



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC
RESEARCH
جامعة حسيبة بن بوعلي بالشلف
HASSIBA BEN BOUALI UNIVERSITY OF CHLEF
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculty of Nature and Life Sciences



Cours

Planification et gestion de la lutte intégrée

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Domaine | Sciences de la nature et de la vie |
| Filière | Sciences Agronomiques |
| Spécialité | Protection des végétaux |
| Niveau | Licence 3 |
| Intitulé de l'unité | UEF : Protection intégrée |

Dr. Meziane Malika

**Année
2023/2024**

Préambule

Dans le domaine scientifique de l'agronomie, la protection des cultures ne vise pas principalement à réduire le nombre d'agents pathogènes ou de ravageurs.

L'objectif n'est pas non plus de diminuer directement la progression d'une épidémie ou de réduire systématiquement la population des bioagresseurs. Au lieu de cela, la Gestion Intégrée des Ravageurs, également appelée Protection Intégrée des Cultures, est une stratégie qui emploie une palette de méthodes pour contrôler ces menaces de manière écologiquement rationnelle.

La Gestion Intégrée des Ravageurs / Protection Intégrée des Cultures, ne cherche pas à éradiquer complètement tous les bioagresseurs, mais plutôt à maintenir leur population en dessous du seuil où ils causeraient des pertes économiques significatives.

Cette approche holistique intègre des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement, telles que la rotation des cultures, l'utilisation de variétés résistantes, la lutte biologique, et l'application judicieuse de pesticides, pour gérer les populations de ravageurs de manière à protéger les rendements agricoles sans compromettre l'écosystème.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Planification et gestion de la protection intégrée par approche..... | 1 |
| I.1 Les principes de la lutte intégrée | 1 |
| I.2 La notion de seuil | 2 |
| I.2.1 Seuils de nuisibilité économique | 5 |
| I.3 Stratégies de Protection Intégrée | 11 |
| I.3.1 La surveillance..... | 11 |
| I.4 Programme de mise en œuvre : | 16 |
| I.4.1 Identifier et connaître les alliés et ennemis : | 17 |
| I.4.2 Dépister et évaluer la situation : | 17 |
| I.4.3 Utiliser des seuils d'intervention : | 17 |
| I.4.4 Adapter l'écosystème : | 18 |
| I.4.5 Combiner les méthodes de lutte : | 18 |
| I.4.6 Évaluer les conséquences et l'efficacité des actions : | 18 |
| I.5 Les Outils d'aide à la décision | 21 |
| I.5.1 Les grilles de risque et les modèles | 21 |
| I.6 Les méthodes de lutte intégrée | 22 |
| I.6.1 Les méthodes alternatives..... | 23 |
| I.6.2 Formation des agricultures | 23 |
| I.6.3 Utilisation des pesticides | 23 |
| I.6.4 Conséquences de la résistance aux pesticides..... | 25 |
| Chapitre II : Planification et gestion de la protection intégrée par approche à la plante cultivée..... | 27 |
| II.1 Diversité de la succession culturale et gestion des rotations..... | 27 |
| II.1.1 La Rotation | 27 |
| II.1.2 Assolement / Rotation | 29 |
| II.1.3 Association de cultures | 30 |
| II.1.4 Jachère améliorée. | 30 |
| II.1.5 Cultures intercalaires. | 30 |
| II.1.6 Agroforesterie..... | 30 |

| | | |
|---|---|----|
| II.1.7 | Conservation des sols et des eaux..... | 30 |
| II.2 | Gestion de la fertilisation minérale et organique. | 30 |
| Chapitre III : Planification et gestion de la protection intégrée par approche à la biodiversité sauvage..... | | |
| | | 33 |
| III.1 | Ressources biologiques à l'échelle de la plante | 33 |
| III.1.1 | Physionomie de la plante..... | 33 |
| III.1.2 | Physiologie des compartiments de la plante..... | 34 |
| III.2 | Ressources biologiques à l'échelle de la parcelle | 35 |
| III.2.1 | Gestion des bordures | 35 |
| III.2.2 | Campagnonnage | 36 |
| Chapitre IV : Evaluation des conséquences des actions de planification et de gestion de la protection intégrée par approche. | | |
| | | 37 |
| IV.1 | Estimation du taux de mortalité des bioagresseurs | 37 |
| IV.2 | Estimation de la disponibilité spatiotemporelle des bioagresseurs | 37 |
| IV.3 | Réévaluation des dommages occasionnés sur la plante cultivée..... | 38 |
| Planification et gestion de la lutte intégrée Travaux dirigés « TD » | | 39 |
| Planification et gestion de la lutte intégrée travaux pratiques (TP) « Sorties sur terrains »..... | | 44 |
| Références Bibliographiques..... | | 46 |

Connaissances préalables recommandées

Connaissance préalable d'une part, sur les différentes cultures, leurs cycles phénologiques et leurs intérêts économiques et d'autre part, sur la bio-écologie et la dynamique des populations des bioagresseurs des végétaux.

VHS : 90 H

Crédits : 8

Coefficient : 4

Mode d'évaluation : Examen semestriel (60%)

TD (40%)

Introduction

Protéger une culture n'a pas pour objectif proximal de réduire la quantité d'ennemis des cultures qui l'attaquent. Elle n'a pas pour but immédiat non plus de réduire la vitesse d'une épidémie causée par un pathogène donné, ou de réduire, cycle après cycle, la taille de population d'un groupe de bioagresseurs, ni encore d'annihiler l'ensemble des bioagresseurs qui affectent une culture, ou d'empêcher à jamais la survenue d'autres.

La « lutte intégrée », ou la « protection intégrée » (Integrated Pest Management ou IPM), est utilisée pour gérer les problèmes des maladies et des espèces nuisibles aux cultures de manière responsable pour l'environnement.

C'est la combinaison de plusieurs méthodes de lutte dans le but de limiter le développement des bioagresseurs des cultures afin qu'ils ne provoquent pas de dégâts économiques, et ce d'une façon durable et respectueuse de l'environnement (Figure 1) :

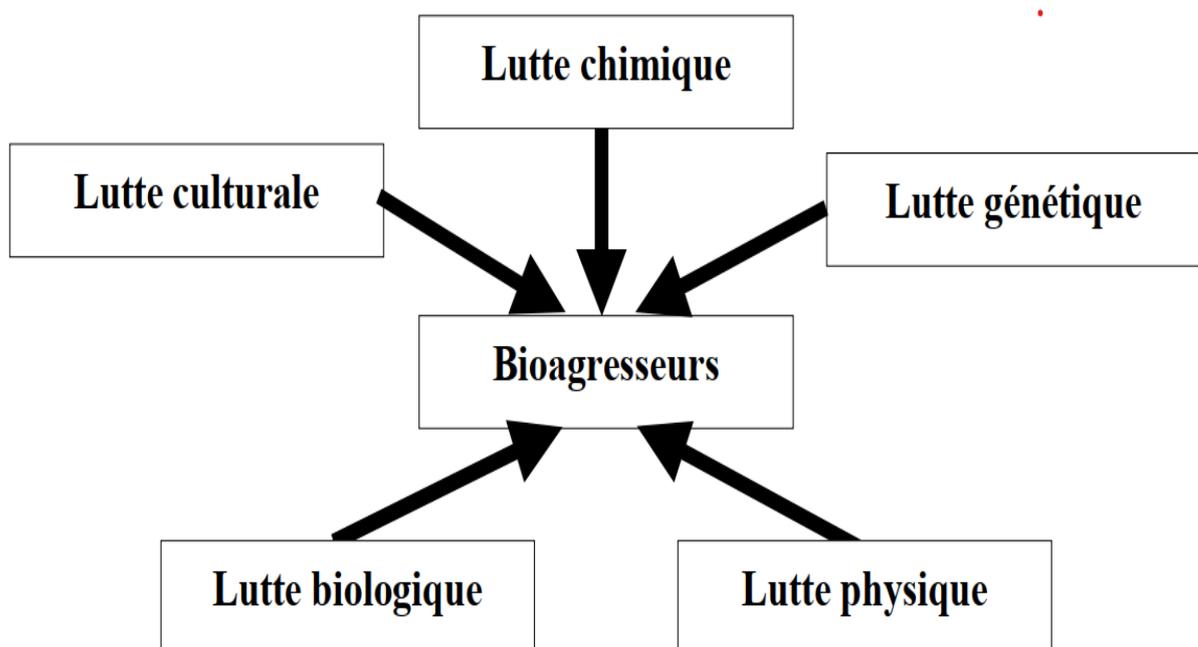


Figure 1. Les différentes méthodes de lutte contre les bioagresseurs en production végétale.

Elle se caractérise par une action de lutte contre les ennemis des cultures prenant en compte les relations entre l'organisme nuisible et ses antagonistes, la plante et son environnement, tout en considérant les caractéristiques du contexte socio-économique local (région du monde, filière locale ou même entreprise particulière).

Pour atteindre cet objectif, la lutte intégrée dispose de plusieurs méthodes : la prévention de la prolifération des organismes nuisibles, l'emploi de méthodes culturales (comme par exemple la rotation des cultures ou la résistance variétale), la lutte biologique qui fait appel aux ennemis naturels des ravageurs et l'épandage modéré de pesticides, de préférence naturels — c'est-à-dire à base de plantes — dont la rémanence est faible, et en dernier ressort les pesticides de synthèse utilisés de façon ciblée.

- La prophylaxie (+ lutte génétique)
- La lutte chimique raisonnée
- La lutte biologique
- La lutte biotechnique
- La lutte physique

Chapitre I. Planification et gestion de la protection intégrée par approche aux bioagresseurs

L'objectif principal de ce chapitre est la mise en œuvre d'un programme de lutte intégrée. Cela implique l'application de diverses méthodes de contrôle des ravageurs dans le but de minimiser les risques pour la santé humaine et l'environnement tout en assurant un bon rendement agricole.

I.1 Principes de la lutte intégrée

La lutte intégrée dans le domaine de la protection des végétaux consiste à prendre en considération attentivement toutes les méthodes de protection disponibles. Elle vise à intégrer des mesures appropriées pour décourager le développement des populations d'organismes nuisibles tout en maintenant l'utilisation raisonnée des produits phytopharmaceutiques et d'autres interventions. L'objectif est de réduire au maximum les risques pour la santé humaine, l'environnement et l'économie

- Les maladies ne peuvent jamais être éliminées mais seulement gérées à un niveau acceptable.
- La lutte intégrée demande des connaissances et du jugement, de connaître les parasites, l'environnement et la culture
- Une lutte raisonnée s'appuie sur les connaissances épidémiologiques
- Minimiser les pertes au moindre coût. Chaque dinar dépensé doit amener un profit de 3-4 dinars. Il existe des bénéfices à court terme et des bénéfices à long terme
- Deux objectifs stratégiques doivent être visés : réduire le taux d'inoculum primaire et la dissémination de la maladie
- Toute la logistique doit être disponible et gérée efficacement.
- La formation des agriculteurs et des vulgarisateurs est indispensable
- Protéger l'environnement. Utiliser les pesticides de manière intelligente et raisonnée

Remarque :

- ✓ La surveillance des bioagresseurs est un point important du dispositif nécessaire pour maîtriser la protection intégrée.

- ✓ L'existence d'outils à l'échelle régionale est indispensable pour organiser et faciliter la mise en œuvre de techniques de lutte.

I.2 Notion de seuil

Le seuil de nuisibilité est celui qui, atteint, détermine un effet dépressif sensible sur la plante ou bien le moment à partir duquel une population de bioagresseurs n'est plus tolérée. Il peut être précisé pour des aspects plus économique de qualité de produits ou de rendement.

En agriculture, le seuil de nuisibilité est calculé en fonction de la perte économique engendré par la présence des bio agresseurs. Si la perte économique des dégâts réalisés par les bioagresseurs est supérieure aux couts du traitement, le seuil de nuisibilité est atteint : l'intervention est recommandée.

- ✓ Un seuil de nuisibilité est déterminé en fonction :

- De la culture
- Du bioagresseur
- De la région et climat

- ✓ Il existe des seuils de nuisibilité pour chaque culture en fonction de l'organisme

Différents types de lutte sont envisagés en fonction du seuil de nuisibilité pour contrôler les ravageurs (Figure 2).

- Tant que le seuil de nuisibilité n'est pas atteint, la lutte reste préventive, que les bioagresseurs soit présent ou non. L'objectif d'une lutte préventive est d'éviter d'atteindre le seuil de nuisibilité.
- Au-delà du seuil de nuisibilité, l'intervention devient curative, son but est de réduire et de régler la population de bioagresseurs pour descendre en-dessous de Seuil de nuisibilité.

La lutte intégrée vise à contenir les dégâts causés par les maladies et les parasites sous des niveaux économiquement acceptables dans le contexte de la production locale, en privilégiant la prévention des infestations, le recours à des techniques culturales adaptées favorisant la biodiversité, l'exploitation judicieuse des ressources génétiques, et la lutte biologique avant le recours aux pesticides.

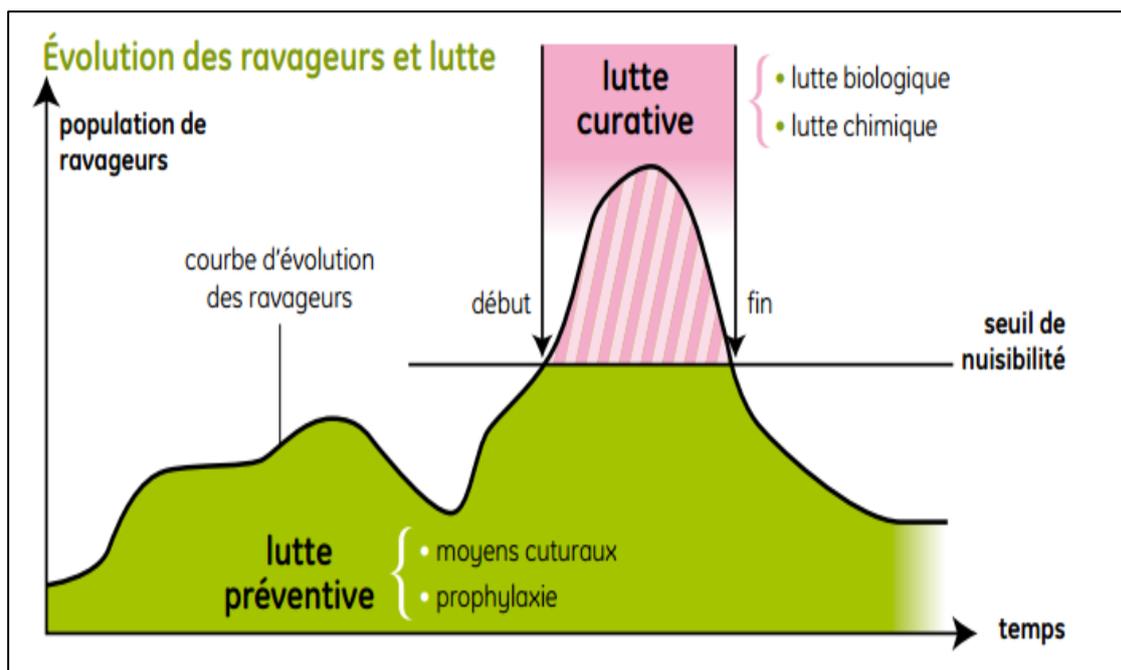


Figure 2. Évolution des ravageurs et stratégies de lutte

Les pesticides ne seront toutefois utilisés que si aucune autre solution n'est disponible ou économiquement viable, et seulement si le risque pour le consommateur, pour l'environnement, pour la biodiversité ou pour l'apparition de résistances, n'est pas excessif par rapport au « bénéfice » espéré (amélioration de la qualité sanitaire et/ou accroissement de la production) (Tableau 1).

Tableau 1 : Typologie des pertes de récoltes occasionnées par les bioagresseurs peuplements cultivés.

| Pertes directes | Pertes indirectes | |
|---|---------------------------------------|-------------------------|
| | Pertes primaires | Pertes secondaires |
| - quantité | contamination des semences | exploitation |
| - qualité | infestation du sol | communauté |
| - coût de gestion | affaiblissement des cultures pérennes | exportateurs |
| - coûts supplémentaires de récolte | coûts de gestion | commerce (gros, détail) |
| - coûts supplémentaires de tri | | consommateurs |
| - coût de re-semis / replantation | | gouvernements |
| - coût lié au remplacement par une culture moins rentable | | environnement |

I.2.1 Seuil d'intervention indicatif :

C'est le seuil qui définit l'intervention et son moment. Il permet de déterminer si l'intervention doit être immédiate ou différée, impérative ou conditionnelle. Ce seuil intègre, en sus du seuil de tolérance économique, les facteurs de régulation naturelle.

Il s'agit par exemple d'un froid suffisamment intense à l'approche de l'hiver qui réglera naturellement des populations de pucerons vecteur de virus, d'un temps sec qui évitera de voir des symptômes sur les étages intermédiaires faciliter des contaminations sur les étages supérieurs du blé, ou de l'activité de prédateurs et parasitoïdes au printemps ou en été qui vont réguler les populations de pucerons. Ces facteurs extérieurs au calcul économique permettent d'éviter, le cas échéant, l'intervention, ce qui s'avère particulièrement utile pour la gestion des pucerons.

Pour les maladies, des prévisions de séquences climatiques peu favorables à l'évolution de l'épidémie conduisent à éviter ou différer des interventions alors que les seuils de tolérance économique sont atteints.

Remarque : Ne pas respecter le seuil en lutte intégrée peut avoir des conséquences néfastes pour les cultures et l'environnement. Voici quelques-unes des implications :

- a. Surpopulation d'organismes nuisibles :** Si le seuil n'est pas respecté, les populations d'insectes ravageurs, de maladies ou de mauvaises herbes peuvent augmenter de manière exponentielle. Cela peut entraîner des pertes de rendement importantes dans les cultures.
- b. Utilisation excessive de pesticides :** Lorsque le seuil est dépassé, les agriculteurs peuvent être tentés d'utiliser des produits chimiques de manière excessive pour contrôler les ravageurs. Cela peut entraîner une résistance accrue des organismes nuisibles aux pesticides et des risques pour la santé humaine et l'environnement.
- c. Déséquilibre écologique :** En ne respectant pas le seuil, on perturbe l'équilibre naturel entre les organismes nuisibles, leurs prédateurs et les parasites. Cela peut avoir des effets en cascade sur l'écosystème.
- d. Coûts économiques :** Les pertes de rendement, les traitements excessifs et les dommages environnementaux peuvent entraîner des coûts économiques élevés pour les agriculteurs et la société dans son ensemble.

En somme, respecter le seuil en lutte intégrée est essentiel pour une gestion durable des cultures et la préservation de l'environnement.

I.2.2. Seuils de nuisibilité économique

Le seuil économique d'intervention (ou seuil de tolérance économique) correspond au niveau de maladie ou de population de ravageurs au-dessus duquel le coût des dégâts entraînés est plus élevé que celui des traitements de protection (phytosanitaires, et chimiques, le plus souvent).

L'utilisation d'un seuil économique implique un programme d'échantillonnage et une compréhension des interactions entre le ravageur ou la maladie et la plante.

L'établissement du seuil économique d'intervention est difficile. Il fait l'objet de nombreuses recherches, et de nombreuses contradictions sont perceptibles dans leur détermination. Il doit pratiquement être établi par culture et par groupe de ravageurs (et aussi par espèces).

Dans le cas des maladies, il le sera par espèce de germes phytopathogènes. Il tiendra compte de paramètre agronomique (état sanitaire général, phénologie et vigueur de la plante...) et économique (prix local ou attendu du produit des récoltes, coût du produit et de son application...).

I.2.3. Inventaire des germes phytopathogènes

En effet, les microorganismes phytopathogènes sont responsables de diverses maladies chez les plantes. Ils vivent en parasites sur les plantes sauvages ou cultivées et provoquent des symptômes tels que des chancres et des pourritures molles¹. Parmi ces agents pathogènes, les bactéries phytopathogènes jouent un rôle significatif. Voici quelques points clés à leur sujet :

Maladies bactériennes :

1. **Chancres** : Ces lésions nécrotiques se forment sur les tiges, les branches ou les racines des plantes.
2. **Pourriture molle** : Elle entraîne un ramollissement des tissus végétaux.
3. **Feu bactérien** : Une maladie grave touchant des cultures telles que les pommiers.
4. **Chancre coloré** : Affecte les platanes.
5. **Flétrissement bactérien** : Observé chez les tomates.
6. **Mosaïque** : Une maladie virale qui peut également être associée à des bactéries.

7. **Rouille** : Une maladie fongique, mais parfois les bactéries sont impliquées.
8. **Oïdium** : Une maladie fongique touchant la vigne.

Impact économique :

Bien que le nombre d'espèces de bactéries phytopathogènes soit relativement faible par rapport aux champignons, leur impact économique peut être considérable. Par exemple, le chancre bactérien des agrumes causé par *Xanthomonas citri* subsp. *citri* a entraîné la perte de millions d'arbres aux États-Unis et au Brésil. De même, la maladie de Pierce, due à *Xylella fastidiosa*, affecte la culture de la vigne dans certaines régions des États-Unis

Parois cellulaires :

La plupart des bactéries phytopathogènes possèdent une paroi rigide composée principalement de peptidoglycane. Cette paroi est un critère important pour leur classification. La lutte biologique implique l'utilisation d'agents de lutte biologique tels que des antagonistes, des micro-organismes (bactéries, champignons) ou des virus .

On peut classer les agents pathogènes comme suit :

I.2.2.1. Virus et viroïdes

Ces parasites sont strictement intracellulaires et leur acide nucléique (ADN ou ARN) peut être mono ou bicaténaire, circulaire ou linéaire, avec une polarité positive ou négative.

Leur génome peut être divisé, permettant l'expression de protéines non structurales pour la réplication virale et le mouvement de cellule à cellule, ainsi que de protéines structurales (capsides).

Les infections virales entraînent divers symptômes tels que nanisme, chloroses, nécroses, mosaïques, rabougrissement et jaunisses.

En horticulture, ces symptômes peuvent être exploités pour leurs propriétés ornementales, comme les zébrures et les taches sur les feuilles et les pétales des variétés horticoles. Cependant, les symptômes seuls ne suffisent souvent pas à identifier le pathogène, car ils dépendent du milieu et de la souche virale spécifique à la variété de plante.

En général, des tests sérologiques et moléculaires sont nécessaires pour compléter les identifications biologiques sur des plantes indicatrices. Sur l'hôte, le virus se propage de cellule à cellule via les plasmodes, et s'il existe, il utilise le système vasculaire pour se déplacer dans toute la plante.

La transmission des virus se fait par contact physique (greffe, blessure) ou par des vecteurs insectes, champignons, nématodes) selon un mode persistant ou non, avec une grande spécificité.

Exemple de maladies : Mosaïque du tabac, du concombre, sharka (pêchers, pruniers, abricotiers.).

Les viroïdes sont des parasites intracellulaires stricts constitués d'ARN mono caténaire sans capacité codante, sans propriété antigénique. Les viroïdes induisent des nanismes, des déformations, des dépérissements. Leur identification n'est possible que par hybridation moléculaire.

Leur transmission est essentiellement mécanique et certains insectes peuvent éventuellement servir de vecteur sans spécificité.

Exemple de maladies : Cadang-Cadang du cocotier (Cadang-cadang coconut viroid CCCVd). Tubercules en fuseau de la pomme de terre (Potato spindle tuberviroid PSTV)

I.2.2.2. Bactéries

Organismes procaryotes, leur génome est porté par un chromosome appelé nucléoïde et par des plasmides pouvant être transmis horizontalement entre individus d'espèces identiques ou non (transmission de gènes de résistance).

Les plasmides portent parfois les gènes impliqués dans l'interaction du pathogène et de la plante (*Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*).

En effet, les mécanismes de pathogénèse des bactéries sont diversifiés. Ils incluent la synthèse de toxines (comme chez certaines Corynébactéries) et d'antibiotiques. Les infections bactériennes peuvent entraîner une variété de symptômes tels que dépérissements, pourritures, tumeurs, nécroses, chancres et flétrissements. Pour identifier ces agents pathogènes, plusieurs approches sont utilisées :

❖ Isolement et observation en microscopie :

L'isolement des bactéries à partir d'un échantillon infecté est essentiel. Ensuite, l'observation en microscopie permet d'examiner leur morphologie, leur coloration Gram et la présence de flagelles.

❖ Tests biochimiques :

Les tests biochimiques sont utilisés pour caractériser les propriétés métaboliques des bactéries. Ils comprennent des tests sur la capacité à fermenter certains sucres, la production d'enzymes spécifiques, etc.

❖ Tests sérologiques et moléculaires :

L'hybridation et la PCR (réaction en chaîne par polymérase) sont des méthodes moléculaires couramment utilisées pour détecter et identifier des séquences spécifiques d'ADN bactérien.

Les tests sérologiques impliquent la détection d'anticorps spécifiques dirigés contre les bactéries. Ces approches combinées permettent une identification précise des bactéries responsables des infections.

Six genres bactériens sont principalement impliqués dans les maladies des plantes parmi ces genres on a :

- ***Agrobacterium***: galle du collet (*crown gall*) (*A. tumefaciens*) chevelu racinaire (*hairy root*) (*A. rhizogenes*).
- ***Erwinia*** : feu bactérien des pomoïdes (*E. amylovora*), flétrissement des cucurbitacées (*E. tracheiphila*), jambe noire de la pomme de terre (*E. carotovora subsp atroseptica*).
- ***Pseudomonas*** : nécroses sur arbres fruitiers (*Burkholderia*, *Comamonas*, *Pseudomonas* *Ralstonia*, *P. syringae*).
- ***Xanthomonas*** : nécrose bactérienne de la vigne (*X. ampelina*), pourriture noire du chou ou chancre des agrumes (*X. campestris*).
- ***Streptomyces*** : gale commune de la pomme de terre (*S. scabies*).
- ***Corynebacterium***: (*Clavibacter*, *Corynebacterium*, *Curtobacterium*, *Rhodococcus*) croissance anormale (*C. fascians*).

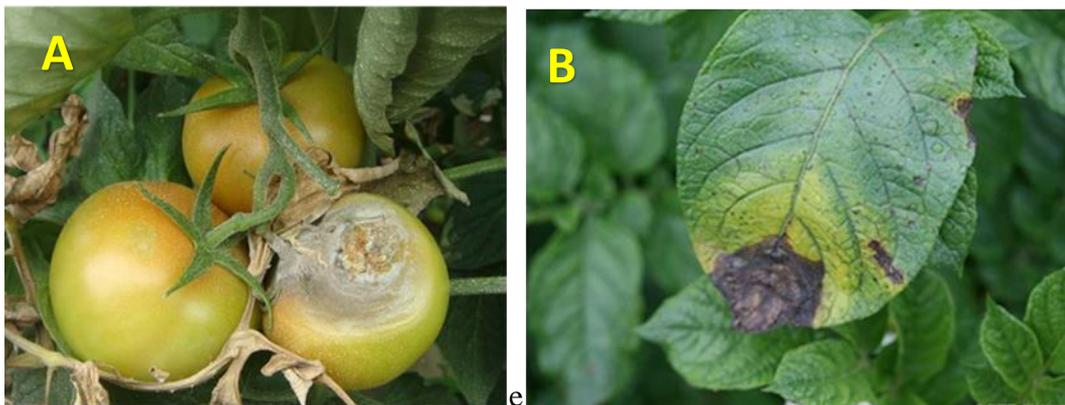
I.2.2.3. Champignons

En effet, les champignons sont des eucaryotes qui présentent une grande variété taxonomique en raison de l'organisation complexe de leur appareil végétatif et de leur mode de reproduction. Ils sont responsables de nombreuses pathologies végétales, touchant divers organes des plantes. Voici quelques points clés à leur sujet :

❖ Symptômes observés :

Les champignons provoquent des symptômes variés, tels que pourritures, nécroses des fleurs, des fruits, des tiges et des feuilles.

On observe également des chancre sur les tissus de protection et des dépérissements, ainsi que des flétrissements des vaisseaux du bois.



A) Pourriture grise sur Tomate ; B) Lésion nécrotique à la périphérie du limbe de la feuille de pomme de terre.

❖ Principales maladies :

- **Ergot de seigle (*Claviceps purpurea*)** : Causé par un champignon, il affecte les céréales, en particulier le seigle.
- **Mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*)** : Une maladie importante qui peut entraîner des pertes de rendement considérables.
- **Graphiose de l'orme (*Ceratocystis ulmi*)** : Responsable du déclin des ormes dans certaines régions.
- **Rouilles (*Puccinia*)** : Un groupe de champignons responsables de taches caractéristiques sur les feuilles.

- **Charbon (Ustilago)** : Affecte diverses plantes, provoquant des tumeurs noires.
- **Oïdium (Erysiphe)** : Une maladie fongique touchant les céréales et d'autres cultures.
- **Tavelure (Venturia)** : Affecte les arbres fruitiers, provoquant des taches sur les feuilles.
- **Chancre du châtaignier (Endothia parasitica)** : Une maladie grave touchant les châtaigniers.

Les champignons jouent un rôle majeur dans les écosystèmes, mais leur impact sur l'agriculture et la santé des plantes nécessite une surveillance et des mesures de gestion appropriées.

I.2.2.4. Protozoaires

On connaît quelques protozoaires phytopathogènes qui appartiennent au genre *Phytomonas* et provoquent des maladies en zone tropicales (Flétrissement léthal du cocotier, nécrose du phloème du caféier) (Nyengani, 2008).

I.2.2.5. Nématodes

Ces eucaryotes pluricellulaires, également appelés nématoïdes, sont responsables de diverses altérations dans les tissus végétaux. Leurs sécrétions salivaires entraînent des nécroses, des déformations et même la formation de tumeurs. (Nyengani, 2008).



Figure 3 : Symptômes de nématode *Meloidogyne incognita* (galles sur racines de la plante de tomate)

I.3 Stratégies de Protection Intégrée

I.3.1. Surveillance

La surveillance systématique des populations d'organismes nuisibles, des conditions atmosphériques, de la santé des végétaux et des symptômes de maladie est un élément crucial de la réussite d'un programme de lutte intégrée. Elle permet de détecter les ravageurs à un stade précoce, avant qu'ils se soient trop multipliés. En cas de problème dans les cultures, il est important d'effectuer à temps le diagnostic approprié pour pouvoir choisir et mettre en œuvre les méthodes de lutte les plus efficaces. Il sera ainsi possible de limiter les répercussions sur le rendement ou la valeur esthétique des plantes. Cela est surtout important pour les cultures spéciales, celles dont vous ignorez la nature des ravageurs les plus susceptibles d'attaquer ou s'il existe des contrôles chimiques.

- Méthodes de lutte régies par la loi :
 - Quarantaine
- Optimisation des ressources naturelles avant la plantation :
 - Techniques agronomiques
 - Plantes résistantes)
- Favoriser les pratiques culturales sans impact négatif sur l'agroécosystème :
 - Techniques agronomiques
 - Moyens mécaniques
- Protection et développement des ennemis naturels :
 - Lutte biologique,
 - Infrastructures écologiques
- Utilisation de méthodes de lutte sélectives :
 - Technique d'élevage de mâles stériles,
 - Lutte biologique et microbiologique,
 - Lutte éthologique (phéromones)
- Autres méthodes de lutte

- Lutte chimique favorisant l'utilisation de pesticides spécifiques et sélectifs)

I.3.2. Outils et méthodes de surveillance

Avant de démarrer un programme de surveillance Il est essentiel de prendre en considération les éléments suivants :

- ✓ Examiner les divers parasites potentiels mentionnés lors de la recherche préliminaire.
- ✓ Il convient de savoir reconnaître les stades de développement et les dégâts causés par les éventuelles maladies et ravageurs.
- ✓ Avoir une compréhension des cycles biologiques des insectes et pathogènes responsables de ces pathologies.
- ✓ Il est crucial de pouvoir identifier les insectes bénéfiques ainsi que ceux qui ne représentent pas de menace. En cas de parasites partagés entre les cultures actuelles et des cultures précédemment cultivées dans les mêmes champs, l'exploitation des données historiques peut aider à repérer les foyers d'infection ou d'infestation ainsi que les problèmes antérieurs.

1. Observation directe :

Inspection visuelle : Lors de vos visites sur le terrain, recherchez activement les signes de ravageurs, de maladies ou de stress chez les plantes. Examinez les feuilles, les tiges, les fruits et les racines (figure 3).



Figure 4 : Inspection Une régulière basée sur un travail de terrain

Échantillonnage : L'échantillon est une fraction de la population, il est souvent défini au niveau d'une unité d'habitat telle que la feuille, le rameau, les racines, le sol, la plante entière ou d'insectes pour des analyses plus approfondies en laboratoire. Cela peut vous aider à identifier les problèmes potentiels.



Figure 5 : Différents types d'échantillons pour analyse en laboratoire.

2. Suivi des indicateurs :

Pièges : Utilisez des pièges spécifiques pour surveiller les populations d'insectes nuisibles. Par exemple, les pièges à phéromones attirent les insectes mâles et permettent d'évaluer leur présence.

❖ **Le piégeage visuel :**

- L'attraction des insectes par certaines couleurs, d'où l'idée très simple de constituer des pièges colorés pour apprécier la présence, la qualité et la quantité des individus d'une espèce.
- Elle n'est pas spécifique « elle attire nombreuses espèces
- Le stade de développement, les conditions climatiques, le stade phénologique de la plante hôte, la forme du piège, sa position, diminuent l'efficacité de cette technique.



Figure 6 : Modèle de piège visuel

❖ **Piégeage sexuel :** Ce type de piège se caractérise par

- Sa simplicité d'emploi.
- Sa spécificité.
- Sa matière active « les phéromones », ils attirent plus d'individus que les pièges alimentaires ou lumineux, grâce à des substances synthétisées dont chaque espèce répond à un mélange précis de substances appelées « bouquet phéromonal » composé généralement de :
 - ✓ Substances d'appel à longue distance.
 - ✓ Substances d'appel à faible distance.
 - ✓ Substances favorisant l'atterrissage.



Figure 7 : Modèle de piège visuel

❖ Piégeage d'interception : Se sont

- ✓ Soit des pièges se plaçant dans le sol « piège trappe ».
- ✓ Soit des pièges à filets « mobile ou fauchoire, fixe ».
- ✓ Soit des pièges vitrés.



Figure 8 : Piégeage d'interception

❖ Piégeage à succion :

Utilisé pour des études à grande échelle « régionale », il est utilisé comme moyen d'avertissement agricole. Son principe de base c'est l'utilisation d'une aire centrifugée élaborer par un moteur, sa capacité d'aspirer dépasse les 40Km

Stations météorologiques : Tenez compte des conditions climatiques (température, humidité, précipitations) qui peuvent influencer les cycles des ravageurs et des maladies.

3. Collaboration avec les agriculteurs :

Échanges d'informations : Discutez régulièrement avec les agriculteurs pour partager vos observations et recueillir les leurs. Ils ont une connaissance approfondie de leurs cultures.



Remarque : la surveillance continue permet d'adapter rapidement les mesures de lutte en fonction des besoins spécifiques de chaque culture.

I.4 Programme de mise en œuvre :

Un programme de lutte intégrée peut comprendre des efforts de sensibilisation et de formation des producteurs, la gestion adéquate des déchets, l'adaptation des structures, l'entretien des cultures, le recours à des techniques de lutte biologique, génétique, physique et mécanique, et enfin l'application de pesticides.

Dans la pratique, la mise en œuvre d'un programme de lutte intégrée comprendra :

- Le recours aux ressources phylogénétiques (plantes adaptées aux conditions écologiques, résistantes ou tolérantes à certaines maladies et insectes) ...avec ou sans plantes OGM, selon les « écoles » ou même selon le type de résistance introduite ;
- Le rejet du calendrier de traitements préétablis, lui préférant des interventions basées sur un canevas d'observations ;
- la surveillance de l'évolution des populations des ennemis et de leurs antagonistes, au niveau de l'unité de production (contrôle visuel, battage, piégeage),
- La référence à des niveaux de population pour décider d'une intervention (seuil de tolérance, seuil de nuisibilité, seuil d'intervention) ;

- L'utilisation de moyens diversifiés (culturels, biologiques, biotechnologiques, etc.) et adaptés aux exigences économiques et écologiques pour maintenir les populations des ennemis à des niveaux acceptables.

En diminuant la dépendance des producteurs envers les pesticides, la lutte intégrée permet aussi de réduire les coûts de production tout en réduisant significativement le risque de « résidus ». La stratégie repose, d'une part, sur le principe d'intégration de différentes méthodes de lutte (dont les techniques sont sélectionnées pour leurs effets aussi réduits que possible sur l'environnement) et, d'autre part, sur une aide personnalisée à la décision, permettant au producteur d'évaluer les risques réellement encourus au niveau de chacune de ses parcelles afin qu'il puisse décider quand et comment intervenir.

La mise au point d'un programme de lutte intégrée supposera une approche systématique en plusieurs étapes :

I.4.1 Identifier et connaître les alliés et ennemis :

La majorité des organismes vivants sont utiles. On ne peut se permettre d'éliminer tout ce qui bouge. En lutte intégrée, il faut d'abord identifier et connaître les espèces qui habitent les écosystèmes agricoles (champs, vergers, serres, etc.).

I.4.2 Dépister et évaluer la situation :

Pour rationaliser les décisions, il faut aussi évaluer les conditions environnementales, l'abondance des organismes nuisibles et utiles, l'état de santé et le stade de développement des cultures. Dans plusieurs productions maraîchères et fruitières, le suivi régulier des champs a permis de mieux utiliser les pesticides et de réduire leur emploi sans perte de qualité et de rendement

I.4.3 Utiliser des seuils d'intervention :

Un seuil d'intervention permet non seulement d'utiliser un pesticide ou tout autre moyen de lutte au bon moment, avec un maximum d'efficacité, mais aussi de réaliser des économies appréciables en n'intervenant pas lorsque ce n'est pas justifié. Aussi utiliser des seuils d'intervention (maintenir les dégâts causés par les organismes nuisibles en deçà d'un niveau de nuisance économiquement acceptable, tout en favorisant leurs adversaires naturels) ;

I.4.4 Adapter l'écosystème :

Plusieurs organismes nuisibles résident en bordure des champs, dans les cultures voisines, dans des résidus de cultures et dans les sols. Ils peuvent aussi être transportés par la machinerie et le personnel agricole. Le choix de cultivars tolérants ou résistants, la modification des densités et des dates de semis, la culture sur billons, l'entretien des brise-vent et des fossés, la désinfection des équipements et l'utilisation de rotations appropriées sont autant de moyens de rendre l'écosystème favorable aux organismes utiles et aux cultures, mais difficile à vivre pour les ravageurs, les agents pathogènes et les mauvaises herbes.

Adapter l'écosystème en le rendant à la fois favorable aux organismes utiles mais non attractant pour les organismes nuisibles ;

I.4.5 Combiner les méthodes de lutte :

L'intégration de différentes méthodes de lutte préventives ou curatives, soit biologique, mécanique, culturale, génétique et chimique, assure une réduction plus durable et souvent plus efficace des populations d'organismes nuisibles et contribue à réduire les risques associés à l'emploi exclusif des pesticides chimiques. Ces derniers ne sont qu'un maillon de la lutte intégrée et doivent être utilisés uniquement lorsque la situation le justifie.

I.4.6 Évaluer les conséquences et l'efficacité des actions :

Tout processus décisionnel implique une évaluation des résultats. L'utilisation de parcelles témoins, le dépistage et les évaluations de rendement et de qualité permettent de quantifier l'efficacité et la rentabilité de nos actions et d'améliorer graduellement nos façons de faire.

Le niveau de « tolérance » d'infestation peut être égal à zéro quand il s'agit d'un organisme de quarantaine et que les produits récoltés doivent être exportés.

Le respect de la notion de seuil, reposant donc sur l'estimation d'un niveau de population, conduit à rejeter l'objectif d'éradication complète des organismes nuisibles, tout en soulignant l'importance des équilibres naturels au travers du rôle bénéfique des organismes auxiliaires de l'agriculteur.

Tableau 2 : Gestion intégrée des ennemis des cultures « Cahier d'autoévaluation ».

| PRATIQUES AGROENVIRONNEMENTALES | NIVEAUX DE PROGRESSION | | |
|--|--|--|--|
| | MINIMUM (premier niveau) | INTERMÉDIAIRE (deuxième niveau) | AVANCÉ (troisième niveau) |
| 1- Identification des alliés et ennemis | Identification des ravageurs principaux | Identification des alliés et des ravageurs principaux et secondaires | |
| 2- Dépistage et évaluation de la situation | Suivi régulier des champs (1-2 fois/semaine) | Suivi régulier des champs selon les techniques identifiées et reconnues localement pour chacune des cultures | |
| 3- Utilisation de seuils d'intervention | Utilisation d'un pesticide ou de tout autre moyen de lutte | | |
| | Au bon moment (sans seuil) | Au bon moment et justifié par l'emploi de seuils d'intervention | |
| 4- Adaptation de l'écosystème | Utilisation de moyens visant à rendre l'écosystème favorable aux organismes utiles et aux cultures, mais difficile à vivre pour les ennemis des cultures | | |
| 5- Intégration de différentes méthodes de lutte | Peu souvent | Souvent | Presque toujours |
| | Utilisation de pesticides de synthèse principalement | Utilisation de pesticides de synthèse et de moyens alternatifs | Utilisation de moyens alternatifs principalement |
| 6- Gestion des pesticides | | | |
| 6-1 Entreposage des pesticides | Entreposage dans un endroit réservé à cette fin, fermé à clé et respectant les exigences du Code de gestion des pesticides (zones inondables, distances d'éloignement, etc.) Adoption de mesures d'hygiène. Maintien des stocks de pesticides au minimum | | |

| | |
|--|--|
| 6-2 Réglage du pulvérisateur | Choix d'un équipement adapté au travail à effectuer, réglage au début de la saison, vérification et entretien réguliers en cours de saison |
| 6-3 Gestion de la résistance | Rotation des groupes chimiques (modes d'action) des pesticides, selon la disponibilité des produits |
| 6-4 Techniques d'application | Emploi de techniques d'application des pesticides visant la réduction des quantités et l'optimisation du traitement |
| 6-5 Sécurité des utilisateurs et des travailleurs | Possession et utilisation d'équipement de protection individuelle approprié et adoption de mesures d'hygiène et de sécurité et respect des délais de réentré |
| 6-6 Protection de l'eau et des zones sensibles | Préparation des mélanges, remplissage, vidange et nettoyage du pulvérisateur dans un endroit sécuritaire et protection des zones sensibles en respectant les distances d'éloignement en usage pour la préparation et l'application de pesticides |
| 6-7 Dérive des pesticides | Emploi d'équipements permettant de réduire la dérive des pesticides et application dans des conditions météorologiques favorables |
| 6-8 Sécurité des consommateurs | Respect des taux d'application et des délais avant la récolte pour tous les pesticides et préférence pour les techniques de réduction des pesticides |
| 6-9 Nettoyage et récupération des contenants | Emploi du triple rinçage ou d'un dispositif mécanique de rinçage sous pression et élimination des contenants de pesticides de façon sécuritaire. Utilisation de contenants en vrac récupérables lorsque possible |
| 6-10 Choix des pesticides | Emploi de pesticides ayant le moins d'incidence sur la santé, l'environnement et les alliés |
| 7- Formation et information | Participation à des cours, colloques ou réunions d'information sur la lutte intégrée et adhésion à un club d'encadrement technique ou à un club-conseils en agroenvironnement, ou abonnement au Réseau |

| | |
|--|---|
| | d'avertissements phytosanitaires ou à un système de prévision des ennemis |
| 8- Registre des interventions | Tenue à jour d'un registre des interventions phytosanitaires et du dépistage |
| 9- Programme de gestion intégrée des ennemis | Planification d'un programme de gestion pour l'année suivante basé sur le suivi des champs et l'évaluation des résultats de la saison de production |

I.5 Les Outils d'aide à la décision

D'après ses observations sur le terrain, l'agriculteur doit décider si des mesures de protection sont nécessaires et si oui, à quel moment il doit les mettre en œuvre. Il y a deux niveaux de décision

- **Observable** : Comptages visuels directement sur le végétal ou analyse en laboratoire : atteinte ou non du seuil de nuisibilité. L'intervention qui en découle est curative ou préventives si le seuil de nuisibilité n'est pas atteint.
- **Pas observable** : A partir de grille de risques ou modèles de prévisions. L'intervention qui en découle peut-être préventive ou curative.

I.5.1 Les grilles de risque et les modèles

Les grilles de risque et les modèles de prévision sont des outils complémentaires, permettant d'évaluer le risque phytosanitaire lié à un organisme indésirable et une culture.

Les modèles de prévision permettent d'évaluer le risque en fonction des conditions climatique, pour une zone géographique donnée. Les grilles de risque sont spécifiques à une parcelle, car elles tiennent compte des paramètres météorologiques mais aussi agronomiques.

Un modèle est basé sur les paramètres suivants

- La biologie de l'espèce cultivée
- La biologie des ravageurs et maladies
- La sensibilité variétale
- Les conditions météorologiques

Ces outils permettent de :

- Déterminer le niveau de risque actuel
- Définir le seuil à partir duquel il est nécessaire d'intervenir
- Prévoir le bon moment pour une efficacité optimale de l'intervention

Il existe quatre seuils différents :

- **Seuil visuel** : (seuil à partir duquel les populations de ravageurs peuvent être observées dans les parcelles)
- **Seuil de nuisibilité** : (seuil à partir duquel les déprédations causées par le ravageur sont Apparents.
- **Seuil d'intervention indicatif** : (seuil à partir duquel l'agriculteur doit mettre en œuvre des mesures de protection),
- **Seuil de tolérance économique** : (seuil à partir duquel les ravageurs peuvent causer des pertes de rendement à cause du coût des traitements à mettre en œuvre).

I.6 Les méthodes de lutte intégrée

Les méthodes durables, biologiques, mécaniques et non-chimiques doivent être préférées aux méthodes chimiques si elles permettent de lutter efficacement contre les ennemis des cultures.

- Utilisation des infrastructures écologiques pour accroître la biodiversité fonctionnelle
- Mise en œuvre d'un système de rotation adapté, etc.
- Stratégies de lutte physique et mécanique
- Résistance/tolérance des plantes
- Lutte biologique et microbiologique
- Méthodes de lutte basées sur l'utilisation de pièges à phéromones et autres substances attractives (méthodes éthologiques)

I.6.1 Les méthodes alternatives

- Peuvent demander plus de temps,
- Peuvent avoir une efficacité moins élevée et un mode d'action plus long s'agissant de Lutter contre les ravageurs,
- Peuvent avoir un coût plus élevé que les méthodes conventionnelles,
- Minimisent les effets négatifs sur l'environnement,
- Sont plus durables,
- Offrent davantage de bénéfices d'un point

I.6.2 Formation des agricultures

- Le but de la Protection Intégrée consiste à contrôler les populations de ravageurs et NON à les éradiquer,
- Apprendre à identifier les différents seuils
- Formation sur le terrain dans des parcelles ou des fermes expérimentales
- Respect des principes de formation participative

I.6.3 Utilisation des pesticides

Utiliser des pesticides spécifiques capables de détruire les organismes cibles sans avoir d'effet toxique sur la santé humaine, les organismes non cibles et l'environnement.

a. Les pesticides spécifiques ont un effet toxique sur un nombre limité de ravageurs.

- Action sur une ou plusieurs espèces :
- Action sur un ordre taxonomique : Aphicides

b. Les pesticides sélectifs n'ont pas d'effet toxique sur les organismes non cibles

- ✓ Organismes bénéfiques : parasitoïdes et prédateurs

- ✓ Santé humaine
- ✓ Faune et flore : faune terrestre et aquatique

c. Les pesticides spécifiques et sélectifs

- ✓ Minimisent les effets nocifs des pesticides : Pollution environnementale
- ✓ Préviennent l'apparition de ravageurs secondaires suite à l'élimination de leurs ennemis naturels : Phytoséides contrôlant les populations d'acariens
- ✓ A noter qu'à court terme l'utilisation de pesticides sélectifs à la place de pesticides à large spectre peut augmenter de manière transitoire les populations de ravageurs secondaires

Remarque : Il est important d'identifier les ennemis naturels afin de les protéger

d. Méthode d'application des pesticides

Les pesticides doivent être utilisés aux doses minimales requises pour garantir leur efficacité. Il est important de définir les points suivants

- ✓ La dose de substance active à appliquer par hectare
- ✓ La quantité de produit à pulvériser par hectare
- ✓ La fréquence des traitements
- ✓ Si la totalité ou une partie seulement de la parcelle doivent être traitées

Il est important de mettre en œuvre des stratégies pour limiter le risque de développement de résistances et pour préserver l'efficacité des produits.

La résistance d'un ravageur à un pesticide donnée se traduit par la capacité de cette population de ravageurs à survivre à des doses d'exposition habituellement mortelles pour une population normale

- ✓ La résistance se développe par certains individus qui possèdent des mécanismes de résistance (exemple, capacité à métaboliser le pesticide)

Ces mécanismes sont la conséquence de l'utilisation répétée d'un pesticide, et le pourcentage d'individus résistants s'accroît avec le temps, annulant à long terme l'efficacité des produits

I.6.4 Conséquences de la résistance aux pesticides

✓ La résistance aux pesticides entraîne une augmentation des doses utilisées et accroît la fréquence des traitements

✓ Une diminution de la durée de vie commerciale des pesticides

✓ Des risques plus élevés pour la santé et l'environnement

✓ L'impossibilité de cultiver certaines variétés sur un territoire donné

Exemple : Stratégies pour éviter le développement de résistances aux insecticides chez le Carpocapse du pommier (*Cydia pomonella*)

✓ Mettre en œuvre des pratiques culturales adaptées et utiliser des systèmes de confusion Sexuelle

✓ Surveiller les populations Dans la mesure du possible, choisir des pesticides sélectifs

✓ Appliquer le traitement durant les phases critiques de reproduction

✓ Respecter les doses recommandées par le fabricant.

✓ N'utiliser les produits appartenant à une même famille de pesticides que pour une seule

Génération par an

✓ Vérifier que le mode d'application permet de traiter l'ensemble de la surface cible de l'arbre

✓ Ne pas réutiliser des produits ayant le même mode d'action si l'absence de résistance n'est pas démontrée.

Remarque : Les mesures de protection des cultures doivent être utilisées pour lutter contre la prolifération des populations de ravageurs qui risquent d'atteindre le seuil de tolérance économique et non pour éradiquer la totalité des individus composant ces populations.

La vérification de l'efficacité des mesures mises en œuvre est un point important car :

- ✓ La Protection Intégrée est un processus continu qui doit perpétuellement être amélioré.
- ✓ L'évaluation de l'efficacité des mesures de protection constitue un élément clé pour atteindre cet objectif.

Chapitre II : Planification et gestion de la protection intégrée par approche à la plante cultivée.

Dans ce chapitre, plusieurs concepts essentiels liés à la lutte contre les bioagresseurs dans le domaine de la protection des végétaux ont été abordés. L'objectif est de fournir une compréhension approfondie des méthodes de lutte intégrée contre les bioagresseurs, en appliquant toutes les connaissances relatives aux bioagresseurs et à leur environnement.

II.1 Diversité de la succession culturale et gestion des rotations

II.1.1 La Rotation

La diversification des cultures consiste à pratiquer plusieurs types de culture afin de réduire le risque de perte totale de la récolte. Elle peut très bien se combiner avec la pratique de la rotation. La rotation des cultures limite le développement des maladies, des ravageurs, mais également des adventices car elle permet de briser le cycle de développement des nuisibles.

A contrario, la succession année après année d'une culture sensible sur une même parcelle favorise les parasites. Il est donc préférable de pratiquer, quand c'est possible, l'alternance des cultures par des rotations car :

- Les maladies et ravageurs sont plus ou moins étroitement inféodés à une culture, mais peuvent être sans effet sur des plantes de famille différente, même si l'inoculum est présent ;
- L'alternance de cycles culturaux variés (préparation du sol, semis, récolte, enfouissement des résidus à des dates différentes d'une année sur l'autre) évite la sélection et la multiplication d'un type d'adventices, particulièrement les annuelles ;
- L'introduction d'engrais verts dans les rotations permet de préserver la fertilité des sols : par exemple, engrais verts d'été de sorgho en maraîchage sous abri.

Sans rotation des cultures, on peut, par exemple, rencontrer des problèmes avec les nématodes.

Exemple : Les nématodes (*Meloidogyne sp.*) se développent bien dans le sol des cultures de tomates et restent sur les racines après la récolte. Si, l'année suivante, on cultive de nouveau la tomate, les nématodes, qui ont généralement un pouvoir de multiplication élevé, peuvent devenir

un problème très grave. On a le même problème si, après la tomate, on cultive une plante sensible aux Meloidogyne .

En revanche, si on la remplace par une plante qui n'est pas attaquée par les Meloidogyne, les populations de nématodes vont diminuer (ex : la culture de sorgho ou des céréales, succédant à la tomate, entraîne une réduction des populations de Meloidogyne dans le sol).

Ainsi, dans le cas du Haricot vert, certains précédents sont à éviter comme les productions fournissant une masse importante de résidus végétaux ou le maïs si la présence de résidus de l'herbicide atrazine, toxique vis-à-vis du haricot ou encore d'une autre légumineuse comme le pois, est possible. Une rotation assez longue est recommandée, ou à défaut une jachère prolongée, pour des raisons phytosanitaires et notamment pour éviter les fontes des semis dues à *Rhizoctonia solani*.

Rappel

- Monoculture et rotation des cultures

Il existe deux principales méthodes de culture : la monoculture et la rotation des cultures.

MONOCULTURE

La monoculture, où on fait pousser la même culture dans un champ chaque année :

- crée un habitat convenable pour les ravageurs (insectes, maladies et mauvaises herbes);
- produit un rendement et une qualité de culture inférieurs ;
- dégrade le sol (perte de matière organique, dégradation structurale et risque d'érosion accru).

ROTATION DES CULTURES

La rotation des cultures, soit la plantation successive de diverses cultures agronomiques sur la même terre :

- change l'habitat des ravageurs et brise leurs cycles ;
- maintient le rendement et la qualité des cultures ;

- favorise la santé du sol.

FACTEURS A PRENDRE EN COMPTE POUR LA ROTATION DES CULTURES

✓ Équipement disponible – l'ajout de cultures à la rotation peut vouloir dire qu'il faut modifier, louer ou acheter l'équipement pour planter, fertiliser, pulvériser et récolter.

✓ Cultures nécessaires sur place (producteurs de bétail) – si vous êtes producteur de bétail, l'ajout de plantes fourragères à la rotation est logique. Songez à ajouter des plantes fourragères à la rotation et à les vendre aux producteurs qui en ont besoin.

✓ Marché – le prix des marchandises peut diriger le choix des cultures. Ce qui produit le meilleur rendement aujourd'hui peut endommager le sol et affecter le rendement des cultures dans l'avenir. Les plantes fourragères ne sont habituellement pas les cultures les plus rentables, mais elles sont le plus utiles pour le sol et font augmenter le rendement de la culture suivante.

✓ Coût des intrants (semences, engrais, pesticides) – les diverses cultures de la rotation ont des besoins différents en termes d'intrants. Cependant, l'effet général d'une bonne rotation est une diminution de l'engrais et des pesticides, surtout s'il y a des plantes fourragères.

✓ Facteurs économiques – tenez compte de toute la rotation dans le calcul des facteurs économiques, et non pas des années particulières. Les effets de la diminution du coût des intrants et de l'augmentation du rendement sur la rotation peuvent être masqués si on calcule les facteurs économiques annuels.

✓ Effets de la culture actuelle sur les suivantes – tenez compte des implications des ravageurs, des résidus qui restent et de l'arrière-effet des herbicides.

II.1.2 Assolement / Rotation

Ce système permet l'utilisation rationnelle des éléments fertilisants du sol par les plantes successives. Il est conseillé d'avoir une bonne proportion de légumineuse dans l'assolement. Une bonne rotation doit prendre en compte les aspects ci-après :

- La différence entre les systèmes racinaires des différentes cultures ;
- Les exigences des cultures en éléments nutritifs ;

- La capacité d'enrichissement du sol par certaines cultures (légumineuses) ;
- Le mauvais comportement des graminées sur défriche ;
- La non répétition sur une même sole des cultures de même exigence.

II.1.3 Association de cultures

Elles permettent de lutter contre l'érosion, couvrir mieux le champ et protéger le sol contre le soleil et l'érosion ; elles limitent l'épuisement des organismes vivants des champs. Exemple : Une association maïs-niébé donne plus de matière organique qu'un champ de maïs seul.

II.1.4 Jachère améliorée.

C'est une jachère dans laquelle le paysan met en place sur la portion de terre à laisser au repos, des plantes améliorantes dont il assure l'entretien. Elle permet de réduire considérablement le temps de jachère (de 10 ou 5 ans à 2 ans).

II.1.5 Cultures intercalaires.

C'est une forme d'association qui consiste à mettre entre les lignes d'une culture principales plusieurs lignes d'une culture secondaire.

II.1.6 Agroforesterie

Association des arbres avec les cultures annuelles • Plantation pure d'arbres (teck, vergers d'anacardiens ou de manguiers,)

II.1.7 Conservation des sols et des eaux

On conserve le sol par la mise en place des mesures antiérosives et l'application d'un certain nombre de techniques culturales, qui le protègent contre l'érosion hydrique et éolienne.

II.2 Gestion de la fertilisation minérale et organique.

La combinaison des fumures minérales et organiques est fortement recommandée aussi bien pour les petits producteurs que pour les grandes exploitations. En ce qui concerne la fumure minérale, les recommandations en cours actuellement sont à revoir afin d'être conformes aux réalités actuelles (besoins des plantes des sols). L'utilisation des engrais doit être conforme aux

conditions du sol et des engrais. Quant à la matière organique, on devra veiller à l'utilisation sur les exploitations du fumier, du compost ou gérer in situ les résidus de récolte.

Les fertilisants organiques permettent d'assurer la pérennité de la fonction nourricière du sol vis-à-vis des cultures pour qu'elles soient dans des conditions optimales de croissance. Les engrais organiques ont principalement pour fonction d'apporter, via les microorganismes du sol, des éléments nutritifs aux plantes. Les amendements organiques, en plus de cette fonction, vont également améliorer ou entretenir les qualités physiques et biologiques de la terre du jardin. Le sol est une sorte de tube digestif pour la plante, il est donc fondamental de l'alimenter avec de la matière organique.

Le recours aux engrais minéraux (ou chimiques) est nécessaire si les fournitures d'éléments nutritifs par le sol, les restitutions du bétail en pâture, les légumineuses (pour l'azote) et les engrais de ferme ne sont pas suffisantes pour couvrir les besoins de la prairie. La fertilisation minérale n'intervient qu'en complément de la fertilisation organique.

Il existe de nombreux types d'engrais minéraux. Ils sont classés en différentes catégories :

- Les engrais simples (N27 %, KCl 60 %) : ils ne contiennent qu'un élément majeur ;
- Les engrais composés soit :
 - de deux éléments majeurs :
 - Engrais binaires : PK ;
 - Engrais binaires : NP ;
 - Engrais binaires : NK ;
 - de trois éléments majeurs :
 - Engrais tertiaires : NPK ;
 - de plusieurs éléments :
 - Engrais complexes : N-P-K, +MgO, +CaO, +Se, +SO3...).

Remarque générale :

Par convention, les unités utilisées pour parler des fertilisants sont les suivantes :

- Azote : N
- Phosphore : P₂O₅
- Potassium : K₂O
- Magnésium : MgO
- Calcium : CaO
- Sodium : Na₂O
- Soufre : S O₃

Chapitre III : Planification et gestion de la protection intégrée par approche à la biodiversité sauvage.

Ce chapitre a pour objectif de fournir aux étudiants les connaissances et les outils nécessaires pour intégrer la biodiversité dans la planification de la protection des cultures. Il reconnaît le rôle essentiel de la biodiversité dans la préservation de l'équilibre écologique et la promotion de systèmes agricoles durables

Introduction :

La planification et la gestion de la protection intégrée par approche à la biodiversité sauvage impliquent des stratégies visant à préserver et à gérer de manière holistique la diversité des espèces et des écosystèmes naturels.

Cette approche met l'accent sur la conservation de la biodiversité en intégrant des mesures de protection, de restauration et de gestion durable des ressources naturelles. Les efforts se concentrent sur la préservation des habitats naturels, la promotion de la coexistence harmonieuse entre l'homme et la nature, et la mise en place de pratiques respectueuses de l'environnement.

La gestion intégrée de la biodiversité sauvage repose sur des actions telles que la création d'aires protégées, la mise en place de plans de gestion des écosystèmes, la sensibilisation du public à l'importance de la biodiversité, et l'intégration de la biodiversité dans les politiques sectorielles.

Ces mesures visent à assurer la durabilité des ressources naturelles, à prévenir la perte de biodiversité et à promouvoir une utilisation responsable des écosystèmes.

En résumé, la planification et la gestion de la protection intégrée par approche à la biodiversité sauvage sont essentielles pour garantir la conservation à long terme de la diversité biologique et des services écosystémiques qu'elle fournit.

III.1 Ressources biologiques à l'échelle de la plante

III.1.1 Physionomie de la plante

Les ressources biologiques à l'échelle de la plante sont essentielles pour comprendre son fonctionnement et son adaptation à l'environnement. La physionomie de la plante, qui englobe sa structure et son apparence extérieure, est un aspect clé de son adaptation. Les plantes présentent

différentes formes biologiques qui reflètent leur adaptation à des conditions environnementales variées. Ces formes biologiques comprennent les phanérophytes, les chamaephytes, les hemicryptophytes, les géophytes, les thérophytes et les héliophytes

Chaque catégorie de plantes a des caractéristiques spécifiques qui influencent leur capacité à survivre et à prospérer dans leur habitat. La physionomie des plantes est également liée à des aspects fonctionnels importants, tels que la photosynthèse et la gestion des ressources. Par exemple, la vitesse de photosynthèse peut varier en fonction des caractéristiques des feuilles, comme leur épaisseur et leur longévité, ce qui influence la capacité de la plante à produire de la matière organique

De plus, la compétition entre plantes pour les ressources telles que la lumière, l'eau et les minéraux peut façonner la morphologie des plantes et leur capacité à prospérer dans des environnements concurrentiels

En résumé, la physionomie des plantes, qui englobe leur forme, leur structure et leurs adaptations, est étroitement liée à leur capacité à survivre et à se développer dans des environnements variés, en utilisant efficacement les ressources biologiques disponibles.

III.1.2 Physiologie des compartiments de la plante

Les aspects physiologiques des compartiments de la plante à l'échelle de la plante impliquent divers processus essentiels à la croissance et au développement des plantes. Ces processus comprennent la gestion des ressources au sein des différentes parties de la plante pour soutenir des fonctions telles que la photosynthèse, la croissance et la reproduction.

Les plantes possèdent des structures et des mécanismes spécialisés pour assurer une utilisation efficace des ressources et leur distribution au sein de leurs compartiments. Cela inclut le transport de l'eau, des nutriments et des composés organiques dans toute la plante pour soutenir les activités métaboliques et

La croissance. Le fonctionnement physiologique des compartiments de la plante est essentiel pour maintenir la santé de la plante, répondre aux stimuli environnementaux et soutenir les processus vitaux.

Comprendre la physiologie des compartiments de la plante implique d'étudier comment les plantes absorbent et utilisent les ressources, régulent leur croissance, répondent à des facteurs externes tels que la lumière et la température, et coordonnent diverses activités métaboliques.

Cette connaissance est fondamentale pour comprendre le développement des plantes, leur adaptation aux environnements changeants et leurs interactions avec d'autres organismes dans leur écosystème.

Les processus physiologiques au sein des compartiments de la plante sont interconnectés et régulés par divers hormones, enzymes et molécules de signalisation. Ces mécanismes complexes garantissent que les plantes peuvent efficacement réaliser des fonctions essentielles telles que la photosynthèse, l'absorption des nutriments, le transport de l'eau et la reproduction.

La physiologie des compartiments de la plante à l'échelle de la plante englobe un réseau complexe de processus qui permettent aux plantes de prospérer, de croître et de se reproduire dans leur environnement en gérant efficacement les ressources et en répondant aux signaux internes et externes.

III.2 Ressources biologiques à l'échelle de la parcelle

III.2.1 Gestion des bordures

La gestion des bordures de champ ou des limites de parcelles est cruciale pour la biodiversité et la durabilité agricole. Ces zones peuvent prendre différentes formes telles que des haies, des bandes enherbées ou des bords de route. Il est essentiel d'adapter la gestion de ces bordures pour améliorer la biodiversité.

Des stratégies telles que la diversification des méthodes de protection des cultures, la compréhension des cycles de vie des ravageurs et de leurs ennemis, ainsi que l'utilisation de techniques de désherbage mécanique ou de désherbage localisé sont mises en œuvre pour réguler efficacement la pression des mauvaises herbes sur les champs.

De plus, il y a un accent significatif sur la recherche et le développement de solutions alternatives pour relever les défis tels que le retrait potentiel des substances actives utilisées dans le contrôle des mauvaises herbes.

La gestion des bordures de parcelles joue un rôle vital dans la promotion de la biodiversité, de l'agriculture durable et de pratiques efficaces de lutte contre les mauvaises herbes au niveau de la parcelle.

III.2.2 Campagnonnage

Les ressources biologiques à l'échelle de la parcelle, dans le contexte du campagnonnage, sont essentielles pour maintenir l'équilibre écologique et favoriser la régulation naturelle des populations. Les pratiques agricoles telles que la préservation des plantes naturelles aux abords des parcelles sont cruciales pour fournir de la nourriture aux auxiliaires et favoriser la biodiversité.

Cependant, des pratiques néfastes comme le brûlage des débris végétaux peuvent perturber cet équilibre en détruisant des auxiliaires utiles et en favorisant la prolifération des bioagresseurs.

Le changement climatique aggrave cette situation en favorisant les migrations d'insectes vers de nouvelles zones, augmentant ainsi la pression des bioagresseurs.

Dans ce contexte, il est crucial d'adopter des approches agroécologiques qui dépassent l'échelle de la parcelle pour mieux gérer les populations d'insectes et préserver la biodiversité

Chapitre IV : **Evaluation des conséquences des actions de planification et de gestion de la protection intégrée par approche.**

En résumé, ce chapitre est une analyse des stratégies de planification et de gestion mises en œuvre pour soutenir la planification intégrée et systématique d'une région donnée.

Le but de ce chapitre est de fournir aux étudiants et aux professionnels les compétences nécessaires pour juger de la mesure dans laquelle ces stratégies sont pertinentes et de l'ampleur de leur impact.

L'évaluation des efforts sera basée sur des comparaisons de données et de résultats atteints par rapport à ce qui était initialement prévu ainsi que sur l'étude des impacts à long terme sur l'environnement, la culture et l'homme.

III.3 Estimation du taux de mortalité des bioagresseurs

L'estimation du taux de mortalité des bioagresseurs est un élément crucial pour comprendre l'impact de ces organismes nuisibles sur les ressources biologiques. Les aléas climatiques et les installations de bioagresseurs sont principalement responsables de la dégradation de la santé des forêts, avec des taux de mortalité de cépées dépassant parfois 50 % dans certains massifs forestiers

En ce qui concerne les maladies du bois dans la viticulture, des études ont permis de définir des taux de mortalité liés à des maladies spécifiques telles que l'esca et l'eutypiose, avec des pourcentages de mortalité annuelle variant entre 1,3 % et 1,5 %

Ces données soulignent l'importance de surveiller et de quantifier ces taux de mortalité pour mettre en place des stratégies de gestion efficaces visant à préserver les ressources biologiques à l'échelle de la parcelle.

III.4 Estimation de la disponibilité spatiotemporelle des bioagresseurs

L'estimation de la disponibilité spatiotemporelle des bioagresseurs est un aspect crucial de la gestion des bioagresseurs dans les cultures. Selon les informations fournies, cette estimation permet de surveiller l'évolution spatio-temporelle des bioagresseurs, ce qui est essentiel pour mettre en place des stratégies de protection efficaces.

Les bioagresseurs peuvent varier en fonction du paysage et du temps, et une évaluation précise de leur disponibilité dans l'espace et dans le temps est nécessaire pour prendre des mesures appropriées de lutte contre ces organismes nuisibles. Cette approche permet de mieux comprendre la dynamique des populations de bioagresseurs et d'adapter les interventions en conséquence pour protéger les cultures de manière efficace.

III.5 Réévaluation des dommages occasionnés sur la plante cultivée

La réévaluation des dommages occasionnés sur la plante cultivée est une étape essentielle pour évaluer l'impact des bioagresseurs et des maladies sur les cultures. Selon les informations fournies, dans le cadre d'une expertise judiciaire concernant des dommages sur des plantations, il peut être difficile pour un expert de donner un nombre exact d'arbres atteints en fin d'expertise.

Cette complexité souligne la nécessité d'une évaluation minutieuse et précise des dommages pour déterminer les mesures de réparation appropriées. La conservation des bornes de repérage des lignes souterraines sur les parcelles agricoles est également un exemple de précaution visant à limiter les dommages potentiels lors de travaux d'étude ou de construction

La réévaluation des dommages sur les plantes cultivées nécessite une approche rigoureuse et détaillée pour une gestion efficace des impacts des bioagresseurs et des maladies sur les cultures.

Planification et gestion de la lutte intégrée Travaux dirigés « TD »

Dans le cadre des travaux dirigés du cours de lutte intégrée, les étudiants sont invités à élaborer et présenter des exposés, souvent sous forme de présentations PowerPoint. Ces présentations constituent une plateforme essentielle pour la diffusion et l'échange de connaissances sur des sujets précisément choisis en rapport avec la lutte intégrée.

Chaque étudiant (en monome) se voit attribuer un problème phytosanitaire particulier à examiner. Après une étude approfondie, l'étudiant doit élaborer une stratégie de lutte intégrée adaptée, qu'il présentera ensuite à ses pairs.

Ce processus encourage vivement l'interaction et le débat constructif parmi les membres du groupe, favorisant ainsi un environnement d'apprentissage collaboratif.

De plus, ces exposés sont conçus pour pousser les étudiants à plonger plus profondément dans la compréhension des multiples facettes de la lutte intégrée. Ils servent également de terrain d'entraînement pour affiner les compétences en communication et en présentation publique des étudiants, des compétences inestimables dans leur parcours académique et professionnel futur.

En somme, ces travaux dirigés ne se limitent pas à la simple transmission de connaissances ; ils visent à développer une compréhension holistique et des compétences pratiques qui prépareront les étudiants à aborder de manière efficace et innovante les défis phytosanitaires dans le monde réel.

❖ **Fiche 1** : Exposé sur **Ergot de seigle (*Claviceps purpurea*)** : Causé par un champignon, il affecte les céréales, en particulier le seigle.

Importance de la maladie : L'ergot affecte la majorité des céréales, mais particulièrement le seigle et le triticale, et plusieurs graminées fourragères ou indigènes (brome, fléole, chiendent, etc.). Les espèces ou variétés dont les glumes restent ouvertes longtemps (ex. : seigle) sont les plus sensibles.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours de mycologie, méthodes de lutte

❖ **Fiche 2** : Exposé sur Mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) :

Une maladie importante qui peut entraîner des pertes de rendement considérables.

Importance de la maladie : Le mildiou de la pomme de terre est l'une des maladies la plus difficile à maîtriser en production de pomme de terre. Le mildiou constitue une menace partout où la pomme de terre est cultivée et particulièrement pour les cultures en climats tempérés, frais et humides.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours de mycologie, méthodes de lutte

❖ **Fiche 3** : Exposé sur la tristeza des agrumes

Importance de la maladie : La Tristeza est la maladie la plus grave affectant les citrus dans le monde entier, on peut même la considérer comme une des affections les plus destructrices de toutes les plantes cultivées.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours de virologie

❖ **Fiche4** : Exposé sur la mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*

Importance du ravageur : *Tuta absoluta*, est le ravageur clé de la toma qualifier comme « désastre absolu » d'où son nom. L'insecte peut provoquer sur tomates des pertes pouvant aller jusqu'à 80-100%te

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours d'entomologie

❖ **Fiche 5** : Exposé sur la mouche de l'olive : *Bactrocera oleae*

Importance du ravageur : La mouche de l'olivier est un redoutable ravageur de l'olivier. Elle est particulièrement présente dans les régions au climat méditerranéen. Elle s'attaque à l'olivier et à ses fruits, ce qui va nuire considérablement à la culture de cet arbre fruitier.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours d'entomologie

❖ **Fiche 6** : Exposé sur la Cératite des agrumes (*Ceratitis capitata*)

Importance du ravageur : *Ceratitis capitata* est insecte ravageur de nombreuses cultures, elle est présente dans toutes les zones agrumicoles des régions méditerranéennes. Elle s'attaque aux agrumes, rosacées, figes, ... La cératite est considérée comme l'un des insectes ravageurs les plus importants dans le monde.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours d'entomologie et méthodes de luttés

❖ **Fiche 7** : Exposé sur la tuberculose de l'olivier (*Pseudomonas syringae* ssp. *savastanoi* pv. *oleae*)

Importance du ravageur : La tuberculose de l'olivier se manifeste sur les feuilles et rameaux de l'olivier par des tumeurs caractéristiques. Sur les fruits (olives), ces excroissances fissurées ne sont pas observées.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours de bactériologie et méthodes de luttés

❖ **Fiche 8 :** Exposé sur les phytovirus

Importance du ravageur : Les maladies à virus constituent chaque année, une menace grave pesant sur la réussite des cultures. Les symptômes provoqués par les virus chez les plantes peuvent varier, selon le virus, la variété ou l'espèce atteinte, l'environnement et l'état physiologique dans lequel se trouvent les plantes.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours de virologie.

❖ **Fiche 9 :** Exposé sur la pourriture molle (Jambe noire) de la pomme de terre (*Erwinia carotovora*).

Importance de la maladie : La maladie de la jambe noire en végétation et des pourritures humides sur tubercules est largement répandue dans les zones de production de pomme de terre. L'impact économique de la maladie peut être important que ce soit en plant ou en consommation.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : cours de bactériologie et méthodes de luttés

❖ **Fiche 10:** Exposé sur le feu bactérien des rosacées (*Erwinia amylovora*).

Importance de la maladie : feu bactérien, une maladie dangereuse affectant les arbres fruitiers et ornementaux de la famille des rosacées. Le poirier est l'espèce la plus touchée.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours de bactériologie et méthodes de luttés

❖ **Fiche 11** : Exposé sur le psylle du poirier (*Cacopsylla pyri*) .

Importance de la maladie : Les larves et les adultes affaiblissent les arbres par prélèvements de sève. Les larves secrètent du miellat qui peut brûler le feuillage et sur lequel la fumagine se développe et provoque des dégâts. **Durée de l'exposé** : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours d'entomologie et méthodes de lutttes.

❖ **Fiche 12** : Exposé sur le carpocapse sur pommier et poirier (*Cydia pomonella*),

Importance de la maladie : Les dégâts causés par *Cydia pomonella* sont très significatifs sur les cultures de pommiers et de poiriers. Le carpocapse attaque seulement le fruit.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours d'entomologie et méthodes de lutttes.

❖ **Fiche 12** : Exposé sur les nématodes phytoparasites,

Importance de la maladie : Les dégâts causés par *Cydia pomonella* sont très significatifs sur les cultures de pommiers et de poiriers. Le carpocapse attaque seulement le fruit.

Durée de l'exposé : 30 mn

Débat : 10 minutes

Prérequis : Cours d'entomologie et méthodes de lutttes.

Planification et gestion de la lutte intégrée travaux pratiques (TP)

« Sorties sur terrains »

L'objectif principal du cours sur la lutte intégrée est de doter les étudiants d'une solide base de connaissances scientifiques et méthodologiques, ainsi que des outils nécessaires pour analyser les problèmes liés à la protection des cultures dans les agrosystèmes.

Il vise également à les former à élaborer des méthodes de protection novatrices, telles que la lutte intégrée, qui soient efficaces, durables et à anticiper leurs impacts sur les plans économique, environnemental et de la santé humaine.

Les sorties sur le terrain jouent un rôle crucial dans la sensibilisation des étudiants à la biodiversité et aux enjeux environnementaux, tout en les aidant à développer une expertise en matière de protection des plantes.

Le TP consistera en des sorties sur le terrain dans des vergers et plantations de différentes exploitations agricoles, dans le but de former des étudiants capables de diagnostiquer et d'identifier des problèmes de protection des végétaux :

1. Observation directe :

Les sorties sur le terrain offrent aux étudiants l'opportunité d'observer les bioagresseurs et leurs interactions avec les plantes dans leur environnement naturel, incluant les symptômes de maladies, les ravageurs, les auxiliaires et les plantes hôtes.

2. Partie pratique du cours :

La partie pratique du cours permet aux étudiants d'appliquer leurs connaissances théoriques dans un contexte réel. Ils auront l'occasion d'identifier les bioagresseurs, d'évaluer les dégâts et de mettre en place des mesures de lutte appropriées.

3. Interaction avec des professionnels :

Lors des sorties, les étudiants sont encadrés par des professionnels, ce qui leur permet de poser des questions, de discuter des stratégies de lutte intégrée et de bénéficier de l'expertise des encadrants.

4. Collecte d'échantillons :

Les étudiants auront l'opportunité de collecter des échantillons lors des sorties sur le terrain pour des études ultérieures en laboratoire.

Cette démarche renforcera leur compréhension des bioagresseurs et des différentes méthodes de diagnostic disponibles, leur permettant ainsi d'approfondir leurs connaissances dans le domaine de la protection des végétaux.

5. Évaluation des sorties :

Après chaque sortie, les étudiants devront remettre individuellement un rapport écrit détaillant toutes leurs observations et découvertes dans le domaine du dépistage des problèmes phytosanitaires, des bases de diagnostics et des stratégies de lutte.

Références Bibliographiques.

- **Agrios G.N., 1988.** Plant pathology. Third edition. San Diego (CA): Academic Press, Inc. 803p.
- **Aubertot J-N ; Clerjeau M ; David C ; Debaeke P; Jeuffroy M-H; Lucas P; Monfort F; Nicot P; Sauphanor B.2005 .** Chapitre 4 : Stratégies de protection des cultures. Expertise scientifique collective "Pesticides, agriculture et environnement" .INRA F.
- **Blandin P 2019.** DE LA PROTECTION DE LA NATURE AU PILOTAGE DE LA BIODIVERSITÉ. Ed Quæ. 124p.
- **CIRAD. (2024).** Comment lutter contre les maladies causées par des bactéries ? *Agriculture et Biodiversité*. ED CIRAD. <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Science-recherche/Nouvelles-des-labos/Dossiers-scientifiques/Introduction-aux-sciences-du-vivant/Petite-introduction-aux-sciences-du-vivant/La-bacteriologie/Comment-lutter-contre-les-maladies-causees-par-des-bacteries>
- **Endure 2011.** Protection Intégrée Concept et Principes FREDON Lorraine. 2013. La protection intégrée : qu'est-ce que c'est ? Protéger ses végétaux : les bons réflexes.
- **EcophytoPIC 2024.** Préserver la biodiversité sauvage dans son ensemble. <https://ecophytopic.fr/leviers/concevoir-son-systeme/preserver-la-biodiversite-sauvage-dans-son-ensemble>
- **Foyer J ; Hermesse J ; Hecquet C. 2020.** Quand les actes agricoles sont au care et au compagnonnage : L'exemple de la biodynamie. *Anthropologica*, 62 (1), pp.93-104.
- **FREDON Lorraine. 2013.** Les outils d'aides à la décision. Protéger ses végétaux :les bons réflexes.
- **Kockmann F ; Pouzet A ; Omon B, Paravano L ; Cerf M. 2019.** Démarches cliniques en Agronome et outils pour les agriculteurs et leur conseiller. *Agronomie, Environnement et Sociétés*. Vol 9.(2). pp.15-25

- **MAPA.2020.** La lutte intégrée : Tout le monde y gagne. Direction de l'environnement et le développement durable. Canada
- **Nyengani Z (2008).** Microbiologie et mycologie. Université Virtuelle Africaine. 57p
- **Ricci P, Bui S, Claire Lamine C.2011.** Repenser la protection des cultures :Innovations et transitions. Ed : Éducagri 258p.
- **Seghieri J ; Harmand J.M.** 2019. Agroforesterie Et Services Écosystémiques En Zone Tropicale. . Ed Quæ. 252 p.
- **USAID/WACIP, 2014.** Boîte à outils du Programme Module 1: Gestion Intégrée de la Fertilité des sols (GIFS) par les pratiques de fertilisation des sols adaptées aux conditions locales, pp. 12-15.
- **UCLouvain 2024.** Physionomie. Ecologie végétale. <https://biologievegetale.be/ecologie-vegetale/ecosystemes/physionomie/#>