REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES
Département d'agronomie

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention de diplôme de Master en sciences agronomiques
Option : phytopathologie

Thème :

Valorisation des matières organiques et des extraits de plantes pour la mise au point de pièges naturels en vue d'une protection durable des cultures contre les insectes

Présenté par :

- **NASRI Khaoula**
- **GUELIFAT Fatma**

Soutenu le 27.06.2026

Devant le jury composé de:

M^me^ K. CHAOUATI	M.C.B	Univ. Médéa	Présidente
M^me^ F.Z.TCHAKER	M.C.A	Univ. Médéa	Promotrice
M^me^ F. SAFIDDINE	M.C.A	Univ. Médéa	Co-promotrice
M^me.^ W. ESSERHANE	M.C.B	Univ. Médéa	Examinatrice
M. L. ALOUTI	Pr	Univ. Médéa	Représentant de l'incubateur

Année Universitaire : 2025/2026

EPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INCUBATEUR UNIVERSITAIRE

Centre de Développement de l'Entrepreneuriat de l'Université Dr. Yahia FARES de Médéa

Faculté / Institut: Faculté des Sciences

Département: Sciences Agronomiques

Niveau et Spécialité: M2 Phytopathologie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention d'un diplôme universitaire – Projet d'entreprise économique
Intitulé du projet :

Valorisation des matières organiques et des extraits de plantes pour la mise au point de pièges naturels en vue d'une protection durable des cultures contre les insectes

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme universitaire – Entreprise économique (micro-entreprise), dans le cadre de l'arrêté ministériel n° 1275, modifié et complété par l'arrêté ministériel n° 008 du 23 février 2025.

Présenté par:

- **NASRI Khaoula**
- **GUELIFAT Fatma**

Devant le jury composé de:

M^me^ K. CHAOUATI	M.C.B	Univ. Médéa	Présidente
M^me^ F.Z.TCHAKER	M.C.A	Univ. Médéa	Promotrice
M^me^ F. SAFIDDINE	M.C.A	Univ. Médéa	Co-promotrice
M^me^ W. ESSERHANE	M.C.B	Univ. Médéa	Examinatrice
M. L. ALOUTI	Pr	Univ. Médéa	Représentant de l'incubateur

BioFerma Lure

La nature au service de la protection des cultures

Année Universitaire : 2025/2026

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la force, la patience, le courage et la volonté nécessaires pour réaliser ce travail. Après plusieurs mois de recherches, de travail intensif et de persévérance, il nous tient particulièrement à cœur d'exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la concrétisation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre gratitude, nos sincères remerciements, notre reconnaissance et notre respect à notre promotrice, Mme **TCHAKER Fatma Zahra**, pour nous avoir guidées, orientées et aidées tout au long de ce travail grâce à ses précieux conseils. Nous la remercions également pour son accompagnement constant et sa grande disponibilité.

Nos remerciements s'adressent également à notre enseignante, Mme **SAFIDDINE Fadhila**, pour son soutien constant et ses vifs encouragements.

Nous tenons à remercier amplement Mme **ESSARHANE Warda** et Mme **CHAOUATI Karima** qui ont accepté de participer à ce jury et d'examiner ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à nos enseignants pour la qualité de la formation dispensée et les connaissances acquises tout au long de notre cursus universitaire, ainsi qu'à tout le staff administratif et de laboratoire du département d'Agronomie de la Faculté des Sciences de l'Université YAHYA FARES.

Nous tenons également à remercier chaleureusement l'incubateur pour son soutien continu, son orientation et son accompagnement, qui ont grandement contribué à la réussite de notre projet.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à Mme **ALI KACEM Sara** pour son aide précieuse, son soutien et sa disponibilité

Nos sincères remerciements vont également à la Chambre d'Agriculture de la wilaya de Médéa, et plus particulièrement à Mme **Sara**, ainsi qu'à **Ayoub** et **Younes**, pour leur aide précieuse et leur soutien indéfectible.

Toute notre gratitude s'adresse également à l'ensemble des agriculteurs qui ont bien voulu nous venir en aide, et plus particulièrement à **El Hadj BENCHEIKH** de Ksar El Boukhari, pour sa contribution particulièrement précieuse.

Dédicaces

Louange à Dieu, qui facilite les débuts, mène à bien les fins et nous permet d'atteindre nos objectifs ; louange à Dieu sans l'aide duquel aucun effort n'aboutit.

Je dédie cet humble travail à ceux qui, après Dieu, sont à l'origine de ma réussite, à ceux qui ont veillé tard dans la nuit et affronté les épreuves de la vie pour moi.

À ceux qui m'ont transmis l'espoir et la patience, et qui ont toujours été présents pour me soutenir à chaque étape.

À ce que j'ai de plus précieux au monde, ma mère et mon père, que Dieu les protège et leur accorde une longue vie. Aucun mot ne saurait rendre justice à vos efforts et à vos sacrifices inestimables.

À mes frères Sohaib et Achref, et à ma sœur Sara, mon soutien, ma force et ma source de joie ; vous êtes pour moi une véritable fierté et un honneur.

À mon oncle Moumen, qui a été pour moi un second père, m'a élevée, accueillie durant mon enfance et soutenue à chaque étape de ma vie. Les mots ne suffiront jamais à exprimer ma gratitude pour tout l'amour, les soins et l'attention que tu m'as offerts. Que Dieu te récompense abondamment et enrichisse ton capital de bonnes actions

À la femme de mon oncle, que je considère comme une sœur, merci pour ton amour et ta sollicitude constante.

À mon cher mari, compagnon de vie et partenaire de route, merci pour ton soutien inconditionnel, ta patience et tes encouragements constants. Tu as toujours été à mes côtés, même dans les moments les plus difficiles, jusqu'à ce que j'atteigne cette étape.

À ma binome, merci pour ta collaboration, ton soutien et pour avoir partagé avec moi ces moments de fatigue comme de succès.

À tous mes collègues, je vous suis reconnaissante pour votre esprit de fraternité et votre appui, qui ont largement contribué à mon parcours.

Aujourd'hui, j'ai récolté mes premiers fruits grâce à Dieu Tout-Puissant. Louange à Dieu pour ce qu'Il m'a accordé et pour Son aide en toute circonstance. Comme on dit : « Celui qui s'arme de patience finit par réussir, si Dieu le veut.



KHAOULA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, qui ont toujours été une source inépuisable d'amour, de soutien et de sacrifice. Merci pour tous les efforts consentis, pour votre patience, vos encouragements et votre confiance en moi. Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie, et vous récompense pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes chers frères et sœurs, pour leur affection, leur soutien constant et leurs encouragements, qui m'ont donné la force et la motivation nécessaires pour poursuivre cette aventure académique. Votre présence à mes côtés a été d'une valeur inestimable, et je vous en serai toujours reconnaissante.

À ma collègue et partenaire de ce travail, NASRI Khaoula, avec qui j'ai partagé cette expérience scientifique riche en défis et en apprentissages. Je la remercie pour sa collaboration, son sérieux, son engagement et son esprit d'équipe, qui ont largement contribué à la réalisation de ce travail. Je lui souhaite beaucoup de réussite dans son parcours professionnel et personnel.

À toute ma famille, pour son soutien moral et ses prières.

À mes amis et collègues, anciens et actuels, qui ont partagé avec moi les moments de travail, de doute et de réussite, et qui ont rendu ce parcours plus agréable grâce à leur présence et leur amitié sincère.

Enfin, je me dédie ce travail à moi-même, en reconnaissance de ma persévérance, de ma patience et des efforts fournis pour surmonter les difficultés rencontrées tout au long de ce parcours.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, je dédie ce modeste accomplissement avec toute ma gratitude.

Fatma



Valorisation des matières organiques et des extraits de plantes pour la mise au point de pièges naturels en vue d'une protection durable des cultures contre les insectes ravageurs.

RESUME

La lutte contre les insectes ravageurs repose principalement sur l'usage de pesticides chimiques, pouvant avoir des impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Dans ce contexte, le développement de solutions alternatives, telles que les pièges bio-attractifs, apparaît nécessaire pour une gestion plus durable des ravageurs.

L'étude a pour objectif l'évaluation de différentes formulations naturelles, notamment le compost, les fruits en décomposition, les plantes aromatiques, les sous-produits céréaliers, les feuilles de plantes hôtes, ainsi qu'un mélange combinant ces ingrédients et l'utilisation d'huiles essentielles, comparées à des pièges témoins. Cette évaluation repose sur l'estimation de l'abondance des ravageurs capturés et des indices d'attraction afin d'identifier les mélanges les plus efficaces. Elle analyse également l'effet du degré de fermentation sur le niveau d'attraction des pièges bio-attractifs, ainsi que l'évolution de l'activité microbienne au cours du processus de fermentation.

Les résultats de l'évaluation comparative des bio-attractifs testés a mis en évidence une variabilité importante de leur pouvoir attractif. Les formulations à base de sons céréaliers fermentés se sont révélées les plus performantes, avec les effectifs capturés les plus élevés et un indice d'attractivité avoisinant 30 %. Elles sont suivies par les attractifs à base de fruits fermentés, puis par ceux formulés à base de feuilles d'olivier fermentées, de plantes fermentées et du mélange de l'ensemble des composants fermentés, qui ont également montré une attractivité notable, bien que globalement inférieure à celle observée pour le son et les fruits fermentés. En revanche, le compost fermenté a présenté une efficacité plus faible, tandis que les formulations à base d'huiles essentielles d'agrumes n'ont montré aucun effet attractif significatif sur l'entomofaune associée à l'olivier. L'analyse de la composition taxonomique de l'entomofaune piégée montre une dominance nette des Diptères, suivis des Hyménoptères, tandis que les Lépidoptères, Hémiptères, Coléoptères et Névroptères ont été faiblement représentés.

Les pièges attractifs à base de matières organiques fermentées peuvent constituer un moyen efficace pour attirer différentes familles d'insectes associées à diverses cultures. Les essais réalisés ont montré que cette technique est économique, facile à mettre en œuvre et sans effets toxiques sur l'environnement.

Mots-clés :

Activité microbienne; Agriculture durable; Bio-attractifs; Fermentation; Insectes ravageurs; Piégeage de masse.

Valorization of organic materials and plant extracts for the development of natural traps for sustainable crop protection against insect pests

ABSTRACT

The control of insect pests relies mainly on the use of chemical pesticides, which may have negative impacts on the environment and human health. In this context, the development of alternative solutions, such as bio-attractive traps, appears necessary for a more sustainable management of pests.

The aim of this study is to evaluate different natural formulations, including compost, decomposing fruits, aromatic plants, cereal by-products, host plant leaves, as well as a mixture combining these ingredients and the use of essential oils, compared with control traps. This evaluation is based on the estimation of the abundance of captured pests and attraction indices in order to identify the most effective mixtures. It also examines the effect of the degree of fermentation on the attraction level of bio-attractive traps, as well as the evolution of microbial activity during the fermentation process.

The comparative evaluation of the tested bio-attractants revealed considerable variability in their attractive potential. Formulations based on fermented cereal bran proved to be the most effective, showing the highest numbers of captured individuals and an attractiveness index of around 30%. They were followed by attractants based on fermented fruits, then by those formulated with fermented olive leaves, fermented plants, and the mixture of all fermented components, which also showed notable attractiveness, although generally lower than that observed for fermented bran and fermented fruits. In contrast, fermented compost showed lower effectiveness, whereas formulations based on citrus essential oils did not exhibit any significant attractive effect on the entomofauna associated with olive trees.

The analysis of the taxonomic composition of the trapped entomofauna showed a clear dominance of Diptera, followed by Hymenoptera, whereas Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, and Neuroptera were only weakly represented.

Attractive traps based on fermented organic matter may constitute an effective means of attracting different insect families associated with various crops. The trials carried out showed that this technique is economical, easy to implement, and has no toxic effects on the environment.

Keywords:

Microbial activity; Sustainable agriculture; Bio-attractants; Fermentation; Insect pests; Mass trapping.

تثمين المواد العضوية والمستخلصات النباتية من أجل تطوير مصائد طبيعية لتحقيق حماية مستدامة للمحاصيل ضد الحشرات الضارة

المستخلص

تعتمد مكافحة الحشرات الضارة أساسًا على استعمال المبيدات الكيميائية، التي قد تكون لها آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان. وفي هذا السياق، أصبح تطوير حلول بديلة، مثل المصائد الحيوية الجاذبة، أمرًا ضروريًا من أجل تحقيق إدارة أكثر استدامة للآفات.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم عدة تركيبات طبيعية، تشمل السماد العضوي، والفواكه المتحللة، والنباتات العطرية، والمخلفات الثانوية للحبوب، وأوراق النباتات االمضيفة، بالإضافة إلى خليط يجمع بين هذه المكونات واستعمال الزيوت الأساسية، مع مقارنتها بمصائد شاهدة. ويعتمد هذا التقييم على تقدير وفرة الحشرات المصطادة ومؤشرات الجذب، بهدف تحديد الخلطات الأكثر فعالية. كما تتناول الدراسة تأثير درجة التخمير في مستوى جذب المصائد الحيوية، إضافة إلى تطور النشاط الميكروبي أثناء عملية تخمر التركيبات.

اظهر التقييم المقارنة المصائد الحيوية وجود تباين واضح في قدرتها الجاذبة. وقد تبيّن أن التركيبات المعتمدة على نخالة الحبوب المخمّرة كانت الأكثر كفاءة، إذ سجلت أعلى أعداد من الأفراد المصطادة مع مؤشر جاذبية يقارب 30٪. تلتها الجاذبات المعتمدة على الفواكه المخمّرة، ثم تلك المصاغة من أوراق الزيتون المخمّرة والنباتات المخمّرة ومزيج جميع المكوّنات المخمّرة، والتي أظهرت بدورها جاذبية ملحوظة، لكنها ظلت عمومًا أقل من تلك المسجلة لنخالة الحبوب والفواكه المخمّرة. في المقابل، أظهر الكمبوست المخمّر فعالية أضعف، في حين أن التركيبات المعتمدة على الزيوت الأساسية للحمضيات لم تُظهر أي تأثير جذب على الحشرات المرتبطة بالنظام البيئي للزيتون.

كما أظهر تحليل التركيب التصنيفي للحشرات المصطادة سيادة واضحة لرتبة ثنائيات الأجنحة (Diptera)، تلتها غشائيات الأجنحة (Hymenoptera)، في حين كانت حرشفيات الأجنحة (Lepidoptera) ونصفيات الأجنحة (Hemiptera) وغمديات الأجنحة (Coleoptera) وشبكيات الأجنحة (Neuroptera) ممثلة بوفرة ضعيفة.

يمكن أن تمثل المصائد الجاذبة المعتمدة على المواد العضوية المخمرة وسيلة فعالة لجذب مختلف عائلات الحشرات المرتبطة بعدة محاصيل. وقد أظهرت التجارب المنجزة أن هذه التقنية اقتصادية، سهلة التطبيق، ولا تترك آثارًا سامة على البيئة.

الكلمات المفتاحية

النشاط الميكروبي؛ الزراعة المستدامة؛ الجاذبات الحيوية؛ التخمير؛ الحشرات الضارة؛ الصيد الجماعي.

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1	Olea europaea : (a)arbre ;(b) feuilles ; (c) inflorescence ; (d) fruits murs ; (e) écorce de la tige…….....	6
Figure I.2.	Représentation du cycle annuel de développement de l'olivier ……..	8
Figure I.3.	Les systèmes de communication sont au centre de la dynamique "environnement – gène – comportement…….	12
Figure I.4	Types des neurones récepteurs olfactifs (NOR)…….	19
Figure II.1.	Localisation géographique de la région d'étude (Ksar El Boukhari)……..	26
Figure II.2.	Diagramme Ombrothermiques de la région de Ksar El Boukhari, Médéa ……	27
Figure II.3.	Localisation de la région de Ksar El Boukhari dans le Climagramme d'Emberger……	29
Figure II.4	Situation géographique de la parcelle expérimentale – commune de Saneg……	30
Figure II.5.	Dispositif expérimental……..	35
Figure IV.1.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de fruits fermentés……	57
Figure IV.2.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de son de céréales fermentés……	58
Figure IV.3.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de plantes fermentés….	59
Figure IV.4.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de feuilles de l'olivier fermentés…….	60
Figure IV.5.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de compost fermentés...	61
Figure IV.6.	Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base du mélange fermentés..	62
Figure IV.7.	Répartition des effectifs des insectes capturés en fonction des différents produits attractifs testés……	63
Figure IV.8.	Projection de deffernts taxons captures sur les axes (Axe 1 et Axe 2) de DCA…….	65
Figure IV.9.	Indice d'attractivité des différents bio-attractifs utilisés	66
Figure IV.10.	Analyse comparative de l'activité microbienne des différents bio-attracteur…….	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I .1.	Évolution mensuelle des températures et des précipitations à Ksar El Boukhari (1995–2025)…….	27
Tableau III.1.	Modèle d'affaires (Business Model Canvas – BMC) du projet……..	48
Tableau III.2.	Répartition des ressources humaines nécessaires au fonctionnement du projet.....	49
Tableau III.3.	Estimation des coûts d'investissement du projet……	51
Tableau III.4.	Estimation des achats de matières premières sur trois années……	52
Tableau III.5.	Estimation des effectifs et de la masse salariale du projet sur trois années……..	53
Tableau III.6.	Estimation des charges externes du projet (DA)……	53
Tableau III.7.	Estimation des amortissements annuels des investissements…….	54
Tableau III.8.	Estimation du chiffre d'affaires annuel du projet……..	54
Tableau III.9.	Estimation du résultat annuel prévisionnel du projet……..	55

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ
ABSTRACT
ملخص
REMERCIEMENTS
DÉDICACES
TABLE DES MATÈRES
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
INTRODUCTION GENERALE…… 1
CHAPITRE I. Synthèse bibliographique
I.1. Généralités sur l'olivier …… 3
I.1.1 Importance économique de l'olivier ……... 3
I.1.2. Origine et répartition géographique …… 4
I.1.3 Position systématique ……. 4
I.1.4. Description botanique…….……. 5
I.1.5. Cycle biologique…….. 6
I.1.6. Exigences de l'olivier…….. 8
I.1.6.1. Exigences climatiques **…..**…… 8
I.1.6.2. Exigences édaphiques……. 9
I.1.7. Principaux bio-agresseurs de l'olivier……. 9
I.1.7.1. Principales maladies de l'olivier……. 9
I.1.7.2. Principaux ravageurs de l'olivier…… 10
I.2. Systèmes de communication et signaux chimiques dans les interactions écologiques…… 12
I.2.1. Composés sémio-chimiques chez les insectes…… 13
I.2.3. Perception olfactive des composés volatils chez les insectes…….. 15
I.2.4. Applications de l'écologie chimique inverse dans le cadre du bio-contrôle des insectes ravageurs…… 20
I.3. Piégeage de masse …… 22
I.3.1. Importance du piégeage de masse et influence des stimuli visuels et olfactifs sur l'attraction des insectes ravageurs …….. 22
Chapitre II. Matériel et Méthode 25
II.1. Objectif ……. 25
II.2. Présentation de la région d'étude …… 25
II. 2.1 Situation géographique …….. 25
II.2.2. Bioclimat des régions d'étude …… 26
II.2.3. Synthèse climatique …… 27
II. 2.4 Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER) …… 28
II.2.5. Présentation de la zone d'étude : Commune de Saneg…… 29
II.3. Matériel d'étude biologique…….. 30
II.3.1. Choix de la matière organique…… 30

II.4. Méthodes d'étude…….. 31
II.4.1. Préparation des produits attractifs …….. 31
II.4.2. Évaluation de l'activité microbienne dans les différentes formulations…… 32
II.4.2.1. Préparation du milieu de culture …… 32
II.4.2.2. Estimation de la population microbienne…… 33
II.4.3. Dispositif expérimental…… 33
II.5. Paramètres étudiés……. 36
II.5.1. Estimation de l'abondance …… 36
II.5.2. Indice d'attraction …….. 36
II.6. Analyse statistique……..…….. 36
CHAPITRE III : Présentation et étude économique de projet de startup 37
I. Équipe de Travail et Encadrement (Section 01)……. 38
I.1. Equipe de travail…… 38
I.2. Equipe d'encadrement…….. 38
II. Présentation du projet…….. 38
II.1. Définition de l'activité…….. 38
II.2. Secteur d'activité…….. 39
II.3. Code d'activité……. 39
III. Description de l'idée du projet…… 39
III.1. Produits du projet……. 39
III.2. Clients cibles des produits…… 40
III.3. Site d'implantation du projet et mode de distribution…… 41
III.3.1 Localisation de projet……. 41
III.3.2 Distribution des produits……. 41
III.3.3 Promotion…… 42
III.4. Fonctionnement du projet…….. 42
III.5. Justification du choix de l'idée du projet…….. 43
IV. Étude de marché……. 43
IV.1 Nature et intensité de la concurrence……. 43
IV.2 Taille du marché cible et potentiel……. 44
IV.3 Analyse SWOT du projet……... 45
IV.3.1 Facteurs favorisant la réalisation des objectifs…… 45
IV.3.2 Facteurs freinant la réalisation des objectifs…….. 46
IV.4 Modèle d'affaires (Business Model Canvas – BMC) du projet…… 47
V. Étude technique…….. 49
V.1. Besoins en ressources humaines…… 49
V.2. Choix de l'emplacement du projet……. 49
VI. Estimation des coûts et des revenus…….. 50
VI.1 Estimation des coûts du projet……. 50
VI.1.1 Estimation du montant total de l'investissement (Coût du projet)…. 50
VI.1.2 Estimation des achats du projet en matières première…… 51
VI.1.3 Estimation des Coûts de la Main-d'œuvre…….. 52

VI.1.4 Estimation des charges externes du projet…… 53
VI.1.5 Estimation des coûts d'amortissement des investissements…… 53
VI.2 Estimation des revenus du projet……. 54
VI.2.1 Estimation du volume annuel des ventes……. 54
VI.2.2 Calcul du résultat annuel du projet…… 54
VII. Conclusion……. 55
CHAPITRE IV. RESULTATS 57
IV.1. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs ……..…… 57
IV.1.1 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de fruits fermentés…….. 57
IV.1.2 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de son de céréales fermentés…….. 58
IV.1.3 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de plantes fermentés……. 59
IV.1.4 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de feuilles de l'olivier fermentés…….. 59
IV.1.5 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de compost fermentés…….. 60
IV.1.6 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base d'un mélange de tous les composants fermentés…….. 61
IV.1.7 Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base d'huiles essentielles d'agrumes…… 62
IV.3 Étude comparative de l'indice d'attractivité des différents bio-attractifs utilisés…….. 66
IV.4 Comparaison de la charge microbienne des différents Produits attractifs….. 66

CHAPITRE V. DISCUSSION GENERALE 69
CONCLUSION …… 73
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE …… 74
APPENDICE 1 …… 79

INTRODUCTION GENE*RALE*

Tout au long de l'histoire, les ravageurs et les maladies des plantes ont profondément marqué l'humanité, engendrant, à différentes périodes, des crises d'insécurité alimentaire et de grandes souffrances humaines (Flors *et al.,* 2024).

La lutte contre ces insectes ravageurs repose encore largement sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Toutefois, ces substances peuvent entraîner des effets indésirables importants sur l'environnement, la santé humaine et animale, tout en favorisant l'apparition de phénomènes de résistance au sein des populations ciblées. Afin de limiter ces impacts, de nombreuses méthodes alternatives de bio-contrôle sont aujourd'hui disponibles ou en cours de développement (Persyn, 2024).

Le bio-contrôle des insectes ravageurs regroupe généralement quatre grandes approches : l'utilisation de macro-organismes, tels que les parasitoïdes ou les prédateurs naturels ; l'emploi de micro-organismes, comme certaines bactéries, champignons ou virus entomo-pathogènes ; l'usage de substances d'origine naturelle ; et enfin le recours à des médiateurs chimiques capables de modifier le comportement des insectes (Caballero-Vidal, 2020). Dans ce contexte, la compréhension et le décryptage de l'écologie chimique des insectes offrent des perspectives prometteuses pour développer et améliorer des méthodes de lutte plus durables contre les bio-agresseurs (Dardouri, 2018).

Chez les insectes, la perception de l'environnement repose principalement sur les sens chimiques, à savoir la gustation et l'olfaction. La gustation permet une évaluation par contact direct de la qualité d'une ressource alimentaire ou d'un hôte, conduisant à son acceptation ou à son rejet. L'olfaction, quant à elle, repose sur la détection de composés volatils à courte ou longue distance, jouant ainsi un rôle essentiel dans la recherche de nourriture, la reproduction, la localisation des sites de ponte ou encore l'évitement des dangers (Persyn, 2024).

L'étude de l'olfaction des insectes, en particulier des espèces nuisibles, ouvre des perspectives importantes en protection des cultures, mais également en santé humaine et animale (Caballero-Vidal, 2020).

L'une des principales voies du bio-contrôle consiste à manipuler les comportements olfactifs des insectes grâce à l'utilisation de sémio-chimiques. Parmi les stratégies les plus couramment utilisées figurent les pièges, principalement employés pour la surveillance des populations d'insectes, mais pouvant également contribuer à leur contrôle. Ces pièges sont conçus pour attirer les insectes à l'aide de facteurs visuels (forme, couleur) et/ou olfactifs (dioxyde de carbone, phénols, etc.), la combinaison optimale de ces facteurs variant selon les familles d'insectes (Badelon, 2016). Parmi les principaux types de pièges figurent les pièges à phéromones, destinés à surveiller ou à réduire les populations, ainsi que la technique de confusion sexuelle, qui perturbe la rencontre entre les mâles et les femelles.

D'autres méthodes de lutte reposent également sur l'utilisation d'attractifs ou de répulsifs spécifiques. Dans ce cadre, un axe important consiste à exploiter des composés organiques volatils (COV) à effet répulsif ou perturbateur, capables de gêner ou d'éloigner les insectes nuisibles (Reisenman *et al.,* 2016 *in* Dardouri, 2018). Ces composés peuvent ainsi être intégrés dans différentes stratégies de lutte, notamment via l'utilisation de pièges. Par ailleurs, l'utilisation de pièges présente un double intérêt. D'une part, elle permet de renseigner sur l'abondance et la richesse spécifique des espèces, et d'autre part, de suivre l'évolution des populations afin d'anticiper leur pullulation (Yattara & Francis, 2013).

Dans ce contexte, ces approches présentent l'avantage d'être généralement plus sélectives et plus respectueuses de l'environnement que les traitements insecticides conventionnels (Caballero-Vidal, 2020 ; Persyn, 2024).

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'attractivité de différentes formulations destinées à l'attraction des ravageurs de l'olivier, à base de compost, de fruits en décomposition (pomme, pêche, fraise et banane), de plantes aromatiques (lavande, romarin et camomille), de son de céréales (blé et orge), de feuilles de plantes hôtes (olivier), ainsi que de certaines huiles essentielles, comparées à des pièges témoins, en se basant sur l'abondance des captures ainsi que sur l'indice d'attraction.

L'étude a également pour objectif d'analyser l'influence des différents degrés de fermentation sur le pouvoir attractif des pièges bio-attractifs, tout en suivant l'évolution de l'activité microbienne au cours du processus de fermentation.

CHAPITRE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur l'olivier

I.1.1. Importance économique de l'olivier

L'olivier occupe une place majeure parmi les cultures arboricoles des régions méditerranéennes. Près de 98 % des oliveraies mondiales sont concentrées dans le bassin méditerranéen et au Proche-Orient. Les principaux pays producteurs sont l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Turquie, la Tunisie et le Portugal. À eux seuls, l'Espagne, l'Italie, la Tunisie et la Grèce regroupent près des deux tiers des superficies oléicoles mondiales, estimées à environ 10 millions d'hectares. En dehors du bassin méditerranéen, l'oléiculture connaît également un développement progressif dans plusieurs pays tels que les États-Unis, l'Argentine, le Chili, l'Australie et l'Afrique du Sud, grâce à la grande capacité d'adaptation de cette espèce aux différentes conditions climatiques (Mzoughi, 2023).

En Algérie, l'oléiculture revêt une importance économique, sociale et environnementale considérable. Le verger oléicole national couvre plus de 400 000 hectares et compte environ 61 millions d'arbres. Cette filière représente près de 4 % de la superficie agricole utile et environ 40 % de la superficie arboricole totale du pays. La production nationale est estimée à près de 7 millions de quintaux d'olives et à environ 70 000 tonnes d'huile d'olive, dont la quasi-totalité est destinée à la consommation intérieure (Amrouni *et al.,* 2021).

Afin de renforcer la production nationale, un programme d'expansion de l'oléiculture a été mis en place. Celui-ci prévoit la création de nouvelles plantations intensives ainsi que l'extension des superficies irriguées, avec pour objectif d'atteindre près de 900 000 hectares cultivés. Historiquement concentrée en Kabylie et dans les régions du Nord, la culture de l'olivier tend aujourd'hui à s'étendre vers d'autres régions du pays. L'Algérie figure parmi les principaux producteurs mondiaux d'huile d'olive, mais près de 99 % de sa production demeure destinée à la consommation domestique. La consommation moyenne est estimée à environ 6 litres par habitant et par an, avec des variations régionales importantes, notamment en Kabylie où elle est plus élevée (Djazagro, 2024).

Outre la production d'olives de table et d'huile d'olive, l'olivier génère plusieurs sous-produits à forte valeur ajoutée. Son bois est utilisé comme combustible et en ébénisterie. Les feuilles trouvent des applications dans l'alimentation animale, l'industrie cosmétique et la phytothérapie. Les margines, issues du processus d'extraction de l'huile, peuvent être valorisées comme fertilisants agricoles, tandis que les grignons, constitués de pulpe et de noyaux d'olives, sont utilisés dans l'alimentation animale ou pour l'extraction de l'huile de grignon (Hamlat, 2022).

Par ailleurs, l'olivier joue un rôle écologique important grâce à sa rusticité et à sa capacité d'adaptation. Il contribue à la protection des sols contre l'érosion, particulièrement dans les zones montagneuses, à la valorisation des terres agricoles et au maintien des populations en milieu rural. Dans les pays du sud de la Méditerranée, cette culture constitue ainsi une source essentielle de revenus et un facteur important de développement socio-économique (Hamlat, 2022).

I.1.2. Origine et répartition géographique

L'olivier (*Olea europaea* L., *Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sativa*) appartient à la famille des Oleaceae et au genre *Olea*, qui comprend une trentaine d'espèces (Mzoughi, 2023). Il constitue l'une des plus anciennes espèces fruitières cultivées par l'Homme, son exploitation remontant à la préhistoire.

L'origine exacte de l'olivier demeure controversée. Selon plusieurs auteurs, il serait originaire du bassin oriental de la Méditerranée, plus précisément de l'Asie Mineure et du Moyen-Orient, avant de se diffuser progressivement vers l'ensemble du pourtour méditerranéen (Artaud, 2008 ; Mzoughi, 2023). Après sa culture est largement répandue dans les régions méditerranéennes, notamment en Europe du Sud (Italie, Espagne), en Afrique du Nord et au Proche-Orient (Iran, Syrie et Palestine). Grâce à sa grande capacité d'adaptation aux différentes conditions pédoclimatiques, l'olivier a également été introduit avec succès dans plusieurs régions du monde, notamment en Amérique (Mexique, Pérou, Chili, Brésil, Uruguay et Argentine), ainsi qu'en Australie et en Afrique australe, notamment en Angola (Loussert et Brousse, 1978). Cette plasticité écologique a contribué à l'expansion de l'oléiculture, faisant de l'olivier l'une des principales cultures oléagineuses à l'échelle mondiale et la deuxième source de production d'huile végétale après le palmier à huile (Baldoni et Belaj, 2009; Hashmi *et al.*, 2015; Mzoughi, 2023).

I.1.3. Position systématique

D'après les travaux de Guignard et Dupont (2004), de Kassout (2019) et de Hamlat (2022), la classification taxonomique de l'olivier (*Olea europaea* L.) est la suivante :

Règne	*: Plantae*
Embranchement	*: Spermatophytes* (Plantes à ovules)
Sous-embranchement	*: Magnoliophyta* (Angiospermes)
Classe	*: Magnoliopsida* (Eudicotylédones)
Ordre	*: Lamiales (*ou *Scrophulariales)*
Famille	*: Oleaceae*
Sous famille	: *Oleideae*
Genre	: *Olea*
Espèce	*: Olea europaea L.* L., 1753

Loussert et Brousse (1978) rapportent que l'espèce *O. europaea* se subdiviserait en trois grandes sous-espèces.

- *Olea europaea euromediterranea* (Série : Sativa et Oleaster),
- *Olea europaea laperrini* (Variété : Tipica, Cyrenaica et Maireana),
- *Olea europaea cupidata* (Varié).

I.1.4. Description botanique

L'olivier est l'arbre méditerranéen par excellence. Il se distingue des autres espèces fruitières par sa pérennité, sa grande longévité ainsi que sa remarquable rusticité. Grâce à sa forte plasticité, il s'adapte à diverses conditions environnementales et climatiques. Dans des conditions optimales, il peut atteindre jusqu'à 10 m de hauteur, mais il est généralement maintenu entre 5 et 8 m par la taille afin de faciliter les opérations de récolte (Figure 1. a) (Hamlat, 2022).

o **Le système racinaire** de l'olivier est fortement influencé par les caractéristiques physico-chimiques du sol. Son développement dépend notamment de la profondeur, de la texture et de la structure du sol. Généralement, le système racinaire se concentre sous la frondaison et s'étend principalement à une profondeur comprise entre 5 et 7 mètres. Les racines forment une souche ligneuse importante, servant d'organe de réserve où s'accumulent les substances nutritives. Cette capacité contribue à l'adaptation de l'olivier à diverses conditions de culture et à sa résistance aux contraintes environnementales (Loussert et Brousse, 1978).

o **Le tronc**, large et souvent courbé ou tortueux, porte de nombreuses branches élancées aux rameaux opposés (Hamlat, 2022). L'écorce est de couleur gris pâle (figure 1e).

o **Les feuilles** sont brièvement pétiolées, lancéolées ou parfois ovales, étroites, oblongues, coriaces et charnues. Elles sont glabres, à apex variant de l'arrondi à l'acuminé et à bord entier. La face supérieure est vert pâle, parfois légèrement écailleuse, tandis que la face inférieure est blanc argenté. Le pétiole mesure environ 5 mm. Les feuilles, de 4 à 10 cm de long et de 1 à 3 cm de large, présentent 5 à 11 nervures primaires saillantes de part et d'autre de la nervure médiane (Figure I. 1.b) (Hashmi *et al.,* 2015).

o **Les fleurs** sont nombreuses, petites, subsessiles et de couleur blanc crème. Elles peuvent être bisexuées ou fonctionnellement unisexuées et sont regroupées en grappes plumeuses, principalement portées par le bois de l'année précédente (Figure I.1. c). Le calice est tronqué et présente quatre petites dents, tandis que la corolle est courte, à quatre lobes, et mesure 1 à 2 mm de long (Hashmi *et al.,* 2015). *Olea europaea* est une espèce monoïque, portant à la fois des fleurs parfaites et des fleurs imparfaites. La pollinisation, assurée par le vent, peut être autogame ou allogame. En verger, elle est généralement favorisée par les cultivars voisins ou par la forme sauvage *Olea sylvestris* (Hashmi *et al.,* 2015 ; Hamlat, 2022).

- **Le fruit**, appelé olive, est une drupe de petite taille. Sa partie charnue externe entoure une coque renfermant un noyau dur. Le fruit est ovoïde, de couleur violet noirâtre à maturité, et mesure généralement entre 1 et 2,5 cm de long. Il est plus petit chez les formes sauvages que chez les variétés cultivées en verger (Figure I.1.d) (Hashmi *et al.,* 2015).

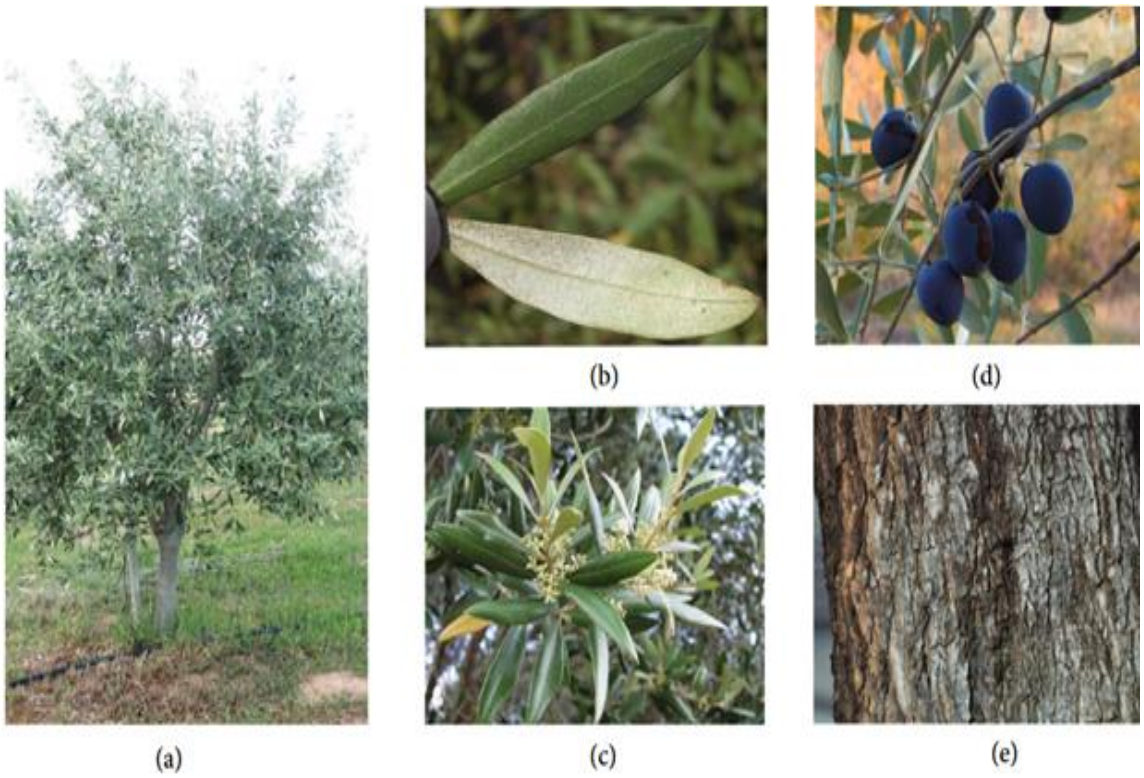


Figure I.1. Olea europaea (Hamlat, 2022).
(a)arbre ;(b) feuilles ; (c) inflorescence ; (d) fruits murs ; (e) écorce de la tige

I.1.5. Cycle biologique

Selon Loussert et Brousse (1978), la vie de l'olivier se caractérise par quatre périodes successives :

i. **Période de jeunesse (1 à 12 ans):** Cette phase correspond à la croissance des jeunes arbres. Elle débute en pépinière et se poursuit au verger jusqu'à ce que l'arbre devienne apte à la fructification.

ii. **Période d'entrée en production (12 à 50 ans):** Il s'agit d'une phase intermédiaire, au cours de laquelle la croissance végétative se poursuit tout en marquant l'apparition des premières productions fruitières.

iii. **Période adulte (50 à 150 ans):** Cette phase correspond à la pleine production. Le développement aérien et souterrain de l'arbre atteint son optimum, assurant une production régulière et importante.

iv. **Période de sénescence (150 à 200 ans):** Ce stade est caractérisé par un vieillissement progressif de l'arbre, accompagné d'une diminution graduelle de la production.

La durée de chaque période varie selon les conditions de culture et les caractéristiques variétales. L'amélioration des techniques de production, notamment la taille, la fertilisation et l'irrigation, ainsi que l'utilisation de matériel végétal amélioré (sélection clonale), permettent de modifier et d'optimiser la durée de ces différentes phases de développement (Mezghani *et al*., 2008; Hamlat, 2022).

- **Cycle biologique annuel de l'olivier**

Le cycle biologique de l'olivier s'étend généralement sur deux années. La phase végétative de croissance a lieu au cours de la première année, suivie de la floraison et de la fructification durant l'année suivante (phase de reproduction) (Figure I.2.) (Mzoughi, 2023). Toutefois, dans certaines conditions, les phases de croissance et de fructification peuvent se dérouler au cours de la même année. Le repos hivernal s'étend généralement de novembre à février. À ce stade, le bourgeon terminal et les bourgeons axillaires entrent en dormance végétative. Le réveil printanier intervient entre mars et avril et se manifeste par l'apparition de nouvelles pousses terminales ainsi que le débourrement des bourgeons axillaires. La floraison a lieu entre mai et juin, période durant laquelle se forment les grappes florales. Après la fécondation intervient la nouaison, suivie du développement des jeunes fruits. Ceux-ci poursuivent ensuite leur croissance et leur grossissement. La maturation des fruits survient généralement en octobre et s'accompagne d'une accumulation progressive des huiles dans la pulpe (Loussert et Brousse, 1978; Mezghani *et al*., 2008; Gharabi, 2018).

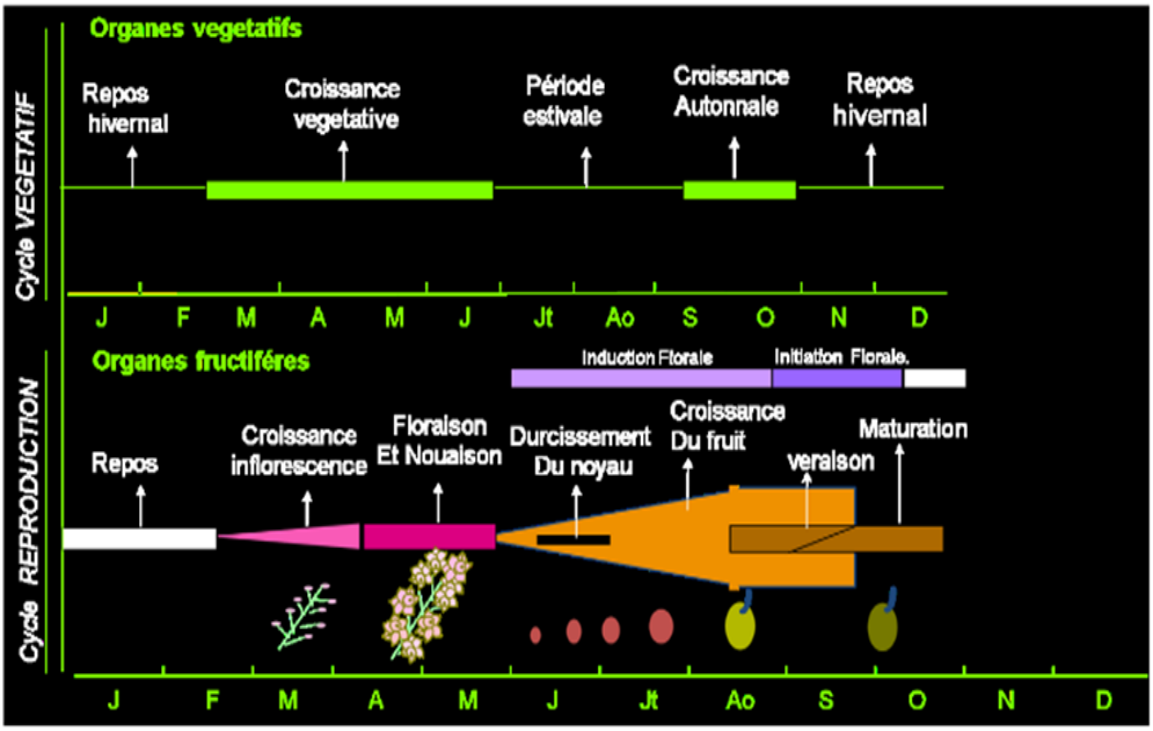


Figure I. 2. Représentation du cycle annuel de développement de l'olivier (Gharabi, 2018).

I.1.6. Exigences de l'olivier

L'olivier présente une remarquable résistance aux conditions de culture défavorables. Toutefois, lorsque ses besoins agro-écologiques sont correctement satisfaits, il devient l'une des espèces fruitières les plus productives (Hamlat, 2022).

I.1.6.1. Exigences climatiques

Bien que l'olivier ait été introduit dans de nombreuses régions du monde, sa culture demeure étroitement associée au climat méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs (Baldy, 1990; Alaoui, 2005; Gharabi, 2018; Hamlat, 2022).

i. Température

L'olivier est relativement sensible au froid. Des troubles physiologiques apparaissent lorsque les températures sont inférieures à –5 °C. Les températures optimales de développement se situent entre 12 °C et 20 °C, tandis qu'au-delà de 35 °C, la croissance ralentit ou peut s'arrêter. Le zéro de végétation est estimé entre 10 °C et 12 °C (Loussert et Brousse, 1978). Par ailleurs, l'olivier ne supporte pas des températures inférieures à –15 °C, ce qui constitue une limite bioclimatique déterminant sa zone de culture en latitude (Baldy, 1990).

ii. Lumière

L'olivier est une espèce exigeante en lumière. Un ensoleillement abondant est indispensable à sa croissance et à sa fructification normales, ce qui explique que la floraison et la fructification se développent principalement sur les rameaux externes de la frondaison (Alaoui, 2005).

iii. Pluviométrie

L'olivier présente une bonne adaptation aux conditions de sécheresse, mais sa croissance et son développement dépendent de la répartition des précipitations dans le temps ainsi que de la capacité du sol à retenir l'eau (Baldy, 1990). Grâce à sa grande plasticité, il peut être cultivé dans des zones recevant entre 200 et plus de 800 mm de pluie par an. Toutefois, une pluviométrie comprise entre 450 et 650 mm par an est généralement considérée comme favorable à son développement (Hamlat, 2022). Bien que l'espèce soit tolérante au stress hydrique, elle présente de meilleures performances de production lorsque des apports d'irrigation sont assurés (Alaoui, 2005).

Par ailleurs, une humidité relative de l'air supérieure à 60 % peut être défavorable, car elle limite la croissance, favorise le développement des maladies et des parasites, et perturbe la pollinisation (Hamlat, 2022).

iv. Vent

La pollinisation chez l'olivier est essentiellement anémophile ; le vent joue donc un rôle déterminant dans la production fruitière (Loussert et Brousse, 1978).

I.1.6.2. Exigences édaphiques

L'olivier est reconnu pour sa rusticité et sa grande capacité d'adaptation aux différentes conditions édaphiques. Il peut être cultivé sur une large gamme de sols, y compris les plus pauvres. Toutefois, il préfère les sols légers à texture sableuse ou sablo-limoneuse, qui favorisent la perméabilité, l'aération et le développement d'un système racinaire profond. Pour assurer une croissance optimale de l'arbre, la profondeur du sol devrait être comprise entre 1 et 1,5 m, permettant ainsi un bon enracinement et une meilleure exploitation des réserves en eau et en éléments nutritifs (Loussert et Brousse, 1978 ; Hamlat, 2022).

I.1.7. Principaux bio-agresseurs de l'olivier

I.1.7.1. Principales maladies de l'olivier

Les champignons constituent les principaux agents pathogènes de l'olivier. Leur développement est favorisé par des conditions humides, notamment lorsque les feuilles restent mouillées pendant plusieurs heures. Parmi les principales maladies fongiques, on cite :

i. Œil de paon (*Cycloconium oleaginum*)

L'œil de paon est l'une des principales maladies fongiques de l'olivier. Elle se manifeste par l'apparition de taches circulaires brun foncé à noires sur les feuilles, souvent entourées d'un halo jaunâtre caractéristique. Lorsque l'infection est importante, elle provoque une chute prématurée du feuillage, entraînant un affaiblissement général et une diminution de la production. La lutte contre cette maladie repose principalement sur des mesures préventives, notamment l'aération de la frondaison par la taille, l'évitement des excès d'humidité ainsi que l'application de traitements à base de cuivre, tels que la bouillie bordelaise, au printemps et à l'automne (Braillard, 2025).

ii. Verticilliose

La verticilliose est une maladie fongique grave de l'olivier causée par *Verticillium dahliae*. Elle se manifeste par le dessèchement brutal de branches entières et un flétrissement du feuillage. Cette maladie très difficile à éradiquer car le champignon vit dans le sol. La prévention repose principalement sur des mesures prophylactiques, notamment l'évitement des excès d'irrigation, l'interdiction de plantation sur des parcelles contaminées, ainsi que l'utilisation de variétés résistantes telles que l'Arbequina et l'Arbosana.

iii. Xylella fastidiosa

Xylella fastidiosa est une bactérie phytopathogène responsable de graves dépérissements de l'olivier. Elle provoque un dessèchement rapide des rameaux, suivi d'un

flétrissement général et de la mort progressive de l'arbre. Cette maladie est redoutable en raison de l'absence de traitement curatif efficace. En cas de contamination, la réglementation impose généralement l'arrachage et la destruction des arbres infectés afin de limiter sa propagation. La prévention repose essentiellement sur la surveillance régulière des vergers (Braillard, 2025).

iv. Tumeur bactérienne (*Pseudomonas savastanoi* Smith)

La tumeur bactérienne de l'olivier, se caractérise par une hyperplasie des tissus végétaux. Elle se manifeste par la formation de galles ou tumeurs, apparaissant d'abord sur les jeunes brindilles, puis s'étendant progressivement aux rameaux (Loussert et Brousse, 1978). Les arbres fortement atteints présentent une diminution de leur vigueur, ainsi qu'une réduction significative de la production fruitière à long terme (Civantos, 1999). La prévention repose principalement sur l'évitement de la taille par temps humide, la désinfection systématique des outils de coupe, ainsi que l'élimination et la destruction des branches atteintes (Braillard, 2025).

I.1.7.2. Principaux ravageurs de l'olivier

L'olivier est exposé à de nombreux ravageurs susceptibles d'affecter sa croissance, sa productivité et la qualité de ses fruits. Parmi ces ravageurs, certains présentent une importance économique majeure en raison des dégâts qu'ils occasionnent sur les organes végétatifs et reproducteurs de l'arbre. L'olivier est exposé à plusieurs ravageurs d'importance économique, parmi lesquels figurent :

i. Mouche de l'olivier (*Bactrocera oleae* Gmelin)

La mouche de l'olivier est considérée comme le ravageur le plus redoutable de l'olivier. Les pertes économiques qu'elle engendre résultent de deux types de dégâts : des dégâts directs et des dégâts indirects. Les dégâts directs sont principalement liés aux piqûres de ponte et au développement des larves à l'intérieur des fruits, entraînant une chute précoce des olives pouvant atteindre 10 à 50–60 % de la charge totale des arbres, selon les variétés et les régions considérées. Ils se traduisent également par une diminution du poids des fruits (Civantos, 1999).

ii. Teigne de l'olivier (*Prays oleae* Bern.)

La teigne de l'olivier est un ravageur important des oliveraies méditerranéennes. Les larves attaquent et pénètre à l'intérieur des fruits, où elle se nourrit des tissus, provoquant ainsi une chute prématurée des olives. Les dégâts causés par ce ravageur entraînent une réduction de la production et peuvent également altérer la qualité de l'huile en favorisant le développement de contaminations fongiques et microbiennes au niveau des fruits attaqués (Civantos, 1999).

iii. Cochenille noire de l'olivier (*Saissetia oleae Bern)*

La cochenille noire de l'olivier est un ravageur important des oliveraies. Elle sécrète un miellat qui favorise le développement de champignons saprophytes, notamment la fumagine

(*Capnodium* spp.). Cette couche noire qui recouvre les feuilles constitue un obstacle à la photosynthèse, entraînant un affaiblissement de l'arbre pouvant conduire à son dépérissement (Braillard, 2025).

iv. Psylle de l'olivier (*Euphyllura olivina*)

Le psylle de l'olivier est considéré comme l'un des ravageurs les plus redoutables de cette culture, en particulier en raison de son impact sur les jeunes pousses. C'est un insecte suceur de sève, ce qui entraîne une altération du développement normal de l'arbre. Les organes attaqués présentent un flétrissement progressif, suivi d'un brunissement partiel qui s'étend et s'intensifie, conduisant finalement au dessèchement et à la chute des parties affectées (Tchaker, 2018; Braillard, 2025).

Pour lutter contre ces bio-agresseurs, les agriculteurs recourent fréquemment à la lutte chimique, longtemps considérée comme la méthode de protection la plus efficace. Cependant, l'utilisation intensive des pesticides soulève de nombreuses préoccupations d'ordre environnemental et sanitaire, notamment en raison de leurs effets sur la biodiversité et la santé humaine (Burte, 2018). Dans ce contexte, la recherche s'est orientée vers le développement de méthodes alternatives plus durables. Parmi celles-ci, l'utilisation de pièges attractifs constitue une approche prometteuse pour la surveillance et la réduction des populations de ravageurs.

I.2. Systèmes de communication et signaux chimiques dans les interactions écologiques

Les organismes vivants ne vivent pas isolés dans leur environnement. Ils coexistent avec des congénères, des partenaires, des prédateurs et des compétiteurs, au sein d'un milieu où ils doivent se repérer, s'organiser et trouver les ressources nécessaires à leur survie. Ainsi, les êtres vivants interagissent les uns avec les autres, et de ces interactions complexes émerge une force évolutive. Comprendre ces relations, au centre de l'adaptation des espèces à leur environnement, représente un enjeu majeur en biologie évolutive. Cette adaptation repose en grande partie sur des systèmes de communication permettant aux individus de recueillir des informations sur leur entourage. La communication correspond alors à un échange dynamique de messages entre un émetteur et un receveur, entre une source et un récepteur. À partir de signaux issus de sources biotiques ou abiotiques, les individus ajustent ensuite leurs comportements en fonction des conditions du milieu (Rutter, 2006 *in* Lucas, 2020). Les systèmes de communication occupent une place centrale dans les interactions écologiques, notamment dans les relations entre l'individu et son environnement. Fondés sur des signaux émis et perçus dans le milieu, ils influencent l'expression génique des individus et modifient leurs réponses comportementales. Ils participent ainsi à la dynamique complexe reliant l'environnement, les gènes et le comportement «environnement – gène – comportement», sous l'effet conjoint des facteurs externes et internes propres à chaque individu (Figure I.3) (Lucas, 2020).

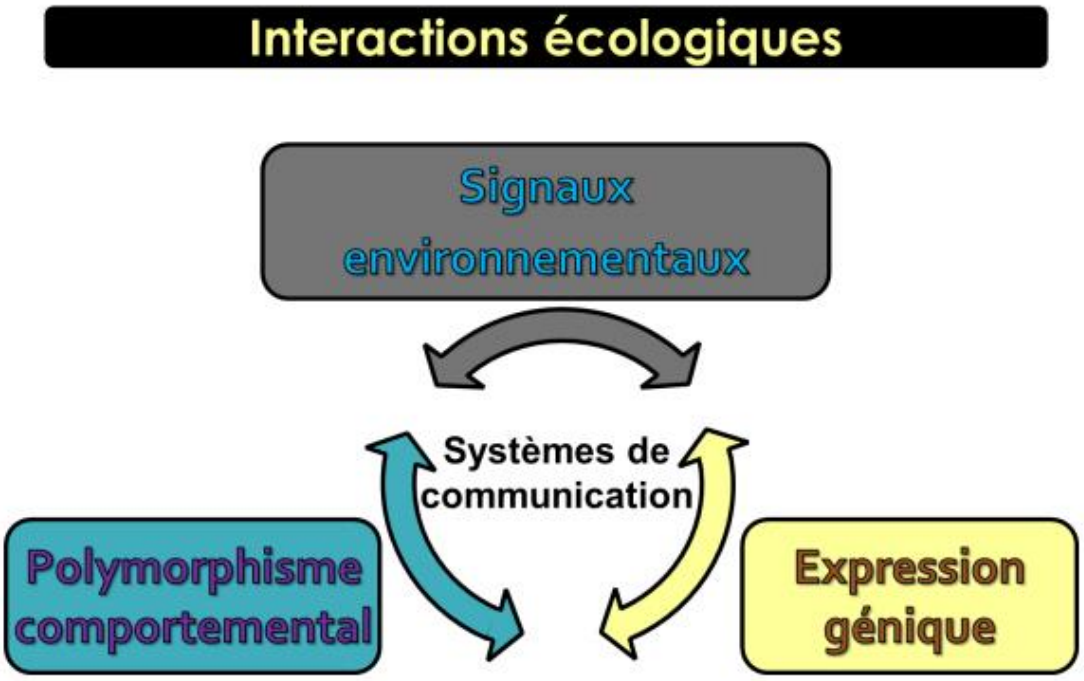


Figure I.3. Les systèmes de communication sont au centre de la dynamique "environnement – gène – comportement (Lucas, 2020).

Ces systèmes reposent sur plusieurs éléments fondamentaux : les acteurs de la communication, à savoir les émetteurs et les récepteurs ; l'information transmise par le message, qui dépend du canal utilisé pour sa diffusion ; ainsi que les mécanismes de perception et de traitement du signal. Selon les propriétés physiques du canal, différentes modalités peuvent être distinguées : signaux vibratoires : sons/lumière, signaux tactiles et signaux chimiques liés à l'odorat ou au goût (Tanzarella, 2005 *in* Lucas, 2020). Une fois reçus par des récepteurs sensoriels spécialisés, ces signaux sont ensuite analysés par le système nerveux afin de produire une réponse adaptée.

Dans ce contexte, un signal peut être défini comme toute action ou structure capable d'influencer le comportement d'un autre organisme, dont l'efficacité résulte d'une coévolution entre l'émetteur et le receveur (Maynard Smith & Harper, 2003 *in* Lucas, 2020 ; Davies *et al.,* 2012 *in* Lucas, 2020). Qu'ils proviennent directement d'un individu ou qu'ils soient présents dans l'environnement sous forme d'indices, les signaux orientent les réponses comportementales des organismes. Leur transmission et leur perception peuvent s'effectuer à courte ou à longue distance, selon leur nature et les caractéristiques du milieu.

Parmi ces différentes modalités, la communication chimique constitue l'une des formes les plus répandues dans le monde animal, en particulier chez les insectes (Wyatt, 2003 *in* Lucas, 2020). Elle intervient dans de nombreux comportements essentiels, tels que la recherche du partenaire sexuel, la localisation des sites de ponte, la recherche de nourriture, la défense ou encore les interactions proies-prédateurs. Son efficacité dépend principalement des propriétés physico-chimiques du signal, notamment de sa volatilité, qui conditionne sa diffusion dans le milieu et la distance à laquelle il peut être perçu. La réponse

comportementale n'est toutefois déclenchée que lorsque le signal atteint un seuil de concentration détectable par des récepteurs spécialisés, traduisant une coadaptation étroite entre la molécule émise, sa perception et sa transmission "molécule-récepteur-transmission" (Córdoba-Aguilar *et al.*, 2018 *in* Lucas, 2020). Ces substances chimiques médiatrices des interactions biologiques sont regroupées sous le terme de **composés sémio-chimiques**.

I.2.1. Composés sémio-chimiques chez les insectes

L'environnement chimique des insectes se caractérise par un ensemble complexe de signaux de nature variée. Les composés impliqués dans les interactions entre organismes sont regroupés sous l'appellation générale de **composés sémio-chimiques**. Ces médiateurs chimiques jouent un rôle fondamental dans la communication des insectes, en influençant leur comportement ainsi que leurs interactions avec l'environnement tout au long de leur cycle de vie (Persyn, 2024).

Le terme **sémio-chimique** dérive du mot grec *sēmeion*, signifiant « signe », « signal » ou « marque » (Agelopoulos *et al.*, 1999 *in* LeBlanc et Logan, 2010 ; Ramiaranjatovo, 2024). Il a été introduit par Law et Regnier en 1971 pour désigner les substances chimiques servant de médiateurs dans les interactions entre organismes, qu'elles aient lieu entre individus d'une même espèce ou entre espèces différentes (Ramiaranjatovo, 2024). Ces composés peuvent être classés selon plusieurs critères : leur nature chimique, leurs effets comportementaux (attraction, répulsion, dissuasion, stimulation ou inhibition), ainsi que selon le bénéficiaire de l'interaction et la relation écologique qui en découle (Mercier *et al.*, 2013 *in* Persyn, 2024). Les molécules concernées peuvent être **volatiles** ou **non volatiles**.

Les composés volatils se diffusent facilement dans l'air à partir de leur source d'émission et sont généralement perçus à moyenne ou longue distance. Il s'agit majoritairement de molécules carbonées (2 à 20 atomes de carbone) de faible masse moléculaire (100 et 200 g/mol). À l'inverse, les composés non volatils interviennent principalement à très courte distance ou par contact direct. L'ensemble de ces substances est détecté par des systèmes sensoriels spécialisés: les composés volatils sont principalement perçus par le système olfactif, tandis que les composés non volatils le sont majoritairement par le système gustatif (Persyn, 2024).

Les sémio-chimiques transmettent ainsi des informations biologiques entre organismes et se répartissent en deux grandes catégories : les **phéromones** et les **allélochimiques**, selon la nature de la relation entre l'émetteur et le récepteur (LeBlanc et Logan, 2010). Les **phéromones** interviennent dans les interactions **intra-spécifiques**, c'est-à-dire entre individus d'une même espèce. Elles participent notamment à des comportements tels que la reproduction, l'agrégation, l'alarme ou le marquage de piste. Les **allélochimiques**, quant à eux, sont impliqués dans les interactions **interspécifiques**, c'est-à-dire entre organismes appartenant à des espèces différentes (Agelopoulos *et al.*, 1999 *in* LeBlanc et Logan, 2010 ; Arnaud *et al.*, 2003, *in* Dekeirsschieter *et al.*, 2012).

Selon les bénéfices retirés par les organismes émetteurs et récepteurs au cours de l'interaction, les allélochimiques sont classés en quatre principales catégories : les **allomones**, les **kairomones**, les **synomones** et les **apneumones** (Figure I.4.) (LeBlanc & Logan, 2010 ; Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

Dans le cadre du présent travail, l'intérêt est porté plus particulièrement sur les apneumones, en raison de leur importance dans les interactions entre les organismes et les substrats organiques non vivants. L'**apneumone** est une substance chimique émise par un matériel non vivant, tel que la matière organique morte (cadavres), les substrats en décomposition, les déchets végétaux, le bois mort, les fruits fermentés ou encore la litière végétale. Elle est susceptible d'induire des modifications comportementales ou physiologiques chez l'organisme récepteur (Cassier *et al.,* 2000 ; LeBlanc & Logan, 2010).Les matières végétales en décomposition constituent ainsi une source importante d'apneumones, au même titre que les cadavres animaux. Lors des processus de dégradation, l'activité microbienne et les transformations biochimiques de la matière organique entraînent l'émission de nombreux composés volatils. Ces mélanges chimiques complexes peuvent être détectés rapidement par les insectes, qui les utilisent comme signaux pour localiser une ressource alimentaire, un site de ponte ou un habitat favorable (LeBlanc & Logan, 2010 ; Dekeirsschieter *et al.,* 2012 ; Lucas, 2020).

I.2.3. Perception olfactive des composés volatils chez les insectes

La principale caractéristique de la communication chimique réside dans sa grande spécificité. Les insectes sont capables de distinguer, au sein du bruit de fond odorant de leur environnement, certaines molécules volatiles susceptibles de déclencher des réponses comportementales précises. Cette capacité repose principalement sur l'olfaction, qui leur permet de détecter, reconnaître et interpréter les signaux chimiques présents dans leur milieu (Dekeirsschieter *et al.,* 2012 ; Cassier *et al.,* 2000, *in* Rekinger, 2020).

Les stimuli olfactifs figurent parmi les indices sensoriels les plus utilisés par les insectes. Chez la majorité des espèces, le système olfactif est particulièrement développé et joue un rôle essentiel dans la recherche de nourriture, la localisation des partenaires sexuels, le choix des sites de ponte, l'évitement des prédateurs ou encore l'orientation spatiale. Cette aptitude revêt donc une importance majeure pour leur survie et leur reproduction. Les organes olfactifs impliqués dans la perception des composés volatils sont principalement localisés sur les antennes. Dans la nature, la morphologie, la taille et la position de ces appendices chimio-sensoriels déterminent fortement leur efficacité dans la détection des signaux chimiques. Les antennes constituent ainsi les principaux organes de réception des odeurs chez les insectes (LeBlanc & Logan, 2010).

Le système olfactif des insectes peut être subdivisé en deux niveaux fonctionnels. Le **système périphérique** comprend les antennes et les **sensilles olfactives**, responsables de la capture des molécules odorantes. Le **système central** est organisé autour des **lobes antennaires** et des **corps pédonculés** (*mushroom bodies*), où l'information olfactive est

intégrée et traitée. Ce traitement nerveux permet ensuite de déclencher ou de moduler les comportements adaptés aux stimuli perçus (Dekeirsschieter *et al.,* 2012 ; Rekinger, 2020).

L'olfaction chez les insectes s'organise en trois étapes principales : **la réception**, **la transduction** et **l'intégration** du message olfactif (Picimbon, 2002 *in* Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

i. La réception

La première étape correspond à la capture des molécules odorantes présentes dans l'environnement. Les composés volatils pénètrent à travers de minuscules pores situés à la surface des sensilles antennaires, puis sont transportés dans la lymphe sensillaire grâce à un système de pores-tubules extracellulaires et à des protéines de liaison aux odeurs, appelées **Odorant Binding Proteins** (OBP). Ces molécules atteignent ensuite les dendrites des neurones récepteurs olfactifs, où débute la reconnaissance du signal chimique (Figure I.5.) (LeBlanc & Logan, 2010).

Une fois à l'intérieur de la sensille, les molécules odorantes peuvent soit activer les récepteurs spécifiques, soit être inactivées puis dégradées par des enzymes, notamment des estérases sensillaires, limitant ainsi la persistance du signal (Rutzler & Zwiebel, 2005 *in* Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

Les sensilles sont des micro-capteurs périphériques spécialisés dans la détection des molécules odorantes. Chaque type présente une sensibilité particulière à certains composés chimiques. Sur les antennes, on distingue principalement les sensilles **trichodéiques**, **basiconiques** et **placodéiques** (Jefferis, 2005 *in* Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

La fixation de la molécule odorante sur la partie extracellulaire du récepteur déclenche ensuite l'activation du neurone sensoriel et initie une cascade d'événements moléculaires intracellulaires : cette étape correspond à la **transduction** du signal olfactif (Nagnan-Le Meillour, 1998in *in* Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

ii. La transduction ou transmission

La transduction correspond à la transformation du signal chimique en message nerveux au niveau des neurones récepteurs olfactifs (NOR). Ces cellules convertissent l'odeur perçue en un signal électrique sous forme de potentiel d'action.

Il existe une grande diversité d'ORNs chez les insectes, chaque type étant caractérisé par l'expression de récepteurs spécifiques et par une sensibilité particulière à certains composés odorants. Initialement, ces neurones étaient classés selon les types de molécules auxquels ils répondaient, telles que les phéromones ou les composés organiques volatils (**COVs**). Toutefois, des études plus récentes ont montré que certains ORNs considérés comme spécialisés peuvent également répondre à plusieurs catégories de molécules, révélant

une plasticité fonctionnelle plus importante qu'initialement supposée (Figure I.5.) (Lavogez, 2017).

L'activation du récepteur membranaire situé sur les dendrites déclenche une cascade de réactions intracellulaires conduisant à l'ouverture de canaux ioniques. Ce mécanisme aboutit à la formation d'un potentiel d'action, qui se propage ensuite le long de l'axone jusqu'aux centres nerveux. Chez les insectes, cette transduction olfactive impliquerait principalement la voie de l'inositol triphosphate (**IP3**). Le signal sensoriel est alors transmis vers les centres primaires de traitement, puis relayé vers les régions centrales du système nerveux où s'effectue l'intégration du message olfactif (Cassier *et al.,* 2000 *in* Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

iii. L'intégration

Les axones des neurones sensoriels se regroupent en nerfs antennaires, qui transmettent le signal olfactif vers les **lobes antennaires**, premier relais synaptique situé dans le deutocérébron. Ces lobes, composés de glomérules interconnectés via des interneurones locaux, assurent le traitement initial de l'information olfactive et sa transmission vers les centres nerveux supérieurs (Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

Le signal est ensuite acheminé par des neurones de projection vers les **corps pédonculés**, localisés dans le proto-cérébron, où s'effectuent l'identification des odeurs ainsi que les processus de mémorisation et d'apprentissage olfactif (Dekeirsschieter *et al.,* 2012).

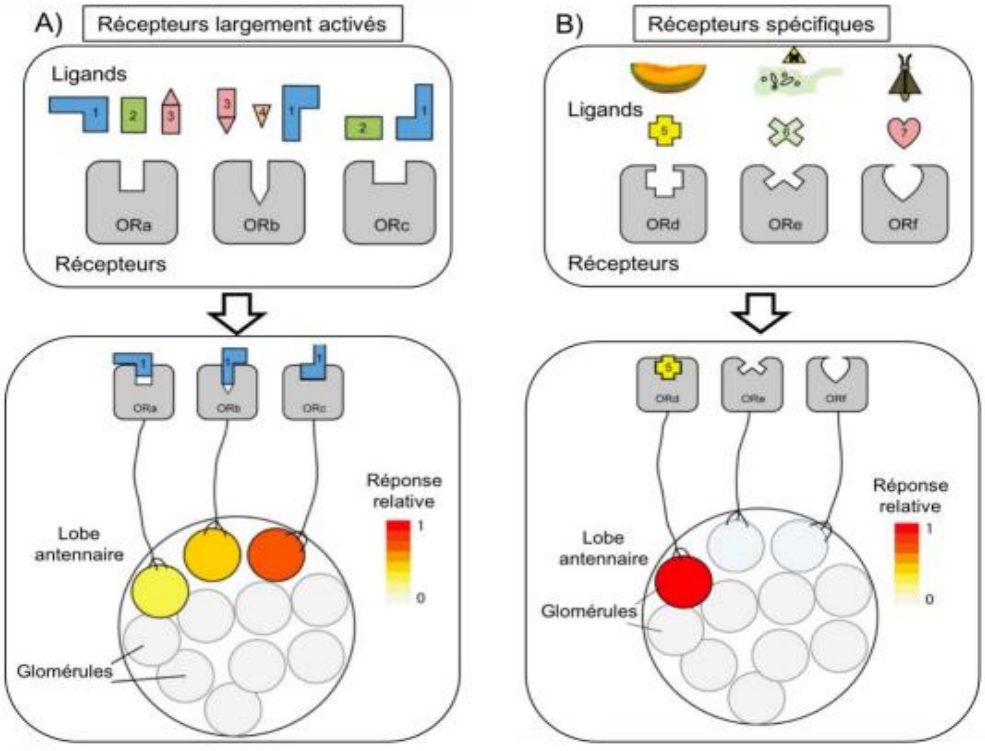


Figure I.6. Types des neurones récepteurs olfactifs (NOR) (Andersson et al. 2015 *in* Caballero Vidal, 2020).

***A:** récepteurs largement activés, où un nombre réduit de récepteurs répond à plusieurs odorants selon un codage combinatoire ; **B:** récepteurs spécifiques, où un grand nombre de récepteurs spécialisés répond chacun à un ou quelques odorants spécifiques.*

iv. Codage olfactif

Pour faire face à la grande diversité des odeurs présentes dans leur environnement, les systèmes chimio-sensoriels des animaux, et en particulier ceux des insectes, doivent être capables de percevoir, d'identifier et d'évaluer un large éventail de stimuli chimiques. Deux principaux modes de codage des signaux olfactifs ont été proposés. Le premier repose sur un codage combinatoire, dans lequel un nombre limité de récepteurs peut interagir avec de nombreux odorants, chaque molécule activant plusieurs récepteurs selon des combinaisons spécifiques. Le second correspond à un codage spécifique, où un grand nombre de récepteurs spécialisés répond chacun à un ou à quelques composés particuliers (Figure I.6.) (Grabe et Sachse, 2018 *in* Caballero Vidal, 2020).

Selon Andersson et al. (2015 *in* Caballero Vidal, 2020), le système chimio-sensoriel des insectes représenterait une organisation intermédiaire entre ces deux modèles, combinant des circuits spécialisés et un codage combinatoire. Ce dernier fonctionnerait à la fois au niveau périphérique, par l'activation des récepteurs olfactifs, et au niveau central, notamment par la stimulation de glomérules spécifiques dans les lobes antennaires pouvant déclencher des réponses comportementales particulières (Semmelhack et Wang, 2009). Les récepteurs hautement spécifiques, capables de détecter un nombre restreint de composés, assurent une détection d'haute-fidélité de certains signaux biologiquement essentiels. Ils jouent un rôle majeur dans la détection des phéromones sexuelles, de molécules toxiques ou encore de composés clés pour l'oviposition. Une diminution de leur spécificité pourrait entraîner des erreurs comportementales, telles qu'un mauvais choix de partenaire, une ponte sur un substrat inadéquat ou l'incapacité à éviter des substances dangereuses (Caballero Vidal, 2020).

À l'inverse, les récepteurs capables de répondre à plusieurs odorants offrent certains avantages fonctionnels. Ils confèrent d'abord une plus grande robustesse au système olfactif face aux perturbations : si l'expression d'un récepteur est altérée ou si une sensille est endommagée, d'autres récepteurs peuvent encore détecter le composé concerné (Keller et Vosshall, 2007 *in* Caballero Vidal, 2020). De plus, le codage combinatoire augmente considérablement le nombre d'odeurs et de mélanges odorants pouvant être reconnus à partir d'un répertoire limité de récepteurs (Bushdid *et al.,* 2014 *in* Caballero Vidal, 2020). Cette organisation élargit ainsi l'espace olfactif perçu et favorise une plus grande flexibilité comportementale.

Enfin, plusieurs travaux menés chez les insectes ont montré que le codage temporel, fondé sur la dynamique d'activation des neurones olfactifs, améliore également la discrimination entre des odorants chimiquement proches (Lei *et al.,* 2004 *in* Caballero Vidal, 2020).

I.2.4. Applications de l'écologie chimique inverse dans le cadre du bio-contrôle des insectes ravageurs

Au cours des dernières années, les progrès réalisés dans la compréhension des mécanismes moléculaires de l'olfaction chez les insectes ont ouvert de nouvelles perspectives pour accélérer l'identification de composés sémio-chimiques d'intérêt. Il est désormais possible d'exploiter ces connaissances dans le cadre d'une approche dite **d'écologie chimique inverse**, consistant à partir des mécanismes sensoriels de l'insecte pour remonter vers les signaux chimiques pertinents pour une espèce donnée (Persyn, 2024).

Cette stratégie s'est d'abord révélée particulièrement utile dans le domaine de la santé publique, notamment pour l'étude de l'espace chimique des insectes vecteurs de maladies, tels que les moustiques (Choo et al., 2018 *in* Persyn, 2024), ainsi que dans le domaine de la conservation animale, par exemple chez le panda géant (Zhu *et al.*, 2017 *in* Persyn, 2024). Elle présente également un fort potentiel en agriculture, en particulier dans le cadre du **bio-contrôle des insectes ravageurs**. Dans ce contexte, l'exploitation des mécanismes olfactifs des insectes offre de nouvelles perspectives pour perturber leurs comportements essentiels, tels que la recherche de nourriture, la reproduction ou l'oviposition, sans recourir à des substances toxiques.

L'approche d'écologie chimique inverse cible principalement les protéines impliquées dans la perception olfactive et associées à des comportements spécifiques que l'on cherche à moduler ou à perturber. Chez les insectes, la réponse comportementale ou physiologique induite par une molécule odorante, ou par un mélange de molécules, repose essentiellement sur l'intervention des **protéines de liaison aux odeurs (OBP)** et des **récepteurs olfactifs (OR)** (Caballero-Vidal *et al.*, 2021). Ces cibles biologiques peuvent être exploitées dans des stratégies de sélection ciblée de composés, réalisées **in vitro**, **in vivo** et, plus récemment, **in silico**. Ces approches permettent d'évaluer un nombre beaucoup plus important de molécules, dans des délais réduits, comparativement aux méthodes comportementales traditionnelles.

L'une des applications les plus développées repose sur l'utilisation de **pièges attractifs**. Cette méthode consiste à employer des appâts alimentaires, des phéromones de synthèse (sexuelles ou d'agrégation), des kairomones ou d'autres molécules odorantes capables d'attirer les insectes vers des dispositifs de capture. Ces pièges peuvent être utilisés soit pour le **piégeage massif**, afin de réduire les effectifs des populations nuisibles, soit comme outils de **surveillance**, permettant de détecter les périodes de vol, de suivre les dynamiques de population et d'améliorer la prise de décision en protection des cultures. Leur efficacité dépend toutefois de plusieurs paramètres, notamment la densité des pièges, leur répartition spatiale et temporelle, ainsi que la qualité des matériaux utilisés. L'ajout de stimuli visuels, tels que la forme ou la couleur des pièges, peut également renforcer leur pouvoir attractif (M.A.A.S.A., 2012 ; Caballero-Vidal, 2020; Persyn, 2024). L'écologie chimique inverse permet également d'identifier des composés à effet **répulsif** ou **anti-appétant**, capables d'éloigner les insectes des cultures ou de limiter leur alimentation et leur

ponte. Ces substances peuvent être utilisées seules ou intégrées dans des stratégies combinées visant à détourner les ravageurs des parcelles cultivées (Caballero-Vidal, 2020).

Malgré certaines limites, l'écologie chimique inverse constitue aujourd'hui une approche prometteuse pour le développement de solutions innovantes de bio-contrôle, fondées sur l'identification ciblée de composés capables de moduler le comportement des insectes ravageurs et de réduire durablement leurs populations. Cette approche repose notamment sur l'utilisation de stratégies de piégeage attractif, telles que le piégeage de masse.

I.3. Piégeage de masse

I.3.1. Importance du piégeage de masse et influence des stimuli visuels et olfactifs sur l'attraction des insectes ravageurs

Le piégeage des insectes nuisibles a été développé afin de prévenir les dégâts causés aux cultures et de réduire les populations de ravageurs dans la nature. Plusieurs dispositifs reposent sur ce principe, notamment le piégeage de masse, la « bait station » ou « lure and kill », ainsi que la technique MAT (Hafsi, 2016; Persyn, 2024).

Le piégeage de masse a pour objectif de capturer un maximum d'individus, en particulier les femelles, afin de limiter les attaques. Cette technique est encore largement utilisée dans les programmes de surveillance et de lutte contre les ravageurs. Son efficacité repose sur l'association d'un piège efficace et d'un attractif sélectif (Hafsi, 2016; Persyn, 2024). Cette méthode repose principalement sur l'utilisation d'appâts alimentaires pour attirer les ravageurs. Pour assurer une bonne efficacité du piégeage, il est nécessaire d'adapter correctement la densité des pièges ainsi que leur distribution spatiale et temporelle. Dans les régions isolées présentant de faibles densités de population, une densité d'environ 50 pièges/ha peut suffire pour protéger les fruits (Navarro-Llopis *et al.*, 2008 *in* Hafsi, 2016). L'efficacité du piégeage de masse est plus importante lorsque la densité des populations de l'insecte cible est faible et lorsque la migration des insectes vers la zone traitée reste limitée. À l'inverse, dans les zones à forte densité de population, la saturation rapide des pièges par les adultes de l'insecte cible représente l'une des principales causes d'échec de cette technique (De Meyer, 2013 *in* Hafsi, 2016; Ramiaranjatovo, 2024).

Le développement des pièges repose sur l'utilisation combinée de stimuli visuels et olfactifs (Epsky & Heath, 1998 *in* Persyn, 2024). Les attractifs utilisés peuvent être naturels, liquides, secs ou synthétiques. Ils ciblent principalement les femelles et sont généralement basés sur des attractifs alimentaires à base de protéines ou sur des composés olfactifs reproduisant l'odeur de l'hôte (Allwood *et al.*, 2002 *in* Hafsi, 2016). Les composés volatils issus de la décomposition jouent également un rôle important dans l'attraction olfactive des insectes, car ils favorisent la recherche de sites de ponte appropriés, de partenaires ou encore de sources de nourriture pour leur progéniture (Smith, 1986 *in* Persyn, 2024).

Historiquement, les attractifs liquides à base de protéines ont été utilisés pour capturer les mâles et les femelles de nombreuses espèces. Toutefois, ces attractifs présentent une faible sélectivité et peuvent également capturer des insectes non ciblés (Koul *et al.*, 2004 *in* Hafsi, 2016). Malgré cette limite, les méthodes de piégeage attractif ont montré une grande efficacité contre plusieurs ravageurs, notamment les coléoptères scolytes en Amérique et en Asie, la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* en Espagne, ainsi que le charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus* dans certaines régions du Bassin méditerranéen et d'Afrique (Persyn, 2024).

Les stimuli olfactifs agissent souvent en synergie avec les stimuli visuels afin d'augmenter l'efficacité des pièges. Ainsi, la couleur, la forme et la taille des pièges sont optimisées pour maximiser leur pouvoir attractif (Hafsi, 2016 ; Persyn, 2024). Parmi les couleurs utilisées, le jaune et le jaune fluorescent sont considérés comme très attractifs pour de nombreuses espèces. Selon Prokopy (1972 *in* Persyn, 2024), le jaune agit comme un stimulus « super-normal » imitant le feuillage vert des plantes hôtes et stimulant les comportements de recherche alimentaire et de ponte. Cependant, certaines espèces répondent différemment aux couleurs ; par exemple, *Rhagoletis completa* et *Bactrocera minax* sont davantage attirées par la couleur verte (Cui *et al.*, 2022 *in* Persyn, 2024). Les pièges colorés (Piégeage chromatique) constituent donc un moyen important pour renforcer l'attraction et cibler plus spécifiquement certaines espèces de ravageurs (Persyn, 2024).

L'importance des repères visuels a également été démontrée chez plusieurs insectes. Par exemple, la pyrale orientale des fruits *Grapholita molesta* ne parvient pas à s'orienter dans un environnement à faible visibilité contenant uniquement un attractif chimique, ce qui montre que les repères visuels sont essentiels à la localisation du site (Vickers, 2000 *in* Persyn, 2024). De même, le moucheron noir *Simulium arcticum* utilise fortement la forme et la couleur pour localiser son hôte à courte distance et ne réagit donc pas uniquement au CO_2 émis par celui-ci (Sutcliffe *et al.*, 1991 *in* Persyn, 2024).

Par ailleurs, l'efficacité des pièges peut varier en fonction de la matière attractante, de la forme et de la couleur du piège, mais également selon les conditions environnementales. En effet, un piège peut fonctionner différemment d'un endroit à un autre, par exemple en milieu ouvert ou en bordure de forêt, d'une saison à une autre, ou encore selon la culture à protéger et la taille de l'exploitation (Persyn, 2024).

CHAPITRE II.
MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Objectif

L'objectif de la présente étude est de développer et d'évaluer une solution innovante, naturelle et durable destinée à la surveillance et à la gestion des insectes ravageurs des cultures, à travers la conception de pièges bio-attractifs écologiques basés sur l'utilisation de matières organiques et de composés végétaux fermentés.

Elle vise également à identifier les formulations les plus efficaces pour l'attraction des ravageurs de l'olivier. Les formulations évaluées sont à base de compost, de fruits en décomposition (pomme, pêche, fraise et banane), de plantes aromatiques (lavande, romarin et camomille), de sous-produits céréaliers (son de blé et d'orge), de feuilles d'olivier, ainsi que de certaines huiles essentielles. Leur efficacité a été comparée à celle d'un piège témoin à travers l'évaluation de l'abondance des insectes capturés et de leur indice d'attraction. L'étude vise également à analyser l'effet des différents degrés de fermentation sur le niveau d'attraction des pièges bio-attractifs, ainsi qu'à suivre l'évolution de l'activité microbienne au cours du processus de fermentation.

Enfin, elle ambitionne de proposer une alternative durable, efficace et respectueuse de l'environnement, contribuant à la réduction de l'utilisation des pesticides chimiques dans les systèmes agricoles.

II.2. Présentation de la région d'étude

II. 2.1. Situation géographique

Afin d'évaluer l'efficacité des attractifs biologiques dans des conditions naturelles, notre étude expérimentale a été menée dans un verger oléicole situé dans la région de Ksar El Boukhari. Cette région se trouve à environ 60 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Médéa et à près de 135 km au sud d'Alger. Elle couvre une superficie d'environ 53,87 km² (Figure II.1).

Sur le plan géographique, le site d'étude est localisé entre les latitudes 35°53'08'' Nord et les longitudes 2°45'03'' Est. D'un point de vue topographique, la zone d'étude présente une altitude relativement homogène, avec une altitude maximale de 803 m au-dessus du niveau de la mer.

Les caractéristiques géographiques et topographiques de cette région en font un cadre approprié pour l'évaluation des attractifs biologiques dans des conditions représentatives des vergers oléicoles de la région.

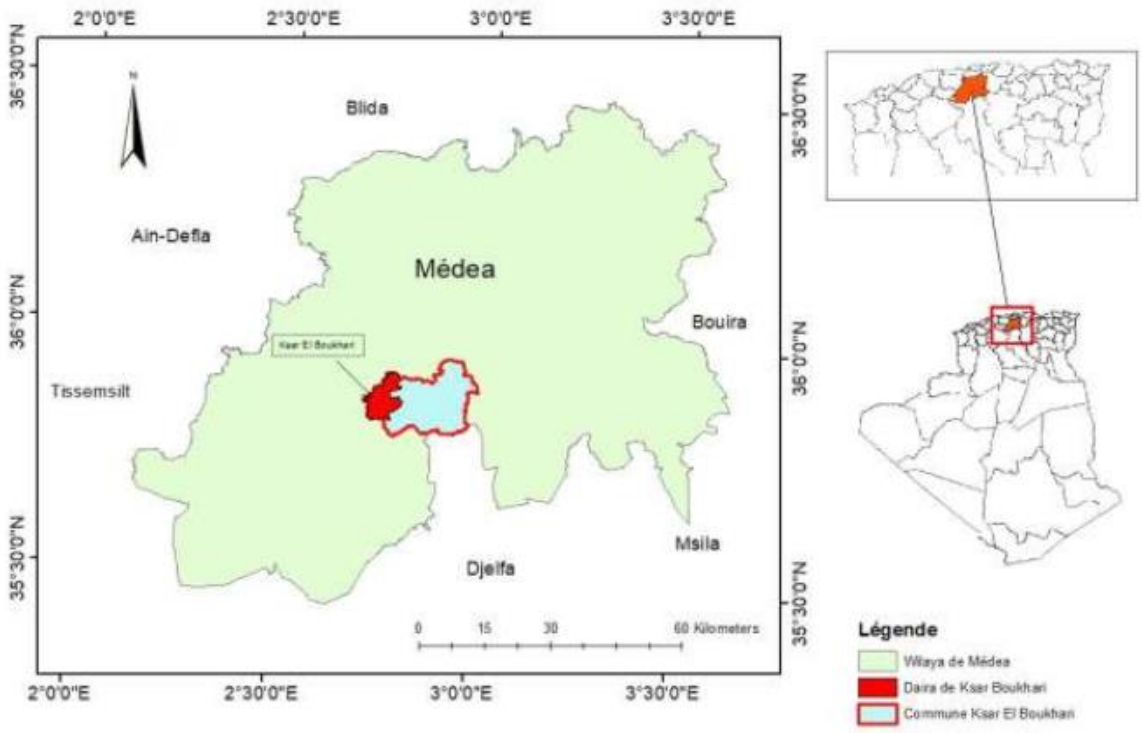


Figure II.1. Localisation géographique de la région d'étude (Ksar El Boukhari)

II. 2.2. Bioclimat des régions d'étude

Le climat, en raison de ses composantes telles que la température, les précipitations, le vent et l'humidité relative de l'air, constitue un facteur écologique essentiel, intervenant dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionnant, par conséquent, la répartition géographique des êtres vivants dans la biosphère (Dreux, 1980, *in* Ababsa, 2012). Dans ce cadre, la région de Ksar El Boukhari est caractérisée par un climat de type semi-aride, marqué par une forte variabilité saisonnière des températures et des précipitations.

Les données enregistrées à Ksar El Boukhari au cours de la période 1995–2025 (30 ans) montrent que les valeurs thermiques indiquent que le mois le plus chaud est juillet, avec une température moyenne minimale de 21 °C et une température moyenne maximale de 36 °C, tandis que le mois le plus froid est janvier, avec une température moyenne minimale de 3 °C et une température moyenne maximale de 12 °C.

Par ailleurs, les précipitations se caractérisent par une forte variabilité interannuelle ainsi qu'une variabilité mensuelle au sein d'une même année. Les relevés pluviométriques montrent que le mois le plus pluvieux est avril, avec 65,23 mm, alors que le mois le plus sec est juillet, avec seulement 4,0 mm (Tableau II.1).

Tableau II. 1. Évolution mensuelle des températures et des précipitations à Ksar El Boukhari (1995–2025)

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T° Min	3	4	6	9	13	18	21	21	17	13	8	4
T° Max	12	14	17	21	25	32	36	35	29	24	17	13
T° Moy	7.5	9	11.5	15	19	25	28.5	28	23	18.5	12.5	8.5
P (mm)	64.80	47.87	44.68	33.93	39.35	16.49	4.0	7.0	18.0	28.0	65.23	64.47

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/ksar-el boukhari_algérie_2491323

II. 2.3. Synthèse climatique

Les données climatiques de la région d'étude ont été extraites de la base de données Meteoblue, laquelle met à disposition des séries climatiques historiques et des données modélisées pour la station de Ksar El Boukhari, Médéa (Algérie).

Bagnouls et Gaussen (1953), repris par Dajoz (1985), définissent un mois sec comme celui durant lequel la somme des précipitations mensuelles (P, en mm) est inférieure au double de la température moyenne mensuelle (2T), soit lorsque $P < 2T$. Ils ont ainsi proposé un diagramme ombrothermique permettant de représenter simultanément les précipitations et les températures. La période sèche est identifiée lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures.

Le diagramme ombrothermique établi pour la période 1995–2025 (Figure II.2) met en évidence deux saisons climatiques principales : une période humide d'environ sept mois, s'étendant de janvier à avril puis d'octobre à décembre, et une période sèche de cinq mois, allant de mai à septembre.

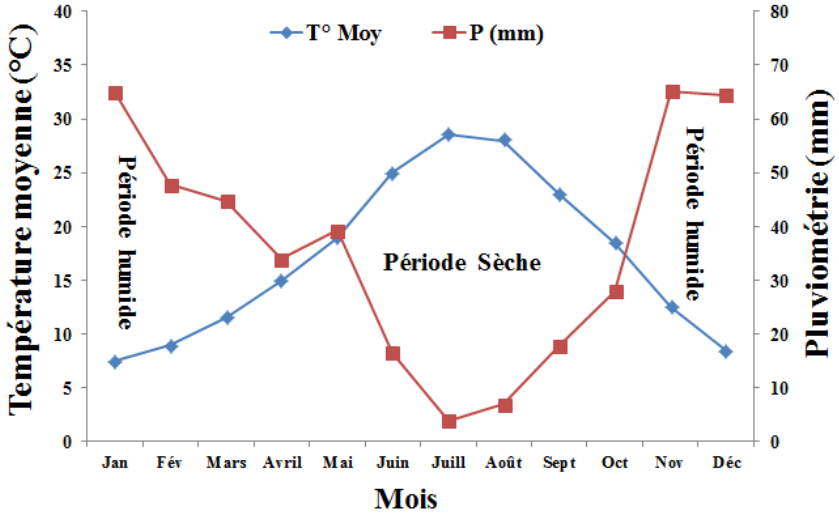


Figure II.2. Diagramme Ombrothermiques de la région de Ksar El Boukhari, Médéa

II. 2.4. Étage bioclimatique (Climagramme d'EMBERGER)

Parmi les indices bioclimatiques traditionnellement utilisés en Afrique du Nord et dans le bassin méditerranéen (Gaussen, 1954; Quézel, 1979), l'indice bioclimatique d'Emberger occupe une place importante. Cet indice permet de caractériser les différents types de climat et de les classer en étages bioclimatiques. Il prend en compte les précipitations annuelles (P), la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M) ainsi que la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m) (Emberger, 1955). L'indice pluviothermique d'Emberger est exprimé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

- **P**: pluviométrie annuelle (mm) ;
- **M** : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (K°);
- **m** : Moyennes des températures minimales du mois le plus froid (K°).

1K=T°C+273.

Le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger a donné une valeur de **44,94 (Q_2)**. Selon le climagramme d'Emberger, cette valeur classe la région de **Ksar El Boukhari** dans l'étage bioclimatique **semi-aride à hiver doux**, traduisant l'influence d'un climat méditerranéen durant la période **1995–2025** (Figure II.3).

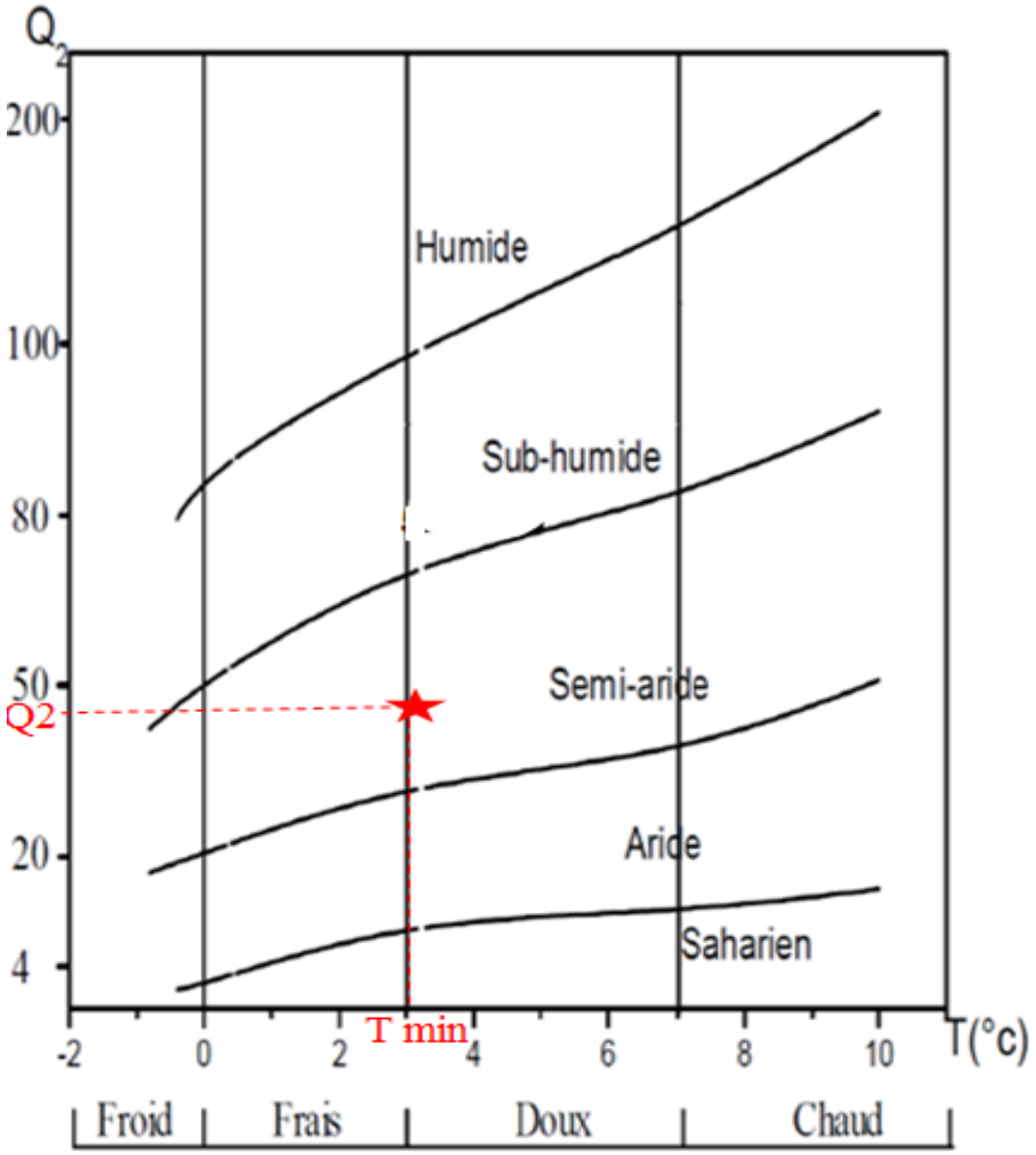


Figure II 3. Localisation de la région de Kasr El Boukhari dans le Climagramme d'Emberger

II. 2.5. Présentation de la zone d'étude : Commune de Saneg

L'expérimentation a été réalisée dans la commune de Saneg, située au sud de la daïra de Ksar El Boukhari. Cette zone d'étude se caractérise par une altitude relativement homogène, comprise entre 631 et 633 m au-dessus du niveau de la mer. Elle est localisée aux coordonnées géographiques suivantes : 35°51'05'' Nord de latitude et 2°50'20'' Est de longitude. La commune s'étend sur une superficie d'environ 76,32 km² (Figure II.4).



Figure II.4. Situation géographique de la parcelle expérimentale – commune de Saneg (Google Earth, 2026)

II.3. Matériel d'étude biologique

II.3.1. Choix de la matière organique

Le choix de la matière organique joue un rôle essentiel dans l'efficacité des attractifs biologiques destinés au piégeage des insectes. Plusieurs études ont montré que l'efficacité attractive des substrats organiques dépend de leur nature ainsi que des composés volatils libérés au cours du processus de fermentation. La dégradation de la matière organique favorise en effet l'émission de substances attractives susceptibles d'influencer le comportement des insectes ravageurs (Rekinger, 2020 ; Iqbal et Feng, 2020).

Dans le cadre de cette étude, le choix des matières organiques s'est orienté vers des ressources végétales et des bio-déchets facilement disponibles localement, dans une perspective de valorisation des déchets organiques. Les substrats retenus comprennent des plantes aromatiques locales (camomille, romarin et lavande papillon), des feuilles d'olivier, des sous-produits céréaliers (son de blé et d'orge), des déchets de fruits altérés (fraise, pêche, banane et pomme) ainsi que du compost fermenté.

Les plantes aromatiques utilisées, composées de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de camomille (*Matricaria chamomilla*), ont été prélevées dans la région de Ksar El Boukhari, ainsi que de lavande (*Lavandula* sp.), récoltée dans la région de Médéa. Ces plantes ont été récoltées durant la période printanière, plus précisément au mois de Mai, qui

coïncide avec leur période de floraison. Leur sélection repose sur leur disponibilité locale, leur adaptabilité aux conditions environnementales de la région, ainsi que sur leur richesse en métabolites secondaires, susceptibles de contribuer à l'activité attractive des insectes. Les feuilles d'olivier (*Olea europaea*) ont été prélevées au niveau du champ expérimental. Leur sélection repose sur l'effet que les feuilles de l'hôte en décomposition sont susceptibles d'exercer sur l'activité attractive des insectes.

Les fruits utilisés comme substrats fermentescibles ont été collectés au marché de Ksar El Boukhari. Les sous-produits céréaliers ont été fournis par la société de minoterie de Ksar El Boukhari, tandis que le compost a été obtenu auprès de Mme TCHAKER F.Z. Enfin, les huiles essentielles incorporées dans certaines formulations ont été fournies par Mme SAFIDDINE F.

Ces différents substrats ont été sélectionnés en raison de leur richesse en matière organique fermentescible et de leur potentiel à produire des composés volatils attractifs lors de la fermentation.

II.4. Méthodes d'étude

II.4.1. Préparation des produits attractifs

Pour la préparation des attractifs biologiques, une macération aqueuse a été réalisée à partir de 500 g de chaque substrat organique préalablement broyé. Les substrats utilisés comprenaient un mélange à parts égales de plantes aromatiques locales (camomille, romarin et lavande papillon), des feuilles d'olivier, des sous-produits céréaliers (son de blé et d'orge), des déchets de fruits altérés composés de fraises, de pêches, de bananes et de pommes en quantités égales, du compost, ainsi qu'un mélange homogène de l'ensemble de ces substrats.

Chaque échantillon a ensuite été macéré dans 1 à 1.5 L d'eau distillée (pH 7,3) jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène, puis maintenu à température ambiante pendant 48 heures.

Afin d'améliorer le pouvoir attractif des préparations fermentées, différents co-attracteurs (sucre, mélasse de dattes, vinaigre et levure) ont été ajoutés à chaque formulation en quantités identiques.

Les mélanges ont ensuite été conservés à température ambiante (25 °C) pendant une période de fermentation de 10 jours, tout en étant régulièrement agités. À l'issue de cette période, les attractifs fermentés étaient prêts à être utilisés dans les essais de piégeage. Avant leur utilisation, chaque formulation a été diluée dans de l'eau.

Les six formulations testées étaient les suivantes :

Produit 1 : fermentation d'un mélange de plantes aromatiques composé de camomille (*Matricaria chamomilla*), de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de lavande papillon (*Lavandula stoechas*).
Produit 2 : fermentation de feuilles d'olivier (*Olea europaea*).
Produit 3 : fermentation de sous-produits céréaliers constitués de son de blé et de son d'orge.
Produit 4 : fermentation de déchets de fruits altérés (fraise, pêche, banane et pomme).
Produit 5 : fermentation de compost.
Produit 6 : fermentation d'un mélange homogène regroupant l'ensemble des substrats précédents.

L'huile essentielle utilisée dans cette étude a été fournie par Mme SAFFIDINE F., co-promotrice du travail. Elle est obtenue à partir des feuilles d'agrumes, notamment du citronnier et de l'oranger.

La production de cette huile essentielle n'a pas été réalisée au cours de cette étude en raison de contraintes de temps. Toutefois, sa production pourrait être envisagée dans de futurs travaux afin d'assurer une meilleure standardisation et une autonomie de production du matériel biologique utilisé.

II.4.2. Évaluation de l'activité microbienne dans les différentes formulations

II.4.2.1. Préparation du milieu de culture

Afin d'évaluer l'activité microbienne, considérée comme le moteur principal du processus de fermentation de nos substrats, un milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a été préparé au laboratoire, avec un pH compris entre 6,5 et 7. Le protocole utilisé est basé sur IMPION (2010).

Préparation du milieu de culture :

• **Pesée et dissolution** : La quantité nécessaire de poudre de PDA a été soigneusement pesée à l'aide d'une balance de précision, puis dissoute dans un volume prédéfini d'eau distillée, conformément aux recommandations du fabricant.
• **Stérilisation** : Le milieu obtenu a été stérilisé par autoclavage à 121 °C pendant 20 minutes afin de garantir des conditions d'asepsie.
• **Coulage** : Après refroidissement à environ 45 °C, le milieu a été coulé dans des boîtes de Petri stériles sous hotte à flux laminaire, à raison d'environ 10 ml par boîte afin d'obtenir une épaisseur d'environ 0,5 cm. Les boîtes ont ensuite été laissées à solidifier complètement avant utilisation.

II.4.2.2. Estimation de la population microbienne

L'estimation de la population microbienne a été réalisée par la méthode des dilutions successives et l'ensemencement sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar).

Un volume de 90 mL d'eau distillée stérile, préalablement autoclavée à 121 °C pendant 15 à 20 minutes, a été préparé. Ensuite, 10 mL de matière fermentée (prélevée à partir des pièges installés, avec des prélèvements effectués tous les deux jours) ont été ajoutés afin d'obtenir une dilution au dixième (10^{-1}). Le mélange a été homogénéisé par agitation.

À partir de cette suspension, 1 ml a été prélevé puis ajouté à 9 ml d'eau stérile afin d'obtenir les dilutions successives 10^{-2}, 10^{-3} ,10^{-4} et 10^{-5}.

Par la suite, des volumes appropriés de chaque dilution ont été ensemencés sur milieu PDA stérile contenu dans des boîtes de Petri. Les cultures ont été incubées à 28 °C pendant 24 heures pour les bactéries et entre 48 et 72 heures pour les champignons. Après incubation, les colonies microbiennes ont été dénombrées et la densité microbienne a été calculée pour chaque formulation étudiée.

Cette procédure a été répétée pour l'ensemble des formulations afin de comparer l'activité microbienne entre les différents substrats fermentés.

II.4.3. Dispositif expérimental

Au niveau de l'oliveraie, des transects linéaires ont été installés et considérés comme des blocs expérimentaux (Frontier, 1983).

Dans le but d'évaluer la réponse des différentes espèces aux différentes formulations attractives, des pièges jaunes et verts ont été utilisés, à raison de trois pièges par traitement. Chaque piège mesurait 30 cm de longueur et 15 cm de largeur, de forme circulaire, et comportait plusieurs orifices facilitant l'entrée des insectes capturés. Les pièges ont été disposés à hauteur d'homme au sein de chaque bloc expérimental. Chaque piège contenait 50 ml de la formulation correspondante. Au total, 27 pièges ont été installés.

Les traitements expérimentaux étaient répartis comme suit :

- **Bloc 1** : fermentation d'un mélange de plantes aromatiques composé de camomille (*Matricaria chamomilla*), de romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de lavande papillon (*Lavandula stoechas*).
- **Bloc 2** : fermentation de feuilles d'olivier (*Olea europaea*).
- **Bloc 3** : fermentation de sous-produits céréaliers constitués de son de blé et de son d'orge.
- **Bloc 4** : fermentation de déchets de fruits altérés (fraise, pêche, banane et pomme).

- **Bloc 5** : fermentation de compost.
- **Bloc 6** : fermentation d'un mélange homogène regroupant l'ensemble des substrats précédents.
- **Bloc 7** : huile essentielle à base de citron.
- **Bloc 8** : huile essentielle à base d'orange.
- **Bloc 9 (témoin)** : eau distillée uniquement.

Chaque formulation a été renouvelée chaque semaine, tandis que le suivi des captures a été réalisé tous les deux jours afin d'évaluer l'efficacité de captation en fonction du degré de fermentation.

Les insectes piégés ont été collectés et identifiés sur une période d'un mois. Les spécimens ainsi récoltés ont été placés dans des flacons contenant d'éthanol (30%), puis transférés au laboratoire pour identification et dénombrement.

L'identification des insectes a été réalisée sur la base des caractéristiques morphologiques externes à l'aide d'une loupe binoculaire, au grossissement 8×10 (Delvare et Aberlenc, 1989).

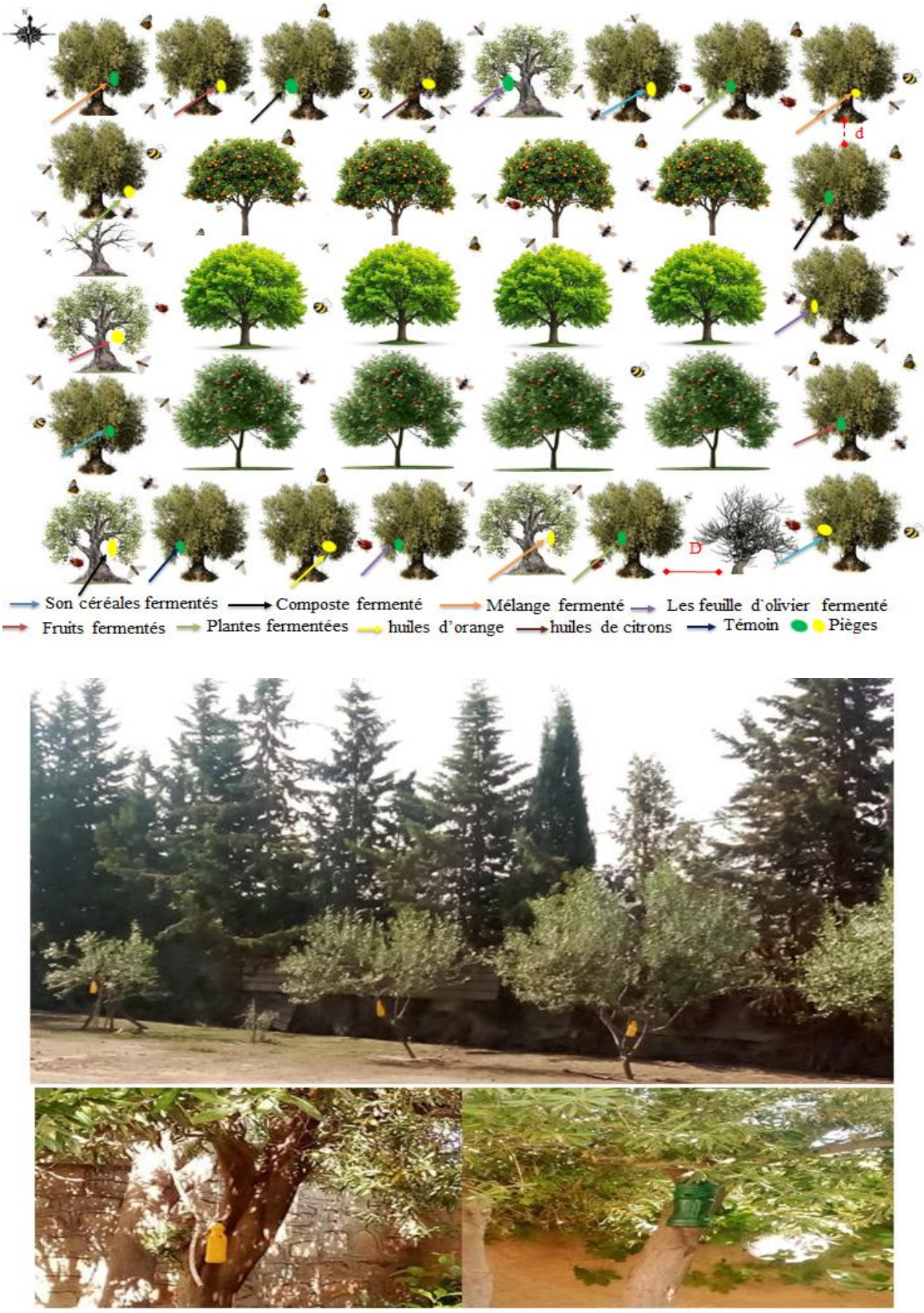


Figure II.6. dispositif expérimental

II.5. Paramètres étudiés

Pour évaluer l'efficacité d'attraction des éco-pièges, nous nous sommes basés sur plusieurs paramètres, notamment l'abondance des captures, l'indice d'attraction ainsi que différents indices écologiques.

II.5.1. Estimation de l'abondance

L'estimation de l'abondance a été réalisée par dénombrement des individus collectés dans les pièges disposés le long des transects végétaux. Les prélèvements ont été effectués régulièrement durant une période d'un mois. Les différents individus ont été observés à l'aide d'une loupe binoculaire afin de faciliter leur identification.

II.5.2. Indice d'attraction

Le nombre d'insectes capturés dans le dispositif témoin a été comparé à celui obtenu dans les différents traitements afin d'évaluer le degré d'attraction. L'indice d'attraction a été calculé à l'aide de la formule (Sathiyaseelan *et al.*, 2022) :

$$\mathbf{IA = T - C / N *100}$$

Où :

- IA = indice d'attraction
- T = nombre total d'individus capturés
- C = nombre d'insectes capturés dans le témoin
- N = nombre d'insectes attirés dans le traitement

II.6. Analyse statistique

L'analyse statistique a porté sur l'évaluation de l'effet des différentes formulations de bio-attracteurs sur l'abondance des insectes capturés et sur leur indice d'attraction.

Les analyses de variance ont été réalisées sur des séries de données homogènes, sélectionnées sur la base d'un coefficient de variation inférieur à 15 % (CV < 15 %).

Les données relatives à l'abondance des insectes ont été décrites à l'aide de statistiques descriptives et représentées sous forme d'histogrammes. Une analyse des correspondances (DCA) ainsi qu'une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont également été réalisées afin de mettre en évidence les similitudes entre les formulations et leur effet sur les communautés d'insectes. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée afin de déterminer l'existence de différences significatives entre les traitements, au seuil de signification de 5 % ($p \leq 0,05$). L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel **PAST**.

CHAPITRE III

PRESENTATION ET ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET DE STARTUP

Depuis plusieurs décennies, les pesticides chimiques occupent une place prépondérante dans les stratégies de protection phytosanitaire à l'échelle mondiale. Leur utilisation a largement contribué à l'amélioration des rendements agricoles grâce à un contrôle rapide et efficace d'un large éventail d'insectes ravageurs. Cependant, leur usage intensif et parfois non raisonné a progressivement révélé des conséquences négatives. Parmi les principaux effets négatifs figurent la pollution de l'environnement, la dégradation de la biodiversité ainsi que les risques potentiels pour la santé humaine. De plus, l'apparition de phénomènes de résistance et de résurgence chez de nombreuses espèces de ravageurs réduit l'efficacité des traitements phytosanitaires, accentuant ainsi les impacts environnementaux et sanitaires.

Face à ces enjeux, la recherche de méthodes alternatives de protection des cultures est devenue une priorité scientifique, environnementale et économique. Dans cette perspective, les approches fondées sur l'utilisation de composés naturels attractifs suscitent un intérêt croissant. Elles reposent sur une meilleure compréhension des interactions chimiques entre les insectes et leur environnement, notamment à travers les mécanismes d'attraction liés aux composés organiques volatils.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent projet, dont l'objectif est de développer une solution innovante, naturelle et durable pour la surveillance et la gestion des insectes ravageurs. Cette approche vise à réduire la dépendance aux pesticides chimiques tout en limitant leurs effets néfastes sur les écosystèmes et la santé humaine. C'est à partir de cette réflexion qu'est née l'idée principale de ce projet.

Le projet repose sur la conception de pièges olfactifs écologiques utilisant des attractifs naturels issus de ressources organiques végétales. L'originalité de cette démarche réside dans la valorisation de ressources biodégradables, facilement accessibles et peu coûteuses, afin de développer des dispositifs de lutte adaptés aux réalités du terrain. Cette approche s'appuie sur l'exploitation de composés organiques volatils d'origine naturelle, notamment issus des processus de fermentation de matières organiques ou d'extraits végétaux, capables de reproduire des signaux chimiques attractifs spécifiques à certaines espèces cibles.

Au-delà de la réduction de l'usage des pesticides chimiques, cette approche vise à promouvoir une gestion préventive et raisonnée des ravageurs, fondée sur les principes de la protection intégrée des cultures. Elle ambitionne ainsi de concilier efficacité agronomique, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement et sécurité sanitaire.

En définitive, ce projet s'inscrit pleinement dans une démarche d'agriculture durable et contribue à la transition vers des systèmes de production plus respectueux des équilibres naturels, en proposant une alternative écologiquement soutenable, économiquement accessible et scientifiquement fondée.

I. Équipe de Travail et Encadrement (Section 01)

I.1. Equipe de travail

L'équipe du projet est composée des membres suivant:

Équipe du projet	Spécialité	Faculté/Institut	Expérience et compétence dans le domaine de projet
Etudiante 1: **NASRI Khaoula**	Phytopathologie	Département d'Agronomie Faculté des sciences Université de Médéa	**Licence en protection des végétaux**
Etudiante 2 : **GUELIFAT Fatma**			

I.2. Equipe d'encadrement

L'équipe d'encadrement est composée des membres suivant:

Administrateur	Spécialité	Faculté/Institut
Promotrice: **TCHAKER Fatma Zahra**	sciences agronomiques –protection des plantes et environnement	Département d'Agronomie Faculté des sciences Université de Médéa
CO-Promotrice: **SAFIDDINE Fadhila**	Sciences Agronomiques –Bio-pesticides	

II. Présentation du projet

II.1. Définition de l'activité

Le projet consiste à développer des pièges olfactifs écologiques (pièges attractifs) respectueux de l'environnement, basés sur l'utilisation de produits naturels et organiques destinés à attirer les insectes ravageurs en milieu agricole. L'activité repose sur l'exploitation de composés organiques fermentés issus de ressources naturelles telles que le compost, les plantes aromatiques (Lavande; Romarin; Camomille), les fruits en décomposition (Pomme; Pêche; Fraise; Banane), le son de céréales (blé; Orge), les feuilles de plante hôte (Feuille d'olivier) ainsi que certaines huiles essentielles, notamment celles d'agrumes. Ces attractifs permettent la surveillance et la réduction des populations de ravageurs de manière durable et écologique.

Ce projet vise ainsi à proposer une alternative efficace aux pesticides chimiques, contribuant à la protection efficace des cultures tout en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

II.2. Secteur d'activité

Le projet s'inscrit dans les secteurs d'activité suivants :

- **Industrie** : fabrication de pièges attractifs à base de produits organiques.
- **Agriculture** : notamment dans les domaines des biotechnologies agricoles et de la protection biologique des cultures.

Par ailleurs, il appartient aux types des projets écologiques et innovants (Green & Eco-friendly projects), visant à promouvoir une agriculture plus durable et respectueuse d'environnement

II.3. Code d'activité

- **Code : 016199** selon le guide de l'activité économique (https://cosit.gov.iq/documents/PUF4/4/دليل%20النشاط%20الاقتصادي.pdf).
- **Intitulé :** Protection et traitement des cultures
- **Description :** Activités liées à la surveillance, à la prévention et à la lutte contre les ravageurs des cultures afin de protéger, d'améliorer et d'assurer le rendement.
- **Justification :** Le projet consiste à développer des pièges olfactifs écologiques à base d'attractifs naturels destinés à la surveillance et à la gestion des insectes ravageurs. Cette activité s'inscrit directement dans le domaine de la protection des cultures par des méthodes alternatives respectueuses de l'environnement.

III. Description de l'idée du projet

III.1. Produits du projet

Le produit proposé consiste en des **pièges colorés et olfactifs écologiques** destinés à la surveillance et à la gestion des insectes ravageurs des cultures. Ces dispositifs utilisent des attractifs naturels élaborés à partir **de ressources organiques telles que le compost, les fruits en décomposition (Pomme; Pêche; Fraise; Banane), les plantes aromatiques (Lavande; Romarin; Camomille), le son de céréales (blé; Orge), les feuilles de plante hôte (Feuille d'olivier) ainsi que certaines huiles essentielles, notamment celles d'agrumes. Afin d'optimiser leur pouvoir attractif, ces matières seront soumises à des procédés de fermentation en milieu aqueux avec l'ajout de co-attractifs naturels.**

Les **produits bio-attractifs** constituent une solution efficace, respectueuse de l'environnement et accessible aux agriculteurs, permettant de réduire la dépendance aux pesticides chimiques coûteux et à usage limité, tout en favorisant une gestion durable des ravageurs des cultures.

Ces produits sont proposés à des prix compétitifs et permet d'assurer une protection agricole efficace, sans nuire à l'environnement ni à la santé humaine.

III.2. Clients cibles des produits

Le marché de notre produit naturel englobe un large éventail d'acteurs concernés par la protection des cultures et l'amélioration de la production agricole.

1. Secteur public

Ce segment représente un acteur stratégique dans l'adoption et la diffusion des solutions agricoles innovantes. Il comprend notamment :

- Le ministère de l'Agriculture et du Développement rural, ainsi que ses différentes directions;
- Les instituts techniques spécialisés, tels que l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV), l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI), ainsi que l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV);
- Les centres de recherche agricole et les organismes publics chargés de l'expérimentation et de la diffusion des innovations agricoles.
- Le ministère du Commerce et de la Promotion des Exportations, ainsi que l'ensemble de ses directions et secteurs.

2. Secteur privé

Ce segment constitue le cœur d'utilisation directe de notre produit. Il comprend :

- Les agriculteurs;
- Les exploitations et les coopératives agricoles;
- Les fermes pilotes et exploitations de démonstration;
- Les entreprises agricoles privées engagées engagés dans l'agriculture biologique;
- Les entreprises des produits phytosanitaires.

Ainsi, notre produit s'inscrit dans une logique de complémentarité entre les secteurs public et privé, avec pour objectif une adoption progressive des solutions naturelles dans les pratiques agricoles modernes.

3. Justification du choix de ces secteurs

Le choix de ces secteurs repose sur leur importance dans le développement et la diffusion des produits agricoles innovants. Ces secteurs ont été sélectionnés en raison de :

Le **secteur public**, à travers les ministères et institutions agricoles, constitue un acteur clé en raison de son besoin constant en produits de protection visant à améliorer et à assurer la productivité agricole au niveau national. Les centres de recherche scientifique

jouent également un rôle essentiel, notamment dans le développement des connaissances et l'expérimentation de nouveaux produits. Leur sensibilité aux effets secondaires des intrants chimiques et leur intérêt pour des alternatives naturelles renforcent leur potentiel d'adoption de solutions écologiques. De plus, ces établissements étatiques ont généralement une meilleure connaissance des avantages des produits naturels et sont donc plus enclins à les adopter dans le secteur agricole. Par ailleurs, le ministère du Commerce contribue à la structuration du marché en assurant l'élargissement du réseau de distribution et la disponibilité des pièges bio-attractifs sur l'ensemble du territoire national, tout en optimisant les efforts de marketing et en améliorant l'efficacité de la distribution.

Le **secteur privé**, quant à lui, regroupe les principaux utilisateurs finaux, notamment les agriculteurs et les exploitations agricoles. Il se caractérise par un besoin permanent en solutions de protection des cultures afin d'améliorer la productivité et de réduire les pertes agricoles. Ce secteur représente donc un marché cible essentiel pour l'adoption de solutions naturelles et durables.

Ainsi, cette segmentation permet de cibler efficacement les acteurs les plus concernés et les plus susceptibles d'adopter des solutions alternatives aux pesticides chimiques, dans une logique d'agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

III.3. Site d'implantation du projet et mode de distribution

III.3. 1. Localisation de projet

Le projet sera réalisé dans un laboratoire équipé des outils et des matériaux nécessaires, où nous procéderons à la production biologique ainsi qu'à des tests des produits sur l'attraction des ravageurs.

Le projet sera de préférence implanté dans une région agricole, comme la wilaya de Médéa, permettant un accès direct aux matières premières nécessaires à la fabrication des attractifs naturels ainsi qu'aux principaux utilisateurs des produits.

III.3. 2. Distribution des produits

Il existe plusieurs canaux de distribution qui peuvent être choisies:

- **Distribution ou vente directe**: elle consiste à vendre le produit directement du fabricant au client, sans intermédiaires. Elle peut inclure les points de vente propres à l'entreprise ou les sites de commerce électronique.

- **Distribution indirecte** : elle repose sur l'utilisation d'intermédiaires ou de distributeurs pour acheminer le produit vers les clients. Cela peut inclure les détaillants, les grossistes et les agents de distribution.

- **Distribution multicanale** : elle consiste à utiliser simultanément les deux premiers canaux de distribution. Cette approche vise à répondre aux besoins et aux préférences variés des clients.

La commercialisation pourra être assurée par plusieurs canaux, comme nous l'avons déjà indiqué. Toutefois, il est nécessaire de sensibiliser les clients à l'importance du produit.

III.3.3. Promotion

Afin d'assurer une meilleure visibilité du produit et de renforcer sa présence sur le marché, plusieurs actions de communication et de promotion seront mises en place :

- **Publicité** : des annonces imprimées et en ligne sont utilisées pour diffuser des informations sur le produit, ses composants, son mode d'utilisation ainsi que son importance dans le domaine agricole.

- **Promotions des ventes** : elles incluent des réductions et des offres spéciales. Ces actions sont utilisées pour renforcer la valeur du produit et encourager les clients à l'achat.

- **Relations avec les médias** : elles visent à établir de solides relations médiatiques afin d'accroître la notoriété du produit et d'améliorer son image. Cela comprend la communication avec les médias, l'organisation de conférences et d'événements de presse, ainsi que la participation à des foires et salons agricoles.

III.4. Fonctionnement du projet

La production constitue une étape clé de la réussite du projet, car la mise en œuvre du plan de production nécessite de s'appuyer sur une équipe technique qualifiée. Elle exige également le respect des instructions et des normes en vigueur dans le domaine des industries à caractère agricole, afin de garantir la qualité du produit final. Le processus repose sur plusieurs étapes complémentaires :

- **Choix des matières premières :** les matières organiques (compost, fruits en décomposition, plantes aromatiques, son de céréales, feuilles de plantes hôtes ainsi que certaines huiles essentielles, notamment celles d'agrumes) sont sélectionnées puis collectées.
- **Préparation des attractifs :** ces matières sont ensuite transformées par des procédés naturels de fermentation aqueuse, avec ajout de co-attractifs, afin d'obtenir des formulations attractives efficaces.
- **Contrôle de la qualité :** les attractifs obtenus sont testés et optimisés, puis validés avant leur production à plus grande échelle.
- **Conditionnement et emballage :** le produit est conditionné dans des boîtes stériles en plastique, soigneusement fermées, puis étiquetées avec des informations explicatives relatives à son utilisation.

- **Stockage :** le produit est conservé dans des conditions appropriées, garantissant sa stabilité et sa qualité jusqu'à sa mise sur le marché.
- **Commercialisation et distribution :** le produit est commercialisé et distribué à travers les différents circuits de distribution, auprès des différents clients, notamment dans le secteur agricole.

Enfin, un accompagnement technique pourra être proposé afin d'assurer une utilisation optimale des dispositifs, garantissant ainsi leur efficacité sur le terrain.

III.5. Justification du choix de l'idée du projet

L'idée de ce projet est née de la nécessité de trouver des alternatives durables aux pesticides chimiques, dont l'utilisation intensive entraîne des conséquences négatives sur l'environnement, la biodiversité et la santé humaine. Dans ce contexte, la recherche de méthodes alternatives biologiques et écologiques de protection des cultures est devenue impérative.

C'est à partir de ces constats que nous nous sommes orientés vers le développement de pièges attractifs écologiques à base de composés naturels. Cette approche repose sur la valorisation de ressources locales, biodégradables et peu coûteuses, ce qui renforce sa viabilité économique et son impact environnemental positif. Elle représente une solution innovante permettant de réduire la dépendance aux pesticides tout en favorisant une protection intégrée des cultures.

IV. Étude de marché

IV. 1. Nature et intensité de la concurrence

Dans le cadre de ce projet de pièges attractifs écologiques, les principaux concurrents sont les entreprises spécialisées dans les pesticides chimiques, ainsi que certaines sociétés proposant des solutions de lutte biologique déjà présentes sur le marché, telles que les huiles essentielles et les pièges à phéromones.

Concurrents	**Nature de la concurrence**		**Intensité de la concurrence**		
	Concurrence Directe	Concurrence Indirecte	Intensité Forte	Intensité Moyenne	Intensité Faible

Fabricants et importateurs de pesticides chimiques et de produits phytosanitaires	**X**	**X**	
Fabricants et importateurs de produits biologiques (notamment huiles essentielles)		**X**	**X**
Fabricants et importateurs de pièges commerciaux, notamment les pièges à phéromones	**X**	**X**	
Utilisateurs de méthodes traditionnelles de lutte contre les ravageurs (prédateurs et parasitoïdes)		**X**	**X**

- **Stratégies de l'entreprise pour faire face à ses concurrents**

Face à cette concurrence, l'entreprise adopte plusieurs stratégies :

- **Stratégie de différenciation** : proposer une solution 100 % écologique, naturelle et sans danger pour l'environnement, la biodiversité et la santé humaine.
- **Stratégie de domination par les coûts** : utilisation de déchets organiques biodégradables afin de proposer un produit à prix compétitif.
- **Stratégie d'innovation** : développement de pièges attractifs basés sur des formulations naturelles optimisées par fermentation.
- **Stratégie de sensibilisation des agriculteurs** : informer les agriculteurs sur les dangers des pesticides chimiques et les avantages de ces produits.
- **Stratégie de proximité avec les clients** : assurer un accompagnement technique et un suivi sur le terrain dans les premiers temps afin de garantir l'efficacité du produit.

IV. 2. Taille du marché cible et potentiel

- **Taille du marché cible**

Le marché cible de ce projet est constitué des acteurs du secteur agricole, comme nous l'avons déjà indiqué, à la fois publics et privés, qui représentent un domaine stratégique de l'économie. Il comprend les institutions publiques (ministère de l'Agriculture et du Développement rural, instituts techniques et centres de recherche) ainsi que les acteurs privés, notamment les agriculteurs, les exploitations et coopératives agricoles, les fermes pilotes, les entreprises d'agriculture biologique et les acteurs du secteur phytosanitaire. Ces clients sont principalement localisés dans les régions à forte vocation agricole, notamment les zones de production céréalière, maraîchère et arboricole. Ils sont répartis sur l'ensemble du territoire national, avec une concentration particulière dans les parties caractérisées par une forte activité agricole le cas de la wilaya de Médéa.

La taille de ce marché est importante, car la demande en solutions de protection des cultures est en constante augmentation, notamment en raison de l'intensification de la monoculture, qui favorise une pression croissante des ravageurs et entraîne des pertes agricoles remarquables. Cette situation rend nécessaire une protection efficace et respectueuse de l'environnement. De plus, la prise de conscience progressive des agriculteurs quant aux impacts environnementaux et sanitaires des produits chimiques renforce davantage la demande pour des alternatives durables, notamment les pièges à base d'attractifs biologiques.

- **Taille du marché potentiel**

Le marché potentiel regroupe l'ensemble des utilisateurs susceptibles de préférer des solutions alternatives aux pesticides chimiques pour la surveillance et la gestion des ravageurs des plantes. Il inclut les clients du marché cible, mais également les entreprises agroalimentaires, les organismes de développement rural, les établissements forestiers, les parcs nationaux, les réserves naturelles ainsi que toute structure concernée par la protection de l'environnement et la gestion durable des écosystèmes.

Leur intérêt pour le produit est motivé par la nécessité de réduire les pertes causées par les ravageurs tout en assurant la durabilité des systèmes de production agricole, de limiter l'utilisation des pesticides chimiques et de préserver l'environnement et la biodiversité notamment fonctionnelle. Ce marché présente un fort potentiel de croissance en raison de l'augmentation de la demande pour des solutions biologiques et écologiques de protection des plantes.

IV. 3. Analyse SWOT du projet

IV. 3. 1. Facteurs favorisant la réalisation des objectifs

i. Points Forts (Strengths)

Les forces représentent les principaux atouts internes du projet, notamment son caractère innovant, écologique et économique, ainsi que la valorisation des ressources locales et les compétences techniques de l'équipe porteuse.

- Innovation fondée sur l'utilisation d'attractifs biologiques naturels pour la gestion des ravageurs;
- Procédé de fabrication relativement simple, accessible et facilement reproductible;
- Utilisation et valorisation de matières premières régionales, abondantes et peu coûteuses, permettant de réduire les coûts de production tout en contribuant à l'économie circulaire;
- Prix compétitif par rapport à certains produits commerciaux disponibles sur le marché;
- Produit écologique et bio-dégradable, conforme aux nouvelles orientations environnementales et réglementaires visant à réduire l'usage des pesticides chimiques, tout en contribuant à la préservation de la biodiversité et à la protection de la santé humaine;

- Compatibilité avec les principes de l'agriculture biologique et de la protection intégrée des cultures;
- Sécurité d'utilisation grâce à l'absence ou à la très faible présence de substances toxiques;
- Possibilité de production locale, favorisant la création d'emplois et le développement économique régional;
- Présence d'une équipe projet compétente disposant de connaissances scientifiques dans le domaine du bio-contrôle et de la protection integrée des cultures.

ii. Opportunités (Opportunities)

Les opportunités représentent les facteurs externes susceptibles de favoriser le développement du projet. Elles sont liées principalement à l'évolution du marché, aux politiques publiques et à l'intérêt croissant pour les solutions bio-écologiques.

- Augmentation de la demande pour les produits bio-écologiques et les solutions de protection durable des cultures;
- Soutien des politiques publiques en faveur de la protection de l'environnement et de la transition écologique;
- Soutien étatique dans le cadre de la stratégie nationale (Arrêté 1275) encourageant les projets universitaires et innovant;
- Existence de programmes d'aide à l'innovation, notamment pour les méthodes alternatives de lutte contre les ravageurs et l'entrepreneuriat agricole;
- Possibilités de partenariats avec les instituts de recherche, les coopératives agricoles et les organismes de développement rural…etc.

IV. 3. 2. Facteurs freinant la réalisation des objectifs

i. Points Faibles (Weaknesses)

Les faiblesses correspondent aux éléments internes susceptibles de limiter le développement ou les performances du projet.

- Nécessité de renouveler régulièrement les attractifs afin de maintenir leur efficacité;
- Besoin de quantités importantes de matières premières organiques pour la fabrication;
- Disponibilité saisonnière de certaines matières premières pouvant influencer la production;
- Sélectivité parfois limitée, pouvant entraîner la capture d'espèces non ciblées;
- Durée de conservation relativement courte des attractifs biologiques, nécessitant une gestion adaptée;
- Efficacité variable selon les conditions climatiques, le type de culture et les espèces ciblées;
- Besoin de suivi technique et d'optimisation continue du produit;

- Installation, surveillance et entretien des pièges nécessitant du temps et de la main-d'œuvre;
- Réticence possible de certains agriculteurs à adopter cette technologie, en raison du manque d'information ou de leur habitude d'utilisation des pesticides chimiques.

ii. Menaces (Threats)

Les menaces sont les facteurs externes susceptibles de freiner ou de compromettre le développement du projet.

- Forte concurrence des pesticides chimiques déjà implantés sur le marché.
- Concurrence des pièges commerciaux et des autres solutions de bio-contrôle;
- Résistance au changement de certains agriculteurs habitués aux traitements chimiques;
- Variabilité des conditions climatiques pouvant influencer l'efficacité des attractifs;
- Fluctuation de la disponibilité, difficulté de collecte et augmentation du coût des matières premières;
- Risque d'apparition de technologies concurrentes plus performantes.

IV. 4. Modèle d'affaires (Business Model Canvas – BMC) du projet

Le Business Model Canvas (BMC) permet de présenter de manière structurée et synthétique le fonctionnement global du projet. Il met en évidence les éléments essentiels liés à la création de valeur, aux clients, aux ressources et aux sources de revenus (Tableau III.1.).

Tableau III.1. Modèle d'affaires (Business Model Canvas – BMC) du projet

<table>
<tr>
<td>Partenaires

- Ministère de l'Agriculture et du Développement rural;
- Directions des services agricoles et instituts techniques;
- Centres de recherche agricole et universités;
- Coopératives agricoles et exploitations pilotes;
- Fournisseurs de matières organiques locales</td>
<td>Activités clés

- Sélection et Collection des matières premières;
- Production des attractifs biologiques par fermentation;
- Conception et fabrication des pièges attractifs;
- Tests et amélioration des performances;
-Marketing, commercialisation et sensibilisation des agriculteurs.</td>
<td>Proposition de valeur

- Solution bio-écologique et biodégradable ;
- Réduction de l'usage des pesticides chimiques ;
- Produit à faible coût et accessible ;
- Protection durable des cultures ;
- Respect de la biodiversité et de la santé humaine ;
- Absence de résidu toxique.</td>
<td>Relation avec les clients

-Accompagnement technique des agriculteurs ;
-Sensibilisation et conseil à l'utilisation des pièges ;
-Suivi des performances sur le terrain ;
-Assistance après-vente et conseils d'utilisation.</td>
<td>Clients

-Agriculteurs
-Coopératives et Exploitations agricoles
-Fermes pilotes et exploitations de démonstration
-Direction et Institutions publiques agricoles</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Ressources clés

- Équipe de recherche et développement ;
-Laboratoire et équipements de production ;
-Matières premières organiques locales ;
-Connaissances scientifiques en attractifs biologiques.</td>
<td></td>
<td>Canaux de distribution

-Vente directe aux différents secteurs ;
-Vente indirecte via des intermédiaires ou des distributeurs pour acheminer le produit vers les clients ;
-Utilisation d'une plateforme numérique ou d'une page en ligne pour les commandes et les conseils.</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Structure des Coûts

-Achat et collecte des matières premières ;
-Équipement de laboratoire et production
-Tests et recherche développement
-Conditionnement et Emballage ;
-Transport et distribution ;
-Coûts de main-d'œuvre qualifies.</td>
<td colspan="3">Sources de revenus

-Vente des pièges attractifs bio-écologiques ;
-Vente des formulations attractives ;
-Partenariats avec des institutions agricoles ;
- Obtention de projets de soutien ou de subventions ;
- Prestations de services (conseil, diagnostic et suivi technique).</td>
</tr>
</table>

V. Étude technique

V.1. Besoins en ressources humaines

Le bon fonctionnement du projet nécessite une équipe disposant de compétences scientifiques, techniques, administratives et aussi commerciales. Les besoins en ressources humaines sont présentés comme suivant (Tableau III.2.):

Tableau III.2. Répartition des ressources humaines nécessaires au fonctionnement du projet

Nature du personnel	Nombre	Qualifications / Diplômes
Gérant / Responsable du projet	**01**	Titulaire d'un Master en protection des végétaux ou bio-contrôle.
Cadres techniques	**01**	Titulaires d'un Master en protection des végétaux, bio-contrôle ou techniciens supérieurs en agriculture.
Personnel d'exécution (laboratoire et production)	**01**	Ingénieur agronome, biologiste ou technicien supérieur de laboratoire.
Personnel de contrôle (gestion des stocks)	**01**	Titulaire d'une Licence en gestion, logistique, commerce ou gestion des stocks.
Cadre commercial	**01**	Titulaire d'une Licence ou d'un Master en commerce, marketing, management ou gestion des entreprises.
Personnel de soutien	**01**	Agent administratif ou secrétaire titulaire d'un diplôme en gestion, administration ou secrétariat.
Personnel d'exécution (chauffeur-livreur, agent de nettoyage)	**02**	Permis de conduire adapté et expérience en transport et livraison.
Agent d'entretien et de sécurité	**01**	Niveau secondaire ou formation professionnelle en hygiène, entretien ou sécurité

V.2. Choix de l'emplacement du projet

Le present projet sera de préférence implanté dans une région à forte vocation agricole, tout en restant proche d'un centre urbain afin de faciliter les activités de production, d'approvisionnement, de commercialisation et de distribution. À ce titre, la wilaya de Médéa constitue un site stratégique adapté pour l'implantation du projet.

Justifications :

i. **Proximité des matières premières :** accès facilité aux plante aromatique, ressources organiques et aux bio-déchets nécessaires à la préparation des attractifs biologiques ;

ii. **Proximité du marché cible :** la wilaya de Médéa se caractérise par une importante activité agricole, notamment dans les secteurs de l'arboriculture (pommier et cerisier), oléicoles et des grandes cultures, permettant un contact direct avec les utilisateurs potentiels de ces produits ;

iii. **Facilité de commercialisation et de distribution :** la proximité des centres urbains et des principaux axes routiers facilite l'acheminement des produits vers les clients et réduit les coûts logistiques;

iv. **Possibilités d'expérimentation sur le terrain :** la présence de nombreuses exploitations agricoles permet de réaliser des essais, des démonstrations et des évaluations des produits dans des conditions réelles d'utilisation;

v. **Disponibilité de la main-d'œuvre et des partenaires :** la région offre un accès à des compétences techniques ainsi qu'à différents partenaires potentiels (coopératives agricoles, instituts techniques et organismes de développement agricole).

VI. Estimation des coûts et des revenus

VI.1. Estimation des coûts du projet

VI.1.1. Estimation du montant total de l'investissement (Coût du projet)

L'estimation des différentes dépenses nécessaires à la réalisation du projet regroupe l'ensemble des investissements initiaux liés aux équipements, à l'aménagement, au fonctionnement et au lancement de l'activité, afin d'évaluer le coût global du projet. Ces dépenses sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.3. Estimation des coûts d'investissement du projet

Désignation	Montant (DA)
Machines et équipements de production (Broyeur, fermenteurs, balances, matériel de préparation, Loupe binoculaire, distillateur etc.)	**1 000 000.00**
Aménagement du local	**1 000 000 .00**
Matériel roulant (véhicules de transport)	**2 500 000 .00**
Mobilier et équipement de bureau	**300 000 .00**
Matériel informatique	**200 000 .00**
Matériel audiovisuel	**100 000 .00**
Équipements de communication	**80 000 .00**
Installation des équipements	**200 000 .00**
Frais généraux liés à la création	**300 000 .00**
Fonds de roulement (Matières premières initiales)	**400 000.00**
Montant total de l'investissement (coût du projet	**6 080 000 .00 DA**

VI.1.2. Estimation des achats du projet en matières première

L'estimation des besoins en matières premières du projet sur une période de trois années met en évidence les quantités prévues, les prix unitaires ainsi que les coûts annuels associés à chaque matière, afin d'évaluer l'évolution des dépenses de production dans le temps. Ces éléments sont récapitulés dans le tableau III.4.

Tableau III.4. Estimation des achats de matières premières sur trois années

Liste des Matières Premières	Désignation	Année 1	Année 2	Année 3
Matière 1 : Compost et déchets organiques (fermentation)	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA /Kg) • **Coût d'achat MP1**	**800 Kg** **30** **24000**	**1 200 Kg** **30** **36000**	**1 600 Kg** **30** **48 000**
Matière 2 : Fruits en décomposition	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA /Kg) • **Coût d'achat MP1**	**800 Kg** **40** **32000**	**900 Kg** **40** **36000**	**1000 Kg** **40** **40 000**
Matière 3 : Son de céréales	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA /Kg) • **Coût d'achat MP1**	**800 Kg** **50** **40 000**	**900 Kg** **50** **45 000**	**1000 Kg** **50** **50 000**
Matière 4 : plantes aromatique	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA /Kg) • **Coût d'achat MP1**	**300 Kg** **20** **6000**	**500 Kg** **20** **10 000**	**800 Kg** **20** **16 000**
Matière 5 : Feuille de plante hôte (Olivier)	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA /Kg) • • **Coût d'achat MP1**	**300 Kg** **20** **6 000**	**500 Kg** **20** **10 000**	**800 Kg** **20** **16 000**
Matière 6 : Feuille d'Agrumes (Huiles essentielles)	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA/Kg) • **Coût d'achat MP1**	**800 kg** **30** **24 000**	**900 kg** **30** **27 000**	**1000 kg** **30** **30 000**
Matière 7 : Co-attracteurs (sucre, mélasse de dattes, levure ….)	• Quantité achetée (kg) • Prix unitaire (DA/Kg) • **Coût d'achat MP1 DA**	**200 kg** **150** **30 000**	**250 kg** **150** **37 500**	**300 kg** **150** **45 000**
Matière 8 : Pièges fabriqués (Sous demande)	• Quantité achetée (unités) • Prix unitaire (DA /unité) • **Coût d'achat MP1 DA**	**1000** **200** **200 000**	**1200** **200** **240 000**	**1500** **200** **300 000**
Matière 9 : Flacons et boîtes (conditionnement de différent taille)	• Quantité achetée (unités) • Prix unitaire (DA /unité) • **Coût d'achat MP1 DA**	**6 000** **20** **120 000**	**10 000** **20** **200 000**	**15000** **20** **300 000**
Matière 10 : Emballages et étiquettes	• Quantité achetée (unités) • Prix unitaire (DA /unité) • **Coût d'achat MP1 DA**	**6 000** **10** **60 000**	**10 000** **10** **100 000**	**15000** **10** **150 000**
Montant Total des Achats de MP DA		**542 000**	**741 500**	**995 000**

VI.1.3. Estimation des Coûts de la Main-d'œuvre

L'estimation des ressources humaines nécessaires au fonctionnement du present projet ainsi que la masse salariale correspondante sur une période de trois premières années permet d'évaluer l'évolution des charges liées au personnel en fonction du développement progressif de l'activité.

Tableau III.5. Estimation des effectifs et de la masse salariale du projet sur trois années

Intitulé du poste	Nombre d'employés			Valeur du salaire (DA) /mois		
	1ère Année	2e Année	3e Année	1ère Année	2e Année	3e Année
Gérant / Responsable du projet	01	01	01	**55 000**	**55 000**	**60 000**
Cadres techniques	01	01	01	**50 000**	**52 000**	**55 000**
Personnel d'exécution (laboratoire et production)	01	02	02	**45 000**	**48 000**	**50 000**
Personnel de contrôle (gestion des stocks)	01	01	01	**35 000**	**37 000**	**40 000**
Cadre commercial	01	01	01	**40 000**	**42 000**	**44 000**
Personnel de soutien	01	01	01	**32 000**	**34 000**	**36 000**
Personnel d'exécution :						
Chauffeur-livreur	01	01	01	**30 000**	**32 000**	**34 000**
Agent de nettoyage	01	01	01	**25 000**	**27 000**	**30 000**
Agent d'entretien et de sécurité	01	01	01	**25 000**	**27 000**	**30 000**
Total (/12 mois)	**09**	**10**	**10**	**3 384 000**	**4 248 000**	**4 548 000**

VI.1.4. Estimation des charges externes du projet

Les charges externes regroupent l'ensemble des dépenses nécessaires au fonctionnement du projet, sans être directement liées à la production. Elles comprennent notamment les coûts des services, de la maintenance, de la location, du marketing et de la formation. Tous ces éléments sont présentés comme suivant:

Tableau III. 6. Estimation des charges externes du projet (DA)

Désignation	1ère Année	2e Année	3e Année
Dépenses d'électricité, de gaz et d'eau	120 000	140 000	160 000
Frais de maintenance et de réparation	100 000	120 000	160 000
Frais de location du local	360 000	360 000	360 000
Assurance du matériel et des équipements	30 000	30 000	30 000
Dépenses de marketing (publicité et promotion)	100 000	150 000	200 000
Frais de formation et de perfectionnement	50 000	50 000	50 000
Autres charges générales externes	60 000	80 000	100 000
Total	**820 000 DA**	**930 000 DA**	**1 060 000 DA**

VI.1.5. Estimation des coûts d'amortissement des investissements

L'estimation des amortissements annuels des investissements sont récapitulés dans le tableau III.7.

Tableau III. 7. Estimation des amortissements annuels des investissements

Désignation	**Durée d'amortissement (ans)**	**Amortissement annuel (DA)**
Machines et équipements de production	**10**	**100 000**
Matériel de transport	**05**	**500 000**
Mobilier et équipement de bureau	**10**	**20 000**
Matériel informatique	**05**	**40 000**
Matériel audiovisuel	**05**	**20 000**
Équipements de communication	**05**	**16 000**
Total	**----------**	**696 000 DA**

VI.2. Estimation des revenus du projet

VI.2.1. Estimation du volume annuel des ventes

Les quantités prévues de ventes, les prix unitaires ainsi que la valeur totale des ventes par produit sont présentés dans le tableau 8.

Tableau III. 8. Estimation du chiffre d'affaires annuel du projet

Produis vendus	**Désignation**	**Année 1**	**Année 2**	**Année 3**
Produit 1. Pièges attractifs	Quantité vendue (Piège)	**1000**	**1200**	**1500**
	Prix unitaire (DA)	**1 000**	**1000**	**1 000**
	Valeur des ventes P1	**1 000 000**	**1 200 000**	**1 500 000**
Produit 2. Produits attractifs	Quantité vendue (Boite 1 Kg)	**7 000**	**9 000**	**10 000**
	Prix unitaire (DA)	**1 000**	**1 000**	**1 000**
	Valeur des ventes P2	**7 000 000**	**1 000 000**	**10 000 000**
Produit 3. Huiles essentielles attractives	Quantité vendue (Flacon 100 ml)	**3 000**	**4 000**	**5 000**
	Prix unitaire (DA)	**1 100**	**1 100**	**1 100**
	Valeur des ventes P3	**3 300 000**	**4 400 000**	**5 500 000**
Service 4. Conseil et suivi technique	Quantité vendue	**15**	**20**	**25**
	Prix unitaire (DA)	**10 000**	**10 000**	**10 000**
	Valeur des ventes S4	**150 000**	**200 000**	**250 000**
Montant Total en DA		**11 450 000**	**14 800 000**	**17 250 000**

VI.2.2. Calcul du résultat annuel du projet

Le tableau N°09 présente l'estimation du résultat annuel prévisionnel du projet sur une période de trois années. Il met en évidence l'évolution du chiffre d'affaires, des charges d'exploitation, des amortissements ainsi que du résultat net attendu, permettant ainsi d'évaluer la rentabilité et la viabilité économique du projet à moyen terme.

Tableau III. 9. Estimation du résultat annuel prévisionnel du projet

Libellé	1ère Année	2e Année	3e Année
Chiffre d'affaires (1)	11 450 000	14 800 000	17 250 000
Matières premières consommées (2)	542 000	741 500	995 000
Charges externes (3)	820 000	930 000	1 060 000
Valeur ajoutée (4) = (1)-(2)-(3)	10 088 000	13 128 500	15 195 000
Salaires et charges sociales (5)	3 384 000	4 248 000	4 548 000
Excédent brut d'exploitation (6) = (4)-(5)	6 704 000	8 880 500	10 647 000
Dotations aux amortissements (7)	696 000	696 000	696 000
Résultat d'exploitation (8) = (6)-(7)	6 008 000	8 184 500	9 951 000
Impôt sur les bénéfices / IFU (9) *(10% estimé)*	600 800	818 450	995 100
Résultat net (10) = (8)-(9)	**5 407 200**	**7 366 050**	**8 955 900**
Évolution du chiffre d'affaires		29,26%	16,55%

VII. Conclusion

Le présent projet représente une opportunité stratégique majeure qui s'inscrit dans la transition vers une agriculture durable, innovante et respectueuse de l'environnement. Il répond aux enjeux actuels liés à la réduction de l'utilisation des intrants chimiques en proposant des solutions alternatives de bio-contrôle pour la surveillance et la gestion des ravageurs des cultures.

Sur le plan scientifique et de l'innovation, ce projet constitue un exemple concret de valorisation des résultats de la recherche scientifique. Il démontre comment une innovation scientifique développée au sein de l'université peut être transformée en un projet innovant, économique et porteur de solutions adaptées aux besoins du secteur agricole.

Sur le plan technologique et environnemental, le projet propose une alternative bio-écologique aux pesticides. En valorisant les bio-ressources et les matières organiques

disponibles pour la fabrication d'attractifs biologiques, il contribue à la protection durable des cultures tout en préservant les écosystèmes, la biodiversité et la santé humaine.

Sur le plan économique, l'implantation du projet contribue à la dynamisation du secteur agricole en offrant aux agriculteurs, des solutions de surveillance et de gestion des ravageurs efficaces et à des coûts compétitifs. Le projet favorise également la valorisation des ressources locales, la réduction des coûts de production et la création de valeur ajoutée au niveau régional et national. Il s'inscrit ainsi dans la politique de substitution aux importations en réduisant la dépendance aux intrants agricoles importés.

Sur le plan social, le projet est susceptible de générer des emplois directs et indirects dans les domaines de la production, de la commercialisation, du conseil technique et de la logistique. Il contribue ainsi à la diffusion des bonnes pratiques agricoles et au renforcement des capacités des agriculteurs en matière de protection intégrée des cultures.

Enfin, grâce à son caractère innovant, bioécologique et économiquement rentable, ce projet possède un fort potentiel de développement à l'échelle régionale et nationale. Il peut contribuer durablement à l'amélioration de la productivité agricole ainsi qu'au renforcement de la sécurité alimentaire.

CHAPITRE V

RESULTATS

L'étude menée sur une période d'un mois, à raison de trois sorties hebdomadaires, a permis de recenser un total de 13 844 individus répartis en 36 espèces appartenant à 6 ordres d'insectes. Cet inventaire met en évidence une diversité entomologique notable dans le milieu étudié et constitue une base d'analyse pertinente pour évaluer l'efficacité comparative des différents bio-attractifs testés (Voire Appendice 1).

IV.1. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs

IV.1. 1. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de fruits fermentés

Les représentations graphiques mettent en évidence la variation temporelle de l'abondance des différents taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de fruits (pomme, pêche, fraise et banane) fermentés en décomposition. Les résultats montrent que les captures sont dominées par l'ordre des Diptères, qui présente les effectifs les plus élevés au cours des différentes sorties, avec un maximum particulièrement marqué lors de la quatrième sortie. Les Diptères représentent une abondance relative supérieure à 70 % des captures totales. Les Hyménoptères constituent le second groupe le plus abondant, avec des effectifs notables enregistrés lors de la troisième et de la quatrième sortie, représentant une abondance relative supérieure à 20 %.

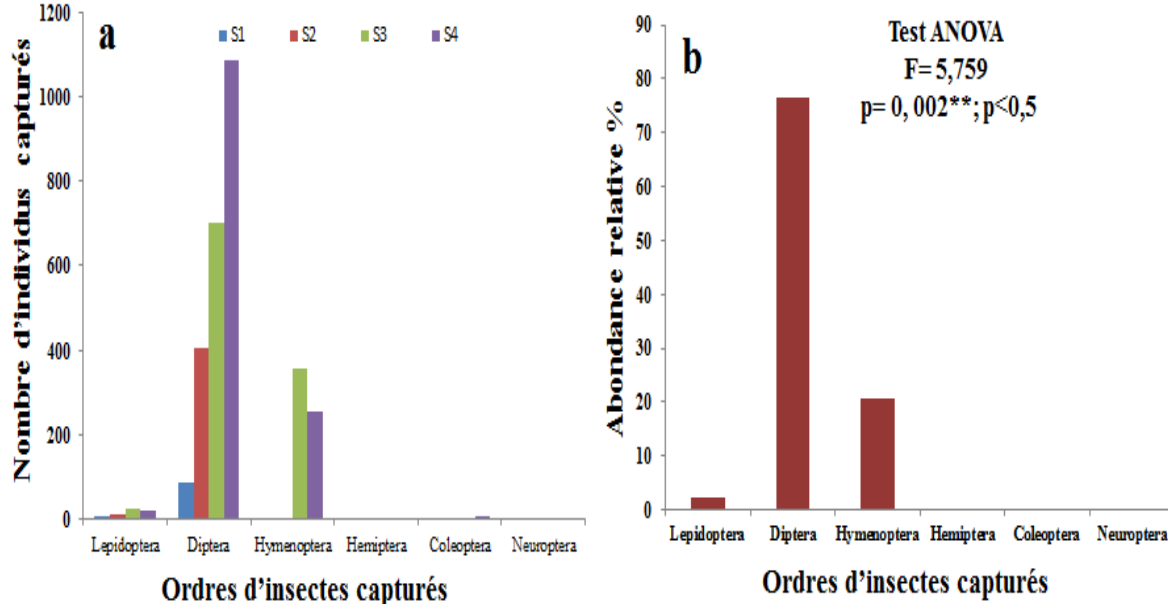


Figure IV .1. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de fruits fermentés

En revanche, les autres ordres, à savoir les Lépidoptères, Hémiptères, Coléoptères et Névroptères, présentent des effectifs très faibles, voire nuls, au cours de la majorité des sorties (Figure IV.1.a).

Ces résultats montrent que les pièges à base de fruits fermentés en décomposition exercent une attraction préférentielle sur les Diptères, suivis par les Hyménoptères, tandis que les autres groupes d'insectes restent faiblement représentés, et les différences enregistrées entre les ordres taxonomiques se révèlent statistiquement significatives (test ANOVA ; $p < 0,05$) (Figure IV.1.b).

IV.1. 2. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de son de céréales fermentés

Les résultats montrent la fluctuation temporelle de l'abondance des différents taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de son de céréales (blé et orge) fermenté. Les captures sont largement dominées par l'ordre des Diptères, qui présente les abondances les plus élevées durant toute la période d'investigation, avec un effectif particulièrement marqué lors de la quatrième sortie suivi par les Hyménoptères qui constituent le second groupe le plus abondant, suivis par les Lépidoptères, dont l'abondance reste relativement faible. En revanche, les Hémiptères, Coléoptères et Névroptères présentent des effectifs très faibles, voire nuls (Figure IV.2.a).

L'analyse statistique révèle une différence significative entre les abondances relatives des différents ordres capturés, avec une nette dominance des Diptères, représentant plus de 75 % des captures totales (test ANOVA ; $p < 0,001$) (Figure IV.2.b).

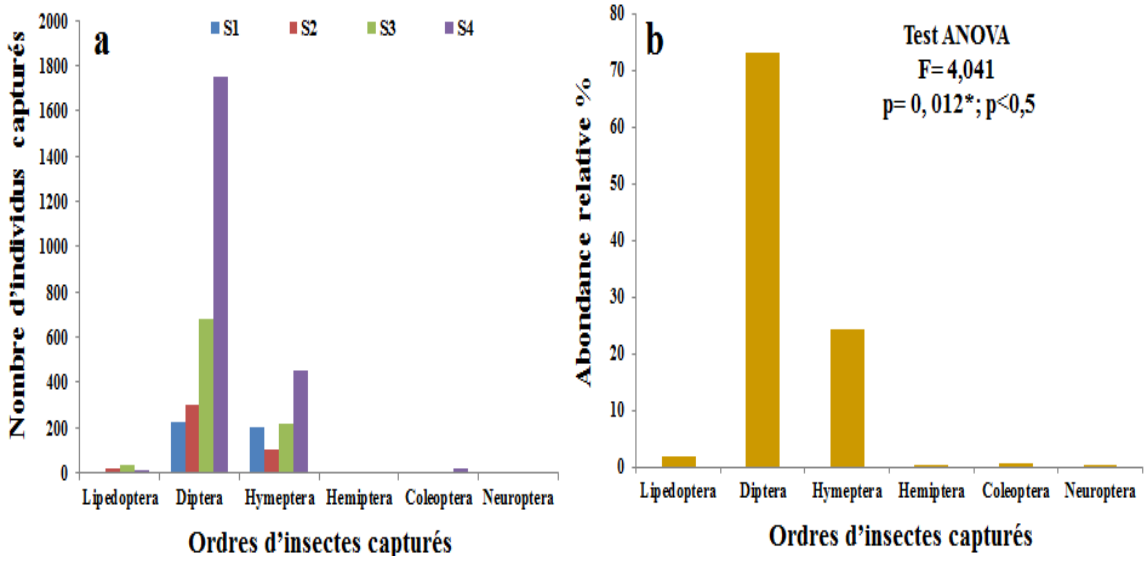


Figure IV .2. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de son de céréales fermentés

IV.1. 3. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de plantes fermentés

Les résultats obtenus à partir des pièges bio-attractifs à base de plantes fermentées (lavande, romarin et camomille) montrent une abondance importante et une diversité notable des insectes capturés. L'analyse des captures met en évidence une nette dominance de l'ordre des Diptères, suivi par les Hyménoptères, puis par les Lépidoptères, dont l'abondance demeure relativement modérée. En revanche, les Hémiptères, Coléoptères et Névroptères présentent des effectifs très faibles (Figure IV.3.a).

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les abondances relatives des différents ordres capturés, avec une nette prédominance des Diptères, représentant plus de 75 % des captures totales, suivis par les Hyménoptères, qui représentent environ 23 % des captures (test ANOVA ; $p < 0,001$) (Figure IV.3.b).

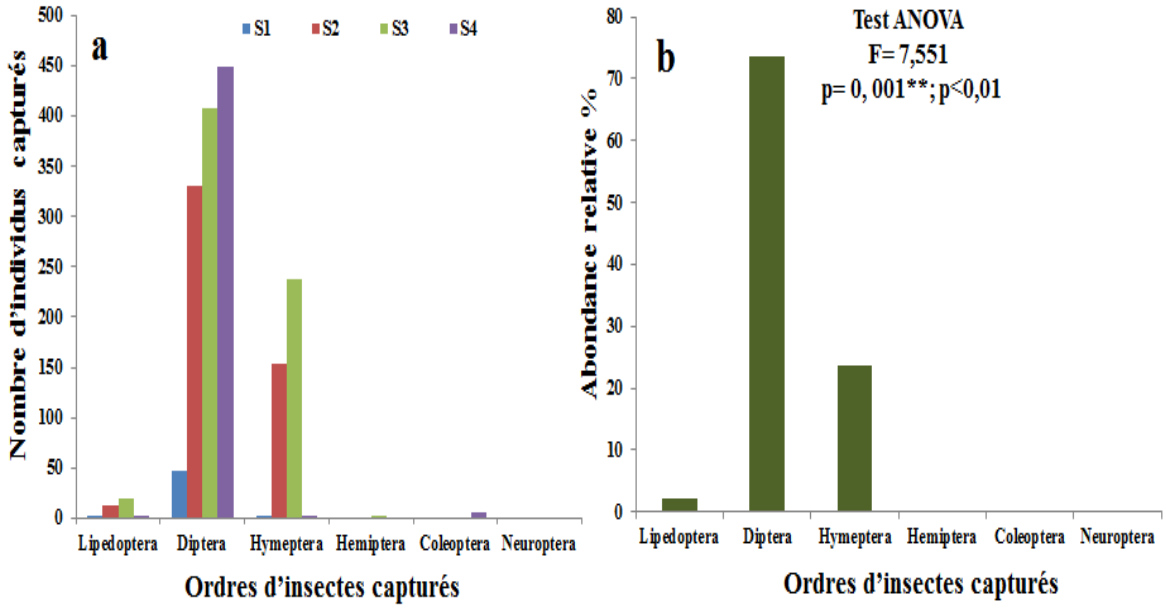


Figure IV .3. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de plantes fermentés

IV.1. 4. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de feuilles de l'olivier fermentés

Les résultats obtenus à partir des pièges bio-attractifs à base de feuilles d'olivier fermentées mettent en évidence une abondance importante ainsi qu'une diversité notable des insectes capturés. L'analyse des captures révèle une nette dominance des Diptères et des Hyménoptères, avec un pic d'effectif particulièrement marqué chez les Diptères lors de la quatrième sortie (Figure IV.4.a).

L'analyse des abondances relatives des différents ordres capturés montre une différence statistiquement significative, caractérisée par une prédominance des Diptères,

représentant plus de 60 % des captures totales, suivis par les Hyménoptères, qui représentent environ 35 % des captures (test ANOVA ; $p < 0,05$) (Figure IV.4.b). Cependant, les autres ordres recensés, notamment les Hémiptères, Coléoptères et Névroptères, présentent des abondances relatives très faibles.

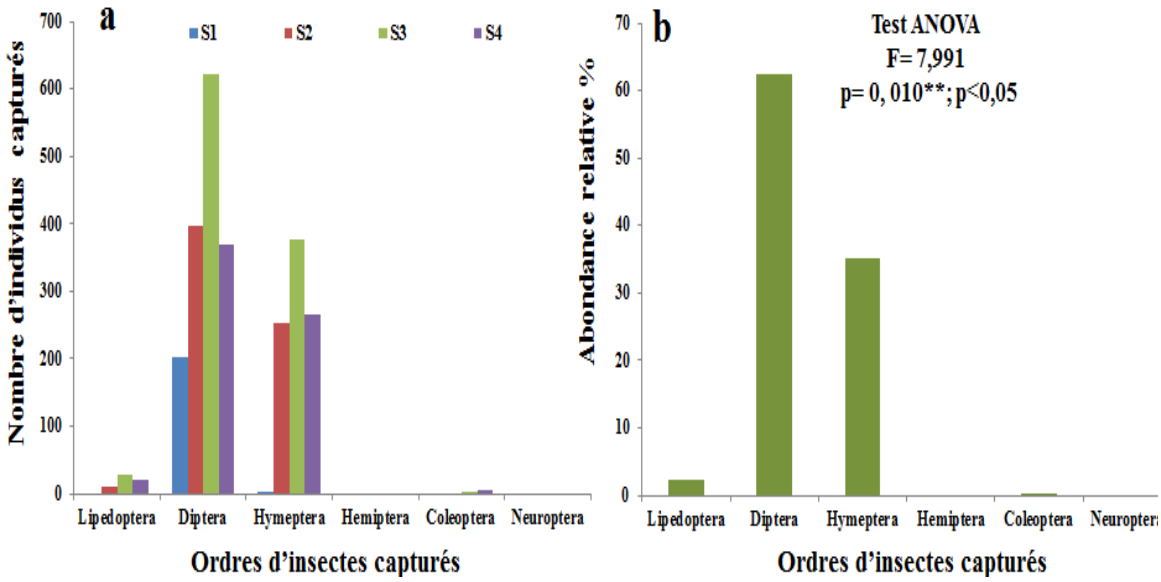


Figure IV .4. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de feuilles de l'olivier fermentés

IV.1. 5. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de compost fermentés

Les résultats mettent en évidence la fluctuation temporelle de l'abondance des différents taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de compost fermenté. Les captures sont très largement dominées par l'ordre des Diptères, qui présente les abondances les plus élevées durant toute la période d'investigation, avec un effectif particulièrement marqué lors de la quatrième sortie, comparativement aux autres ordres capturés (Figure IV.5.a).

L'analyse statistique révèle une différence significative entre les abondances relatives des différents ordres capturés, avec une nette prédominance des Diptères, représentant plus de 90 % des captures totales, tandis que l'ensemble des autres ordres ne représente qu'environ 10 % des captures (test ANOVA ; $p < 0,05$) (Figure IV.5.b).

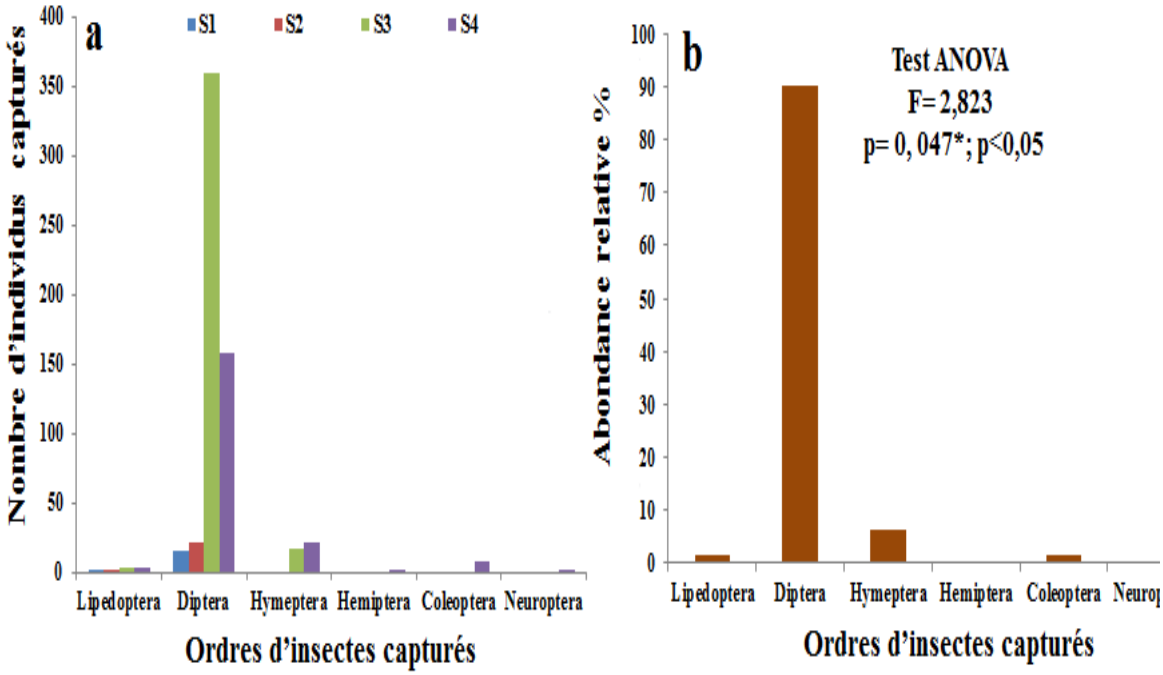


Figure IV .5. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base de compost fermentés

IV.1. 6. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base d'un mélange de tous les composants fermentés

Les données obtenues à partir des pièges bio-attractifs élaborés à base d'un mélange de l'ensemble des composants fermentés révèlent une forte abondance des insectes capturés, accompagnée d'une répartition inégale des différents ordres recensés. L'examen des captures met clairement en évidence la prédominance des Diptères, qui constituent le groupe le plus représenté parmi les insectes piégés tout au long de la période d'étude (Figure IV.6.a).

L'analyse statistique des abondances relatives confirme l'existence de différences hautement significatives entre les ordres d'insectes capturés (test ANOVA ; $p < 0,001$) (Figure IV.6.b). Cette différence est principalement liée à la forte représentativité des Diptères, alors que les autres groupes taxonomiques apparaissent faiblement abondants. Les Hémiptères, Coléoptères et Névroptères, en particulier, n'ont été capturés qu'en très faibles proportions.

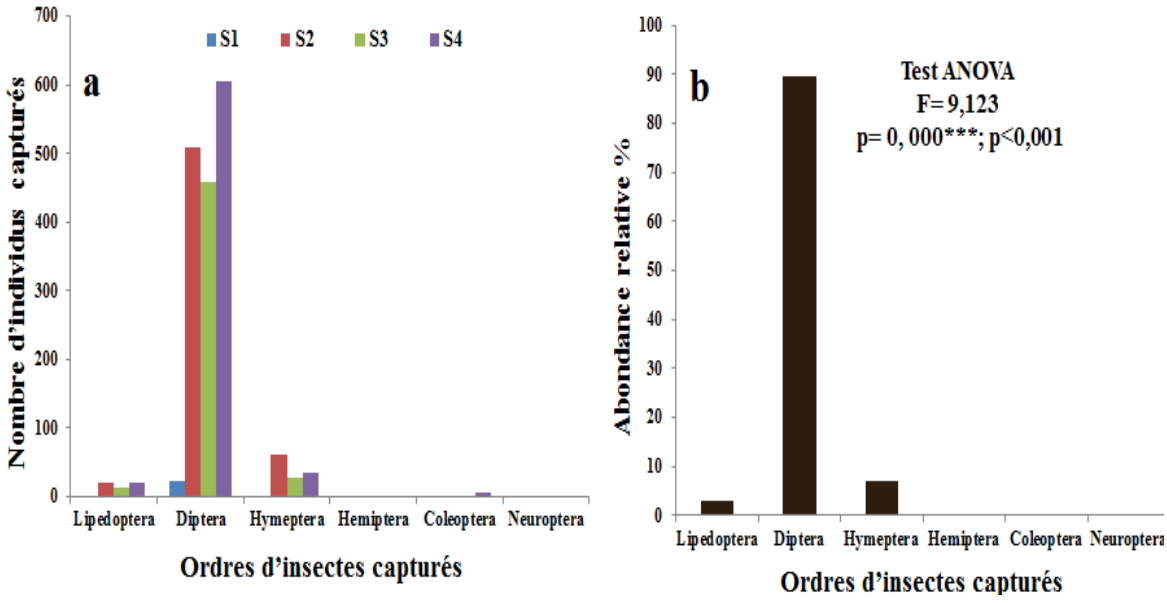


Figure IV .6. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base du mélange fermentés

IV.1.7. Variation de l'abondance des taxons d'insectes capturés par les pièges bio-attractifs à base d'huiles essentielles d'agrumes

Les résultats obtenus montrent que les pièges bio-attractifs à base d'huiles essentielles d'agrumes, notamment d'orange et de citron, n'ont exercé aucun effet attractif notable sur les insectes capturés. Les effectifs enregistrés sont restés nuls, ce qui traduit une absence d'efficacité de ces formulations dans l'attraction des différents taxons d'insectes au cours de notre période d'étude.

IV.2. Étude comparative de l'indice d'attractivité des différents bio-attractifs utilisés

Les résultats montrent l'existence d'une différence significative dans le degré d'attractivité des différents bio-attractifs vis-à-vis de la biocénose inventoriée. Parmi les formulations testées, le bio-attractif à base de sons céréaliers fermentés a présenté l'effet attractif le plus élevé, avec un effectif dépassant 4 000 individus et un indice d'attractivité avoisinant 30 %. Il est suivi par le bio-attractif à base de fruits fermentés (F.F.), puis par ceux formulés à base de feuilles d'olivier fermentées (F.O.), de plantes fermentées (F.P.) et du mélange de l'ensemble des composants fermentés (F.M.), qui ont montré des degrés d'attractivité relativement comparables.

En revanche, le compost fermenté a présenté une efficacité plus limitée, tandis que les attractifs à base d'huiles essentielles n'ont exercé aucun effet attractif notable sur l'entomofaune inventoriée dans l'agroécosystème oléicole.

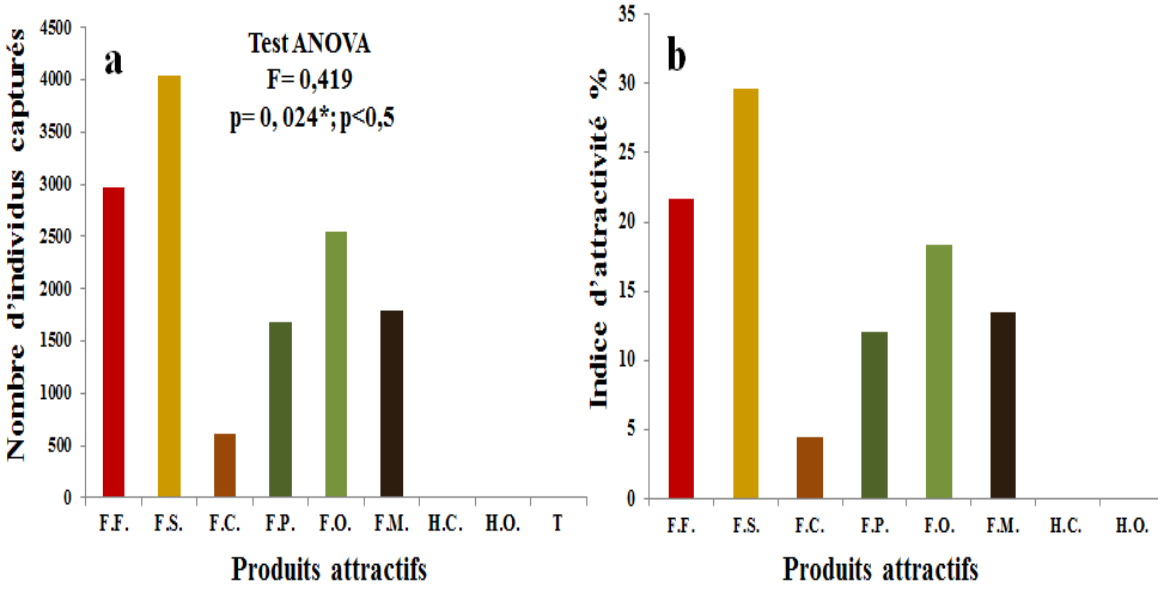


Figure IV.7 . Indice d'attractivité des différents bio-attractifs utilisés

F.O: Feuilles d'olivier fermentées. F.S.: Sons céréaliers fermentés ; F.P.: Plantes fermentées, F.F. : Fruits fermentés; F.C: Compost fermenté; F.M. : Mélange de l'ensemble des composants fermentés ; H.O: huiles d'orange; H.C.: huiles de citron ; T. : Témoin

IV.3. Comparaison de la charge microbienne des différents Produits attractifs

La Figure IV.10 présente l'évolution de l'activité microbienne des différentes formulations de bio-attracteurs. L'analyse des valeurs exprimées en Log10 UFC/mL (logarithme du nombre d'unités formant colonies par millilitre) montre que la charge microbienne la plus élevée a été enregistrée dans le bio-attracteur à base de compost fermenté lors du troisième prélèvement (S3), avec une valeur de 7,176 Log10 UFC/mL. À l'inverse, le bio-attracteur à base de feuilles d'olivier fermentées a présenté la charge microbienne la plus faible au troisième sortie, avec 3,53 Log10 UFC/mL.

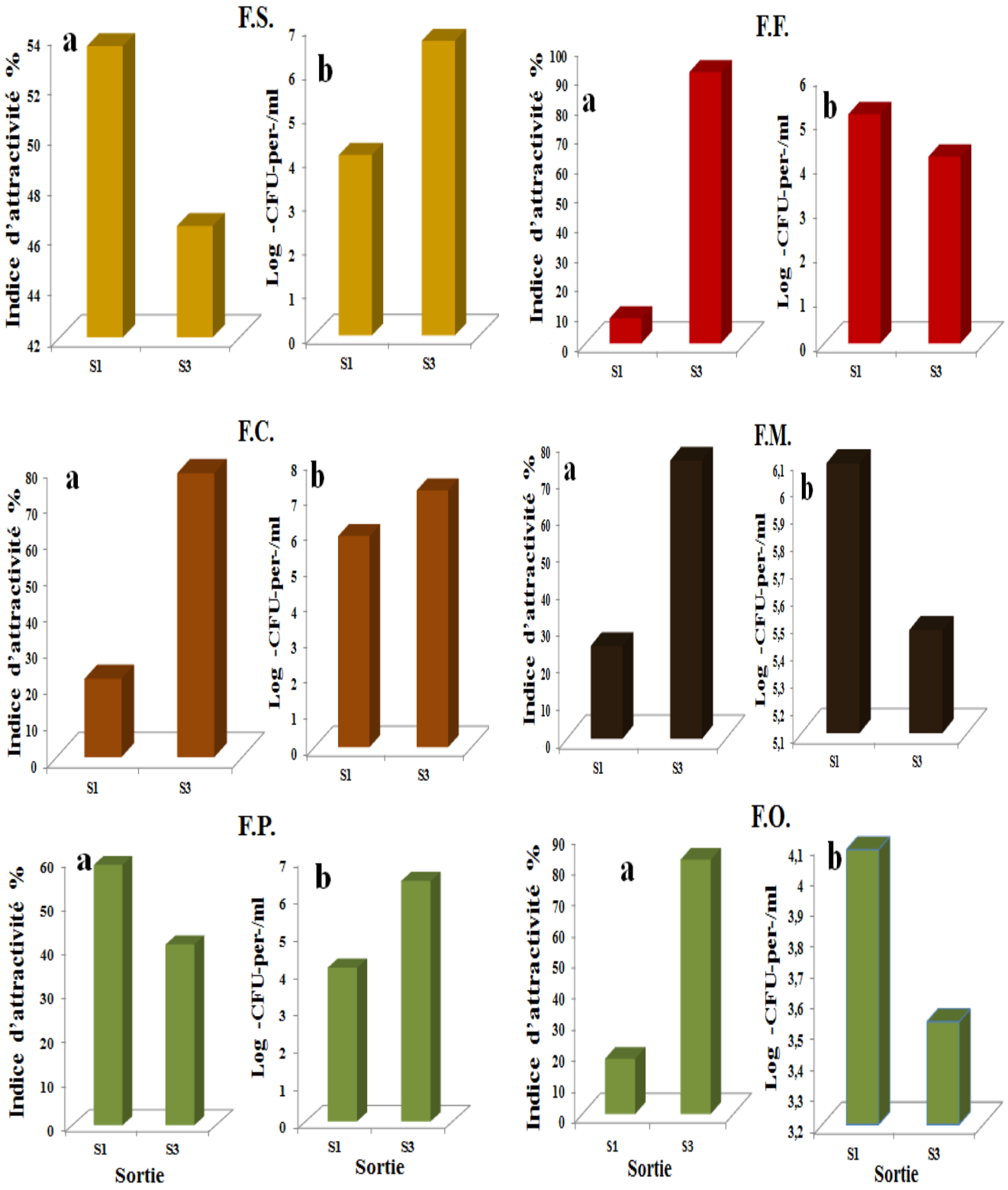


Figure IV.8. Analyse comparative de l'activité microbienne des différents bio-attracteur

F.O: Feuilles d'olivier fermentées. F.S.: Sons céréaliers fermentés ; F.P.: Plantes fermentées, F.F. : Fruits fermentés; F.C: Compost fermenté; F.M. : Mélange de l'ensemble des composants fermentés ; H.O: huiles d'orange; H.C.: huiles de citron ; T. : Témoin

Les résultats mettent en évidence une évolution variable de l'activité microbienne selon la nature du substrat fermenté. Pour les formulations à base de son de céréales fermenté (F.S.), de plantes fermentées (F.P.) et de compost fermenté (F.C.), l'activité microbienne atteint son maximum à la fin de la période de fermentation (S3). En revanche, pour les formulations à base de feuilles d'olivier fermentées (F.O.), de fruits fermentés (F.F.) et du mélange de l'ensemble des substrats fermentés (F.M.), la charge microbienne est plus élevée au début de la fermentation.

Par ailleurs, les résultats montrent que le degré d'attractivité des bio-attracteurs varie selon la formulation utilisée et est généralement plus important en fin de fermentation. Toutefois, la comparaison entre l'activité microbienne et les performances de piégeage ne met pas en évidence de corrélation directe entre la densité microbienne et le degré d'attraction des insectes. Cette observation suggère que l'efficacité des bio-attracteurs dépend non seulement de l'intensité de l'activité microbienne, mais également selon la nature des micro-organismes présents et des composés volatils produits au cours du processus de fermentation.

CHAPITRE V

DISCUSSION

Tout au long de l'histoire, les ravageurs et les maladies des plantes ont eu une influence importante sur l'humanité, provoquant des épisodes d'insécurité alimentaire et des pertes agricoles majeures. Pour se protéger contre ces bio-agresseurs, l'agriculture a largement reposé sur l'utilisation intensive des intrants chimiques. Cependant, une réduction progressive de ces produits nécessite le développement d'alternatives efficaces, basées notamment sur des systèmes de surveillance des ravageurs permettant de suivre l'évolution des populations au cours de leurs développements (Flors *et al.*, 2024).

Dans ce contexte, les pièges bio-attractifs constituent un outil essentiel des programmes de gestion intégrée des ravageurs, en offrant une méthode de suivi et de capture à large spectre de différentes espèces nuisibles.

Nos résultats montrent que les pièges contenant différentes formulations à base de compost, de fruits en décomposition, de plantes aromatiques, de sous-produits céréaliers, de feuilles de plantes hôtes, ainsi qu'un mélange combinant ces ingrédients avec des huiles essentielles, ont capturé une abondance plus élevée de populations d'insectes par rapport au témoin. Ces résultats confirment ceux d'autres chercheurs, qui ont rapporté que l'attraction des insectes est fortement influencée par les signaux chimiques émis par les composés organiques. Les pics d'abondance observés pour certains groupes, notamment chez plusieurs taxons de Diptères et d'Hyménoptères, suggèrent une sensibilité plus marquée de ces insectes aux signaux olfactifs dégagés par certains attractifs. À l'inverse, d'autres groupes apparaissent faiblement représentés, ce qui pourrait s'expliquer par une moindre affinité pour les composés émis, des préférences trophiques différentes ou encore des comportements écologiques spécifiques. L'attractivité d'un mélange pour un insecte dépend de sa qualité ainsi que des quantités des différents composés qu'il contient (Hafsi, 2016). Iqbal et Feng (2020) ont indiqué que les matières organiques en décomposition libèrent dans l'environnement des composés volatils spécifiques, jouant le rôle de signaux chimiques capables d'attirer différentes espèces d'insectes. Ces résultats indiquent en outre que les systèmes olfactifs des insectes sont suffisamment sophistiqués pour détecter des variations subtiles des profils de composés volatils émis par les plantes dans des conditions naturelles (Li et al., 2025). Ces résultats corroborent ceux rapportés par d'autres auteurs, qui ont montré que les insectes ravageurs, qu'ils soient principaux ou secondaires, ainsi que certains insectes domestiques, sont facilement attirés et piégés grâce à l'activité olfactive générée par la fermentation des matières organiques (Iqbal et Feng, 2020). Les appâts alimentaires constituent des outils de surveillance plus adaptés, car ils attirent à la fois les mâles et les femelles des espèces nuisibles. La capture des femelles peut constituer un meilleur indicateur de leur statut reproductif ainsi que de la densité des populations (Batallas et Evenden, 2023).

En plus des stimuli olfactifs, les stimuli visuels sont largement utilisés pour le développement de différents types de pièges. Les propriétés telles que la teinte (longueur d'onde dominante de la lumière réfléchie), la saturation (pureté spectrale de la lumière réfléchie) et la clarté (intensité de la lumière réfléchie) peuvent influencer le comportement de sélection des insectes (Epsky et Heath, 1998 *in* Hafsi, 2016). Parmi les couleurs utilisées, le jaune et le jaune fluorescent sont considérés comme particulièrement attractifs pour de nombreuses espèces. Selon Prokopy (1972, *in* Persyn, 2024), la couleur jaune agit comme un stimulus « super-normal » imitant le feuillage des plantes hôtes, stimulant ainsi les comportements de recherche alimentaire et de ponte.

Cependant, la réponse des insectes aux couleurs varie selon les espèces. Par exemple, *Rhagoletis completa* et *Bactrocera minax* sont davantage attirées par la couleur verte (Cui et al., 2022, cité dans Persyn, 2024). De plus, la couleur rouge s'est révélée très attractive pour *Rhagoletis cerasi*.

Nos résultats montrent que les fruits fermentés attirent une densité et une diversité très élevées d'insectes ravageurs, comparativement au témoin. À partir de ces résultats, nous suggérons que les fruits riches en composés volatils issus de la fermentation constituent des sources attractives importantes pour divers ravageurs. Par ailleurs, plusieurs études ont mis en évidence le fort potentiel attractif des fruits vis-à-vis des ravageurs. Iqbal et Feng (2020) démontrent que les appâts à base de fruits constituent des sources alimentaires essentielles pour l'attraction des insectes, notamment les téphritidés. De nombreux insectes appartenant aux ordres des Diptères, Lépidoptères, Hyménoptères et Névroptères sont attirés par les substances protéinées présentes dans les pièges à appât. Dans une étude testant différents fruits, notamment la pomme, la goyave, l'orange, le fruit du dragon, la mangue, la papaye de Californie, la banane et de gros piments rouges, sur la mouche orientale des fruits *Bactrocera dorsalis,* il a été observé que la banane présentait la plus grande efficacité d'attraction (Patetoni *et al.,* 2022). Ces observations sont cohérentes avec d'autres travaux ayant démontré l'efficacité de différents jus et pulpes de fruits comme appâts pour les insectes ravageurs. Par exemple, les jus de pomme, de pêche, d'abricot et de pamplemousse, ainsi que la pulpe de pamplemousse, se sont révélés attractifs pour des espèces du genre *Carpophilus* (Mansfield et Hossain, 2004). De même, Iqbal et Feng (2020) confirment l'efficacité attractive de certains fruits, notamment la banane, la pomme et la pêche, en tant que sources d'attraction pour divers insectes nuisibles. Hafsi (2016), montre que l'utilisation au champ d'un leurre aussi attractif pour les femelles de *Bactrocera cucurbitae* que l'odeur de fruits frais permettrait de piéger ce ravageur avant la période de sensibilité des fruits et, par conséquent, de réduire de manière significative les dégâts occasionnés.

Les résultats de la présente étude montrent que les céréales fermentées (son de blé et orge) attirent un nombre élevé d'insectes, comparativement au témoin. Ces résultats suggèrent que leur attractivité pourrait être liée à la présence de composés volatils. En effet, plusieurs composés organiques volatils, notamment le nonane, l'undécane, le butanol, le 3-octen-1-ol, le E-2-nonénal, la 4-éthylacétophénone, l'acide hexanoïque, le 2-phényléthanol et le E-3-octen-2-one, identifiés dans la présente analyse chimique, ont été associés à une réponse positive d'attraction chez les insectes (Sathiyaseelan *et al.,* 2022). Ces composés pourraient donc jouer un rôle clé dans l'attractivité des substrats fermentés observée dans notre étude. Par ailleurs, il a été rapporté que la farine de blé, le sorgho concassé et la farine

de millet perlé constituent des substrats particulièrement attractifs pour plusieurs ravageurs des grains stockés du riz, tels que *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*, *Oryzaephilus surinamensis* et des espèces du genre *Tribolium* (Sathiyaseelan *et al.*, 2022). Tang et al. (2016) ont montré que le son de blé fermenté constitue un attractif significatif pour les femelles de mouches domestiques. De plus, les composés bioactifs identifiés pourraient être utilisés pour améliorer les systèmes de production de *Musca domestica* ou être intégrés dans des pièges attractifs.

Les résultats de la présente étude montrent que les plantes aromatiques fermentées attirent un nombre plus important d'insectes comparativement au témoin. Ces observations suggèrent que leur attractivité pourrait être liée à la présence de composés volatils émis par les plantes. Ces résultats corroborent ceux d'autres travaux indiquant que les composés volatils d'origine végétale peuvent attirer efficacement certains ravageurs (Bautista-Hernández et al., 2021).

Selon Besombes (2008), la composition volatile de la lavande est dominée par des monoterpènes oxygénés, notamment le linalol et l'acétate de linalyle, qui constituent les composés majoritaires. D'autres composés, tels que les isomères cis- et trans-β-ocimène, sont également présents, mais à des teneurs plus faibles. Cette composition met en évidence un profil aromatique caractéristique de la lavande, marqué par des molécules responsables de son odeur et de ses propriétés biologiques.

Selon la Pharmacopée Européenne et les données rapportées dans plusieurs études, la composition chimique du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) est caractérisée par la présence de composés phénoliques et de constituants volatils majoritaires. Parmi les composés phénoliques, l'acide rosmarinique constitue l'un des principaux acides phénols, tandis que l'acide carnosique et le carnosol représentent les diterpènes phénoliques les plus importants. La fraction volatile est dominée par des monoterpènes, notamment le 1,8-cinéole, le camphre et l'α-pinène, qui confèrent au romarin son arôme caractéristique et contribuent à son pouvoir attractif (Leplat, 2017).

D'après Fourasté (2000), la composition chimique de la camomille est caractérisée par la présence de composés volatils et de polyphénols. Sa fraction volatile est dominée par des sesquiterpènes, notamment le chamazulène, le (-)-α-bisabolol ainsi que les oxydes A et B de bisabolol, qui constituent les principaux composés de l'huile essentielle. La camomille renferme également plusieurs composés phénoliques, tels que les coumarines, les acides phénoliques et les flavonoïdes. Cette composition lui confère un arôme caractéristique et pourrait contribuer à ses propriétés attractives.

Par ailleurs, Bautista-Hernández et al. (2021) ont montré que des attractifs synthétiques dérivés des fleurs, des boutons floraux et des fruits du piment peuvent être efficaces contre le charançon du piment *Anthonomus eugenii*. Ces résultats appuient l'idée que les composés volatils émis par les plantes aromatiques fermentées pourraient jouer un rôle important dans l'attraction des insectes observée dans notre étude.

Les résultats de la présente étude montrent que l'attractivité des substrats diminue progressivement au fil du temps. Selon Li *et al.* (2025), cette diminution est liée au profil de libération des composés volatils, caractéristique des attractifs utilisés en conditions de terrain, où l'émission des substances actives tend à décroître après leur application.

La fermentation est le processus de conversion biologique le plus courant des matières premières d'origine végétale, réalisé par des micro-organismes. Au cours de ce processus, les macromolécules présentes dans le substrat sont dégradées en unités plus petites sous l'action des enzymes hydrolytiques extracellulaires des micro-organismes. En outre, divers processus de bioconversion, tels que l'oxydation, la réduction, la décarboxylation, la glycosylation, la méthylation, l'acétylation, l'estérification et la rupture de cycles, peuvent se produire, modifiant la structure des composés et conduisant à la formation de nouveaux métabolites (Omarini *et al.,* 2020).

Maung *et al.* (2019) montrent que le vinaigre agit principalement comme attractif grâce à ses composés volatils issus de la fermentation. La levure améliore fortement l'attractivité des appâts en produisant des composés fermentaires et en fournissant des protéines et des acides aminés, simulant ainsi une source alimentaire riche. Le saccharose seul présente un faible pouvoir attractif, mais il devient efficace lorsqu'il est associé à la levure, car il sert de substrat de fermentation et de source d'énergie. Les substrats sucrés fermentés influençaient les préférences alimentaires des insectes, en modifiant le profil des composés volatils libérés au cours du processus de fermentation (Hou *et al.,* 2025).

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, il apparaît que les bio-attractifs fermentés constituent des outils prometteurs pour la capture et la surveillance des insectes ravageurs. Les résultats obtenus montrent que l'efficacité des pièges varie en fonction de la nature des substrats utilisés, ce qui traduit une sensibilité différenciée des insectes aux composés volatils issus de la fermentation. Parmi les formulations testées, les sons céréaliers fermentés se sont distingués comme les attractifs les plus performants, suivies par les attractifs à base de fruits fermentés, puis par ceux formulés à base de feuilles d'olivier fermentées, de plantes fermentées et du mélange de l'ensemble des composants fermentés, qui ont également montré une attractivité notable, bien que globalement inférieure à celle observée pour le son et les fruits fermentés, alors que les huiles essentielles se sont révélées inefficaces dans les conditions de l'étude.

La prédominance des Diptères et, dans une moindre mesure, des Hyménoptères souligne le rôle crucial des substrats fermentés dans l'attraction de certains groupes d'insectes, probablement en lien avec les composés organiques volatils émis lors des processus de dégradation biologique et de l'activité métabolique des microorganismes. Ces résultats confirment ainsi l'intérêt de valoriser des matières organiques locales et des sous-produits agricoles dans l'élaboration de bio-attractifs à faible coût, potentiellement intégrables dans des programmes de surveillance ou de gestion agro-écologique des ravageurs.

En perspective, il serait pertinent d'approfondir l'identification des composés volatils responsables de l'attractivité observée, d'évaluer la sélectivité de ces formulations vis-à-vis des espèces cibles et non cibles, et de tester leur efficacité sur des périodes d'observation plus longues, ciblée ainsi que dans différents contextes agro-écologiques. Une telle démarche permettrait de mieux valoriser ces bio-attractifs dans le cadre d'une stratégie de protection intégrée de nos vergers.

Par ailleurs, les entomologistes, écologistes et chercheurs sont appelés à innover dans la formulation des appâts afin d'améliorer leur utilisation dans des essais de terrain à large spectre et d'optimiser l'efficacité de capture des insectes. Des recherches complémentaires devraient également être entreprises sur l'écologie chimique des insectes ravageurs ciblés, sur les processus de fermentation des appâts, ainsi que sur les mécanismes d'interaction impliqués dans les réponses olfactives des insectes. Une meilleure compréhension de ces aspects contribuerait au développement de stratégies de piégeage plus performantes, durables et mieux adaptées aux programmes de surveillance et de gestion intégrée des ravageurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Ababsa L., 2012.** Régime alimentaire et reproduction de quelques espèces aviennes dans la région d'Ouargla. Thèse de Doctorat, ÉNSA, El Harrach, Alger, Algérie, 60 p.

2. **Alaoui N., 2005.** Référentiel pour la Conduite Technique de l'olivier (*Olea europea*). Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

3. **Amrouni S.H., Fethallah R. et Fahas M., 2021.** Les exploitations oléicoles en Algérie ; quelle performance économique ? Recherche Agronomique, Vol. 19, N° 1, p. 65-76.

4. **Artaud M., 2008.** L'olivier sa contribution dans la prévention et le traitement du syndrome métabolique. Ed. C.O.I., 30 p.

5. **Avand-Faghih A., 2016.** Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (olivier) 1790. Thèse de doctorat, Biologie et Agronomie 'Protection des Cultures', Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 181p.

6. **Badelon J., 2016.** Piégeage des taons et des stomoxes : efficacité comparée des pièges h-trap et vavoua. Thèse de doctorat, Médecine vétérinaire et santé animale. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, France, 93 p. (dumas-04546148).

7. **Baldy C.H., 1990.** Le climat de l'olivier (*Olea europaea*) .Volume jubilaire du professeur P .Quézel. Ecologia méditerranea XVI 1990; 113-121P.

8. **Baldoni L. et Belaj A., 2009.** Olive crops, in Oil Crop Breeding. Handbook of Plant Breeding, vol. 4, eds J vollmann and I. Rajcan (New York, NY: Springer Science Business Media), pp.397–422.

9. **Batallas R. E. et Evenden M. L., 2023.** Fermented or floral? Developing a generalized food bait lure to monitor cutworm and armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae) in field crops. *Insects*, *14*(2), Article 105. https://doi.org/10.3390/insects14020105

10. **Bautista-Hernández C. F., Cibrián-Tovar J., Velázquez-González J. C et Moreno-Chávez, J. G., 2021.** Compounds from pepper flowers and fruits as potential attractants for the capture of pepper weevil. International Journal of Advanced Research, 9(2), 56–63. https://doi.org/10.21474/IJAR01/13022

11. **Braillard J., 2025.** Maladies de l'olivier : identifier, prévenir et traiter les principales affections. https://maisonastuces.com/maladies-de-lolivier/

12. **Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydro-thermo-mécanique d'herbes aromatiques : applications généralisées.

Génie des procédés. Université de La Rochelle, Français. ⟨NNT : ⟩. ⟨tel-00399135⟩.

13. **Burte V., 2018.** Étude des stratégies de mouvement chez les parasitoïdes du genre Trichogramma : apports des techniques d'analyse d'images automatiques. Microbiologie et Parasitologie. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019), 2018. Français. NNT : 2018.

14. **Caballero Vidal G.N., 2020.** Écologie chimique inverse appliquée aux récepteurs olfactifs de l'insecte ravageur des cultures *Spodoptera littoralis* : vers des stratégies innovantes en protection des cultures. Thèse de doctorat, Sciences agricoles. Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France. HAL Id: tel-03399743, https://pastel.hal.science/tel-03399743v1.

15. **Civantos M.L.V., 1999**. Contrôle des parasites et des maladies de l'olivier., Madrid, Espagne: 207p.

16. **Dardouri T., 2018.** Implication des composés organiques volatils dans la capacité des plantes de service à perturber le comportement et les performances de *Myzus êrsicae* (sulzer) le puceron vert du verger. Autre [qbio.OT]. Thèse de doctorat en sciences agronomique, Université d'Avignon, France. HAL Id: tel-02178970. https://theses.hal.science/tel-02178970v1.

17. **Dekeirsschieter J.; Verheggen F.; Frederickx C.; Marlet C.; Lognay G.et Haubruge., E., 2012.** Comment les insectes communiquent-ils au sein de l'"écosystème-cadavre"? L'écologie chimique des insectes nécrophages et nécrophiles. *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* , **65:** 3-13.

18. **Delvare G. et Aberlenc H-P., 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale clés pour la reconnaissance des familles. Ed. PRIFAS, France, 302p.

19. **Djazagro, 2024.** https://www.djazagro.com/fr-FR/actualites-tendances/veille-prospectives/huile-d-olive-en-algerie.

20. **Flors V., Kyndt T., Mauch-Mani B., Pozo M. J., Ryu C.-M., & Ton J., 2024.** *Enabling sustainable crop protection with induced resistance in plants*. Frontiers in Science, 2, 1407410. https://doi.org/10.3389/fsci.2024.1407410.

21. **Gharabi D., 2018.** *Effet du stress salin sur le comportement physiologique et morpho-biochimique de jeunes plants de variétés d'olivier cultivé (Olea-europea) locales et introduites non greffés.* Thèse de doctorat, Sciences de l'Environnement, Université de Sidi Bel Abbès, Algérie.

22. **Guignard et Dupont, 2004.** *Botanique systématique moléculaire. 13^{éme} Eds. Masson. Paris. France. 164-179p.*

23. **Hafsi A., 2016.** Gestion des populations par piégeage de masse en vergers et étude de la spécialisation d'hôte chez les diptères Tephritidae. Thèses de

doctorat en Sciences agricoles. Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Tunisie, 147p.

24. **Hamlat M., 2022**. Étude morphométrique de l'olivier (Olea europaea ssp. europaea L.) et valorisation des sous-produits oléicoles en Algérie. Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques, Université de Tizi-Ouzou, Algérie.

25. **Hashmi, M. A., Khan, A., Hanif, M., Farooq, U., et Perveen, S. 2015.** Traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of Olea europaea (Olive). Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 541-591. https://doi.org/10.1155/2015/541591

26 **Hou X.-Q., Zhang D.-D., Zhao H., Liu Y., Löfstedt C., et Wang, G., 2025.** Attraction and aversion of noctuid moths to fermented food sources coordinated by olfactory receptors from distinct gene families. *BMC Biology*, *23*, Article 1. https://doi.org/10.1186/s12915-024-02102-w.

27. **Flors V., Kyndt T., Mauch-Mani B., Pozo MJ., Ryu C-M. et Ton J., 2024**. Enabling sustainable crop protection with induced resistance in plants. *Frontiers Science,* 2:1407410. https://doi: 10.3389/fsci.2024.1407410.

28. **Fourasté I., 2000.** *La camomille : Matricaria recutita* (L.) Rauschert (Asteraceae). Toulouse : Faculté des Sciences Pharmaceutiques de Toulouse ; Fondation d'Entreprise pour la Protection et la Bonne Utilisation du Patrimoine Végétal, Castres.

29. **Frontier S., 1983.** *Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Université de Laval, Québec, 494 p

30. **Iqbal M. F. et Feng1Y-L., 2020.** Species diversity of different insect families trapped under beer-based volatile fermentation. BMC Chemistry, 14:48. https://doi.org/10.1186/s13065-020-00699-x.

31. **Kassout J., 2019.** Réponse de traits fonctionnels foliaires et anatomiques chez l'olivier sauvage (Olea europaea L.) dans un environnement hétérogène et changeant : le modèle du Maroc soumis aux changements globaux. Biologie végétale. Université Montpellier; Université Abdelmalek Essaâdi (Tétouan, Maroc), 2019. Français. ⟨NNT : 2019MONTG061⟩. ⟨tel-02611003⟩

32. **LeBlanc H. N. et Logan J. G. 2010**. Exploiting Insect Olfaction in Forensic Entomology. Current Concepts in Forensic Entomology, 205-212 pp. https://doi 10.1007/978-1-4020-9684-6-11.

33. **Leplat M., 2017.** Le romarin, *Rosmarinus officinalis* L., une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale. Sciences pharmaceutiques. ⟨dumas-01550355⟩.

34 **Leff J. W. et Fierer N. 2008.** Volatile Organic Compound (VOC) Emissions from Soil and Litter Samples. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(7):1629-1636. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.01.018.

35. **Li L., Cao J., Ca Z., et Chen J., 2025.** Plant volatile organic compounds attractive to *Monolepta signata* (Olivier). *Insects*, *16*(12), 12-33. https://doi.org/10.3390/insects16121233

36. **Loussert R et Brousse G ., 1978.** L'olivier .Ed . Maisoneuvre et Larose, Paris 447 p.

37. **Lucas Ch., 2020**. Communication chez les insectes : signaux, adaptation, spécialisation. Thèse doctorat en Sciences du Vivant [q-bio]. Université de Tours / Région Centre, CR pays de la Loire. ⟨tel-02383504⟩. https://hal.science/tel-02383504v1.

38. **Mansfield C. M.et Hossain M. S. 2004.** *The attractiveness of different fermenting food odours to Carpophilus spp. (Coleoptera: Nitidulidae)*. **General and Applied Entomology**, 33.

39. **Maung K. L., Mon Y. Y., Khine M. P., Chan K. N., Soe A. P., et Khai A. A., 2019.** *Efficient protein-based bait formulation for attraction and feeding response of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Myanmar*. **Journal of Life Sciences**, 13, 18–24. https://doi.org/10.17265/1934-7391/2019.02.003.

40. **Ministère de l'agriculture de l'agro-alimentaire et de la souveraineté alimentaire (M.A.A.S.A.), 2012.** Pièges attractifs. https://agriculture.gouv.fr/.

41. **Mzoughi M., 2023.** L'oléiculture en régions semi-arides : variabilité de la production et climat, milieu physique et pratiques agricoles. Le cas de la délégation de Menzel Chaker (Tunisie centrale). Géographie. Université Paris. ⟨NNT : 2023UNIP7365⟩. ⟨tel-04894762⟩.

42. **Mezghani M.A., Ben El Hadj S., Labidi F et Jebari A., 2008.** Structure du bourgeon végétatif et relation avec le résultat de la croissance chez l'olivier (Olea europaea L.) : mise en évidence d'une préformation hivernale et estivale. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 12(3), 259-26.

43. **Omarini A. B., Achimón F., Brito V. D. and Zygadlo J.A.,** *2020*. Fermentation as an Alternative Process forthe Development of Bioinsecticides. Fermentation, 6, 120. https://doi:10.3390/fermentation6040120.

44. **Patoni I., Sudarjat A., Susanto A. & Hidayat Y. 2022.** Potential of fruit extracts as attractants of female oriental fruit flies. Pakistan Journal of Biological Sciences, 25, 537–548.

45. **Persyn E., 2026.** Étude comparative des mécanismes moléculaires et fonctionnels impliqués dans les comportements d'attraction des mâles chez les mouches des fruits Tephritidae (Diptera). Thèse de doctorat en Sciences agricoles. Université de la Réunion, Français. HAL Id: tel-05453008, https://theses.hal.science/tel-05453008v1.

Ramiaranjatovo G., 2024. Adaptation des systèmes olfactifs de mouches des fruits Tephritidae à leur gamme de fruits hôtes. Thèses de doctorat en Sciences

agricoles. Université de la Réunion, Français. Tel- 04723163, https://theses.hal.science/tel-04723163v1.

46. **Rekinger M., 2020.** *Étude dynamique de l'attractivité des femelles Delia platura (Diptera : Anthomyiidae) vis-à-vis d'un couvert végétal en décomposition.* Mémoire de fin d'étude, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech., 72p.

47. **Sathiyaseelan, M., Jayaraj, J., Shanthi, M. & Sujatha, K., 2022**. Evaluation of attractiveness and volatile profiling of food baits for monitoring of stored product pests in paddy. *Indian Journal of Ecology*, 49(1): 222–227. DOI: 10.55362/IJE/2022/3507

48. **Tang R., Zhang, F., Kone N., Chen J.-H., Zhu F., Han R.-C., Lei C.-L., Kenis M., Huang L.-Q., et Wang, C.-Z., 2016.** Identification and testing of oviposition attractant chemical compounds for *Musca domestica*. *Scientific Reports*, *6*(1), Article 33017. https://doi.org/10.1038/srep33017

49. **Tchaker F.Z., 2018.** Étude de l'efficacité globale des biopesticides et des pesticides de synthèses sur les ravageurs des essences forestières et des arbres fruitiers. Thèse de doctorat, Université de Blida, Algérie, 247p.

50. **Yattara A.A. & Francis F., 2013.** Impact des méthodes de piégeage sur l'efficacité de surveillance des pucerons: illustration dans les champs de pommes de terre en Belgique. *Entomologie Faunistique,* **66,** 89-95.