

2022

Phytopathologie

Notions générales

Manuel d'enseignement



Josué NKOTELO
PHYTOTECHNICIEN

INTRODUCTION

La protection des végétaux permet de préserver les potentielles de production, de régulariser le rendement, d'améliorer la qualité, d'assurer les quantités des denrées alimentaires et de favoriser des échanges commerciaux. Dans les pays moins avancés, ce sont les cultures industrielles qui bénéficient de la lutte (exemple : coton, caféier, canne à sucre), alors que chez les petits agriculteurs, la présentation de récolte ne pas encore devenu pratique courante malgré les pertes subies. Les paysans qui au départ emblavés des petites superficies sont obligés aujourd'hui d'augmenter des étendues pour croître le rendement en utilisant les engrais minéraux. Tous ces éléments rendent fragile la préservation des récoltes. D'où les pertes énormes devant lesquelles les paysans se sent désarmés. Dans les pays de l'Amérique du nord et de l'Europe occidentale, ce sont des méthodes modernes qui ont fait que les attaques de parasites augmentent. Les facteurs ayant favorisés la prolifération des parasites sont :

- Les rendements par hectare ont considérablement augmentés d'où les dégâts même faible présentent des quantités non négligeable
- L'utilisation même de pesticide pendant plusieurs années ont provoqué des mutations chez les parasites
- La monoculture favorise l'installation des parasites - Les variétés à haut rendement sont généralement sensibles aux maladies
- L'intensification de l'utilisation des fumures conduisent à l'installation des parasites.

A l'échelle mondiale, les estimations en perte se situent à 12% pour les maladies, 14% pour les insectes et 9% pour les mauvaises herbes. En RDC, elle avoisine 30%, en associant les pertes après récolte cela peut atteindre 50%. En considérant les dégâts causés par les parasites, il est nécessaire de procéder aux traitements. Mais l'agriculteur doit connaître le seuil tolérable pour procéder à l'application des produits. Il peut aussi décider de traiter avant l'installation des parasites ainsi, on parle de deux types de traitement :

- Préventif ou prophylactique :
- Curatif ou thérapeutique.

Les maladies sur les cultures, en raison de leurs apparitions soudaines et souvent imprévisibles, peuvent avoir des conséquences économiques et sociales. Elles peuvent dans certaines circonstances, conduire à l'anéantissement complet des cultures essentielles et des récoltes. D'où la naissance de la recherche dans le domaine des maladies de plantes. C'est de cette manière que la phytopathologie a fini par se constituer en une science dont la principale préoccupation est l'étude des causes des maladies.

Objectifs du cours

a) Objectifs d'ordre général

A l'issue de ce cours, les apprenants seront capables de :

- Faire un diagnostic ;
- Choisir un pesticide approprié, et ;
- Procéder aux traitements.

b) Objectifs spécifiques

Les apprenants doivent être à mesure :

- De ressortir les causes principales de pertes en agriculture

- De donner les principes ou les techniques de défenses contre les agents pathogènes
- D'inventorier les pesticides utilisés pour lutter contre les parasites
- De connaître les précautions à prendre pour éviter l'intoxication.
-

0. Généralités sur la phytopathologie

1. Historique de la phytopathologie

Les maladies ont commencé à prendre de l'ampleur dès l'homme a créé les conditions favorables aux agents pathogènes par la domestication qui marque le début de l'agriculture. La phytopathologie peut jouer un rôle déterminant dans les événements historiques. Au 19^{ème} siècle, *Phytophthora infestans* agent pathogène du mildiou de la pomme de terre a provoqué l'émigration massive des irlandais vers l'Amérique du Nord, la même maladie a provoqué la famine au début du 20^{ème} siècle en Allemagne.

La R.D.Congo a connu dans les années 70 la bactériose du manioc (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*), qui a décimé les plantations dans les provinces du KongoCentral, Mai Ndombe, Kwango et Kwilu (partie savanicole). La trachéomycose du caféier (*Fusarium xylarioides* ou *Gibberella xylarioides*) continue à attaquer le caféier robusta, Enfin la cercosporiose noire du bananier (*Mycosparella fijiensis* ou *Paracercospora fijiensis*) devient de plus en plus la grande préoccupation des exploitants agricoles.

2. Définitions de concepts de base

- ✚ **Phytopathologie** : c'est l'étude des accidents ou maladies en plein champ des plantes et après récolte.
- ✚ **Symptômes** : c'est l'ensemble des signes qui caractérisent une maladie
- ✚ **Maladies** : ce sont des perturbations dus par facteurs abiotiques et biotiques
- ✚ **Etiologie** : c'est l'étude de différentes causes des maladies
- ✚ **Epidémiologie** : c'est l'étude des maladies dans une population
- ✚ **Dégâts**: altération touchant le produit de la culture (feuilles pour les légumes feuilles, fruits pour les légumes fruits et racines pour les légumes tubercules
- ✚ **Pertes**: déficit économique ou social résultant des dégâts, défini en valeur financière.

Les causes dégâts et pertes de cultures sont:

- **Facteurs climatiques**: lumière, température, humidité, pluviométrie, vent, foudre, grêle
- **Sol: propriétés physiques**(perméabilité, humidité, etc.), **fertilité** (composition qualitative et quantitative en éléments nutritifs), carence en sels minéraux
- **les mauvaises herbes** (malherbologie);
- **les ravageurs**: insectes, acariens, nématodes, des mollusques, myriapodes, les oiseaux et les mammifères;
- **Les parasites**: champignons, bactéries, virus, protozoaires, phanérogames.
- ✚ **Symptômes** : c'est l'ensemble des signes qui caractérisent une maladie

L'ensemble de symptômes qui se succèdent au cours d'une infection déterminée constitue un **syndrome**. Les symptômes peuvent être localisés ou systémiques. Les symptômes affectent tous les organes : racines, troncs, rameaux, feuilles, fleurs, fruits.

- **L'albinisme** : est l'absence de toute pigmentation qui peut être soit d'origine génétique, soit causé par des facteurs externes comme les herbicides.
- **L'anthocyanose** : est un excès de pigments rouge violacé dû à la destruction de la chlorophylle ou à la production anormalement abondante de ce pigment (anthocyane).
- **L'hyperchlorophyllose** est caractérisée par une intense teinte verte donnant un aspect bleuté. Elle est due à une carence en phosphore ou un excès d'azote.
- **L'hypochlorophyllose ou la chlorose** est un manque de la chlorophylle qui se traduit par un jaunissement dû à l'apparition des carotènes et des xanthophylles.
- **La mosaïque** est une altération de zones de coloration vert pâle ou vert foncé et de zones chlorotiques ou jaunâtres.
- **La marbrure** est définie par une séparation diffuse entre les zones verdâtres et jaunâtres.
- **La panachure** est définie par une séparation nette entre les zones verdâtres et jaunâtres.
- **La virescence** s'exprime par les pièces florales qui restent vertes.
- **La coulure des fleurs** consiste à une chute de fleurs qui ne sont pas fécondées, dues à des piqûres des ovaires par les insectes, une infection des racines ou un déséquilibre minéral.
- **L'avortement des fruits** consiste en l'arrêt du grossissement après la nouaison suivi de la chute causée par des piqûres d'insectes ou par l'attaque des champignons
- **La tache** est une aire plus ou moins définie sur une feuille, un fruit ou un tronc où la coloration est modifiée en raison de l'altération des tissus.
- **La nécrose** est état de dégradation irréversible d'une cellule après une agression physico-chimique ou biologique, le tissu nécrosé est celui dont la majorité des cellules ou la totalité des cellules sont tuées. La nécrose peut progresser de l'extrémité vers la base, **c'est le die-back**.
- **Le halo** entoure la tache, il est induit par la toxine du parasite qui peut être un champignon ou une bactérie.
- **La pourriture** est une décomposition des tissus, résultant de l'action enzymatique des agents pathogènes sur les tissus végétaux en détruisant les lamelles moyennes, les cellules perdent toute cohésion.
- **La défoliation** consiste en une perte de feuillage des rameaux.
- **Le flétrissement** est une diminution de turgescence des tissus qui entraîne la fanaison.
- **La fonte de semis** est due à l'attaque de champignon tellurique.
- **Le dépérissement** se caractérise par un ralentissement de la croissance suivie d'un arrêt. Les feuilles se décolorent ou flétrissent ainsi les apex des rameaux.

- **Les moisissures** sont des champignons microscopiques qui s'étalent sur tout organe végétal (racine, tronc, feuille, inflorescence, fruit, graine). Elles forment sur l'organe attaqué une couche des traces poudreuses.
- **La réaction hémiplegique** se manifeste par les symptômes de flétrissement ou de nécrose se manifestant d'un seul côté, l'autre demeurant sain.

La phytopathologie est tributaire des plusieurs sciences dont principalement la botanique, la microbiologie, la génétique, la biochimie, la physiologie végétale, phytochimie, écologie, toxicologie, épidémiologie. La phytopathologie ne s'occupe que les maladies, tandis que les ravageurs qui englobent les insectes, les acariens, les nématodes, les mollusques, les myriapodes, les oiseaux et les mammifères, font partie de la zoologie agricole.

3. Réduction des attaques et organisation de la lutte

- **Les mesures prophylactiques:** permettant de réduire les dégâts et pertes (propreté, labour, dates de semis et de récolte, respect de calendrier de traitement)
- **Les mesures curatives :** L'application des mesures curatives ou thérapeutiques permettent de lutter directement contre un agent parasite faute d'avoir pu éviter son développement ; elles diminuent la gravité de la maladie ou de l'attaque des ravageurs dans un secteur déjà contaminé.
- **L'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes:** cultivars qui résistent aux ravageurs et maladies ou moins attaqués ou encore sensibles mais donnant un bon rendement
- **L'utilisation du matériel végétal sain:** Il est recommandé d'utiliser les semences, plants et boutures saines. Cela exige un traitement phytosanitaire.
- **La lutte biologique:** utilisation d'un être vivant ou son produit pour combattre un autre être vivant (extrait des plantes pour lutter contre les ravageurs et les maladies des plantes; bactéries pour lutter contre les insectes; nématodes pour lutter contre les champignons). La lutte biologique utilise les biopesticides ou pesticides biologiques.
- **La lutte réglementaire (gouvernementale) :** C'est la mise en place et/ou l'élaboration par l'Etat des normes en matière de lutte phytosanitaire.

Les principales mesures réglementaires de protection des plantes

- **La législation phytosanitaire et légalité des mesures :** L'Etat, pour faire face à l'extension des parasites et empêcher leur introduction dans des régions non encore attaquées, s'implique et intervient efficacement dans la protection des plantes par des mesures administratives
- **La protection douanière :** l'imperméabilité totale des frontières à l'égard des organismes nuisibles est illusoire ; même les pays dotés d'une réglementation phytosanitaire extrêmement rigoureuse n'arrivent pas à empêcher des contaminations ou recontaminations après certaines éradications.

Afin d'éviter l'introduction d'organisme nuisible à partir des matières d'importation, on procède aux contrôles dans des points d'entrée du pays. Il est nécessaire que la réglementation précise, en vue de renforcer la sécurité, que tous les contrôles (documentaire, identité, technique) les soient au cours du dédouanement.

- **Les quarantaines :** c'est une mise à l'observation des plantes dans un endroit approprié dans le but de contrôler la présence des parasites qu'elles peuvent détenir afin de les

prévenir. Actuellement, ce terme a été élargi pour embrasser la surveillance de pays à pays ou de région en région. Un organisme de quarantaine est un organisme nuisible qui a une importance potentielle pour l'économie de la zone menacée et qui n'est pas encore présent dans cette zone, ou bien qui y est présent, mais à distribution restreinte, et faisant l'objet d'une lutte officielle.

- **La certification phytosanitaire** : la certification phytosanitaire est l'utilisation des méthodes phytosanitaires permettant la délivrance d'un certificat phytosanitaire.

Un premier type de certificats garantit que le produit a été inspecté soigneusement et qu'il a été découvert libre de toute maladie couverte par les lois de quarantaine, ainsi que pratiquement indemne d'autres agents pathogènes.

Un deuxième type de certificats concerne les organismes de qualité. Cette certification aboutit à garantir l'utilisateur que le produit est propre à l'usage pour lequel il l'achète. Ces certificats concernent l'identité génétique, la pureté spécifique et variétale, le pouvoir germinatif, etc.

- **Les méthodes culturales** : La lutte par les moyens cultureux est la méthode la plus ancienne et la plus facilement applicable. Elle rassemble toutes les mesures utilisables dans la pratique agricole pour éviter l'action néfaste des agents nuisibles ou tout au moins d'en limiter la gravité. On procède à la manipulation des cultures et des conditions de vie des plantes pour rendre son comportement défavorable au parasite. Cette méthode est préventive et en plus offre d'immenses possibilités dans l'avenir.
 - a) **Les rotations culturales**: Au point de vue phytotechnique, la rotation est la succession planifiée dans le temps des différentes cultures sur les mêmes champs.
 - b) **Le travail du sol** : Par cette opération, les germes qui attaquent habituellement les plantes au voisinage du collet se trouvent éloignées de leur point d'entrée habituel et la nouvelle culture qui est mise en place, peut dans une large mesure échapper à l'infection. Cette mise à l'écart n'a pas toutefois d'effet sur les sclérotas qui peuvent revenir à la surface à la suite du labour
 - c) **Les associations culturales**: lorsqu'une plantation ou un champ comporte une seule espèce, les parasites de cette espèce ont toutes les facilités pour s'y développer et pulluler. Par contre s'il y a plusieurs espèces associées, l'extension et la pullulation des parasites d'une espèce seront limitées par la présence des autres espèces.
 - d) **Modalités de semis et de plantation** : Le décalage des dates de semis est une pratique parmi tant d'autres que l'on utilise pour lutter contre les parasites. Ceci est particulièrement aisé si l'abondance des vecteurs se produit au cours d'une période donnée que l'on évite de faire coïncider avec une phase sensible de la culture.
 - e) **La modification des écartements** : Une fois que l'on est sûr de la manière dont le parasite se développe et du milieu qu'il apprécie, on peut raisonnablement modifier les conditions de vie à son détriment. Parfois, on augmente les densités de semis tout comme on peut réaliser des plantations plus serrées pour compenser les pertes causées par les maladies qui peuvent être introduites mais qui ne se répandent pas de plante à plante dans la culture. C'est ainsi que l'on sème les arachides serrées dans une région où sévit la rosette transmise par *Aphis craccivora* qui n'aime pas se déplacer dans un milieu trop ombragé restent sur la face supérieure des feuilles.

Conçu par

Josué Nkotelo vata

Josuekotelo@gmail.com/ +243892527420

- **La lutte génétique** : c'est par la génétique, science qui étudie la structure et l'arrangement des gènes le long des chromosomes ainsi que la distribution (ségrégation) de ces gènes dans les gamètes au cours de la méiose, que s'est développé les moyens d'intervention efficace permettant de lutter contre les maladies et ravageurs.

Le sélectionneur a pour but de réunir sur une même plante un maximum de caractères favorables dispersés dans différents géniteurs. Cette opération de transfert de l'information génétique aboutit à la création des variétés performantes. Le travail de l'améliorateur commence par une évaluation des sources de résistance disponibles afin d'opérer le choix le plus judicieux.

- **La lutte par les moyens physiques** : les agents physiques sont nombreux : chaleur, froid, l'eau, radiations, phénomène de solarisation,..., sont intéressants dans certaines conditions, bien que pour beaucoup d'eux les indications restent limitées et l'emploi limité, mais la chaleur et les radiations sont à emploi bien établi.
- **La lutte thermique** : la lutte thermique est celle qui fait appel à la chaleur (thermothérapie).
- **La lutte mécanique** : elle consiste de faire d'une manière efficace, barrage aux parasites, surtout les ravageurs. Dans les pays à main d'œuvre bon prix, l'utilisation de ces procédés peut être intéressante. Ex : la chasse, la submersion dans certains coins, se sont avérés efficace et économiques.
- **La lutte autocide** : la lutte autocide ou lutte par mâles stériles qui a pour principe l'introduction en grand nombre dans une population naturelles d'individus mâles (de la même espèce) modifiés (rendus stériles par application des radiations ionisantes qui ont pour effet d'altérer le code génétique) mais au comportement sexuel intact.
- **La lutte par confusion sexuelle** : elle utilise les phéromones qui sont sécrétées par les glandes exocrines et interviennent directement sur les terminaisons particulières ou chimiorécepteurs pour déplacer des déplacements orientés.
- **La lutte chimique**: utilisation des produits chimiques pour protéger les plantes maraîchères (insecticides, acaricides, fongicides, nématicides, bactéricides et herbicides.). La lutte chimique utilise les pesticides chimiques

Mise au point des moyens de lutte

La mise en place des moyens de lutte contre les ennemis des cultures et des produits de récolte exige des recherches intensives qui tiennent compte des divers aspects des cultures, des agents qui leurs sont inféodés ou non et des éléments de leur environnement (la terre, l'eau, autres plantes, les animaux).

4. Quantification de la maladie

- Quantifier une maladie repose sur les notions d'incidence et de sévérité.
- L'incidence : elle mesure la proportion des plantes malades au sein d'une unité expérimentale donnée, indépendamment de la gravité de l'attaque individuelle de chaque plante.
- Elle se traduit par une notation binaire de type : plante malade/plante saine.
- La sévérité : mesure la quantité de maladie sur un organe. La mesure idéale sur la sévérité consiste à dénombrer toutes les lésions présentes sur une surface donnée.

5. Réduction du transport de parasite (mesures d'assainissement en cours de végétation)

- a) **Les brise-vent:** La présence des brises vent réduit la vitesse de vent et influence les conditions thermiques, l'humidité et la lumière dans les parcelles voisines. Dans certains cas, les vents de sable peuvent blesser les feuilles en les prédisposant aux infections.
- b) **Eloignement des sources de contamination:** Lorsqu'une plante porte en elle des germes susceptibles d'être transmis, il faut éviter qu'elle ne devienne une source de contamination.
- c) **Le niveau d'humectation des sols:** Le degré d'humectation d'un sol influence directement le développement des microorganismes. Il peut aussi exercer sur eux un effet indirect par l'intermédiaire de leur antagonisme. Les parasites du sol les plus concernés par la saturation et la circulation de l'eau dans le sol sont ceux qui se propagent par les zoospores et les champignons à affinité aquatique. Il faut veiller à l'évacuation des eaux pluviales lors des fortes précipitations.
- d) **Effet de l'irrigation sur la survie et la dispersion des parasites :** Les différentes techniques d'irrigation agissent directement sur la survie et la dispersion de l'inoculum. Dans les régions où l'irrigation permet annuellement deux cultures successives d'une même plante, ou lorsque deux cultures sensibles à une même maladie se succèdent au cours d'une même année, l'inoculum peut atteindre des niveaux très élevés. Par ailleurs, l'irrigation favorise le développement de mauvaises herbes ou des repousses qui peuvent constituer des réservoirs d'inoculum (cas des rouilles des céréales) à l'intérieur et au voisinage des cultures irriguées.
- e) **Les machines et outils agricoles :** Les machines agricoles et l'homme lui-même sont également la source d'introduction et de dispersion d'un inoculum. Dans certains cas, les outils représentent le facteur le plus important de dissémination. Le transport passif de l'inoculum peut s'effectuer via les particules de terre pour les parasites du sol et par vecteur pour certains agents pathogènes. Dans la pratique, le respect de quelques règles contribue à réduire la dispersion des agents phytopathogènes par l'homme et les outils.
- f) **Désinfection des semences, des organes végétatifs de multiplication et les plants :** La désinfection des organes végétaux par application des pesticides permet de mettre les semences, les tubercules ou les plantes à l'abri d'attaques des parasites soit en l'éloignant par dégoût lorsqu'il s'agit des produits répulsifs, soit en provoquant son élimination. Il est généralement recommandé de désinfecter sans exception, toutes les semences (élite ou de qualité) à diffuser. Mais l'intérêt de ce traitement préventif est souvent mal perçu par les responsables agricoles.

I. Maladie microbiennes de plantes

1. LA MYCOSE (Maladies cryptogamiques)

a) Définition

La mycologie est la science qui étudie les champignons. On utilise les termes 'maladie cryptogamique' ou 'maladie fongique' pour les maladies causées à une plante par un champignon ou un autre organisme filamenteux (cas des Oomycetes) parasite.

b) organisation de l'appareil végétatif

L'appareil végétatif des champignons est appelé Thalle peut être constitué d'un plasmode (cellule amiboïde polynuclée et dépourvue de paroi) ; d'une cellule (levure) ou filamenteux. L'ensemble des filaments (**hyphes**) forme le **mycélium**. Le mycélium qui forme l'appareil végétatif de certains champignons est **septé** quand il est cloisonné transversalement. En l'absence des cloisons, il est **coenocytique ou siphon**.

Le thalle filamenteux ou mycélium porte d'autres organes :

Les appressoria : sont des organes de fixation et de pénétration constitués d'une expansion en forme de ventouse ou d'un étalement du mycélium en palmette ou en rhizoïdes ; **Les haustaria (suçoirs)** : sont de expansions ramifiées ou globuleuses des champignons parasites, qui se forment à l'intérieur de la cellule hôte, et assurent le prélèvement des substances nutritives :

Les boucles : sont des structures annulaires ou globuleuses qui captent les proies, notamment chez les champignons prédateurs de nématodes ;

Les stromes : le mycélium peut s'agréger en stromes, les stromes compacts forment un faux tissu ou pseudo- parenchyme qui en coupe, montre des cellules isodiamétriques dépourvues des méats ;

Les rhizomorphes et sclérotés : constituent deux stromes ayant une signification épidémiologique comme organe de conservation ;

Les rhizomorphes : sont des stromes allongés formant des cordons ramifiés.

c) les champignons phytopathogènes

Les champignons forment un groupe hétérogène caractérisé par la nutrition hétérotrophe par absorption, celle-ci pouvant vivre comme saprophyte, parasite ou symbiote.

Les champignons vrais ou champignons au sens strict, uni ou pluricellulaires sont regroupés au sein du règne Fungi, qui compte 4 phylums (embranchements) portant le suffixe *mycota*.

Les 4 phylums sont : *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Ascomycota* et *Basidiomycota*.

Les champignons imparfaits ou *Fungi imperfecti* sont de *Deutéromycètes* ou champignons mitosporés chez lesquels on ne connaît pas la reproduction sexuée.

Les organes fongiformes sont rattachés aux champignons phytopatogènes par leur mode de nutrition et par leur morphologie sont des *Plasmodiophoromycota* et *Oomycota*. Plus de 10.000 champignons sont phytopathogènes.

2.2. LA BACTERIOSE

2.2.1. Définition

La bactériose est une maladie causée par les bactéries.

Les bactéries sont des êtres vivants unicellulaires se reproduisant par scissiparité et dont le noyau n'est pas délimité par une membrane. Ils sont donc procaryotes.

2.2.2. Caractéristiques des bactéries

Les caractéristiques des bactéries sont :

- Ils sont unicellulaires ;
- Ils possèdent des cils ou flagelles ;
- Leur dimension varie de 0,2 à 5 microns ;
- Ils sont mobiles et immobiles.

2.2.3. Classification

Elles sont classifiées selon leur nombre de cils et de leur forme.

- **Classification selon le nombre de cils**

- *Bactéries atriches* : absence de cils donc sont immobiles.
- *Bactéries monotriches* : présence d'un cil à une extrémité.
- *Bactéries lopotriches* : présence d'une touffe des cils à une extrémité.
- *Bactéries amphitriches* : présence d'un cil ou d'une touffe de cils aux deux extrémités.
- *Bactéries péritriches* : présence de plusieurs cils qui entourent le corps des bactéries.

- **Classification selon leur forme**

- Ronde ou sphérique (type coque) ;
- Virgule ou incurvée (vibrions) ;
- Bâtonnet droit (bacilles).

NB : Les bactéries des végétaux sont toutes des bacilles.

2.2.4. Les bactéries phytopathogènes

Parmi les procaryotes phytopathogènes, on distingue :

- *Les procaryotes pourvus d'une paroi :*

- Les bactéries
- Les dysphagobactéries

- **Les procaryotes dépourvus de paroi :**

- Les mollicutes (mycoplasmes et spiroplasmes)

Les bactéries pathogènes des plantes sont classées en six (6) groupes :

- 1) *Le Genre Corynebacterium* : c'est le principal genre gram + parmi les six genres. Il appartient à la famille des Corynebacteriaceae. (85)
Symptômes : galles, fasciation, gommose(78), dépérissement.
- 2) *Le genre Erwina* : regroupe les bactéries phytopathogènes Gram -, en forme de bâtonnet et munies des flagelles péritriches. Il appartient à la famille des Enterobacteriaceae et parasite les plantes, les mammifères et l'homme. (73)
- 3) *Le Genre Pseudomonas* : il appartient à la famille des pseudomonaceae et a une forme de bâtonnet des flagelles polaires (79, 75, 58).
- 4) *Le Genre Xanthomonas* : il appartient comme le Pseudomonas dans la famille des pseudomonacées et possède un seul flagelle. Ils se développent en colonies jaunes. (86, 65, 40).
- 5) *Le Genre Agrobacterium* : ce genre appartient comme le Genre Rhizobium à la famille des rhizobiaceae et possède 2 à 6 flagelles péritriches.
- 6) *Le Genre Streptomyces* : il possède la structure du mycélium, mais possède des caractéristiques différentes des champignons.

2.2.4. Symptômes généraux de la bactériose

- Nécrose : mort ou pourriture des tissus.
- Exsudation : écoulement d'un liquide.
- Galles et lésions chancreuses
- Flétrissement.

Les bactéries pénètrent à partir des ouvertures naturelles appelées stomates ou à partir des blessures.

2.3. LA VIROSE

2.3.1. Définitions

- Une virose est une maladie provoquée par un virus.
- Un virus est un microorganisme plus petit que la bactérie ou le champignon. Il agit comme une substance toxique dans les tissus des animaux ou végétaux.
- Les phytovirus sont des molécules infectieuses, parasites des cellules vivantes d'une plante-hôte.

2.3.2. Modes de transmissions des phytovirus

b.1. Transmission par voie végétale

- Par les semences ;
- Par le greffage (le greffon malade transmet le virus du sujet porte-greffe) ;
- Par le bouturage : la bouture malade donnera aussi une plante malade ;
- La plante parasite (Loranthus)

b.2. Transmission par voie animale (insectes)

b.3. Transmission par voie mécanique

- Blessures
- Insectes vecteurs

2.3.4. Symptômes généraux des phytovirus

- La mosaïque : diverses couleurs ou taches sur les feuilles ;
- Le nanisme : diminution de la taille ;
- La déviation du métabolisme ;
- Les troubles physiologiques ;
- Changement de forme et de structures des feuilles (enroulement, frisolée).

2.4. LES PLANTES PARASITES

Une plante parasite est une plante qui vit et se développe au détriment d'une autre plante hôte. Le parasitisme peut être total, la plante parasite, dépourvue de chlorophylle, tirant de son hôte toute son alimentation. Il peut être partiel, la plante parasite ne prélevant que l'eau et les éléments minéraux mais conservant son pouvoir de synthèse chlorophyllienne (on parle alors de plante hémiparasite).

Les plantes parasites se rencontrent seulement chez les angiospermes (monocotylédones et dicotylédones). Elles présentent généralement une régression plus ou moins marquée de l'appareil végétatif. Elles peuvent être selon le cas des parasites spécifiques de certaines espèces ou bien plus généralistes.

Toutes les plantes sans chlorophylle ne sont pas nécessairement parasites, il peut s'agir aussi de plantes saprophytes, qui puisent leur alimentation dans la matière organique en décomposition.

• Exemples des Plantes parasites d'autres plantes :

- Environ 4400 espèces de plantes à fleurs, appartenant à 270 genres, sont des plantes parasites.
- *Les holoparasites* (dépendent totalement de la plante qu'elle parasite). Ex : les cuscutes (*Cuscuta pentagona*), *Orobanche lutea* parasitant une luzerne.
- *Les hémiparasites* (ont conservé leur pouvoir de synthèse chlorophyllienne). Ex : le gui, le santal, le Loranthacées (plantes vasculaires parasites des arbres et arbustes).

2.5. LES PARASITES ANIMAUX

Les parasites animaux appartiennent dans plusieurs embranchements :

- Les nématodes (vers de terre) ;
- Les mollusques (escargot, souvent polyphages) ;
- Les arachnides (acariens phytophages) ;
- Les myriapodes (iules) ;
- Les arthropodes (insectes) ;
- Les vertébrés (rat, lièvre,...).

a) Les Némathelminthes

Classe des nématodes

Dégâts : Les attaques des nématodes sont fortes surtout pendant la saison des pluies et dans un sol humide. Les endoparasites sont enfouis dans les tissus des plantes et ectoparasites enfoncent le stylet sur les parties souterraines.

b) Les mollusques

Classe des gastéropodes (Escargots et limaces)

Dégâts : ils se manifestent pendant la saison des pluies et dans un sol humide. Ils rongent les tiges, les racines et les jeunes pousses. Ils sont extrêmement polyphages.

c) Les arachnides

Ils sont composés des araignées (2, 3 ou 4 paires de pattes). Ils sont aussi appelés araignées rouges. Ils sucent les feuilles.

d) Les myriapodes

Les iules sont nocturnes et s'enfoncent facilement dans le sol pour s'y cacher pendant la journée ; ils sont de ce fait très abondants sur les sols légers.

Dégâts : les iules sont caractérisés par une polyphagie qui les rend des ravageurs potentiels pour toutes cultures annuelles. Ils produisent une substance toxique constituée par des benzoquinones, qui les protègent contre leurs ennemis naturels (il n'y a qu'une espèce de lézard (*Varanus sp.*) et un petit crocodile forestier qui les attaquent comme nourriture).

e) Les arthropodes

- *Classe des crustacées*

Ils vivent dans le milieu sombre et attaquent les produits de récolte et stockés.

- *Classe des insectes*

On trouve deux (2) types d'insectes : broyeur et piqueur

✓ *Type d'insectes broyeur*

Ils portent des pièces buccales qui les permettent de se nourrir. Il existe 4 ordres dans la classe des insectes broyeurs :

- 1) **Ordre des coléoptères** : ils sont caractérisés par des élytres.
Exemple : *Cosmopolites sordidus* (Charançon de bananier) (p25), les coccinelles.
- 2) **Ordre des lépidoptères** : ils sont broyeurs.
Exemple : papillons, chenilles (p52)
- 3) **Ordre des hyménoptères** : sont caractérisés par deux paires d'ailes.
Exemple : abeilles, guêpes et fourmis.
- 4) **Ordre des diptères** : certaines larves de mouches vivent dans les tissus végétaux.
Exemple : Mouches (*Ceratitis capitata* : mouche de piment).

✓ *Type d'insectes piqueurs*

Les pièces buccales sont transformées en rostre par lequel l'insecte pique les tissus dont il injecte et aspire les substances. On trouve deux (2) ordres :

1) **Ordre des hémiptères** :

- **Les homoptères** (les cochenilles) : exemple : *Phenacoccus manihotis* (cochenille farineuse de manioc) p47.
- **Les hétéroptères** (les punaises) : exemple : *Antestiopsis ghesquierei* (punaise du cotonnier)

2) **Ordre des thysanoptères**

Exemple : les thrips

f) **Les vertébrés**

Les dégâts s'observent pendant toutes les saisons. Ils rongent les racines, les tiges, les bulbes, les racines et les feuilles.

Classe des mammifères :

Dégâts : ravagent les fruits.

Classe des oiseaux : ils sont granivores.

Dégâts sur la culture :

- Ils ravagent les graines semées et les graines en voie de récolte. Ex : le riz.
- Ils favorisent la multiplication des parasites végétaux. Exemple : les loranthacées

Tous les animaux qui attaquent les végétaux sont dits « phytophages » ; tandis que ceux qui attaquent le bois sont appelés « xylophages ».

2.6. LES MALADIES DE NUTRITION

2.6.1. Alimentation en eau de la plante

Un manque d'eau provoque : chlorose, flétrissement, dessèchement. Cela entraîne la destruction totale de la plante. Cependant, un excès d'eau provoque la sensibilité de tissu de soutien, les tissus sont exposés aux attaques entraînant la pourriture surtout des organes souterrains.

2.6.2. Alimentation minérale

La plante trouve ses éléments minéraux dont elle a besoin dans le sol et une partie dans l'atmosphère.

On distingue deux (2) types des éléments minéraux :

- Les éléments majeurs : Azote, Phosphore, Potassium.
- Les éléments mineurs : Calcium, Hydrogène, Carbone, Soufre.

Il existe les éléments majeurs que la plante absorbe dans l'atmosphère. Exemple : Oxygène, Carbone, Hydrogène, H₂O.

- Carence en Azote : provoque le jaunissement des feuilles, la réduction de la croissance et de ses productions.
- Carence en Phosphore : provoque la chute des fruits, chute de production.
- Carence de la Potasse : diminution de la production de la partie souterraine (Bulbe, tubercule)
- Carence en Calcium : brunissement du bois et racines.

2.7. DEGATS DUS A LA CHALEUR ET AU FROID

Excès de froid et de température provoque le mauvais développement de la plante et la mort. Excès de la chaleur provoque un déséquilibre lors de la respiration et la photosynthèse.

2.8. DEGATS DUS AU TRAITEMENT PHYTOSANITAIRE

Il est conseillé d'utiliser les produits phytosanitaires avec une dose indiquée ou recommandée ; tout excès provoque la brûlure des végétaux ou une destruction totale des cultures.

3. ETUDES DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

3.1. La phytopharmacie

Est une science qui étudie les produits antiparasitaires des végétaux et destinés à la production et à l'amélioration des cultures.

Chaque produit phytopharmaceutique porte le nom spécial de la maladie qu'il combat.

Les produits chimiques utilisés dans la protection des plantes sont appelés « pesticides » (du mot anglais « pest » signifiant animaux nuisibles et du terme latin « caedera » qui veut dire tuer).

Ce terme générique est utilisé pour désigner toutes les substances ou produits chimiques capable de contrôler, d'attirer, de repousser ou de détruire des organismes vivants (microbes, animaux ou végétaux) considérés comme nuisibles ou de s'opposer à leur développement.

3.2. Composition des pesticides

Les pesticides ou produits phytosanitaires sont composés de :

- **Matière (s) active (s)** : éléments ou composés chimiques qui exercent une action toxique contre un quelconque organisme ennemi des cultures ou des denrées entreposées.
- **Adjuvants** : sont des substances qu'on ajoute dans un produit pour améliorer ou modifier la solution.

Les différents adjuvants sont :

- **Les Mouillants** : facilite l'étalement du produit sur la surface traitée (ex : feuilles)
- **Les Adhésifs** : facilite la fixation du produit sur les feuilles.
- **Les Séquestrants** : emprisonne les ions Ca^{++} et Mg^{++} contenu dans l'eau de solution.
- **Les Emulsionnants** : facilite le mélange de deux liquides.
- **Les Solvants** : facilite la dilution du produit.
- **Les Dispersants** : permettent de fixer les molécules hydrophobes pour les mélanger avec des molécules hydrophiles.
- **Les Colorants** : Elles permettent une meilleure identification des produits très toxiques et sont destinés à prévenir les accidents. On les utilise pour permettre par exemple la distinction entre les graines traitées et celles non traitées.
- **Les pénétrants** : Ils favorisent la pénétration rapide d'une plus grande quantité de produit dans la plante.
- **Les humectants** : ils maintiennent l'humidité de l'air empêchent les gouttelettes de se dessécher complètement.

3.3. Classification des pesticides

Les pesticides peuvent être classifiés selon *l'endroit d'application, la cible, le comportement dans la plante, le mode d'action et les familles chimiques* :

1. En fonction de l'endroit d'application

Sur base de l'endroit où le produit est appliqué et du secteur d'activités qui l'utilise, on distingue deux catégories de pesticide : —

- Les pesticides à usage agricole —
- Les pesticides à usage non agricole.

Certaines substances sont utilisées aussi bien dans les produits à usage agricole que dans ceux à usage non agricole et dans des spécialités pharmaceutiques et vétérinaires.

2. En fonction du Cible

Les pesticides peuvent être classés selon la nature des nuisibles auxquels ils sont destinés :

- **Insecticides** (pour les insectes), **fongicides** (pour les champignons), **herbicides** (qui détruisent les mauvaises herbes), **acaricides** (pour les acariens), **aphicides** (pour les œufs), **bactéricides** (pour les bactéries), **nématocides** (pour les nématodes), **rodenticides**

Conçu par

Josué Nkotelo vata

Josuekotelo@gmail.com / +243892527420

(pour les rongeurs), **molluscicides** (pour La lutte chimique fait appel à ces différents produits les mollusques).

- A ces groupes s'ajoute une panoplie de produits divers, nous citerons les anti-appétants (inhibe le mode d'alimentation), les anti-transpirants (réduisent la transpiration), les attractifs (appâts pièges sexuels), les chimiostérilisants (détruisent les capacités de reproduction), les défoliants (dénudent les plantes sans les tuer), les dessiccants (dessèchent les organes), les désinfectants (détruisent ou inactivent les organismes), les répulsifs (contre le gibier), substances pour empêcher la formation de jets pendant la période de conservation des végétaux, pour la conservation des ensilages, pour la désinfection des semences et du sol; des inhibiteurs et régulateurs de croissance (arrêtent, accélèrent ou retardent le processus de croissance), des adjuvants (mouillants, adhésifs)...

3. Du point de vue du comportement dans la plante

Les pesticides peuvent être :

- Des produits de surface ou de contact ou produits non systémiques,
- Des produits systémiques

Les pesticides de contact n'ont pas la capacité de pénétration appréciable dans les tissus des plantes ; ils ne sont pas transportés ou ne se transloquent pas dans le système vasculaire des plantes. Ces produits, très sensibles aux conditions climatiques n'assurent pas la protection des nouveaux organes des plantes. Les pesticides systémiques quant à eux, ont la propriété de pénétrer à travers la cuticule des plantes, atteindre le système vasculaire où ils peuvent être véhiculés dans l'ensemble d'organes.

4. Du point de vue de mode d'action

L'activité des pesticides est décrite par leur « mode d'action » ou leur « mode de pénétration ». Le mode d'action désigne le mécanisme par lequel le pesticide lutte contre l'organisme nuisible et le mode de pénétration indique comment le pesticide pénètre dans l'organisme nuisible. Les produits phytosanitaires dans la protection chimique peuvent avoir :

- Un effet éradiquant lorsqu'ils diminuent ou éliminent l'agent parasite à sa source ;
- Une action préventive lorsqu'ils assurent une protection directe de la plante,
- Ou une action curative lorsqu'ils conduisent à la guérison des plantes. La majorité des pesticides, bien que disposant des possibilités d'éradication agissent de façon anticipée en empêchant l'action des agents parasites et le début des attaques.

Les mesures préventives ne sont toujours pas suffisantes, mais en réduisant ou retardant les possibilités d'installation ou d'explosion d'ennemis de cultures, la prophylaxie reste une base d'une lutte raisonnée. Les produits à action curative agissent après l'apparition de l'agent pathogène ou l'attaque des ravageurs. Appliqué avant ou après, ils peuvent tuer le parasite, diminuer son pouvoir pathogène ou son niveau d'attaque, ou encore augmenter la résistance des tissus de l'hôte ou les tuer de façon à inhiber le développement de l'agent parasite

Formulations des pesticides

La formulation est un processus qui consiste à associer à un ou plusieurs « principes actifs », une série de constituants qui permettent au mélange de développer, un optimum d'efficacité biologique en restant dans des limites économiques acceptables et en évitant les effets secondaires néfastes pour l'homme, l'animal et l'environnement.

Les pesticides sont présentés sous une forme appelée « formule » qui rend leur action efficace.

Les principaux types de formulation utilisée dans la pratique agricole, dans les traitements des habitations et autres jardins sont les suivants :

- **Les émulsions:** Ces sont des mélanges hétérogènes de deux substances liquides non miscibles (qui ne se mélangent normalement pas), comme l'eau et l'huile.
- **Les Formules liquides miscibles à l'eau :** e sont des formulations liquides homogènes destinées à être appliquées après dilution dans l'eau sous forme de solution vraie.
- **Les poudres:** la poudre est un état fractionné de la matière. Il s'agit d'un solide présent sous forme de petits morceaux, en général de taille inférieure au dixième de millimètre (100 µm).
- **Les solutions huileuses:** Sous cette forme, les produits sont habituellement équipés d'un atomiseur à ne pas confondre avec un aérosol ; d'autres non équipés de ce dispositif sont destinées à être appliquée après dilution dans un solvant organique avant leur utilisation.
- **Les granulés :** Les granulés (Code GR) et briquettes (Code BR) sont des supports inertes (argile, ciment, plâtre) qui permettent le relargage progressif du produit actif lors de l'immersion dans l'eau (surtout utilisés comme larvicides).
- **Les produits fumigènes :** Ce sont des formulations combustible, généralement solides qui par combustion libèrent la matière active sous forme des fumées qui se répandent facilement dans les atmosphères calmes (serres, caves, silos, locaux d'usine ou d'habitation).
- **Les appâts :** Les appâts sont des particules comprenant la matière active mélangée à des attractifs ou à des substances comestibles.

Quelques définitions importantes

- **La dose** est la quantité de substance active appliquée à une unité de matériel traité en longueur (m), en surface (hectare), en volume (litre), et en masse (tonne).
- **Dose journalière acceptable(DJA)** est la quantité de produit pouvant être absorbé au cours d'une vie d'homme sans manifestation d'effets secondaires.
- **La dose létale 50 (DL 50)** est la dose d'une substance provoquant la mort de 50% d'un lot d'animaux d'expérience, Elle s'exprime en mg/kg de poids vif (exemple : 1mg/kg; 500mg/kg).
- **La dose sans effet (DES):** est la dose plus élevée d'un produit qui ne provoque aucun effet décelable chez les animaux soumis à une expérience.
- **Le résidu** est le reliquat d'un produit phytopharmaceutique ou ses métabolites qui restent dans la plante consommée.
- **La limite maximale de résidus (LMR)** est concentration en résidus la plus élevée légalement acceptable pour que les denrées restent commercialisables.
- **La teneur** est la quantité de substance active dans l'unité de masse ou de volume d'une préparation.
- **La phytotoxicité** est la toxicité pour les plantes.

Calcul du produit commercial

Les doses sont souvent en substance active alors que les pesticides sont vendus en produit commercial, l'utilisateur doit convertir avant de l'application la quantité de substance en produit commercial en utilisant les formules suivantes:

- **Pour les pesticides solides:** produit commercial: $\frac{Dose \times 100}{Teneur}$
Le résultat est exprimé en g/ha.
- **Pour les pesticides liquides:** produit commercial: $\frac{Dose \times 100}{Teneur}$
Le résultat est exprimé en ml/ha.

Exemple :

1. La baselle est attaquée par la rouille, le phytopathologiste recommande le fongicide chimique IDEFIX pour combatre le parasite, appliquer à la dose de 40 g de substance active par ha, et la teneur est de 100 g/l. la superficie du champ est 5,5 ha. **Quelle est la quantité du produit commercial que le marâcher doit pour un traitement?**
2. Le champ de tomate est infesté par l'araignée rouge. L'abastar est l'insecticide-acaricide qu'il faut pulvériser pour lutter contre ce ravageur. Cet insecticide-acaricide est appliqué à la dose de 20 g de substance active par ha, et sa teneur est de 80%. La superficie emblavée est 2,5 ha. **Quelle est la quantité du produit commercial qu'il faut acheter pour deux traitements?**

Impact des pesticides sur l'environnement

Depuis près de cinquante ans, les pesticides ont été mis en évidence dans les compartiments de l'environnement, dans les eaux des rivières et des nappes phréatiques, dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (œufs, lait, viande, poisson...).

La contamination de l'environnement expose tout un chacun à des niveaux de pesticides variables et souvent difficiles à apprécier. En effet, toutes les couches de population ne sont pas correctement renseignées et il n'est pas toujours possible d'établir les niveaux d'exposition aux pesticides des populations.

Si les pesticides présents dans l'environnement peuvent avoir des impacts sur la santé humaine, ils en ont aussi sur les écosystèmes. Qui, aujourd'hui ne connaît pas les modifications de sexes de certains batraciens ou les difficultés de reproduction des invertébrés.

a) Impact sur la santé humaine

Les pesticides sont utilisés en quantités considérables depuis plus d'un demi-siècle par l'agriculture intensive. On retrouve des résidus de pesticides partout : dans l'eau, mais aussi dans l'air, les brouillards et l'eau de pluie. Les pesticides sont également présents dans les aliments : plus de 50% des fruits et des légumes produits par l'agriculture intensive en contiennent. Ils finissent finalement dans nos organismes, apportés là par l'eau et les aliments consommés. Nos organismes hébergent ainsi des centaines de molécules toxiques dont de très nombreux pesticides.

Les pesticides posent un véritable problème de santé publique, et pas seulement pour les utilisateurs qui sont les plus exposés, mais aussi pour la population générale. En effet, les effets de faibles quantités de pesticides, en mélange, pendant des périodes longues posent de nombreux problèmes de santé. Des études épidémiologiques ont démontré que les personnes exposées aux pesticides ont plus de risque de développer de **nombreuses maladies d'infertilité, et des problèmes neurologiques, ou présenter un système immunitaire affaibli.**

Les pesticides sont à tort ou à raison, des porteurs des angoisses de la population face au risque chimique. Les pesticides regroupent un grand nombre de spécialités de toxicité variable pour l'homme. En effet certains produits peuvent présenter une toxicité aiguë importante mais être facilement éliminés par l'organisme. A l'inverse, d'autres substances, de toxicité moindre peuvent s'accumuler dans l'organisme et induire des effets à plus long terme (RAVEN *et al.*, 2009).

D'une manière générale, l'OMS retient comme facteurs influant sur la toxicité des pesticides pour l'homme :

- ✓ La dose ;
- ✓ Les modalités de l'exposition ;
- ✓ Le degré d'absorption ;
- ✓ La nature des effets de la matière active et de ses métabolites ;
- ✓ L'accumulation et la persistance du produit dans l'organisme les effets toxiques du produit sont eux-mêmes liés à l'état de santé de l'individu exposé.

Les effets aigus les plus fréquents dus aux pesticides sont des lésions cutanées et oculaires. Du fait de leur précocité, ces manifestations constituent régulièrement le premier signe d'appel d'un contact avec ses substances (BHA, 2020).

Pour un grand nombre de matières actives dont les mécanismes d'actions sont basés sur l'interruption du flux nerveux, les troubles neurologiques sont fréquents. Ces troubles affectent aussi bien le système nerveux central que le système nerveux périphérique. Les intoxications aiguës peuvent également se manifester au niveau des systèmes respiratoire, digestif ou circulaire. Lorsque les capacités de détoxification de l'organisme sont saturées par de fortes expositions, l'insuffisance hépatique ou rénale s'installe, mettant en péril la survie de l'individu. On y rencontre également des troubles de reproduction (REGNAULT-ROGER, 2005).

b) Impact sur l'air

L'air est directement contaminé par les pesticides lors d'un épandage aérien, d'autres produits n'atteignent pas la cible et se dispersent dans l'air où 30 à 50% des pesticides sont perdus. A cette contamination directe, nous ajoutons les molécules provenant de l'évaporation, une fois les pesticides déposés sur la plante, le sol ou l'eau, toutes ces molécules peuvent se retrouver dans les nuages qui vont contribuer aux précipitations et contamineront d'autres contrées.

L'air et l'atmosphère constituent des réservoirs de pesticides, et font circuler ces derniers dans les systèmes respiratoires des organismes vivants. La faune aquatique, aviaire et les milieux humains sont en permanence exposés à la contamination par les pesticides. En effet, l'air est le moyen par excellence de circulation des pesticides avant d'atteindre les ravageurs, les mauvaises herbes et autres organismes nuisibles.

c) Impact sur l'eau

Comme nous pouvons le dire qu'il ne peut avoir de vie sans l'eau, celle-ci est sujette de multiples polluants entre autres les métaux lourds, nitrates, microorganismes, pesticides, par le lessivage des sols contaminés, les précipitations provenant des nuages toxiques, des négligences lors de la manipulation ou l'utilisation de pesticides, la pollution non intentionnelle (lixiviation et filtration à travers le sol qui contaminent la nappe phréatique).

Il est parfois nécessaire de faire des applications directes de pesticides dans l'eau pour lutter contre la présence de larves des moustiques ou autres vecteurs ou contre les mollusques. Cet

Conçu par

Josué Nkotelo vata

Josuekotelo@gmail.com/ +243892527420

usage contribue directement à la contamination de l'eau, ce qui expose simultanément des consommateurs à plusieurs molécules potentiellement toxiques et que dans le contexte des perturbations endocrines, des effets synergiques pourraient intervenir (MBONGWE et al., 2003).

d) Impact sur la faune

Alors que la seule présence de pesticides ou de leurs résidus ne présente pas à faible dose, un danger immédiat pour les oiseaux, les mammifères et autres animaux, l'exposition répétée à ces doses et surtout la bioaccumulation peut avoir des conséquences sur la croissance, le développement et la reproduction, cette situation résulte du fait que de nombreux produits chimiques de synthèse dont les pesticides, agissent sur les systèmes.

Les pesticides ayant des propriétés similaires à celles des hormones, ou agissant comme antagonistes de ces dernières, peuvent donc intervenir au niveau de l'axe hypothalamus – pituitaire – gonades, au cours des synthèses et catabolismes des hormones, de leur sécrétion et leur transport. Ils peuvent affecter la synthèse de stéroïdes et même agir au niveau du cerveau à partir duquel ils produiront une cascade d'effets sur les systèmes hormonaux nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

II. Techniques et matériels de traitements phytosanitaires

Les méthodes et matériels de distribution des produits phytosanitaires sont étroitement liés au type de formulation que l'on veut utiliser.

Elles dépendent principalement de la nature du parasite en cause (champignon d'une plante supérieure, animaux inférieurs ou supérieurs, insecte mobile ou immobile, broyeur, suceur ou piqueur, un œuf, larve ou insecte adulte) ; la nature des plantes à protéger (cultures basses ou arborescentes) ; les parties des plantes où se développent le parasite ; la nature du produit ; l'accessibilité de la culture ou du terrain ; l'étendue à traiter. L'application des produits peut être général ou localisé. Le cycle des cultures et la période de conservation des produits agricoles permettent d'envisager les modalités suivantes pour l'application des produits phytosanitaires.

- 1. Arrosage:** L'arrosage consiste à appliquer des pesticides avec des grandes quantités d'eau à l'hectare (plus de 2000 litres). L'arrosoir avec pomme est très largement utilisé par les petits producteurs maraîchers pour à la fois irriguer et traiter les cultures.
- 2. Injection:** L'injection est une technique qui consiste à injecter sous pression, un pesticide liquide à tension de vapeur élevée (appelé fumigant parce qu'il se résout en vapeur). L'injection s'applique principalement aux nématicides mais également aux fongicides, insecticides et mêmes les herbicides.
Il existe deux catégories d'injecteurs : les appareils à fonctionnement discontinu (portatifs) et ceux agissant de façon continue dénommés coutres et socs-injecteurs (portés derrière les tracteurs).
- 3. Enduisage:** l'enduisage est une pratique où l'on recouvre avec des pinceaux ou des spatules, les surfaces au moyen des produits semi-fluides ou pâteux (glus) pour capturer les insectes coureurs. Il existe plusieurs variétés de glus (glu claire, glu grasseuse ou goudronneuse).
- 4. Pulvérisation :** C'est une opération au cours de laquelle un liquide est réparti en fines gouttelettes destinées à recouvrir une surface considérable et être réparti aussi régulièrement que possible sur le végétal à protéger

C'est la technique la plus en vue dans notre pays qui est utilisée pour le traitement des cultures de plein air car elle assure une bonne persistance du produit sur la végétation.

Classification des pulvérisateurs

D'après le principe de pulvérisation, on distingue :

- a. **Pulvérisateur mécanique à pression de liquide** : lorsque la division en gouttelettes est obtenue par la mise en pression (laminage) d'une veine liquide sous l'effet d'une pompe (pression) agissant mécaniquement :
A jet porté lorsque les gouttelettes émises sont transportées jusqu'à la cible visée par un courant d'air.
A jet projeté quand les gouttelettes produites sont projetées jusqu'à la plante à traiter et abandonnées à elles-mêmes dès qu'elles ont quitté la buse.
- b. **Pulvérisateur par dispersion** : qui est une forme particulière de la pulvérisation mécanique est celle où une formule pulvérisable est injectée dans le courant d'eau d'un système d'arrosage.
- c. **Pulvérisateurs mécaniques centrifuges** : où la force centrifuge provoque la division du liquide en agissant à la périphérie d'un organe à rotation rapide. Ils peuvent être à jet projeté ou porté.
- d. **Pulvérisation supersonique** où un courant d'air destiné à exporter les gouttelettes d'un pulvérisateur est débité à vitesse considérable.
Les divers matériels peuvent être selon le cas :
→ Portatifs à mains ou à dos. Ils sont le plus souvent à pression entretenue tout au long du traitement à l'aide d'une pompe manuelle,
→ Du type brouette déplaçables par un homme ,
→ Tirés par des animaux (la pompe est entraînée par la roue et même à la main) ,
→ Portés ou tirés par un motoculteur (la cuve peut avoir de 100 à 200 l de capacité.

Caractéristiques des pulvérisateurs

Les pulvérisateurs utilisés dans les zones non agricoles sont généralement de petite taille et se divisent en deux principaux types :

- e. → **pulvérisateur à dos à coût limité**, mécaniquement simple et présentant une souplesse d'utilisation importante ;
- f. → **pulvérisateur porté ou traîné** destiné à des grandes surfaces de traitement et requiert des systèmes motorisés pour leur déplacement et la pulvérisation.

Réglage du pulvérisateur

Un réglage précis du pulvérisateur est la clé de réussite d'un traitement phytosanitaire. Il permet de fixer les caractéristiques de la pulvérisation à savoir le volume/hectare de bouillie et la taille des gouttelettes. Le réglage du pulvérisateur est à réaliser, avec de l'eau, à chaque début de saison, lors du changement de l'opérateur, lorsqu'un composant important a été remplacé (buse, pompe). Le principe de réglage est identique pour un appareil à dos ou un appareil porté ou traîné à lance ; seules les opérations mécaniques de réglage de la pression ou de mise en route de l'appareil différent quelque peu. Lors de la première mise en service et/ou en cas de problème, il faut se référer au manuel d'utilisation du matériel.

5. **Le poudrage** : c' est le mode le plus répandu lorsqu'il s'agit des traitements des semences et des produits stockés, traitements de grandes étendues ou pour des cultures difficilement accessibles comme les forêts, les sites ou l'approvisionnement en eau pose problème, .

Les poudrages sont généralement réservés aux insecticides et aux fongicides et de préférence pour des traitements préventifs. Les produits herbicides présentent trop de risques pour les cultures avoisinantes.

Il y a plusieurs types de poudrage :

- a) **Le soupoudrage** où une matière en poudre généralement grossière est répandue manuellement ou mécaniquement.
 - b) **Le poudrage sec** où une matière en poudre fine est répandue par un courant d'air qui assure son entraînement et sa distribution sur les plantes qu'elle doit recouvrir de manière régulière.
 - c) **Le poudrage humide** pour les poudres auxquelles on a incorporé des mouillants ou des adhésifs qui remédient à l'insuffisance d'adhésivité des poudres sèches.
- 6. L'épandage :** c'est un mode dans lequel on répand plus ou moins régulièrement en surface, ou localiser sur des cibles choisies une matière pulvérulente grossière sous forme de granulés ou microgranulés qui se différencient des poudres par leurs dimensions. Cette pratique s'effectue à la volée ou en ligne à la main ou avec des appareils tractés.
- L'inconvénient majeur de cette technique est une concentration ponctuelle plus grande de matière active tendant à augmenter la rémanence et diminuer l'efficacité immédiate en cas de manque de pluie.
- 7. L'enrobage :** c'est un mode qu'on applique aux graines qui sont mélangées avec une certaine quantité de matière pulvérulente sèche. Cette opération est menée, dans le cas d'un mélange superficiel, dans des tonneaux ayant un axe incliné sur l'horizontale et qui assurent le mélange par retournements et rejets sur les faces.
- 8. Le trempage :** est également un mode de distribution qui ne se prête qu'aux traitements des graines, des tubercules, des boutures ou des plants. On le réalise en plongeant les matériels végétaux dans des bacs remplis des solutions, suspensions ou émulsions des matières actives contre les parasites. Dans le cas des certains parasites internes, on utilise le trempage dans de l'eau tiède.
- 9. La fumigation :** c'est une méthode qui consiste à transformer en vapeur, en brouillard très fin ou en fumée une matière solide ou liquide.

Qualité de traitement pour la réussite des applications phytosanitaires

La qualité du traitement est également un facteur primordial pour la réussite des applications des pesticides. C'est une étape qui comprend :

- La préparation de la bouillie,
- Le mélange des produits (compatibilité)
- Le choix des équipements
- Les conditions météorologiques

Bibliographies

- AGRITOX. Base de données de l'INRA sur les pesticides. Minitel : 3617 code AGRITOX.
- Arnold S.F., Klotz D.M., Collins B.M., Vonier P.M., Guillette L.J. and McLachlan J.A. (1996). Synergistic activation of estrogen receptor with combinations of environmental chemicals. *Science* 272, 1489-1492.
- LEPOIVRE P.(2003), *Phytopathologie*, De Boeck, Bruxelles, 427 pages
- NABORS M.(2009), *Biologie végétale, Nouveaux horizons*, Paris, 614 pages
- DEMBELE B., RAYNAL-ROQUES A., SALLE G. et TUQUET C.(1994), *Plantes des cultures et des essences forestières au Sahel*, John Libbey, Montrouge, 43 pages
- NYABYENDA P.(2006), *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique*, CTA, Wageningen, 238 pages
- SEMAL, J., 1996 : *Traité d Pathologie Végétale*, les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique.
- STOLL, G., 2002 : *Protection naturelle de végétaux en zones tropicales*, MARGRAF VERLAG, C.T.A., 2ème édition revue.
- LUSILABO, J.C., 2009 : *Notes de cours de Phytopathologie générale*, G3 Phytotechnie et Défense des cultures, ISP/Mbanza-Ngungu, inédites.
- LEMA, K., 2010 : *Notes de cours de Zoologie Agricole Générale*, G3 agronomie, U.K., inédites.