

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

.....  
**Département de Biologie et Physiologie Animales**

**MÉMOIRE**

**Présenté par:**

**-Oubouaou Alima**

**-Terchoune Lylia**

Pour obtenir le diplôme de

**MASTER**

**Filière:** Biologie et physiologie Animales

**Spécialité:** Parasitologie

**THÈME**

**Les Technologies Utilisées dans la lutte contre les Parasites**

**Soutenu publiquement le: 10/06/2024**

**Devant le jury:**

**Président: Dr. Benmerzoug Abdelmoumen MCA \_ Ouargla**

**Encadrant: Dr. Guettaf Sofiane MCB \_ sétif.1**

**Examineur: Dr. Laadel Noureddine MCA\_ sétif.1**

**Année universitaire: 2023/2024**

# REMERCIEMENTS

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à **Dr. Guettaf Sofiane**. Maître de conférences à l'Université Ferhat Abbas Sétif 1 pour avoir accepté de diriger et de réaliser ce travail. Nous vous remercions pour votre confiance, votre soutien et votre disponibilité. Vos qualités morales, intellectuelles et surtout votre intérêt pour la science forcent le respect et l'admiration.

Nous exprimons également nos vifs remerciements à **Dr. Benmerzoug Abdelmoumen**. Maître de conférences à l'Université kasdi Merbah Ouargla d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de notre mémoire. Votre simplicité et votre modestie sont à la dimension de votre envergure scientifique.

Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance à **Dr. Laadel Noureddine**. Maître de conférences à l'Université Ferhat Abbas Sétif 1 pour avoir accepté de juger ce travail et nous honorer de sa présence.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance à ceux qui ont contribué à réalisation de ce travail.

# *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail:

À mes chers parents Oubouaou Saadi et Seboussi Farida qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

À moi-même bien sûr.

À mes chères sœurs chacune a son nom.

À toute ma famille.

À toutes mes amies.

À tous les gens qui me connaissent et que je connais.

À tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études.

**ALIMA**

# *Dédicace*

Je dédie ce Travail:

À mon très cher père Brahim Terchoune Tu as toujours été pour moi l'exemple d'un père respectueux, d'une personne honnête et méticuleuse. L'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien a été une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne peut exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le Tout- Puissant de t'accorder une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a ménagé aucun effort pour me rendre heureux: à mon paradis et à ma charmante maman Louiza Guettaf.

À mes chères sœurs: Nesrine, Ismahane, Asma et Manel merci pour leur amour et leurs encouragements.

À mon neveu Wissal Ben arab.

À mon cher oncle Abdulrahman, à sa femme Wided, et à ses enfants Diaa, Alaa et Raheel.

À ma chère grand-mère, que Dieu te fasse miséricorde Taklit Zaydi.

mes chers amis Aya, Nesrine, Chaïma, Fadia, Amina.

À tous mes chers amis et à tous ceux que j'aime.

**Lylia**

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Les différents produits des pesticides. ....	6
<b>Figure 2.</b> Les étapes de la transgénèse. ....	14
<b>Figure 3.</b> Schéma d'un piège lumineux au drap .....	19
<b>Figure 4.</b> Piège à phéromones installé dans un prunier.....	19
<b>Figure 5.</b> Piège collant jaune (a) installé dans une serre (b).....	20
<b>Figure 6.</b> Principe d'organisation d'un système d'information géographique - couches D'information thématiques et modes de représentation.....	23
<b>Figure 7.</b> L'ascendance de la protection agro-écologique des cultures.....	28

# Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	I
<b>Dédicace</b> .....	II
<b>Dédicace</b> .....	III
<b>Liste des figures</b> .....	IV
<b>Introduction</b> .....	01
<b>Chapitre 1: La lutte contre les parasites</b>	
<b>1.1. Définition et classification des parasites</b> .....	02
1.1.1. Définition de parasite.....	02
1.1.2. Classification des parasites .....	02
<b>1.2. Impacts des parasites sur La santé humaine, animale et végétale</b> .....	02
1.2.1. Impact des parasites sur la santé humaine.....	03
➤ Maladies parasitaires.....	03
➤ Problèmes nutritionnels .....	03
1.2.2. Impact des parasites sur la santé animale .....	03
➤ Baisse de la productivité.....	03
➤ Maladies transmissibles.....	03
1.2.3. Impact des parasites sur la santé végétale .....	03
➤ Ravageurs agricoles.....	03
➤ Dégradation de la qualité.....	03
<b>1.3. Approches conventionnelles de lutte contre les parasites</b> .....	04
1.3.1. La lutte chimique .....	04
1.3.1.1. Les pesticides .....	04

➤ Les insecticides.....	04
➤ Les herbicides .....	04
➤ Les fongicides .....	05
➤ Les biocides.....	05
1.3.2. La lutte culturale.....	06
1.3.3. Dépistage.....	07
<b>1.4. Limitation des méthodes conventionnelle.....</b>	<b>07</b>
1.4.1. Impact environnemental.....	07
➤ Pollution.....	07
➤ Résistance aux pesticides.....	07
1.4.2. Impact économique.....	07
➤ Coût élevé.....	07
➤ Perte de rendement.....	07
1.4.3. Impact social.....	08
➤ Risques pour la santé.....	08
<b>Chapitre 2: Technologies émergentes utilisées dans la lutte contre les parasites</b>	
<b>2.1. Les biocides et les pesticides: innovation et perspectives.....</b>	<b>09</b>
2.1.1. Innovation .....	09
2.1.1.1. L'agriculture biologique .....	09
2.1.1.2. L'agriculture intégrée .....	09
2.1.1.3. Les OGM/La transgénèse.....	09
2.1.2 Perspective.....	09
<b>2.2. Les méthodes biologiques dans la lutte contre les parasites.....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Utilisation de prédateurs et parasitoïdes.....	10

2.2.2. Les insecticides botaniques .....	11
2.2.3. Les micro-organismes.....	12
<b>2.3. Les méthodes physiques de la lutte contre les parasites.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. Les méthodes génétiques et biotechnologiques dans la lutte contre les parasites.....</b>	<b>12</b>
2.4.1. La technique de l'insecte stérile .....	13
2.4.2. Utilisation de bactéries endosymbiotiques.....	13
2.4.3. Transgénèse et para transgénèse.....	14
 <b>Chapitre 3: Les avancées technologies dans la surveillance et le suivi des parasites</b>	
<b>3.1. Les outils de diagnostic et de détection précoce des parasites.....</b>	<b>15</b>
3.1.1. Examens microscopique directe .....	15
3.1.1.1. Frottis sanguin-goutte épaisse .....	15
3.1.1.2. Examen direct des selles.....	16
3.1.1.3. Examen direct des urines.....	16
3.1.2. Diagnostic parasitaire indirect.....	17
3.1.2.1. Sérologie.....	17
3.1.3. Exemple sur les méthodes de diagnostic de paludisme .....	17
<b>3.2. Les systèmes de surveillance et de prévention des infestations.....</b>	<b>18</b>
3.2.1. Surveillance entomologique.....	18
3.2.1.1. L'utilisation des pièges.....	18
➤ Les pièges lumineux.....	18
➤ Les pièges à phéromones.....	19
➤ Les pièges collants.....	20



3.2.1.2. Les techniques de détection d'observation.....	20
3.2.2. La surveillance épidémiologique.....	20
3.2.3. Lutte anti vectorielle .....	21
➤ Protection individuelle.....	21
➤ Lutte collective.....	21
<b>3.3. Les nouvelles approches de cartographie et de modélisation des Parasites</b> .....	<b>22</b>
3.3.1. La télédétection.....	22
3.3.2. Système d'information géographique (SIG).....	22
 <b>Chapitre 4: Défis et enjeux liés à l'utilisation des technologies en lutte contre les parasites</b>	
<b>4.1 Les questions éthiques et environnementales.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Les contraintes réglementaires et légales.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Les défis liés à l'adoption et à l'acceptation des technologies par les acteurs concernés.....</b>	<b>25</b>
4.3.1 Résistance des consommateurs.....	26
4.3.2 Réglementation stricte.....	26
4.3.3 Contamination croisée.....	26
4.3.4 Risques environnementaux.....	26
4.3.5 Cout élevé.....	26
 <b>Chapitre 5: Étude de cas et exemples concrets</b>	
<b>5.1. Application des technologies en lutte contre les parasites dans l'agriculture.....</b>	<b>27</b>
5.1.1. L'utilisation des pesticides.....	27
5.1.2. Gestion intégrée des ravageurs (GIR).....	27

5.1.3. Protection agro-écologique.....	28
5.1.4. Exemple sur Les Conséquences des pesticides.....	29
<b>5.2. Utilisations des technologies en lutte contre les parasites en médecine vétérinaire.....</b>	<b>29</b>
5.2.1. Innovations vétérinaire.....	29
5.2.2. La lutte contre les parasites externes.....	30
<b>5.3. Cas d'étude spécifique mettant en œuvre différents technologies utilisées dans la lutte contre les Parasites.....</b>	<b>30</b>
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>32</b>
<b>Références</b>	
<b>bibliographiques.....</b>	<b>XII</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>XV</b>
<b>ملخص.....</b>	<b>XVII</b>

# **Introduction**

### Introduction

Il est bien connu que les parasites constituent une menace constante pour la santé humaine, animale, végétale et pour l'environnement (**Alvarado et al., 2014**). Certains parasites peuvent en effet provoquer des maladies chez les humains, les animaux domestiques et les cultures agricoles, entraînant des symptômes désagréables, des pertes économiques et même des décès dans certains cas graves. Sur le plan environnemental, les parasites peuvent perturber les écosystèmes naturels en affectant la biodiversité et en nuisant à la santé des plantes (**Dantas-Torres, 2015**).

Bien que les méthodes conventionnelles de lutte, comme l'utilisation de biocides et de pesticides, permettent de combattre les parasites, elles comportent parfois des risques pour la santé et l'environnement. Face à cette problématique, il est nécessaire de se tourner vers des technologies innovantes qui seraient plus respectueuses de l'environnement.

Plusieurs solutions alternatives existent, comme l'emploi de méthodes biologiques telles que l'utilisation d'organismes prédateurs, de méthodes physiques, ainsi que de technologies biotechnologiques et génétiques permettant de créer des parasites génétiquement modifiés (**Jamoussi et al., 2015**).

L'étude de ces technologies de lutte contre les parasites revêt une grande importance. D'une part, elle permet de protéger nos cultures et nos récoltes, assurant ainsi la sécurité alimentaire, en identifiant les méthodes les plus efficaces. D'autre part, elle contribue au développement de nouvelles innovations et à l'avancement de la recherche dans ce domaine (**Jamoussi et al., 2015**).

Par ailleurs, ce sujet est particulièrement d'actualité. À titre d'exemple, les infestations de punaises de lit sont devenues un problème croissant ces dernières années, notamment en France et dans d'autres pays. Il est donc crucial de prendre des mesures pour prévenir ce type d'infestations, ainsi que d'autres problèmes liés aux parasites.

L'objectif de cette recherche est donc d'améliorer l'efficacité et la durabilité des méthodes de lutte contre les parasites, tout en se basant sur de nouvelles technologies plus respectueuses de l'environnement.

# **Chapitre 1**

## **La Lutte Contre les Parasites**

## 1.1. Définition et Classification des Parasites

### 1.1.1. Définition de Parasite

Le parasite est un être vivant, animal ou végétal, passant une partie ou la totalité de son existence à la surface ou dans l'intérieur d'un autre être vivant, plus puissant que lui, aux dépens duquel il se nourrit (**Guiart, 1910**).

### 1.1.2. Classification des Parasites

Les parasites sont classés en 4 grands groupes:

Les protistes (genres Plasmodium, Toxoplasma, Entamoeba).

Les helminthes ou vers sont des métazoaires se présentent sous des formes adultes des deux sexes mais avec des stades larvaires, embryonnaires ou ovulaires (genres Ascaris, Strongyloides, oxyure, Echinococcus, Taenia) (**Denis et al., 2007-2008**).

Les micromycètes, ce sont des champignons microscopiques identifiés sous forme de spores isolées ou regroupées, ou de filaments libres ou tissulaires (genres Candida, Aspergillus, dermatophytes) (**Denis et al., 2007-2008**).

Les arthropodes, mollusques, pararthropodes ou annélides sont aussi des êtres pluricellulaires parasites (insectes, arachnides, mollusques et crustacés), pouvant se présenter sous divers stades pour leur parasitisme (adultes males et/ou femelles, larves, nymphes et œufs) (**Denis et al., 2007-2008**).

## 1.2. Impacts des parasites sur la santé humaine, animale et végétale

Les parasites peuvent avoir un impact significatif sur la santé humaine, animale et végétale.

### 1.2.1. Impact des parasites sur la santé humaine

- **Maladies parasitaires:** Les parasites peuvent entraîner différentes affections chez les individus. À titre d'exemple, les vers intestinaux tels que l'*Ascaris lumbricoides* peuvent entraîner des infections intestinales, tandis que le paludisme, provoqué par le parasite du genre *Plasmodium*, est une maladie potentiellement mortelle transmise par les moustiques (Alvarado et al., 2014).
- **Problèmes nutritionnels:** Les parasites peuvent causer des déficits nutritionnels en perturbant l'assimilation des nutriments dans le système digestif. Cela peut avoir un impact sur le développement et la croissance des personnes, notamment chez les enfants (Adams et al., 1993).

### 1.2.2. Impact des parasites sur la santé animale

- **Baisse de la productivité:** Les vers gastro-intestinaux chez le bétail, par exemple, peuvent diminuer la productivité en perturbant la croissance, la reproduction et la qualité de la viande ou du lait (Charlier et al., 2009).
- **Maladies transmissibles:** Des maladies zoonotiques peuvent également être transmises des animaux aux humains par certains parasites animaux. Par exemple, la maladie de Lyme peut être transmise par la tique *Ixodes ricinus* aux êtres humains (Dantas-Torres, 2015).

### 1.2.3. Impact des parasites sur la santé végétale

- **Ravageurs agricoles:** Les insectes ravageurs et les nématodes, parmi d'autres parasites végétaux, peuvent entraîner des dégâts considérables sur les cultures, entraînant des pertes de rendement et des difficultés économiques pour les agriculteurs (Oerke, 2006).
- **Dégradation de la qualité:** En modifiant la composition chimique des plantes, les parasites végétaux peuvent également influencer la qualité des cultures, ce qui peut avoir des conséquences sur la valeur nutritionnelle des récoltes (SACHE, 2021).

### 1.3. Approches conventionnelles de lutte contre les parasites

Les Approches conventionnelle de lutte contre les parasites Impliquent ce qui suit:

#### 1.3.1. La lutte chimique

##### 1.3.1.1. Les pesticides

Les pesticides, encore appelés produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques, sont des substances d'origine naturelle ou manufacturée, ayant la propriété de repousser, réprimer ou réguler le développement des organismes vivants considérés comme nuisibles.

Depuis l'avènement de la chimie industrielle, l'usage des pesticides organiques de synthèse s'est répandu, essentiellement en agriculture. Selon leurs cibles, ces molécules sont appelées insecticides et acaricides (elles détruisent insectes et acariens ravageurs), herbicides (elles éliminent les adventices), fongicides (elles suppriment les champignons et moisissures), et rodenticides (elles exterminent les rongeurs) (Arzal et al., 2014).

##### ➤ Les insecticides

Les insecticides, dont les propriétés visent à détruire certains insectes, sont les premières molécules de pesticides connues et utilisées. Ces molécules agissent principalement sur le système nerveux, (néonicotinoïdes, carbamates, organophosphorés, pyréthriinoïdes...), mais aussi sur la respiration (pyrazoles...) ou la synthèse de chitine (benzoylurées...) et des régulateurs de croissance (dérivés des pyridines...). Actuellement en France, les organochlorés (ex. DDT) sont interdits en raison de leur propriété cancérigène. Ces molécules ont montré une grande persistance et bioaccumulation dans l'environnement et les tissus (Arzal et al., 2014).

##### ➤ Les herbicides

Les herbicides utilisés pour empêcher le développement des végétaux sont produits en grandes quantités; ils représentent 70 à 80% des produits utilisés en raison de leur application sur de larges étendues. Les herbicides agissent sur les cellules à différents niveaux métaboliques:

Perturbation de la croissance (auxines de synthèse, dinitroanilines).



Inhibition de la synthèse des acides aminés i) branchés (sulfonylurées, imidazolinones), ii) aromatiques (glyphosate), iii) de la glutamine (glufosinate)...; inhibition de la synthèse des lipides: des acides gras (cyclohexanediones, aryloxyphénoxypro-panoates) ou de leur élongation (chloroacetamides).

Perturbation de la photosynthèse au niveau de la synthèse des caroténoïdes (amino-triazole, sulcotrione), de la chlorophylle (diphenyléthers), du transport des électrons au niveau de PS 2 (triazines, dérivés de l'urée et de l'uracile), du PS 1 (bipyridiles).

D'autres types de molécules aux sites d'action variés se rencontrent également comme les amides (isoxaben), thiocarbamates (molinate), les dinitrophénols (dinosèbe). Leur usage s'est développé surtout après 1950. Les molécules herbicides actuellement rencontrées sont nombreuses (**Arzal et al., 2014**).

### ➤ Les fongicides

Les fongicides de synthèse ont été produits surtout depuis 1970, en complément du cuivre et du soufre, augmentant leur efficacité. Ils sont largement utilisés pour les traitements de céréales et des plantes à graines (colza). Ils agissent en inhibiteurs:

- de la respiration (dithiocarbamates, chloronitriles, amines, amides...).
- du métabolisme des glucides et des polyols (organophosphorés, imides...).
- de la biosynthèse des lipides (carbamates, triazoles, amides...), des acides aminés (hétérocycles azotés), des acides nucléiques (amides, amines...).
- de la division cellulaire (carbamates, phénylurées...).

Certaines substances actives agissent simultanément sur des cibles différentes. Il en est ainsi du foséthyl-aluminium ayant à la fois des propriétés fongicide et bactéricide (**Arzal et al., 2014**).

### ➤ Les biocides

Certaines substances actives de pesticides, peuvent aussi se retrouver dans des produits classés biocides. Ils sont régis par la Directive 98/8/EC, qui les définit ainsi: « Les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont

présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur, qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique ».

Les produits biocides contenant des pesticides impactant directement le milieu marin sont principalement les peintures anti-salissures (ou *antifouling*) dans lesquelles le tributyl-étain était remplacé par des inhibiteurs de la photosynthèse le diuron (phénylurée) et l'irgarol ou cybutryne 16 Élément sous dureté de Quelques définitions de base (triazine).

Ces substances actives agissent par blocage du transport des électrons dans le processus photosynthétique (Arzal et al., 2014).



**Figure 1:** Les différents produits des pesticides (Jean-Regis, 2013).

### 1.3.2. La lutte culturale

Le but est d'offrir aux plantes des conditions favorables à leur croissance et à leur développement de façon à augmenter leur force de résistance face aux organismes parasites. Ce qui est possible par:

- Une bonne circulation de l'air.
- Des températures et des intensités lumineuses adéquates.
- Le contrôle du pH, de la salinité et de l'équilibre minéral du substrat.
- Une régie d'irrigation appropriée (Bilodeau et Vallée, 1999).

### 1.3.3. Le dépistage

On entend ici par dépistage l'établissement d'un programme de surveillance stricte permettant de suivre l'évolution des insectes, des acariens, des maladies et des désordres physiologiques:

- Installer des pièges et les changer fréquemment, dès qu'il n'est plus possible de détecter l'arrivée de nouveaux insectes.
- Effectuer des relevés quotidiens des pièges et faire une inspection minutieuse des plants, idéalement deux fois par semaine.
- Tenir un registre des conditions climatiques et de l'ensemble des opérations culturales effectuées (**Bilodeau et Vallée, 1999**).

## 1.4. Limitation des méthodes conventionnelles

### 1.4.1. Impact environnemental

- **Pollution:** Les pesticides chimiques peuvent contaminer les sols, les eaux et l'air, nuisant à la biodiversité et à la santé humaine (**Calvet, 2005**).
- **Résistance aux pesticides:** En utilisant trop de pesticides, il est possible que des populations de parasites résistants se forment, ce qui rend la lutte plus complexe et nécessite des produits plus toxiques (**Roush et Tabashnik, 2012**).

### 1.4.2. Impact économique

- **Coût élevé:** Les pesticides chimiques peuvent être coûteux, ce qui représente une charge financière importante pour les agriculteurs (**Bossio et al., 2006**).
- **Perte de rendement:** Les parasites peuvent causer des dommages importants aux cultures, entraînant des pertes de rendement et de profits pour les agriculteurs (**Oerke, 2006**).

### 1.4.3. Impact social

- **Risques pour la santé:** Les produits chimiques de pesticides peuvent présenter des risques pour la santé des agriculteurs et des travailleurs agricoles, entraînant des intoxications et des maladies persistantes (**Alavanja et al., 2004**).

## **Chapitre 2**

# **Technologies émergentes utilisées dans la lutte contre les parasites**

## 2.1. Les biocides et les pesticides: innovation et perspectives

### 2.1.1. Innovation

Les techniques innovantes de pesticides concernent tout ce qui est biologique, et moins toxique comme:

#### 2.1.1.1. L'agriculture biologique

L'agriculture biologique est l'une des alternatives aux pesticides, car elle ne recourt à aucun artificiel. Elle repose sur la préservation de la biodiversité et le respect de l'environnement. Elle emploie diverses méthodes pour accroître la production et prévenir les divers ravageurs tels que les insectes, les mauvaises herbes et les champignons (C de Silguy, 1994).

#### 2.1.1.2. L'agriculture intégrée

L'agriculture intégrée est un concept qui désigne des méthodes agricoles qui favorisent la production d'aliments de qualité en utilisant des régulateurs naturels plutôt que des intrants coûteux et polluants. Cela favorise la durabilité et la réduction des coûts de l'agriculture intensive. Elle demeure nocive mais représente un compromis (Bonny, 1997).

#### 2.1.1.3. Les OGM/La transgénèse

La transgénèse implique l'introduction d'un ou de plusieurs gènes dans une cellule. On l'emploie dans l'agriculture pour modifier les cultures et obtenir un rendement amélioré, que ce soit en termes de taille, de goût ou d'apparence des cultures. Celles-ci sont des plantes génétiquement modifiées (OGM). Grâce à cette méthode, les plantes peuvent faire face aux parasites et aux conditions météorologiques défavorables. Étant donné que le code génétique est universel, il est possible de transférer un gène d'une espèce à une autre (Le Buanec, 2003).

### 2.1.2. Perspective

Les pesticides, qui sont principalement utilisés dans l'agriculture, posent des problèmes de santé majeurs aux êtres humains. L'utilisation sans discernement de pesticides appartenant à la classe organophosphorés, organochlorés, carbamates et pyréthroïdes entraîne

divers problèmes de santé affectant les systèmes nerveux, endocrinien, reproductif et immunitaire (Bairy et *al.*, 2004).

Les affections des cultures et les parasites des récoltes constituent un risque majeur pour le secteur agricole, qui dépend des revenus et de la subsistance de millions de petits agriculteurs, ainsi que pour la sécurité alimentaire mondiale. En faveur d'une agriculture plus durable, il est particulièrement difficile de trouver un équilibre (Bonny, 1994).

## 2.2. Les méthodes biologiques dans la lutte contre les parasites

La lutte biologique se définit comme étant l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes jugés nuisibles. Il existe deux types de lutte biologique selon la nature de l'agent biocide répresseur utilisé: l'exploitation de biocides inertes (toxines dérivées de micro-organismes) et l'exploitation de biocides autonomes entomophages microbiens (champignons, virus, bactéries, protozoaires) ou animaux comme les prédateurs et les parasitoïdes. Au cours du temps, ce concept a subi une évolution et intègre dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de contrôle des ravageurs des récoltes et des mauvaises herbes (Jamoussi et *al.*, 2015).

Cette définition extensible rajoute à l'utilisation des biocides autonomes ou inertes, les méthodes culturales, la résistance variétale, les phéromones et juvénoides (inhibiteurs du développement des insectes), les insecticides botaniques et même les méthodes physiques de lutte. Ces méthodes biologiques offrent des solutions viables à cause de l'automatisme des micro-organismes entomopathogènes ou phytopathogènes, de leur variété, spécificité, compatibilité intrinsèque avec la nature et de leur capacité d'évoluer avec et sans intervention humaine (Jamoussi et *al.*, 2015).

### 2.2.1. Utilisation de prédateurs et parasitoïdes

Les prédateurs tuent leurs proies pour satisfaire leurs besoins nutritifs. On distingue deux types de prédateurs à savoir les Sténophages et les Syrphidae. Les Sténophages ont des régimes alimentaires très étroits et leurs cycles biologiques sont synchronisés à ceux de leurs proies. Toutefois, les familles les plus utilisées sont certaines espèces de Syrphidae (les syrphes ou syrphides sont une famille de mouches dont la larve se nourrit de centaines de pucerons, qui dévorent nos récoltes), les Coccinellidae (ou coccinelles: une famille d'insectes de l'ordre des coléoptères il s'attaque aux pucerons) et les Euryphages (leur régime

alimentaire est large pouvant utiliser des sources de nutrition non-animale comme le pollen, les champignons ou la matière végétale). On distingue certaines espèces du groupe des acariens et des insectes appartenant à l'ordre des Coléoptères, Dermaptères, Hemiptères, Neuroptères sont les plus utilisés (**Jamoussi et al., 2015**).

Les parasitoïdes sont les entomophages qui, pour compléter leur cycle de vie, tuent leur hôte. Les parasitoïdes pondent à l'intérieur ou à la surface de l'hôte cible puis la larve issue de l'œuf se nourrit de son contenu et se développe pour se transformer en un adulte, ainsi le développement du parasite entraîne la mort du ravageur. A titre d'exemple, le trichogramme qui appartient à la famille des micros- hyménoptères parasite les œufs de la pyrale du maïs. Les trois ordres les plus utilisés sont les Hyménoptères, les Diptères et les Coléoptères (**Jamoussi et al., 2015**).

### 2.2.2. Les insecticides botaniques

Plus de 59 familles et 188 genres de plantes sont utilisés pour la répression des insectes ravageurs. Ces plantes contiennent des substances qui ont des propriétés anti-appétences, répulsives ou même insecticides. Le biopesticide d'origine végétale le plus utilisé est l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica*. Il contient plusieurs molécules actives dont l'azadirachtine, la nimbidine, la nimbidinine, la solanine, le déacétylazadirchtinol et le méliantriol. Le principal ingrédient actif de cette huile est l'azadirachtine qui se définit comme un mélange de sept isomères de tétranortritarpinoïde possédant la propriété de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes (**Jamoussi et al., 2015**).

Citons aussi la plante *Tanacetum (Chrysanthemum) cinerariaefolium*, plus communément appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace, dont les fleurs contiennent des principes actifs, appelés pyréthrine qui attaquent le système nerveux de tous les insectes. Les plantes à pesticides intégrés (Plant Incorporated-Protectants, PIPs) sont des organismes modifiés par génie génétique, capables de produire et d'utiliser des substances pesticides afin de se protéger. Les PIPs les plus connues sont des plants de pommes de terre, maïs et coton ayant la particularité de produire la protéine Cry de *B. thuringiensis* (**Jamoussi et al., 2015**).



### 2.2.3. Les micro-organismes

La lutte biologique par l'utilisation de micro-organismes entomopathogènes assure une protection phytosanitaire performante vue l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les formulations à base de micro-organismes deviennent de plus en plus performantes avec des prix compétitifs et leurs utilisations augmentent rapidement, de 10 à 25 % par année. Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les microchampignons, les nématodes et les protozoaires (Jamoussi et al., 2015).

## 2.3. Les méthodes physiques dans la lutte contre les parasites

La lutte physique en protection des plantes et des denrées alimentaires regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique, biochimique ou toxicologique. Il existe deux types fondamentaux de méthodes en lutte physique: les méthodes actives qui utilisent de l'énergie au moment de l'application pour détruire, blesser stresser ou encore enlever les ennemis des cultures du milieu et les méthodes passives qui procèdent par une modification du milieu et ont un caractère plus durable tel que l'emploi d'emballage pour isoler les denrées alimentaires des insectes nuisibles. On peut également classer les méthodes physiques selon le mode d'utilisation de l'énergie: la lutte mécanique (le sarclage des mauvaises herbes), la lutte thermique (à titre d'exemple le réchauffement des serres avant la plantation), la lutte électromagnétique (micro-ondes, radiofréquences, infrarouge; ces radiations électromagnétiques non-ionisantes tuent les insectes par réchauffement interne des individus) et la lutte pneumatique (soufflage/aspiration; des courants d'air sont créés et délogent les insectes, lesquels meurent dans le transit des tuyaux (Jamoussi et al., 2015).

## 2.4. Les méthodes génétiques et biotechnologiques dans la lutte contre les parasites

### 2.4.1. La technique de l'insecte stérile

La technique de l'insecte stérile (TIS) est une méthode de lutte biologique, mais souvent classé dans la lutte génétique puisqu'elle fait appel à la stérilisation. La (TIS) est une

stratégie autocide puisque les mâles stérilisés lâchés sur le terrain n'ont pas de descendance. Elle est spécifique de chaque espèce visée. Pour le moment, les seuls culicinae visés par cette technique avec des objectifs opérationnels sont *Ae. Aegypti* et *Ae. Albopictus* (Didier et al., 2017).

Les techniques possibles de stérilisation des mâles sont diverses: irradiation avec des rayons gamma ou rayon X, irradiation chimique, transgénèse (*RIDL*, *Release of insectscarrying a Dominant Lethalgenetic system*), technique de RNAi (par exemple en nourrissant des larves avec de la nourriture contenant de dsRNA ciblant les gènes de la sexualisation (gènes *doublesex*), introduction de *Wolbachia* exogènes. Les mâles sont élevés en grand nombre, stérilisés, et relâchés massivement. Si leur capacité reproductive est bonne, ils s'accouplent avec les femelles sauvages qui ne produisent pas de descendance, et les densités de populations diminuent au fur et à mesure des lâchers (Didier et al., 2017).

Chez les culicinae, seuls quelques essais ont été effectués sur de grandes surfaces. La méthode reste encore complexe et coûteuse à mettre en œuvre, mais face à l'augmentation des résistances aux insecticides et à une aspiration des populations à moins de lutte par biocides, elle est une option prometteuse (Didier et al., 2017).

#### 2.4.2. Utilisation de bactéries endosymbiotiques

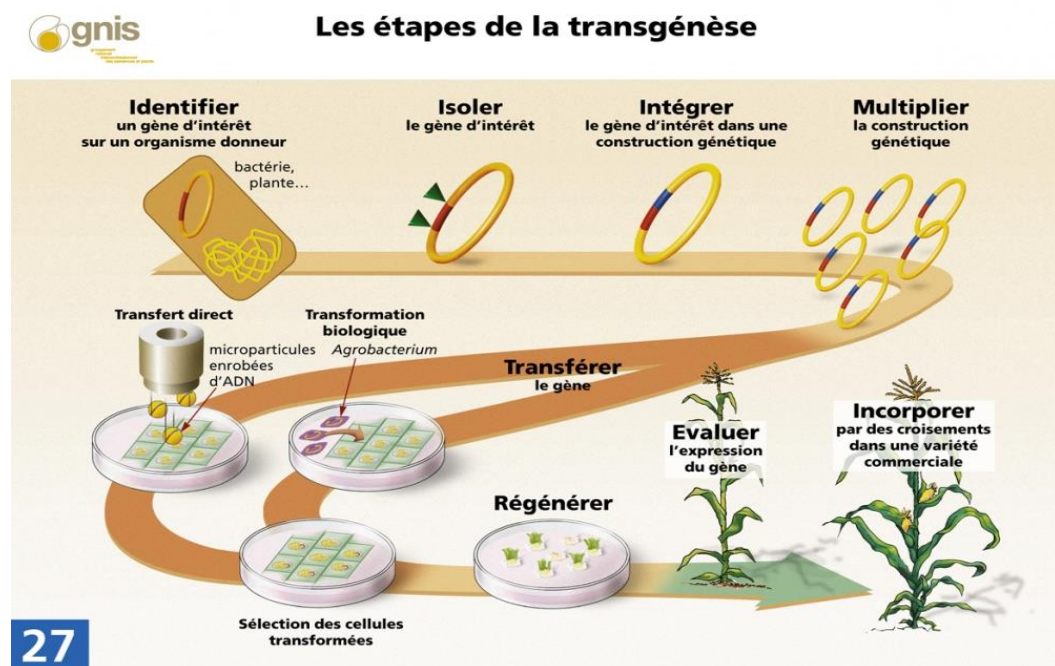
L'utilisation de bactéries endosymbiotiques est aussi considérée comme une méthode de lutte génétique. Les *Wolbachia*, bactéries symbiotiques, sont présentes chez certaines espèces de culicinae. Elles ont été bien étudiées chez les culex, en particulier dans le complexe *Cx pipiens* et chez *Ae. Albopictus*. Responsables d'incompatibilité cytoplasmique lorsqu'elles sont de type différent chez les gamètes mâles et les gamètes femelles, elles peuvent donc générer une stérilité lors de croisements hétérologues (Didier et al., 2017).

Par ailleurs, l'introduction de *Wolbachia* chez les individus d'une espèce qui semble ne pas en avoir naturellement (comme *Ae. Aegypti*) peut conduire à une modification de la compétence vectorielle et/ou la réduction de l'espérance de vie de cette espèce. Ces conséquences peuvent être exploitées dans le domaine de la lutte anti vectorielle. Enfin, plusieurs projets de pouvant utiliser des sources de nutrition non-animale comme le pollen, les champignons ou la matière résiduelle ont imaginé modifier les *Wolbachia* naturelles, pour leur permettre d'exprimer une gène d'intérêt (Didier et al., 2017).

### 2.4.3. Transgénèse et para transgénèse

Les moustiques transgéniques sont des moustiques dans lesquels a été introduit un gène qu'ils ne possèdent pas naturellement. Ce sont donc des organismes génétiquement modifiés (OGM). L'objectif est de diminuer la compétence ou la capacité vectorielle de l'espèce vectrice lorsque ce gène s'exprime. La transgénèse est maintenant maîtrisée et de très nombreuses espèces de famille culicida ont été transformées en laboratoire. Les gènes qui peuvent être introduits, dit gènes d'intérêt, sont très divers: gènes du comportement pour rendre les moustiques moins anthropiles, gènes impliqués dans la longévité, gènes de l'immunité des moustiques afin de les rendre incapables de transmettre un agent pathogène. Dès 2006, des *Ae. Aegypti* répliquant et/ou transmettant faiblement le virus de la dengue 2 ont été développés. L'introduction de gènes peut aussi être effectuée non pas dans le génome du moustique, mais dans celui de bactéries endosymbiotiques comme les *Wolbachia*, et dans ce cas, on parle de para transgénèse (Didier et al., 2017).

La transgénèse heurte à plusieurs obstacles: le caractère que l'on cherche à modifier est rarement monogénique, les moustiques transgéniques doivent être adaptés aux milieux dans lesquels ils seront relâchés, le gène d'intérêt doit diffuser dans la population naturelle du vecteur, enfin, comme pour tous les organismes génétiquement modifiés, la méthode doit être acceptée socialement (Didier et al., 2017).



**Figure 02:** Les étapes de la transgénèse (Chasseriaud, 2017).

## **Chapitre 3**

### **Les avancées technologies dans la surveillance et le suivi des parasites**

### 3.1. Les outils de diagnostic et de détection précoce des parasites

Les outils de diagnostic des parasites Peuvent inclure:

#### 3.1.1. Examens microscopique directe

L'examen microscopique direct d'un échantillon ou du culot de centrifugation peut être réalisé:

-Directement entre lame et lamelle (selles liquides, prélèvements respiratoires et urines).

-Après adjonction de sérum physiologique (selles, biopsies des muqueuses rectale, vésicale et digestive).

-Après utilisation de colorants (lugol, ou merthiolate-iode-formol [MIF], ou réactif commercialisé contenant de l'iode) pour les selles (**Delhaes et Houzé, 2022**).

-Après utilisation d'agents éclaircissants (gomme au chloral ou lactophénol) pour les biopsies rectales ou vésicales.

Il doit être effectué dès que possible (moins de 4 heures après le prélèvement) à partir des selles non fixées fraîchement émises et sur les biopsies duodénales et coliques pour la recherche de formes végétatives de *Giardia intestinalis* et d'*Entamoebahistoltyca* (trophozoïtes) (**Delhaes et Houzé, 2022**).

##### 3.1.1.1. Frottis sanguin-goutte épaisse

Le frottis et la goutte épaisse se pratiquent sur un prélèvement sanguin veineux ou capillaire (au niveau d'un doigt).

Le frottis mince correspond à un étalement monocouche coloré au May- Grünwald-Giemsa (MGG), les structures des éléments figurés du sang et des parasites étant conservées.

La goutte épaisse correspond, elle, à une technique de concentration aboutissant à un frottis « épais » coloré au MGG après hémolyse, ne permettant plus de visualiser les structures cellulaires, les parois cellulaires ayant été lysées: Ce dernier est donc d'interprétation souvent plus délicate, si l'œil n'est pas entraîné, mais a l'intérêt de détecter des parasitémies faibles non identifiées sur le frottis (**Bouchaud et al., 2019**).

Ces deux techniques sont indiquées en première intention et en urgence dans la présomption diagnostique du paludisme, permettant un diagnostic positif et, plus facilement pour le frottis mince, un diagnostic d'espèce, selon l'aspect microscopique observé, ainsi qu'une quantification de la parasitémie (Bouchaud *et al.*, 2019).

### 3.1.1.2. Examen direct des selles

Monter une goutte de suspension fécale entre lame et lamelle en veillant à effectuer une préparation mince pour faciliter la lecture.

Si les selles ne sont pas émises au laboratoire, il est conseillé d'en fixer une partie dès l'émission à l'aide de merthiolate-formol (MF), d'acide acétique-acétate de sodium-formol (*Sodium Acetate-Acetic, Acid-Formaldehyde* [SAF]), ou de formol à 10%, d'alcool polyvinyle, etc. La coloration obtenue avec le MF est généralement suffisante pour le diagnostic d'espèce des amibes (Delhaes et Houzé, 2022).

Un examen direct en contraste de phase permettra de mettre en évidence rapidement les oocystes de coccidies (notamment *Cryptosporidium* spp).

L'observation en épifluorescence à 340-360 nm permet de détecter facilement les oocystes de *Cyclosporacayetanensis* et de *Cystoisospora belli* et les sporocystes de *Sarcocystishominis* qui présentent une fluorescence bleue (Delhaes et Houzé, 2022).

### 3.1.1.3. Examen direct des urines

Cet examen s'effectue pour la recherche des œufs de schistosomes, directement sur le culot urinaire d'une miction complète (ou au minimum 50 ml), obtenu par centrifugation à 500-600 g pendant 5 minutes (Delhaes et Houzé, 2022).

La recherche peut également se faire par observation directe d'un filtre type polycarbonate après filtration des urines à l'aide d'une seringue montée sur un porte-filtre (Delhaes et Houzé, 2022).

### 3.1.2. Diagnostic parasitaire indirect

Il repose sur la sérologie parasitaire, dont de multiples techniques sont utilisées, plus ou moins standardisées. Il prend toute son importance dans les situations suivantes:

- En phase de migration larvaire d'une helminthose.
- Devant une localisation uniquement viscérale des parasites, inaccessible de façon simple.
- Dans les impasses parasitaires (**Bouchaud et al., 2019**).

#### 3.1.2.1. Sérologie

- Dépistage par technique ELISA ou IFI.
- Confirmation par Western blot. Utilisent des Ag hétérologues *d'Acanthocheilonema vitae* ou *Ascaris suum*.
- Sensibilité 70-90% dans les loases, =50% deg dans les filarioses lymphatiques (**Buffaz et al., 2020**).

### 3.1.3. Exemple sur les méthodes de diagnostic de paludisme

Le paludisme est une erythrocytopathie due à un protozoaire du genre *Plasmodium* et transmis par la pique d'un vecteur, l'anophèle femelle (**Arthur et Herman, 2022**).

#### ➤ Diagnostic Biologique

##### ▪ Arguments indirects de présomption

- Modifications hématologiques et biochimiques.
- Thrombopénie.
- Anémie hémolytique Autres élévation de la LDH (atteinte hépatique) et de la bilirubine (subictère).
- Diagnostic sérologique détection d'anticorps.
- IFI, ELISA: Pas utile en général chez le sujet vivant en permanence en zone d'endémie. Utile chez les sujets non immuns traités en zone d'endémie sans argument biologique de certitude

(diagnostic rétrospectif); en cas de PVE ou splénomégalie hyperactive (car ici on a une paucifestation); contrôle des donneurs de sang a risque; enquêtes épidémiologiques (**Arthur et Herman, 2022**).

- **Arguments directs de certitude**

-Diagnostic parasitologique.

-Goutte épaisse et frottis mince colores au Giemsa (techniques de référence).

-La goutte épaisse permet de faire le diagnostic du genre et le frottis mince de préciser l'espèce plasmodiale.

-QBC (Quantitative Buffy Coat).

-Les trophozoïtes de Plasmodium apparaissent avec un noyau vert fluorescent intense et un halo cytoplasmique vert pale.

-Autres: PCR (biologie moléculaire), apposition placentaire colorée au Giemsa ou à l'hématoxyline-cosine (recherche d'une infestation placentaire) (**Arthur et Herman, 2022**).

## **3.2. Les systèmes de surveillance et de prévention des infestations**

Les systèmes de surveillance et de prévention des infestations comprennent:

### **3.2.1. La Surveillance entomologique**

#### **3.2.1.1. L'utilisation des pièges**

- **Les pièges lumineux**

Les pièges lumineux Permettent de capturer les insectes. Volant de nuit, comme par exemple beaucoup de phalènes. Attirés par la lumière fluorescente ultra-violette, les insectes tombent dans un bac contenant un pesticide (**Food and agriculture organization of the United Nations, 1977**).





**Figure 03:** Schéma d'un piège lumineux au drap (Eddy *et al.*, 2017).

### ➤ Les pièges à phéromones

Les pièges à phéromones, sont probablement les plus susceptibles d'application généralisée dans des programmes intégrés de lutte contre les insectes. Les phéromones sexuelles ont été les plus utiles jusqu'à présent. Beaucoup d'équivalents chimiques des phéromones naturelles ont été obtenus par synthèse. On utilise aussi comme appât des femelles ou mâles vierges (qui excrètent naturellement des phéromones attractives) enfermés dans des cages grillagées. Les insectes qui pénètrent dans ces pièges se prennent dans une substance visqueuse disposée sur le fond ou sur les bords du piège. Bien que les chercheurs ne se soient pas servis de ces pièges pour établir des corrélations de densité précises, ils en ont tiré parti pour déterminer exactement les périodes d'activité maximale de diverses espèces nuisibles, ce qui facilite la prise de mesures de défense en temps utile (**Food and agriculture organization of the United Nations, 1977**).



**Figure 04:** Piège à phéromones installé dans un prunier (Isabelle, 2018)

### ➤ Les pièges collants

Les pièges collants placés légèrement au-dessus de la canopée des plantes sont efficaces dans les environnements protégés (par exemple, les serres et les filets). Les cartes adhésives bleues piègent les stades adultes des thrips, tandis que les cartes adhésives jaunes piègent les aleurodes et les microlépidoptères (figure 3). Les pièges collants sont moins efficaces à l'extérieur, car de nouveaux insectes peuvent facilement arriver des environs. Le suivi continu des insectes capturés par les pièges peut aider l'agriculteur à prendre des mesures spécifiques pour réduire l'apparition de certains parasites (Cohen *et al.*, 2023).



**Figure 05:** Piège collant jaune (a) installé dans une serre (b) (Cohen *et al.*, 2023).

#### 3.2.1.2. Les techniques de détection et d'observation

Les techniques de détection et d'observation sont fonction du type de parasite. Au préalable, il faut s'assurer que les dégâts (ou la maladie) observés sont bien liés au parasite incriminé. Il existe en effet de nombreux cas où les symptômes ne sont pas spécifiques (partiellement ou totalement) d'un seul parasite (Lassoudière, 2007).

#### 3.2.2. La surveillance épidémiologique

La surveillance épidémiologique est la «collecte systématique et continue, l'analyse et l'interprétation de statistiques sanitaires, afin d'élaborer, de mettre en place, et d'évaluer les programmes de Santé Publique, ainsi que la diffusion rapide de ces informations à ceux qui en ont besoin » (Mammette, 2002).

Dans le domaine des maladies virales, elle permet:

- d'estimer l'incidence et les caractéristiques d'une maladie virale ainsi que sa répartition temporo-spatiale.
- de détecter les épidémies et de prévoir leur diffusion.
- de mettre en évidence les facteurs de risque et de formuler des hypothèses de recherche.
- d'évaluer les actions de prévention.

La surveillance peut être active (par enquête spécifique) ou passive (par déclaration obligatoire), exhaustive ou par échantillonnage, clinique ou biologique, transitoire ou permanente (**Mammette, 2002**).

### **3.2.3. Lutte anti vectorielle**

#### **➤ Protection individuelle**

- moustiquaires normales ou imprégnées de pyréthriinoïdes à effet rémanent (longue persistance de l'insecticide et de son activité antivectorielle après son épandage) comme la deltamethrine, voilages imprégnés (**Pichard, 2002**):
  - l'insecte est tué s'il se pose sur les tissus imprégnés.
  - pulvérisations intradomiciliaires d'insecticides.
  - plaquettes et fumigations d'insecticides.
  - répellants pour la peau à base de diéthyltoluamide (DEET), 35/35, éthylhexanediol (EHD) ou diméthylephtalate (DMP) (**Pichard, 2002**).

#### **➤ Lutte collective**

- lutte chimique pulvérisation d'insecticides sur les gîtes terrestres et épandage de larvicides dans l'eau.
- lutte mécanique piégeage des insectes avec ou sans insecticides (glossines) suppression mécanique des gîtes d'adultes ou des gîtes larvaires (glossines) (**Pichard, 2002**).

- lutte biologique respectant la chaîne alimentaire: utilisation de poissons ou de crustacés larvivores, de bactéries (*Bacillus thuringiensis*), de virus (Baculovirus) tuant les larves ou les vecteurs ou bien de champignons attaquant la paroi des insectes.
- lutte génétique par lâchage d'insectes mâles stériles.
- lutte intégrée associant plusieurs des méthodes précédentes (Pichard, 2002).

### 3.3. Les nouvelles approches de cartographie et de modélisation des parasites

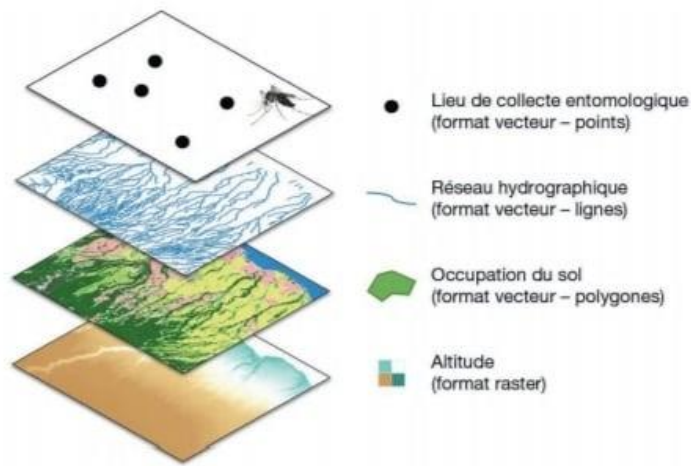
#### 3.3.1. La télédétection

La télédétection fournit des données d'observation de la Terre qui peuvent être particulièrement utiles pour la cartographie et la modélisation en santé. Pour l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'identification, le suivi et le contrôle des populations d'arthropodes vecteurs constituent la priorité en matière de surveillance des maladies à transmission vectorielle. À ce titre, depuis plus de deux décennies, de nombreux travaux ont montré que les images satellite, et plus généralement les données spatialisées, permettent l'identification des variables environnementales et climatiques qui influencent les dynamiques spatio-temporelles des maladies vectorielles, et notamment celles dont l'agent pathogène est transmis par des moustiques. La diversité actuelle des capteurs satellite permet d'accéder à des données à une résolution spatiale et temporelle suffisamment élevée pour caractériser différentes variables environnementales et climatiques (occupation du sol, précipitations, température, humidité, etc.) associées à la présence d'habitats favorables, à l'occurrence et à l'abondance des vecteurs, développer des méthodes et outils de prévision des risques associés à ces vecteurs et aux agents pathogènes qu'ils transmettent, et ce à différentes échelles et contribuer à la surveillance de l'évolution de ce risque (Annelise et al., 2022).

#### 3.3.2. Système d'information géographique (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils informatiques permettant l'acquisition, le stockage, la mise à jour, l'intégration, l'analyse, la visualisation et la restitution de données numériques géoréférencées (c'est-à-dire que l'on peut localiser dans l'espace par leurs coordonnées géographiques). Ils permettent de manipuler et de traiter des données spatialisées de natures et de sources différentes. L'organisation des données

géoréférencées (ou à référence spatiale) dans un SIG repose sur le principe suivant: chaque type d'objet (la végétation, les cours d'eau, les villes ou les résultats de piégeage des moustiques) est représenté par une couche d'information différente (figure 3). La superposition de ces couches par correspondance spatiale permet de visualiser et d'analyser chaque couche d'information séparément (requête horizontale telle que: Quelles sont les espèces de moustiques observées et en quelles abondances?) et les relations entre des couches d'information différentes (requête verticale telle que: Dans quel type d'occupation du sol observe-t-on les abondances de moustiques les plus élevées?) (Annelise et al., 2022).



**Figure 06:** Principe d'organisation d'un système d'information géographique - couches d'information thématiques et modes de représentation (Annelise et al., 2022).

## **Chapitre 4**

### **Défis et enjeux liés à l'utilisation des technologies en lutte contre les parasites**

### 4.1. Les questions éthiques et environnementales

Les décisions éthiques concernant les modifications génétiques se sont avérées très difficiles à prendre parce qu'elles rassemblent de nombreux aspects éthiques de notre vie, notamment l'éthique personnelle, médicale, environnementale, politique, commerciale, animale et scientifique, en plus de la religion (**Amin et Jahi, (2004)**).

De nombreuses religions n'autorisent pas l'interférence illimitée avec la vie, comme le génie génétique. Dans l'Islam, par exemple, la recherche scientifique est encouragée afin de comprendre les phénomènes naturels et l'univers, d'observer les signes de la gloire d'Allah et, en fin de compte, de trouver la vérité. Cependant, tout ce qui est applicable ne l'est pas nécessairement, il est important de considérer pleinement l'objectif et tout effet nocif sur l'homme, l'environnement et la société, et doit être conforme aux règles de la Shari. Les questions des produits "halal" et des sources de gènes sont également importantes pour les musulmans et, deuxièmement, pour les végétariens (**Amin et Jahi, (2004)**).

Par exemple, de nombreuses expériences ont montré que les aliments génétiquement modifiés sont propres à la consommation et que la technologie n'est pas en contradiction avec les principes islamiques en matière d'alimentation. En outre, les aliments génétiquement modifiés ont été modifiés génétiquement afin d'améliorer les oligo-éléments et sont bien équilibrés. Toutefois, il est absolument nécessaire d'étiqueter les produits alimentaires génétiquement modifiés, car il ne faut pas abuser de la confiance des consommateurs, en particulier lorsque la transformation implique l'insertion de gènes d'animaux pour les végétariens et de gènes de porcs pour les juifs et les musulmans. En outre, le mélange de gènes provenant d'organismes radicalement différents reste une préoccupation majeure, car il est contraire à l'éthique. Par conséquent, le fabricant devrait être plus responsable et ne pas laisser les consommateurs finir par manger des aliments sans savoir qu'ils contiennent des ingrédients génétiquement modifiés (**Hanani et Safian, 2005**).

### 4.2. Les contraintes réglementaires et légales

Les OGM sont un objet peu connu du grand public et restent quasiment cantonnés aux sphères scientifique, d'une part, parlementaire et gouvernementale, d'autre part. En 1986, la France, contrairement à de nombreux pays, s'est dotée d'une instance d'évaluation dans le domaine des biotechnologies, la Commission du génie biomoléculaire (CGB). Les premières

applications des biotechnologies en agriculture apparaissent à la fin des années 1980. Un cadre légal régulant spécifiquement les OGM (que l'on commence à appeler ainsi) est alors mis en place. Il apparaît au niveau européen avec la directive 90/220 du 23 avril 1990 sur la « dissémination volontaire d'OGM dans l'environnement », définissant les procédures d'autorisation de commercialisation et de culture des OGM au sein de la Communauté européenne. Pour la première fois, une technique n'ayant jamais causé de dommages faits l'objet d'un système d'évaluation préalable des risques avant dissémination, expérimentale ou commerciale : on peut y voir une première application du principe de précaution. Le projet de loi visant à transposer cette directive en droit français est débattu au Parlement au printemps 1992. Très peu de parlementaires participent aux discussions et au vote (**Bernard de Raymond, 2010**).

Le principe de la soumission des essais en plein champ à une enquête publique est finalement rejeté, à la demande notamment d'Axel Kahn qui préside la CGB. Il s'agit donc de définir les cadres réglementaires nécessaires pour assurer la croissance d'un marché dont on pense qu'il se développera à grande échelle dès que la Commission européenne aura délivré les premières autorisations de cultures commerciales (**Bernard de Raymond, 2010**).

### 4.3 Les défis liés à l'adoption et à l'acceptation des technologies par les acteurs concernés

**4.3.1. Résistance des consommateurs:** Certaines personnes hésitent à consommer des aliments génétiquement modifiés en raison de leurs inquiétudes quant à leur influence sur la santé et l'environnement (**Freese et Schubert, 2004**).

**4.3.2. Réglementation stricte:** Dans plusieurs pays, les OGM sont soumis à des réglementations strictes, ce qui peut rendre leur commercialisation et leur utilisation plus difficiles (**Freese et Schubert, 2004**).

**4.3.3. Contamination croisée:** Les agriculteurs qui souhaitent cultiver des cultures non OGM peuvent rencontrer des difficultés en raison du risque de contamination croisée entre les cultures OGM et les cultures conventionnelles (**McCluckey, (2017)**).

**4.3.4. Risques environnementaux:** L'environnement peut être affecté par les OGM, qui introduisent des gènes étrangers dans les écosystèmes naturels et qui influencent la biodiversité (**Morris, 2016**).



**4.3.5. Cout élevé:** Il peut être coûteux de mettre au point et de commercialiser des OGM, ce qui peut restreindre leur utilisation par les agriculteurs, surtout dans les pays en développement (**Kouser et Qaim, 2013**).

## **Chapitre 5**

### **Étude de cas et exemples concrets**

## 5.1. Application des technologies en lutte contre les parasites dans l'agriculture

### 5.1.1. L'utilisation des pesticides

Les insecticides représentent le seul moyen d'intervention efficace sur des populations de ravageurs dont la densité dans la culture s'approche du seuil économique des dégâts. Il faut agir vite, sans perte de temps, et il faut que l'effet soit immédiat, sous peine de dépasser ce seuil (**Fleurat-Lessard, Panneton et al., 2000**).

Les insecticides ont une action curative rapide et sont susceptibles de stopper la dynamique d'une population de ravageurs en quelques jours, voire en quelques heures.

Les insecticides organiques de synthèse appartiennent à des groupes chimiques différents, ont des modes d'action et des conditions d'emploi très variés, ce qui permet une « couverture » remarquable des nombreuses situations d'attaque des plantes par les ravageurs.

Le rapport coût/bénéfice du traitement insecticide est en général très avantageux s'il s'agit d'un produit pour grande culture. En effet, les insecticides de grande culture sont produits en grande quantité, pour une utilisation mondiale et peuvent donc être obtenus à bas prix. Néanmoins, leur prix augmente puisque la synthèse de nouvelles molécules plus complexes et l'étude approfondie de leur toxicologie a fait croître les coûts de recherche et de développement de façon exponentielle (**Fleurat-Lessard, Panneton et al., 2000**).

### 5.1.2. Gestion intégrée des ravageurs (GIR)

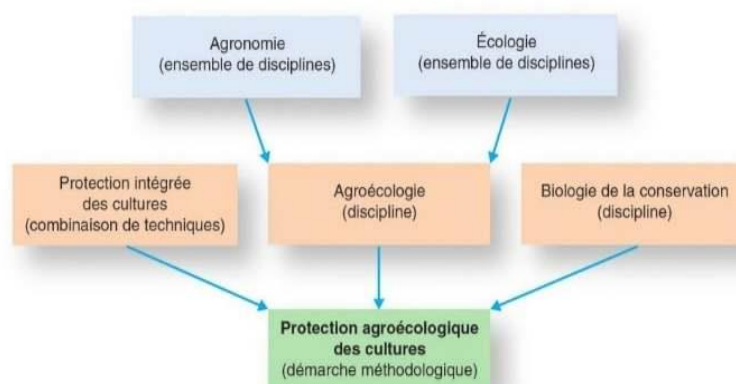
Durant les trente dernières années, les entomologistes ont développé plusieurs nouveaux outils de contrôle efficaces ayant un minimum d'effet perturbant sur les écosystèmes. Ces outils qui font maintenant partie du concept de la GIR incluent: l'utilisation d'insecticides sélectifs, l'utilisation de phéromones (produits attractifs sexuels), l'utilisation de pathogènes d'insectes pour le contrôle des ravageurs et l'utilisation de la stérilité mâle. Les huit méthodes principales suivantes, qui peuvent et doivent être associées par deux ou plus selon les cultures, l'insecte ou les insectes concernés, et les conditions de l'écosystème résument les composantes possibles d'un système de GIR. Ces méthodes sont: le contrôle biologique, les variétés résistantes, les pratiques culturales, le contrôle mécanique, le contrôle physique, le contrôle légal, le contrôle autocide et le contrôle chimique (**Paliwal, 2002**).

Dans beaucoup de programmes modernes de GIR ces méthodes sont souvent présentées d'une manière plus facile à utiliser par les agriculteurs et les équipes de vulgarisation (Paliwal, 2002).

### 5.1.3. Protection agro-écologique

Aujourd'hui, l'enjeu de la protection des cultures est de passer d'une démarche curative, à base agrochimique, à une démarche préventive des dommages occasionnés par les ennemis des cultures, basée sur un fonctionnement écologique plus équilibré et durable des agroécosystèmes. Cette approche s'appuie à cet effet sur une gestion agro-écologique des communautés végétales et animales, à des échelles de temps, d'espace et de gestion (organisation, décision) élargies (Aubertot *et al.*, 2016).

La lutte chimique est actuellement dominante dans les pratiques agricoles de protection des cultures, même si l'on peut souligner que les orientations règlementaires semblent évoluer dans le bon sens. Par exemple, le plan écofito ambitionne une réduction très significative des quantités de pesticides utilisées en France. Cette orientation nouvelle témoigne d'une prise de conscience qu'il faut désormais traduire dans les actes sur le terrain, la prise en compte de la notion de durabilité écologique étant devenue incontournable en protection des cultures. Ceci conduit inéluctablement à des innovations de rupture dans la gestion des systèmes de culture et l'ingénierie agroécologique propose à cet effet un ensemble d'outils et de techniques, tant pour la conception que pour la mise en œuvre de tels systèmes de cultures innovants. La PAEC trouve son origine dans la rencontre de plusieurs disciplines (agronomie, écologie, agro-écologie), domaine d'application (protection des cultures) et enjeu de durabilité des agroécosystèmes (bio- diversité fonctionnelle) (Aubertot *et al.*, 2016).



**Figure 7:** L'ascendance de la protection agro-écologique des cultures (Aubertot *et al.*, 2016).

### 5.1.4. Exemple sur Les Conséquences des pesticides

Les pesticides peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine, la faune et la flore, ainsi que sur l'environnement en général. Des études ont montré que l'exposition aux pesticides peut être liée à divers problèmes de santé tels que des irritations cutanées, des troubles neurologiques, des perturbations hormonales et des cancers (**Calvet, 2005**).

De plus, l'utilisation intensive de pesticides peut entraîner une diminution de la biodiversité, la contamination des sols et des eaux souterraines, ainsi que la destruction des populations d'insectes pollinisateurs essentiels à l'agriculture (**Pimentel, 2005**).

Pour remplacer les pesticides, il est recommandé de privilégier des méthodes de lutte alternatives et durables. Des études ont montré que l'adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement telles que l'agriculture biologique, la rotation des cultures, l'utilisation de cultures résistantes aux ravageurs, le désherbage mécanique, l'introduction d'insectes auxiliaires ou la pulvérisation d'extraits de plantes peut réduire la dépendance aux pesticides et limiter les impacts négatifs sur la santé et l'environnement (**Foley et al., 2012**).

## 5.2. Utilisations des technologies en lutte contre les parasites en médecine vétérinaire

### 5.2.1. Innovations vétérinaire

Au fil du temps, les innovations vétérinaires ont joué un rôle de plus en plus important au sein de la profession, permettant aux vétérinaires de prodiguer des soins de meilleure qualité aux animaux. Auparavant, les vétérinaires n'avaient pas accès aux outils de diagnostic avancés disponibles aujourd'hui. Dans les années 1990, les vétérinaires ne pouvaient compter que sur la radiographie traditionnelle et sur un choix restreint d'anesthésiques. Le comptage des cellules sanguines était même effectué à la main pour obtenir un hémogramme complet, mais rudimentaire (**Natalie, 2024**).

Néanmoins, avec l'arrivée de nouvelles technologies comme les analyseurs automatisés, la radiographie numérique, l'échographie, les méthodes d'anesthésie avancées et le matériel chirurgical de pointe, les vétérinaires disposent désormais des moyens nécessaires pour poser des diagnostics précis, le plus souvent à partir de résultats obtenus le jour même. Ces nouvelles techniques de diagnostic vétérinaire permettent également aux vétérinaires de

pratiquer des examens peu invasifs, réduisant ainsi le risque de complications et accélérant le rétablissement des animaux de compagnie. Par ailleurs, à l'heure des modèles d'intelligence artificielle générative, les vétérinaires bénéficient de nouveaux outils capables d'améliorer le diagnostic et le traitement. Grâce à ces nouvelles technologies, les vétérinaires sont à même de garantir une meilleure qualité de soins pour tous les animaux (Natalie, 2024).

### 5.2.2. La lutte contre les Parasites externe

Depuis des années, la lutte contre les parasites externes chez les animaux de compagnie est devenue une règle. De nombreuses spécialités pharmaceutiques ont été mises sur le marché, avec des molécules anciennes (organophosphorés, carbamates, pyréthrinoïdes, etc.) ou beaucoup plus récentes (oxadiazines ou isoxazolines, par exemple) (Barbier *et al.*, 2017).

Des associations de substances actives ont été testées et commercialisées, pour augmenter l'efficacité antiparasitaire, la durée d'action ou le spectre d'activité. Parallèlement, de nombreuses formes pharmaceutiques ont vu le jour, pour répondre aux besoins des propriétaires et faciliter l'utilisation des médicaments (poudre, shampooing, solution pour pulvérisation, spot-on, comprimé, solution injectable, collier, etc.) (Barbier *et al.*, 2017).

Le vétérinaire praticien choisit souvent de prescrire un nombre restreint de spécialités pharmaceutiques, dont il maîtrise l'usage, les effets thérapeutiques et indésirables les plus courants (Barbier *et al.*, 2017).

Cependant, lorsqu'il désire utiliser des spécialités différentes ou qu'il est amené à prendre en charge des animaux qui ont reçu des médicaments habituellement non prescrits, il peut lui être utile d'avoir une vue d'ensemble des substances actives contenues dans les produits disponibles (Barbier *et al.*, 2017).

## 5.3. Cas d'étude spécifique mettant en œuvre différents technologies utilisées dans la lutte contre les parasites

Le paludisme, également connu sous le nom de malaria, est une maladie parasitaire causée par des parasites du genre Plasmodium et transmis à l'homme par les piqûres de moustiques du genre Anophèles. Cette maladie est responsable de plus de 400 000 décès chaque année dans le monde, principalement en Afrique subsaharienne. Dans le cadre de la

lutte contre le paludisme, différentes technologies ont été mises en œuvre pour prévenir la transmission du parasite et traiter les personnes infectées. Parmi ces technologies, (Alonso et al., 2011).on retrouve notamment:

**Les moustiquaires imprégnées d'insecticide:** ces moustiquaires sont largement utilisées pour protéger les populations vivant dans des zones à risque de paludisme. L'insecticide présent sur la moustiquaire tue les moustiques qui viennent s'y poser, limitant ainsi la transmission du parasite (Alonso et al., 2011).

**Les traitements antipaludiques:** plusieurs médicaments sont utilisés pour traiter les personnes infectées par le parasite. Parmi eux, on retrouve la chloroquine, l'artémisinine et ses dérivés. Ces traitements permettent de réduire la charge parasitaire dans le sang et de soulager les symptômes de la maladie (Alonso et al., 2011).

**Les vaccins:** le vaccin RTS, S/ AS01, également connu sous le nom de Mosquirix, a été développé pour prévenir le paludisme chez les jeunes enfants. Bien qu'il ne soit pas parfait, ce vaccin a montré une efficacité modérée dans la prévention de la maladie (Alonso et al., 2011).

**La lutte antivectorielle:** des programmes de pulvérisation d'insecticides sont mis en place pour éliminer les moustiques vecteurs du paludisme. Cette approche permet de réduire la population de moustiques et donc la transmission du parasite (Alonso et al., 2011).

En conclusion, la lutte contre le paludisme fait appel à une combinaison de technologies visant à prévenir la transmission du parasite et à traiter les personnes infectées. Ces différents outils ont permis de réduire significativement la charge de la maladie dans de nombreuses régions du monde, mais des efforts supplémentaires sont encore nécessaires pour éliminer complètement le paludisme (Alonso et al., 2011).

## **Conclusion et perspective**



### Conclusion et perspective

Dans cette étude, le thème des technologies de lutte contre les parasites a été choisi car c'est un grand défi en matière de santé et d'agriculture. Bien que les techniques utilisées par le passé aient été efficaces, elles sont désormais considérées comme plus nuisibles que bénéfiques en raison de leurs impacts négatifs sur l'environnement et la santé. C'est pourquoi de nouvelles technologies ont été adoptées:

Les biotechnologies et la génétique ont permis de développer des cultures génétiquement modifiées plus résistantes aux parasites, réduisant ainsi le besoin en pesticides chimiques.

Le contrôle biologique, qui consiste à utiliser des organismes vivants pour en contrôler d'autres, s'est avéré être une alternative durable, notamment avec l'utilisation d'auxiliaires et la confusion sexuelle par phéromones.

L'innovation en matière de pesticides a conduit à la mise au point de produits plus spécifiques et moins toxiques, offrant des solutions plus respectueuses de l'environnement.

Les technologies de surveillance, telles que les drones et les capteurs avancés, permettent une détection précoce des infestations, facilitant une intervention rapide et ciblée.

Cependant, ces technologies font face à des obstacles culturels et sociaux qui doivent être surmontés, par exemple par la formation des agriculteurs ou l'intervention de l'État. De nouvelles perspectives existent également, comme l'utilisation des nanotechnologies pour améliorer l'efficacité des antiparasitaires, tout en mettant l'accent sur la durabilité et la réduction des impacts environnementaux.

## **Références Bibliographiques**

## Références Bibliographiques

- **Adams, E., kinoti, S.N., Latham, M.C., Stephenson, L.S., Pertet, A., (1993).** Physical Fitness. Growth and Appetite of Kenyan School Boys with Hookworm. *Trichuris trichiura* and *Ascaris lumbricoides* Infections Are Improved Four Months after a Single Iron Dose of Albendazole: *The Journal of Nutrition*. 123(6), 1036-1046.
- **Alavanja, M.C.R., Hoppin, J.A., Kamel, F., (2004).** Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Ann, Rev, Public Kealth* . 25, 155-197p.
- **Alonso, P.L., Arevalo-Herrera, M., Binka, F., Brown, G., Chitnis, C., Collins, F., Doumbo, O.K., Greenwood, B., Hall, B., Levine, M.M., Mendis, K., Newman, R.D., Plowe, C.V., Rodríguez, M.H., Sinden, R., Slutsker, L., Tanner, M.A., (2011).** research agenda to underpin malaria eradication. *Médecine PLoS Med*. 8(1):e1000406.
- **Alvarado, M., Basanez, M-G., Bolliger, I., Bourne, R., Boussinesq, M., Hotez, P.J., Naghavi, M., (2014).** The Global Burden of Disease Study 2010: Interpretation and Implications for the Neglected Tropical Diseases, *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 8(7), e2865.
- **Amin, L., Jahi, J.M., (2004).** Ethical Aspects of Genetically Modified Organisms Release into the Environment. *Malaysian Journal of Environmental Management*, 5, p99-111.
- **Annelise, T., coord., Éric, D., Thibault, m.C., (2022).** TÉLÉDÉTECTION ET MODÉLISATION SPATIALE: Applications à la surveillance et au contrôle des maladies liées aux moustiques. Éditions Quæ. Versailles, France, p11-15.
- **Arthur, L., Herman, F., (2022).** General parasitology, Licence. *PARASITOLOGIE GENERALE*. Cameroon, hal-04225395, p55-65-66.
- **Arzal, G., cood., Quiniou, F., (2014).** Plancton marin et pesticides: Quels liens. France: Quæ, édition Quæ RD10. Paris, France, 15- 17p.
- **Aubertot, J.N., Gloanec, C., Laurent, P., Ratnadass, A., (2016).** Protection agroécologique des cultures. Éditions Quæ, Versailles, France, p56-57.
- **Barbier, F.B., Florence, B., Pineau, X., Queffélec, S., Stéphane, R., (2017).** Propriétés pharmacologiques et toxicologiques des antiparasitaires externes. 48 (374), France, p22-26.
- **Bairy, K.L., Rathinam, X., Rekha, K., (2004).** Health perspective of pesticide exposure and dietary management. *Malaysian Journal of Nutrition*. 10 (1), 39-51p.

- **Bernard de Raymond, A., (2010).** Les mobilisations autour des OGM en France, une histoire politique (1987-2008). halshs-01731206, p296.
- **Bilodeau, G., Vallée, C., (1999).** Les techniques de culture en multicellules, La Presses de l'université Laval. Canada.
- **Bonny, S., (1994).** Les possibilités dun modèle de développement durable en agriculture: le cas de la france. *Le Courrier de lenvironnement de l INRA*. 23(23), 5-15p.
- **Bonny, S., (1997).** L'agriculture raisonnée, l'agriculture intégrée et Farre - Forum de l'agriculture raisonnée respectueuse de l'environnement, *Natures sciences societies*. 5(1), 64-71.
- **Bossio, D., Dixon, J., Frits, W.T., Hine, R.E., Noble, A.D., Pretty, J.N., (2006).** Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. Copyright American chemical society. 40 (4), 1114-1119p.
- **Bouchaud, O., Consigny, P., Cot, M., Odermatt-Biays, S., Le Loup, G., (2019).** Médecine des voyages et tropicale: Médecine des migrants. France: Elsevier Health Sciences. Elsevier Masson SAS. Paris, France, p89.98.
- **Buffaz, C., Hodill, E., Louvrier, C., Marijon, A., Jourdy, Y., (2020).** Parasitologie et mycologie médicale pratique. Belgique: De Boeck supérieur, De Boeck supérieur s.a. Paris, France, p16.
- **C de Silguy., (1994).** Agriculture biologique: Impacts sur la qualité des produits et l'environnement. Organisation des filières. Etudes et Recherches sur les systèmes Agraires et le Développement. Paris, France, 28: 59-63p.
- **Calvet, R., (2005).** Les pesticides dans le sol: conséquences agronomiques et environnementale. France: Editions France Agricole, 29-31p.
- **Charlier, J., Dorny, P., Høglund, J., Samson-Himmelstjerna, G.V., Verrecruysse, J., (2009).** Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle: Impact on production. diagnosis and control. *Veterinary Parasitology*. 164(1), 70-79p.
- **Chasseriaud, M., (2017).** Les Organismes génétiquement modifiés (OMG).
- **Cohen, M., Lovatelli, A., Pantanella, E., Somerville, C., Stankus, A., (2023).** Production alimentaire aquaponique à petite échelle—Élevage intégré de poissons et de plantes. FAO Document technique sur les pêches et l'aquaculture n°589. Rome, Italie, p96-97.

- **Dantas-Torres, F., (2015).** Climate change. biodiversity, ticks and tick-borne diseases: The butterfly effect. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 4(3), 452-461p.
- **Delhaes, L., Houzé, S., (2022).** Parasitologie et mycologie médicales: Guide des analyses et pratiques diagnostiques. France: Elsevier Health Sciences. Elsevier Masson SAS, p7-10.
- **Denis, F., Ermanno, C., Jocelyn, W., Odile, V., Valérie, L \_ BRU., (2007-2008).** PARASITOLOGIE - MYCOLOGIE, DCEM1. Strasbourg, France, 3p.
- **Didier, F., Gérard, F., Vincent, R., (2017).** Entomologie médicale et vétérinaire. Edition: Quae, Marseille, Versailles, France, 290p.
- **Eddy, P., Julien, T., Nicolas, M., Romé, D., (2017).** Inventaire entomologique des ZNIEFF de Martinique. Mission 2016 pour le compte de la DEAL Martinique.
- **Fleurat-Lessard, F., Panneton, B., Vincent, C., (2000).** *La lutte physique en phytoprotection*. Editions Quae. Paris, France, p3.
- **Foley, J.A., Ramankutty, N., Seufert, V., (2012).** Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), p229-232.
- **Food and agriculture organization of the United Nations., (1977).** Directives pour la lutte intégrée contre les ennemis du maïs. Rome, Italie: FAO), p85.
- **Freese, W., Schubert, D., (2004).** Safety testing and regulation of genetically engineered foods. *Biotechnology and Genetic Engineering reviews*. 21, p299-324.
- **Guiart, J., (1910).** Précis de parasitologie. Paris, France, Baillière, 12p.
- **Hanani, Y., Safian, M., (2005).** Islam and Biotechnology: With Special Reference to Genetically Modified Foods. *Science and religion: global perspectives*. 4-8, p 2.
- **Isabelle, C., (2018).** Les pièges à phéromones.
- **Jamoussi, K., Sellami, S., Tounsi, S., (2015).** La lutte biologique. Alternatives aux produits phytosanitaires chimiques. *Journal of new sciences*. 19(5), 738-740p.
- **Jean-Regis, D., (2013).** Ces insecticides neurotoxiques pour l'homme.
- **Kouser, S., Qaim, M., (2013).** Genetically modified crops and food security: a meta-analysis of Farm-level impacts. *Journal of Sustainable Agriculture*. 37(6), p639-658.
- **Lassoudière, A., (2007).** Le bananier et sa culture. Paris, France: Quae, p335.
- **Le Buanec, B., (2003).** La transgénèse végétale: de la recherche aux applications. *Bulletins de l'académie Royale de Belgique*. 14(7), 361-402p.
- **Mammette, A., (2002).** Virologie médicale. Paris, France: Presses universitaires de Lyon, p160.

- **McCluskey, J., (2017)**, Consumer acceptance of genetically modified foods: a literature review. *Journal of Food Distribution Research*. 48(2), p1-14.
- **Morris, R., (2016)**. The regulation of genetically modified crops in developed and developing countries. *Annual Review of Resource Economics*. 8, p367-387.
- **Natalie, M., (2024)**. Des innovations vétérinaire pour des soins de meilleur qualité. One IDEXX Drive, Westbrook, Maine 04092, United States.
- **Oerke, E.C., (2006)**. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 144(1), 31-43p.
- **Paliwal, R.L., (2002)**. Le maïs en zones tropicales: amélioration et production. Rome, Italie: FAO, p304-306.
- **Pichard, E., (2002)**. Malin Trop Afrique: manuel de maladies infectieuses pour l'Afrique. Paris, France: John Libbey Eurotext,p 11-12.
- **Pimentel, D., (2005)**. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7, p229-252.
- **Roush, R.T., Tabashnik, B.E., (2012)**. Pesticide resistance in arthropods. Annual Review of Entomology. New york and London, 4p.
- **SACHE, I., (2021)**. Mondialisation des échanges et des changements climatiques: plantes. Parasites et ravageurs sans frontières. Santé des plantes. Société Nationale d'horticulture. France, 13p.

## Résumé

---

Les parasites sont des organismes indésirables qui peuvent causer des maladies chez les êtres vivants, qu'ils soient humains, animaux ou végétaux. Bien que les méthodes conventionnelles de lutte antiparasitaire, telles que l'utilisation de pesticides chimiques, comportent des risques pour l'environnement et la santé, les technologies innovantes en la matière offrent une alternative plus durable et sécuritaire. Afin de contrôler et d'éliminer ces parasites tout en minimisant les impacts négatifs, diverses solutions technologiques sont mises en œuvre. Parmi ces technologies, on retrouve l'utilisation de pesticides biologiques, de méthodes de lutte biologique telles que l'introduction d'organismes prédateurs, de techniques de culture protectrice, d'organismes génétiquement modifiés résistants aux parasites, ainsi que d'autres méthodes innovantes telles que la lutte intégrée. L'efficacité de ces technologies dans la lutte contre les parasites souligne l'importance de leur utilisation pour assurer la santé des écosystèmes et des populations.

## Abstract

---

Parasites are undesirable organisms that cause illnesses to human beings either humans, animal or plants although the conventional methods of pest control fighting including the use of chemical pesticides, carrying risks to the environment and health. Innovative technologies in the malter offer more sustainable and safer alternative. In order to control and eliminate these parasites all by minimizing the negatif effects, diverse technological solutions are implemented. Among these technologies, we can find the use of biological pesticides and fighting methods such as the introduction of predators organisms, protective agricultural technics, genetically modified organisms resistant to parasites as well as other methods such as integrated fighting methods. The efficiency of these technologies in fighting parasites emphasizes the importance of their use so as to assure the ecosystem health and population

الطفيليات هي كائنات غير مرغوب فيها يمكن أن تسبب المرض للكائنات الحية، سواء البشر أو الحيوانات أو النباتات على الرغم من أن الطرق التقليدية لمكافحة الآفات، مثل استخدام المبيدات الكيماوية، تحمل مخاطر بيئية وصحية، فإن تقنيات مكافحة الآفات المبتكرة توفر بديلاً أكثر استدامة وأكثر أماناً. من أجل السيطرة على هذه الطفيليات والقضاء عليها مع تقليل التأثيرات السلبية، يتم تنفيذ حلول تكنولوجية مختلفة. وتشمل هذه التقنيات استخدام المبيدات البيولوجية، وطرق مكافحة البيولوجية مثل إدخال الكائنات المفترسة، وتقنيات الزراعة الوقائية، والكائنات المعدلة وراثياً المقاومة للطفيليات، فضلاً عن أساليب مبتكرة أخرى مثل الإدارة المتكاملة للآفات. وتسلط فعالية هذه التقنيات في مكافحة الطفيليات الضوء على أهمية استخدامها لضمان صحة النظم البيئية والسكان.