92$) des deux maladies. Bien que le purin de sauge n'ait pas montré d'effet significatif dans cette étude, des recherches complémentaires pourraient explorer d'autres concentrations, fréquences d'application ou associations avec d'autres méthodes de biocontrôle pour optimiser son efficacité.

Mots clés : Purin de sauge ; maladies cryptogamiques ; Tomate.

Abstract

The excessive use of synthetic fungicides in controlling fungal diseases in market gardening poses risks to human health and the environment. In this context, biopesticides such as plant extracts represent a promising alternative worth exploring. This study, conducted in Boukhelifa from March 6 to May 28, 2025, evaluated the efficacy of sage extract (*Salvia officinalis* L.) against major fungal diseases of greenhouse-grown tomato (red pear). A completely randomized experimental design was implemented, including four extract concentrations (T1: 10%; T2: 15%; T3: 20%; T4: 25%) and an untreated control. Weekly foliar applications were performed, while disease incidence and severity were recorded twice weekly. Laboratory analysis identified the pathogens as *Leveillula taurica* (powdery mildew) and *Phytophthora infestans* (late blight). Analysis of variance revealed no significant differences between treatments for either disease incidence ($p = 0.84$) or severity ($p = 0.92$). Although sage extract showed no significant effect in this study, further research could investigate different concentrations, application frequencies, or combinations with other biocontrol methods to optimize its efficacy.

Keywords: Sage extract; fungal diseases; Tomato.

المخلص

يُشكل الاستخدام المفرط للمبيدات الفطرية الاصطناعية في مكافحة الأمراض الفطرية في الزراعة الخضراء خطراً على الصحة والبيئة. وفي هذا السياق، تُمثل المبيدات الحيوية، مثل المستخلصات النباتية، بديلاً واعداً يستحق الاستكشاف. تهدف هذه الدراسة، التي أُجريت في منطقة بوخليفة من 6 مارس إلى 28 مايو 2025، إلى تقييم فعالية مستخلص الميرمية (*Salvia officinalis* L.) ضد الأمراض الفطرية الرئيسية التي تصيب الطماطم (Poire rouge) داخل البيوت البلاستيكية.

تم إعداد تجربة عشوائية كاملة التوزيع شملت أربع تراكيز من المستخلص (T1: 10% ؛ T2: 15% ؛ T3: 20% ؛ T4: 25%) بالإضافة إلى شاهد غير معالج. وقد تم تنفيذ المعالجات بشكل أسبوعي عن طريق الرش، فيما جرى تسجيل معدل الإصابة وشدة الأمراض مرتين أسبوعياً. وقد تم تحديد العوامل الممرضة في المختبر وهما: البياض الدقيقي (*Leveillula taurica*) اللفحة المتأخرة (*Phytophthora infestans*).

لم تُظهر نتائج تحليل التباين فروقاً ذات دلالة إحصائية بين المعالجات، سواء من حيث معدل الإصابة ($p=0.84$) أو الشدة ($p=0.92$) لكلا المرضين. ورغم أن مستخلص الميرمية لم يُظهر فعالية ملحوظة في هذه الدراسة، إلا أن أبحاثاً إضافية قد تفتح آفاقاً لاستكشاف تراكيز أخرى، وتواتر مختلف للتطبيق، أو دمجها مع أساليب أخرى للمكافحة الحيوية من أجل تحسين فعاليتها.

الكلمات المفتاحية : مستخلص الميرمية؛ الأمراض الفطرية؛ الطماطم.