

Mécanismes de toxicité des principales classes de pesticides

- Expliquer 2 modes de pénétration des insecticides
- Décrire le mécanisme d'action des insecticides
- Décrire le mode d'action des fongicides à action indirecte
- Citer 3 modes d'application des Fongicides
- Décrire 3 propriétés attendues des herbicides
- Classer les herbicides en fonction de leur période d'utilisation

Introduction

I. Classification

II. Les insecticides

III. Les fongicides

IV. Les herbicides

Conclusion

Le terme pesticide, dérivé du mot anglais pest, désigne les substances ou préparations utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes jugés indésirables, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux, de champignons ou de bactéries.

Il s'agit, de substances toxiques

Pesticides / Produits phytosanitaires

■ Substances actives et préparations

- Une ou plusieurs substances actives
- En formulation

■ Destinées

- Destruction ou Protection contre
 - Végétaux
 - Organismes nuisibles (bactéries, champignons, parasites, ...)
 - Animaux (rats, insectes, nématodes, ...)

Pesticides / Produits phytosanitaires

Utilisés pour :

- ❑ Limiter Pertes de rendements des cultures ;
- ❑ Détruire végétaux indésirables (herbicides, algicides...);
- ❑ Freiner ou Prévenir une croissance indésirable des végétaux (défanants, anti-germinatifs, etc.).

Pesticides / Produits phytosanitaires

- **Plusieurs groupes**
 - Insecticides
 - Rodenticides
 - herbicides
 - Fongicides,...

- **Causant des dommages ou se montrant nuisibles durant**
 - Production, Transformation, Stockage,
 - Transport ou Commercialisation
 - Denrées alimentaires, Produits agricoles,
 - Bois et Produits ligneux, ou Aliments pour animaux

Classification selon la formulation

= forme de présentation sous laquelle le pesticide est commercialisé

- **Concentrés émulsifiables (EC)** : à mélanger avec de l'eau avant pulvérisation
- **Poudres mouillables (WP = wettable powder)**
- **Poudre sèche (DP)**
- **Granulés à disperser (GR)**
- **Ultra bas volume (UBV)** : concentré de pesticides prêts à l'emploi
- **Suspension concentrée (SC)**



Classification selon leur activité

- ❑ **Insecticides et Acaricides** : Insectes et Acariens ravageurs
- ❑ **Fongicides** : Champignons pathogènes
- ❑ **Herbicides** : éliminent les mauvaises herbes
- ❑ **Nématicides** : contrôlent les nématodes phytoparasites
- ❑ **Rodenticides** : Rongeurs
- ❑ **Hélicides ou Molluscicides** : Mollusques (limaces)
- ❑ **Régulateurs ou substances de croissance** : agissent sur Physiologie (croissance, mues, etc.)

soit des végétaux (ex : raccourcisseur de tige ou éclaircisseur),

soit des insectes (ex : analogues d'hormones juvéniles, inhibiteurs de chitine)

- ❑ **Répulsifs.**

II.1. Mode de pénétration

- Insecticides anciennement ou actuellement vulgarisés
 - Organochlorés
 - Organophosphorés
 - Pyréthrinoides
- **Trois modes**
 - Par action de contact
 - Par ingestion
 - Par inhalation

II.1. Mode de pénétration

□ Action de contact

- Produit pénètre au travers de la cuticule, le plus souvent lors du déplacement de l'insecte sur la surface traitée

□ Action par ingestion

- Consommation par Insecte d'une fraction significative du végétal traité
- Cas des Régulateurs de croissance et Insecticides biologiques (toxines)

□ Action par inhalation

- Caractéristique des
 - Fumigants gazeux
 - Produits véhiculés par la plante (systémiques)

II.2. Mode d'action

- ❑ Effets **Neurotoxiques** +++++
- ❑ Transmission de l'information au travers du tissu nerveux
- ❑ Messages circulent au travers des neurones
- ❑ Processus de cheminement de l'information comprend
 - **Potentiel de membrane et flux ioniques** qui en sont la cause,
 - **Transports synaptiques avec ≠ médiateurs chimiques**

II.2. Mode d'action

- C'est au niveau de ces 2 mécanismes que se positionnent les molécules des Insecticides
 - **Organochlorés et Pyréthriinoïdes** agissant au niveau de la conduction de l'influx nerveux
 - **Organophosphorés et Carbamates** agissant au niveau de la synapse chimique

La plante cultivée est le support de l'action des insecticides, quel que soit leur mode d'action

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane)

- Dérivés chlorés d'hydrocarbures cycliques ou aromatiques
- Synthétisé par Zidler en 1874
- Propriétés insecticides reconnues en 1939 par P. Muller
- Utilisé contre les mouches, poux et pucerons
- Biotransformation : déhydrochloration (DDD, DDE)
- Moyennement toxique en Aiguë (DL₅₀ : 250-500 mg/kg par ingestion chez rat)

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane)

- Longue rémanence
- Stable à la lumière, à l'air, aux acides et en milieu alcalin
- Bioaccumulation et biomagnification
- POP ==> Contrôlé dans produits alimentaires
- Contamination environnement (sol, air, eau)
- Persistance dans lipides des être vivants
- Interdit en milieu agricole dans de nombreux pays

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane)

- ❑ Insecticide de contact (ingestion +/-)
- ❑ Neurotoxique par perturbation fonctionnement de la pompe Na/K



- ❑ Contraction permanente des muscles, convulsion et mort de l'animal

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

HCH (*hexachlorocyclohexane*): Lindane

- ❑ Découvert en 1825 et reconnu comme insecticide vers 1940 par Dupire
- ❑ Utilisé contre les poux, les criquets pèlerins, les poux, les punaises
- ❑ A 8 isomères géométriques dont l'isomère γ (gamma) est l'insecticide
- ❑ C'est un bon insecticide en traitement du sol et des semences

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

HCH (*hexachlorocyclohexane*) : Lindane

- ❑ Neurotoxine et interfère avec fonctionnement du système GABAergique (récepteur $GABA_A$)
- ❑ Plus volatile que le DDT →→ ↑↑ activité initiale et ↓↓ durée d'action
- ❑ Un peu plus toxique en aiguë que le DDT ($DL_{50} = 46-200$ mg/Kg)
- ❑ Bien qu'on le retrouve dans les corps gras (lait, graisses, reins), il est rapidement éliminé après métabolisation hépatique (déshydrogénation ou hydroxylation)
- ❑ Dégradé dans sol, sédiments et eau et transformé en substances moins nocives par algues, champignons et bactéries

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.1. Organochlorés

Autres organochlorés

- Chlordane
- Heptachlore
- Endosulfan
- Aldrine
- Dieldrine

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.2. Organophosphorés

- ❑ Ont un atome de Phosphore dans leur structure
- ❑ Dérivés de l'acide phosphorique avec 3 groupes
 - **Dérivés aliphatiques** avec une chaîne carbone : malathion, dichlorvos, diméthoate, trichlorfon
 - **Dérivés phénylés** avec un noyau phényl : parathion, fénitrothion, prothiophos
 - **Dérivés hétérocycliques** avec des atomes d'oxygène, d'azote ou de soufre dans les cycles : endothon, diazinon, phosmet

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.2. Organophosphorés

- ❑ Inhibiteurs de la cholinestérase
- ❑ Peuvent être translaminaires ou systémiques, parfois exothérapeutiques
- ❑ Fumigant ou pesticides de contact
- ❑ Produits très toxiques : neurotoxicité pour insectes et autres mammifères
- ❑ Utilisation hors période de floraison pour éviter l'attaque des abeilles
 - traitement foliaire (arbres fruitiers, légumes, vignes), des semences, des sols et des locaux de stockage
- ❑ Responsable d'accidents graves par non respect des BPA
 - Toxicité élevée mais faible rémanence

II.3. Les différents groupes d'insecticides

II.3.3. Pyréthrines et Pyréthrinoïdes

□ Pyréthrines

- Origine naturelle extrait du Pyrèthre : chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariaefolium*)
- Moins toxiques
- Instables : photodégradables

□ Pyréthrinoïdes

- Produits de synthèse dérivés des pyréthrines naturelles

□ Fongicides (≠ antimycosiques)

- Détruisent ou inhibent croissance des champignons parasites des plantes ou des organismes vivants
- Toxicité faible
- Instables : photodégradables
- Selon Action exercée au niveau Cycle parasitaire de base
 - Fongicide Préventif (anti-germinatif)
 - Fongicide Curatif (inhibition mycélium)
 - Fongicide Eradiquant (nouvelles contaminations /spores)
 - Fongicide Antisporulant (reproduction nulle)

III.1. Effets des fongicides

- Fongicides préventifs ou anti-germinatifs

Traitement prophylactique avant développement haustorium

- Avant l'infection
- Par applications répétées pour protéger
 - Nouvelles Pousses et Nouvelles feuilles
 - Renouveler dépôt de fongicide (qui se dilue et se dégrade avec le temps)
 - Traitement sûr et fréquent (Champignons se reproduisent vite à partir de quelques cellules infectées)

III.1. Effets des fongicides

- **Fongicides curatifs (\neq mycélium)**
 - Traitement pendant la phase d'incubation
 - Après le début Développement du champignon dans la plante
 - Effets curatif fonction du fongicide et de la température
- **Fongicides éradiquants (\neq propagation des spores)**
 - Traitement après l'incubation
 - Dès Apparition des Symptômes d'infestation

III.1. Effets des fongicides

- Fongicides anti-sporulants (reproduction)
 - Traitement après l'infestation, pour empêcher
 - Reproduction du champignon
 - Dissémination des spores
 - Propagation de la maladie

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

Multitude de modes d'action

- ❖ Effet matière active sur activité métabolique vitale à la croissance du champignon
 - Altération membranaire
 - Désactivation enzymes ou protéines
 - Interférence avec processus de respiration ou de production d'énergie
 - Cycles métaboliques / production de stérol

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

1. Mécanisme d'action direct ou indirect sur la plante

- ❖ F. actifs in vitro = à action directe
 - Agissant Directement sur Parasites
 - Ont un ou plusieurs sites d'action biochimique

- ❖ F. inactifs in vitro = à action « indirecte »
 - Agissant par l'intermédiaire des plantes hôtes
 - Sont transformés dans Plante en composés phytotoxiques

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

❖ F. à action indirecte : activité due :

- 1 Métabolite
 - Inactivation des toxines émises par le champignon et toxiques pour la plante sans inhiber sa croissance
- Stimulation Réactions de Défense de la plante : SDN
 - Phoséthyl-Al, responsable de la production de terpènes et de phénols antifongiques
 - Phytoalexines, utilisée par la tomate infestée

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

2. Contact ou dissémination sur la plante (comportement)

❖ Fongicides de contact

- Ont une action uniquement préventive,
 - Empêchent surtout Germination des spores du champignon
 - Par blocage de la respiration cellulaire
- Sont multisites = action se situe à plusieurs niveaux du métabolisme cellulaire
 - Fongicides à base de soufre, dithiocarbamates
- Spectre d'activité souvent large
- Phénomènes de résistance pratiquement jamais observés

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

2. Contact ou dissémination sur la plante (comportement)

❖ Fongicides systémiques (pénétrants)

- Possèdent une certaine action curative
- Une partie du fongicide
 - Pénètre par voie translaminaire,
 - Diffuse ensuite dans toutes les autres parties de la plante
- Meilleure efficacité lorsqu'ils sont appliqués préventivement

III.2. Mode d'action des fongicides : 2 types de classification

2. Contact ou dissémination sur la plante (comportement)

❖ Fongicides systémiques (pénétrants)

- Part du F. non absorbée par feuilles
 - Reste en surface
 - Exerce une action préventive
- Agissent surtout sur la croissance du mycélium du champignon
- Ces fongicides sont des unisites
 - Agissent sur un processus déterminé (site I^{aire})
 - Action suivie d'une multitude de conséquences secondaires masquant l'effet I^{aire}

III.3. Mode d'application des fongicides

❖ Les fongicides foliaires

- Appliqués sur le feuillage

❖ Les fongicides du sol

- Traitement du sol contre les champignons transmis par le sol
- Action systémique contre les champignons transmis par l'air

III.3. Mode d'application des fongicides

- ❖ **Les fongicides pour le traitement des semences**
 - Désinfection des semences, contre les pathogènes en surface ou dans la semence et les pathogènes du sol (fonte des semis)
 - Ont une action systémique contre les champignons transmis par l'air

- ❖ **Les fongicides appliqués en post-récolte (Pour désinfecter et Protéger)**
 - Denrées récoltées, au cours du stockage et du transport
ex : traitement des bananes avec imazalil et/ou thiabendazole

III.4. Exemples de fongicides

- ❖ **Ethylène dithiocarbamates** (manèbe, mancozèbe, zinèbe)
 - Utilisé pour traiter les semences de betteraves et céréales, pomme de terre, cerisiers, tomates, haricot, melon, ...
 - Sous forme de poudre mouillable
 - Peu toxique ($DL_{50} = 6750$ mg/Kg chez le rat par ingestion)
- ❖ **Benomyl** (Benlate, Cerebel, Benlate, Grex)
 - Utilisé pour la conservation des agrumes, bananes et pommes ; betteraves, blé, melon, ...
 - Sous forme de poudre mouillable
 - $DL_{50} \geq 10$ g/Kg chez le rat par ingestion

IV.1. Mode d'action

❖ Lutte efficace

- Compréhension des modalités de croissance des adventices
- Utilisation de concentration critique à toutes les étapes de développement
- Connaissance du stade de développement



Quantité d'herbicide à appliquer ???

IV.1. Mode d'action

- ❖ **Traitement au stade graine en germination ou plantule :**
 - Franchissement des protections superficielles présentes ne pose pas de problème
- ❖ **Traitement de plantes développées :**
 - Traitement foliaire nécessite le franchissement de la cuticule et parois ayant une épaisseur assez forte
- ❖ **Traitement par voie racinaire :**
 - A partir du sol, la région essentielle de pénétration est localisée dans les parties jeunes, constamment renouvelées, correspondant aux poils absorbants ou éventuellement aux mycorhizes.

IV.2. Classification

2 types de comportements opposés →→→→ 2 classes d' herbicides

❖ Herbicides systémiques :

- Herbicides transportés par voies rapides que sont xylème (sève brute) et phloème (sève élaborée) : permettant une distribution de l'herbicide dans toute la plante

❖ Herbicides de contact :

- Herbicides peu ou pas transportés par voies rapides, immobilisées dans les premières couches cellulaires atteintes

IV.3. Propriétés attendues

- ❖ **Efficacité**
- ❖ **Sélectivité**
- ❖ **Spécificité**
- ❖ **Rémanence**

IV.3. Propriétés attendues

❖ Sélectivité :

Permet à un herbicide utilisé dans des conditions normales d'emploi (dose / ha)

- De respecter les cultures
- De lutter contre les adventices de ces cultures
- Tue les mauvaises herbes
- Laisse intactes Plantes cultivées

DESTRUCTION MAUVAISES herbes : Chardon, Orties dans des GAZONS

IV.3. Propriétés attendues

❖ **Efficacité** : Permet de

- Empêcher aux adventices de se développer (en inhibant leur développement dès la germination) et/ou
- Détruire les plantes adventices concurrentes déjà développées

❖ **Spécificité** : Les herbicides

- Ont des spectres d'activité différents,
- Peuvent être efficaces contre les mauvaises herbes d'une même famille, d'un même genre ou contre une seule espèce.

IV.3. Propriétés attendues

❖ Rémanence :

- Durée pendant laquelle Effets de l'herbicide sont perceptibles et
- Doit être suffisante pour éviter Concurrence Mauvaises Herbes pendant Phase (souvent critique) de croissance de la plante cultivée
- Doit être aussi limitée pour éviter tout arrière-effet sur la culture suivante = **problèmes de « persistance »**

IV.4. Périodes de traitement

Fonction de la période d'application par rapport à la culture et aux mauvaises herbes

❖ Traitements de présemis

- Produit désherbant est appliqué sur Sol avant le semis
- On attend qu'il
 - Détruit Flore Adventice pour semer
 - Inhibe Germination et Développement des Adventices durant plusieurs jours ou plusieurs semaines
 - Sans interférer avec Germination et Développement normal de la culture

IV.4. Périodes de traitement

❖ Traitements de pré-plantation

- Idem, mais dans le cas d'une plantation
 - ex : pomme de terre, cultures maraîchères

❖ Traitements de prélevée : Herbicide appliqué

- Le jour du semis ou
- Quelques jours plus tard
- Mais avant la levée de la plante cultivée

❖ Traitements de postlevée

Traitement herbicide et stade d'évolution de la végétation

Traitement	Prélevée (ou préémergence)	Postlevée (ou postémergence)
Cible	Sol	Parties aériennes
Rémanence	Plusieurs semaines ou plusieurs mois	Quelques heures
Stades phénologiques requis pour l'efficacité	Graines en germination et plantes de premiers stades	Plantules et plantes développées
Résultats (effets)	Destruction des plantules au fur et à mesure de leur germination et de leur croissance	Destruction des plantes existantes

IV.5. Différents groupes

A- Dérivés de l'acide phénoxyacétique :

- 2,4 dichlorophényloxyacétique
- 2,4,5 Trichlorophényloxyacétique

B- Carbamates

- Utilisés comme herbicide pour la betterave sucrière

C- Triazines

- Utilisés comme herbicide pour le maïs, le blé et la vigne

D- Nitophénols

- Herbicides de contact
- Très sélectifs car
 - Plantes protégées / épaisse couche de cire ne sont pas touchées
 - Mauvaises herbes à propagation racinaire ne sont pas contrôlées.


❖ Pesticides = Biocides

- ⇒ Dégâts chez les organismes vivants (Homme, animaux, plantes)
- Emploi : comporte des risques pour l'homme
 - Utilisateur (Spécialement)
 - Personnes présentes
 - Personnes vivant à proximité,
 - Travailleurs employés à la récolte manuelle,
 - Animaux domestiques ou sauvages
 - Environnement

❖ Pesticides = Biocides

- **Mal utilisés** : non respect des doses, non respect des délais de carence
 - ⇨ sources de risques
 - **Toxicologiques**
 - Résidus toxiques sur ou dans la denrée récoltée
 - **Economiques**
 - Non-conformité du lot
 - Refus de commercialisation: si, en cas de contrôle, la valeur de la LMR est dépassée, éventuellement sanction pénale

- Choisir les produits les moins dangereux et respecter les conditions d'utilisation




T: Très Toxique
Toxique

C: Corrosif



Xi : Irritant,
Sensibilisant
Xn : nocif



F: Extrêmement
Inflammable
Facilement
Inflammable

E : Explosif

O : Comburant

Et autres



Risque : **Classe A**
Vendeur : **Agréé**
Utilisateur : **Agréé**
ou Spécialement Agréé

Classe B
Agréé
Tout le monde

Non Classés
Vente libre
Tout le monde

Repose directement sur l'agriculture

- **Applicateurs:**

- IEC : Sensibilisation sur les risques
- EPI adaptés
- Bonne formulation des pesticides

- **Denrées:**

- Limites maximales de résidus (LMR) de pesticides
- Poursuites ou retrait du marché

 **Laboratoires de référence**

Protection des personnes **manipulant des pesticides**

- **Eduquer, Informer les travailleurs (chimistes, usine de production, agriculteurs, épandeurs)**
- **Respect des conditions de manipulations et des délais avant récolte (DAR)**
- **Respect des règles d'hygiène et de sécurité**
- **Récipients (vides ou pleines) stockés dans des locaux sans risque de contamination**
- **Ne jamais réutiliser des récipients vides pour d'autres usages**

Conclusion



- ❖ Si les risques sur la santé de l'homme (et de l'animal) sont aujourd'hui bien démontrés dans le cas d'expositions accidentelles et/ou prolongés;
- ❖ En ce qui concerne les risques à long terme et les risques liés à la consommation de résidus, beaucoup d'études et d'investigations sont nécessaires pour bien éclairer les chercheurs
- ❖ Dans l'attente, le principe de précaution ne devrait-il pas s'imposer, pour une réduction des manipulations et le cas échéant, une utilisation rationnelle des produits phytosanitaires.





Questions ?