

Chapitre 2 : Organochlorés

- **1.INTRODUCTION :**

- Les organochlorés, dits « pesticides de première génération » ont inondé le marché agricole durant de nombreuses décennies.
- Historique d'usage des organochlorés :
- début d'épandage : années 40 (D.D.T.) ;
- essor : 1960 ;
- 1ers signes de toxicité : 1965 (déclin des faucons pèlerins) ;
- 1ers signes de toxicité : 1965 (déclin des faucons pèlerins) ;
- - mesures de restriction : 1969 (DDT).
- Principales causes :
 - développement d'une résistance de la part des insectes vis-à-vis de ces molécules ;
 - attribution de propriétés nocives majeures.
- Interdiction d'utilisation de DDT : 1972 en USA ;
- Afrique : usage courant à titre préventif (lutte contre les maladies endémiques).

Actuellement les méfaits des pesticides organochlorés constituent une véritable problématique à l'échelle mondiale.

- mesures de restriction : 1969 (DDT).
- Principales causes :
 - développement d'une résistance de la part des insectes vis-à-vis de ces molécules ;
 - attribution de propriétés nocives majeures.
- Interdiction d'utilisation de DDT : 1972 en USA ;
- Afrique : usage courant à titre préventif (lutte contre les maladies endémiques).
- Actuellement les méfaits des pesticides organochlorés constituent une véritable problématique à l'échelle mondiale.
- **2.IDENTIFICATION / PROPRIETES :**
 - **Identification :**
- Est considéré comme organochloré tout composé organique auquel on a substitué un ou plusieurs atomes d'hydrogène par des atomes de chlore.

- Les pesticides organochlorés sont des substances destinées à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales, et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le stockage, le transport ou la commercialisation des denrées alimentaires, des produits agricoles, du bois.
- Ce sont des substances destinées à être utilisées comme régulateurs de croissance des plantes, comme défoliants, comme agent de dessiccation, comme agent d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée des fruits, ainsi que les substances appliquées sur les cultures, soit avant, soit après la récolte, pour protéger les produits contre la détérioration durant l'entreposage et le transport.

- Les principaux constituants de cette famille de pesticides sont :

-

Nom chimique	Emploi
Dichlorodiphénylt richloroéthane (DDT)	- lutte contre les insectes dans les jardins, vergers, cultures agricoles et forêts ; - limite les populations d'insectes hématophages et de vecteurs de maladie.
Hexachlorobenzène (HCB)	Traitement des semences pour prévenir les maladies fongiques dans les cultures.
Chlordane	-insecticide à large spectre : maïs, agrumes, légumes, fruits et noix. -destruction des termites par injection dans le sol. - lutte contre les fourmis de feu (transformateurs).

<p>Aldrine</p> <p>Dieldrine</p>	<p>lutte contre les ravageurs du maïs.</p> <p>- aldrine : lutte contre les coléoptères, termites et les larves attaquant les racines.</p> <p>- dieldrine : traitements du sol et des semences, lutte contre les vecteurs de maladies.</p>
<p>Endrine</p>	<p>- rodenticide : lutte contre les souris et campagnols ;</p> <p>- insecticide : coton, riz et maïs.</p> <p>Plus toxique que l'aldrine et la dieldrine.</p>
<p>Heptachlore</p>	<p>lutte contre les termites par injection dans le sol de subsurface</p>
<p>Toxaphène</p>	<p>- insecticide : cultures de coton, tabac, céréales, forêts. mélange complexe composé de congénères aux propriétés chimiques différentes.</p>

- **Propriétés physico-chimiques :**

- Les pesticides organochlorés :
- Sont des substances de PM élevé [290 – 545 g/mol] ;
- ils sont très peu ou pas biodégradables ;
- Sont peu ou pas solubles dans l'eau.
- Possèdent une faible pression de vapeur, responsable d'une faible volatilité (considérés comme de négligeables contaminants de l'air) ;
- Possèdent un fort pouvoir bio-accumulatif et une lipophilie marquée : accumulation dans les tissus gras des organismes vivants (SNC, tissu adipeux, foie), contamination de la chaîne alimentaire.
- **3.SOURCES D'EXPOSITION :**

→ Exposition professionnelle :

- formulation et synthèse en milieu industriel ;
- pulvérisation,
- épandage en milieu agricole
- train désherbeur ;
- médecine vétérinaire.
- → Dans l'eau :
- Origines : lessivage par les sols, par l'eau de pluie ; rejets industriels.
- Devenirs : liaison en grande partie aux particules fines présentes dans l'eau, qui demeurent en suspension ou se déposent au fond. Ils passent ensuite dans les organismes aquatiques par la consommation d'eau ou de nourriture contaminées et s'accumulent dans les graisses.
- La concentration en organochlorés dans la chair du poisson varie selon l'espèce ; elle dépend du régime alimentaire et de la teneur en gras des tissus des différents poissons.
- Les poissons à chair maigre (la lotte), concentrent ces pesticides principalement dans le foie ou le tissu adipeux alors que les poissons à chair grasse (l'anguille, la barbotte), peuvent aussi les emmagasiner dans la chair.
- → Dans l'air :
- adsorbés sur des particules aériennes, les pesticides organochlorés peuvent être véhiculés sur de très longues distances.
- Les composés organochlorés stables qui forment des vapeurs peuvent être transportés sur de grandes distances par les vents. Ils finissent par se condenser et se déposer sur les terres et sur l'eau, notamment dans les régions froides (contamination de la couche superficielle de la glace polaire par le DDT).
- **4.SYMPATOMATOLOGIE DES INTOXICATIONS / TRAITEMENT**
- **Intoxication aigue** :

Les symptômes liés à l'ingestion, l'inhalation ou au contact cutané avec des doses toxiques sont :

- céphalées, étourdissements ;
- stimulation du SNC : agitation, angoisse, désorientation ;
- nausée, diarrhées ;
- malaise général, vomissements ;

- contractions involontaires des muscles
- convulsions
- Ces effets semblent généralement apparaître 20 minutes à 24 heures après l'absorption du pesticide. L'anoxémie cérébrale peut entraîner la mort.
- La dose létale par voie orale dans le cas de l'aldrine ou de la dieldrine chez les humains serait d'environ 5 g.
- **Intoxication chronique** :
- tremblements, anxiété, nervosité ;
- hépatomégalie ;
- infiltrations graisseuses, induction de la synthèse de lipoprotéines ;
- dermite,
- atteinte rénale.
- **Traitement** :
- décontamination digestive ou cutanée ;
- traitement symptomatique : assistance ventilatoire,

Chapitre 3 : Les Organophosphorés

- **1. Définition**
- Ces pesticides affectent le système nerveux en perturbant l'enzyme qui régule l'acétylcholine, un neurotransmetteur. La plupart des organophosphorés sont des insecticides. Ils ont été développés au cours du début du 19ème siècle. Toutefois, ils ne sont généralement pas persistants dans l'environnement et peu bioaccumulables.
- Ces substances dont la rémanence est nettement plus faible que celle des insecticides organochlorés, ont progressivement trouvé leur place dans le monde agricole et ce malgré leur importante toxicité aiguë. L'interdiction de l'usage des organochlorés dans les années 70 est à l'origine de la large diffusion de ces substances.
- Aujourd'hui, les OP tendent à être remplacées (dans les pays développés) par les carbamates et les pyréthriinoïdes de synthèse
- Ils appartiennent à la famille chimique des anticholinestérasiques. Ce sont des esters de l'acide phosphorique dont les noms de matières actives sont le plus souvent identifiables par leur terminaison en "phos" ou en "thion".
- la voie cutanée est la plus importante lors des expositions professionnelles, de plus l'absorption cutanée peut être favorisée par certains solvants organiques ou huiles minérales présents dans la formulation des produits. L'action des OP sur les insectes est neurotoxique, il existe plus de 40 OP sur le marché pour l'usage ménagers, exemple: Malathion, parathion, methyl parathion , dichlorvos.
- Au niveau de l'insecte, la pénétration des OP peut se faire par contact (voie cutanée), digestion (voie orale) ou inhalation (voie respiratoire) .
- **2. Usages**
- En plus de leur usage dans l'agriculture (sur tous types de cultures : céréales, légumes, arbres fruitiers, tabac...) et la lutte antivectorielle, les OP sont utilisés :
- A faible concentration comme insecticides domestiques en aérosols, plaquettes, diffuseurs...
- Comme antiparasitaires externes, vétérinaires (lutte contre les tiques, puces et poux) et humains (traitement de la gale), sans effet indésirable majeur.
- **4. Structure et propriétés physico-chimiques**

Les insecticides OP se caractérisent par :

- Une structure chimique similaire : ce sont des amides ou des esters des acides phosphoriques
- Un mode d'action identique : inhibition de l'acétylcholinestérase.

- Ils se présentent sous forme de liquide, huileux ou non, rarement à l'état solide. Ils sont peu stables.
- La majorité des composés sont peu volatile.
- Certains ont une tension de vapeur élevée expliquant la toxicité par inhalation, exp : trichlorfon.
- Ils sont très peu hydrosolubles mais fortement liposolubles. Leur faible solubilité dans l'eau est suffisante pour rendre la solution toxique.
- Ils sont solubles dans les solvants organiques mais insolubles dans l'éther.
- Beaucoup ne sont actifs qu'après bioactivation dans l'organisme (exp : parathion).
- **5.Mode d'action**
- Les produits sont métabolisés par le foie et transformés en composés hydrosolubles éliminés par voie urinaire .les OP inhibent l'acétylcholinestérase par phosphorylation de son site actif
- Les premiers signes cliniques d'une intoxication aux OP n'apparaissent qu'après un certain seuil d'inhibition de la cholinestérase, évalué à 40 % d'inhibition.
- **6. Sources d'exposition**
- **a. Exposition professionnelle**
- Les intoxications accidentelles survenant lors de la synthèse des OP sont exceptionnelles. En effet, celle-ci se fait en milieu clos avec des personnels protégés. Cependant le conditionnement, le stockage, le transport peuvent être à l'origine de contaminations accidentelles, par voie cutanée, digestive ou respiratoire. La contamination par voie transcutanée semble être la plus répandue, le risque toxique potentiel par inhalation étant moins important que par voie transdermique.
- **b. Exposition domestique**
- La population générale est exposée de façon accidentelle durant l'utilisation domestique ou le jardinage que ce soit par inhalation ou par voie cutanée. L'ingestion accidentelle est plus rare, on la rencontre essentiellement chez les enfants. En revanche, l'incidence des intoxications volontaires par ingestion n'est pas négligeable, en particulier dans les pays en voie de développement. En revanche, le risque de contamination alimentaire est faible.

Chapitre 4 : Les Carbamates

- **1. Définition**
- Les carbamates constituent un groupe chimique très important; on y trouve à la fois des insecticides, des herbicides et des fongicides.
- Les carbamates sont des insecticides apparus plus tard que les organochlorés et les organophosphorés; ils sont par ailleurs moins utilisés en termes de quantité.
- Contrairement aux carbamates insecticides avec une activité anticholinestérasique, les carbamates utilisés comme fongicides sont dépourvus d'activité anticholinestérasique significative.
- Ils ont en commun une faible, voire très faible toxicité aiguë chez l'animal; en revanche ils possèdent à des degrés divers des propriétés irritantes pour la peau et les muqueuses; ils peuvent en outre provoquer des réactions de sensibilisation cutanée.
- Nom générique donné aux sels ou aux esters de l'acide carbamique, dont la formule est $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{H}$.

Groupes chimiques	Première utilisation	Exemples	Types	Situation actuelle	Effets
-------------------	----------------------	----------	-------	--------------------	--------

Carbamates	Apparus dans les années 1930 mais très utilisés depuis 1955 environ	carbaryl; methomyl; propoxur; aldicarbe	Fongicides; insecticides; acaricides	L'aldicarbe est supprimé depuis 1996, les autres pesticides sont homologués. Mode d'action des organophosphorés, mais aux effets réversibles.	- Non persistants, - inhibiteurs de l'acétylcholinestérase, - pas très sélectifs, - toxiques pour les oiseaux et les poissons.
------------	---	---	--------------------------------------	--	--

- **3. Sources d'expositions**

- Exposition par voie orale

- Contamination par les mains souillées sur le lieu de travail
- Plantes illégalement traitées
- Reconditionnement de produit dans un récipient à usage alimentaire (risque pour l'enfant)

- Exposition par voie respiratoire

- Formulation du produit en poudre
- Moyen d'application par pulvérisation

- Exposition par voie cutanée

- Préparation du produit par mélange et non respect des mesures d'hygiène
- Application sur terrain et transfert du pesticide à travers les vêtements puis la peau.

- Les signes cliniques et biologique sont globalement indépendante de la voie de contamination, cependant celle-ci peut influencer l'ordre d'apparition des symptômes ainsi que la prédominance de l'un deux, dans la plupart des cas les intoxications surviennent après une exposition unique, en générale importante.
- **4. Toxicocinétique : .1. Absorption :**
- La plupart des carbamates sont rapidement absorbés par le tractus digestif, la peau, l'appareil respiratoire ou muqueuse.
- L'absorption est influencée d'une façon importante par le type de formulation :exemple

•	• DL 50mg/kg			
•	Solide (orale)	• Liquide(orale)	Solide(dermique)	Liquide (dermique)
• Aldicarb • carbaryl	• 5 mg/kg • 500 mg/kg	• 20 mg/kg • 2000 mg/kg	10 g/kg 1000 mg/kg	• 40 mg/kg • 4000 mg/kg

-
- **2. Distribution:**
- La plupart des produits sont largement distribuée dans l'organisme et ne tendent pas à s'accumuler; les concentrations les plus élevées sont trouvé dans les organes où le produit est métabolisé.
- **3. Métabolisme :**
- Un certain nombre de composés comme le thiodicarbe ne sont actifs qu'après une première étape de métabolisation (1ere étape de transformation).
- **4. Mécanisme d'action toxique :**
- Cibles enzymatiques des carbamates :

-acétylcholinestérase.

- **Rappels :**L'**acétylcholine** est le neurotransmetteur des synapses post-ganglionnaires des nerfs parasympathiques. Elle est formée à partir de la **choline** et d'un acide acétique activé (**acétylcoenzyme A**) sous l'action de l'enzyme **cholineacetyltransférase**.

- Après sa libération dans la fente synaptique, l'acétylcholine sera hydrolysée très rapidement et inactivée par une enzyme spécifique **l'acétylcholinestérase**, présente dans la fente, et par des cholinestérases sériques moins spécifiques (butyryl-cholinestérase), en solution dans le sérum ou le liquide interstitiel.

Chapitre 5 : Les Pyréthrinoïdes

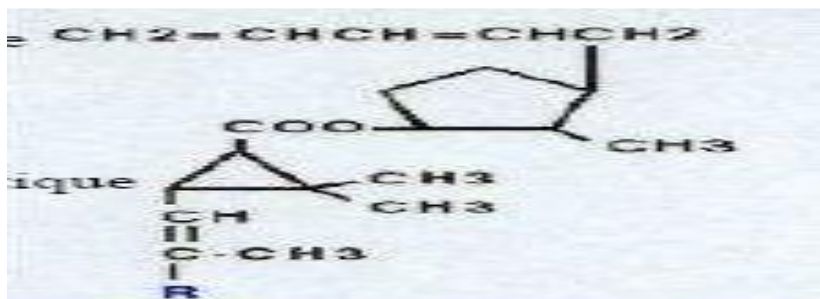
• 1. Définition

Les pyréthrinoïdes ont été élaborés dans une version synthétique de la pyréthrine, pesticide d'origine naturelle, qui se trouve dans les chrysanthèmes. Certains pyréthrinoïdes de synthèse sont toxiques pour le système nerveux.

Les **pyréthrinoïdes** constituent une famille d'insecticides utilisés dans l'agriculture, l'horticulture, l'environnement direct de l'homme et des animaux et pour le traitement des ectoparasites, ils sont utilisés dans la lutte contre les diptères, acariens, poux..... etc

C'est en 1974 qu'a été découvert le 1^{er} pyréthrinoïde photostable (perméthrine), depuis plusieurs produits ont été synthétisés tel que allethrine, cyclethrine, la restine, la neopynamine, la daltamethrine....

- Les **pyréthrinoïdes** représentent 30% du marché mondial des insecticides et trouvent de nombreuses applications agricoles, industrielles et santé publique ; vue leur importante efficacité à doses modérées et leur faible toxicité pour l'utilisateur et l'environnement.
- **PYRÈTRE**: mélange de 6 esters extraits par le pyrèthre séché ou par les fleurs du chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariaefolium*). Donc les pyréthrinoïdes sont des esters de l'acide cyclopropane-carboxylique.



- Les insecticides de la famille des pyréthrinoïdes se divisent en deux groupes distincts:

a. Les pyréthriinoïdes naturels

Sont des insecticides d'origine végétale (*Chrysanthemum cinerariaefolium*). Ils sont très instables et rapidement dégradés, au contact de l'air, de la lumière ou de la chaleur, en produits non toxiques mais non efficaces.

b. Les pyréthriinoïdes synthétiques

- Ont une structure et une action similaire aux substances naturelles. Cependant, ils présentent l'avantage d'être photostables et possèdent un pouvoir insecticide et une sélectivité d'espèce plus élevée tout en gardant une toxicité faible pour les mammifères à condition de respecter les conditions d'utilisation. Ils se divisent en 2 catégories, type 1 et 2, selon leur structure, chacune ayant leur particularité toxicologique.

- **2. Propriétés physicochimiques**

- Les pyréthriinoïdes sont :
- Des substances très peu volatiles.
- Pratiquement insolubles dans l'eau mais solubles dans la plupart des solvants organiques et très lipophiles.
- Fortement adsorbés sur les particules du sol, ils sont rapidement hydrolysés par les micro-organismes.
- Substances visqueuse, elles peuvent se dégrader par la lumière ultraviolette, par les acides et les substances alcalines.

- **3. Usage et sources d'exposition**

- **a. Usage**

- Ces composés sont utilisés, selon les principes actifs et les formulations, pour lutter contre les diptères, les acariens, les poux, les puces et les tiques; et ceci sur les animaux, dans les maisons, dans les jardins et en agriculture.
- Sont des insecticides polyvalents : céréales, cultures légumières, arbres fruitiers et de vigne, plantations de coton
- Employés par les éleveurs pour le traitement du bétail

- **b. Sources d'exposition**

- - Il existe diverses voies d'exposition à ces insecticides :
- ingestion accidentelle.

- Inhalation de vapeurs de solvant lors de l'utilisation de concentrés émulsionnables.
- Eclaboussures dans les yeux ou sur la peau lors du traitement des moustiquaires, contact avec des résidus d'insecticide lors de l'utilisation de la moustiquaire.
- - L'exposition de la population par le biais des résidus alimentaires et par l'eau est négligeable.
- - Exposition lors d'utilisation professionnelle en agriculture ou contre les insectes et parasites indésirables
- Les pyréthrinoïdes sont utilisés en thérapeutique comme antiparasitaires externes. Les pyréthrinoïdes participent largement à la prévention des nombreuses maladies transmises par les insectes dans les pays du tiers-monde (paludisme, fièvre jaune, trypanosomiase, filariose...), par le biais des moustiquaires imprégnées et surtout par le traitement des lagunes, marais et zones de gîtes des vecteurs.
- **Symptomatologie :**
- L'intoxication par les **pyréthrinoïdes** varie selon la dose, le produit utilisé, la voie d'administration et l'animal concerné. Dans la majorité des cas, ils sont mineurs. Ils apparaissent dans les minutes ou les quelques heures suivant l'exposition et disparaissent en 24 à 72 heures. Aucune intoxication chronique n'a été décrite à ce jour. Chez les animaux de laboratoire, deux types de syndrome ont été observés:
- **a- Le syndrome de tremblement (T syndrome)** caractérisé par une agressivité, une sensibilité aux stimuli et des tremblements rapides s'étendant à l'ensemble du corps. Ce type de syndrome est généralement rencontré avec les pyréthrinoïdes synthétiques de type 1.
- **b- Le syndrome de choréoathétose-salivation (C-S syndrome)** associant de l'hyper salivation à des mouvements cloniques et des tremblements lents évoluant vers des crises convulsives. Ce type de syndrome est généralement rencontré avec les pyréthrinoïdes synthétiques de type 2.

Chapitre 6 : Les Fongicides

- Un fongicide est un [produit phytosanitaire](#) conçu pour tuer ou limiter le développement des [champignons parasites](#) des [végétaux](#).
- Les fongicides ont des applications dans de nombreux domaines : agriculture, industrie agroalimentaire (conservateurs des aliments désinfection du matériel), industrie du bois (en association avec les insecticides ; dans les produits xyloprotecteurs), bâtiments (protection des peintures et revêtements dans les constructions et habitations), industrie textile....
- Certains fongicides sont utilisés également en thérapeutique humaine (usages médicale) et vétérinaire des [antimycosiques](#), et bactéricides . **Classification :**
- Fongicides organiques de synthèse.
- Fongicides inorganique et organométallique
- On distingue :
- les produits préventifs empêchant le développement des spores à la surface de la plante
- les produits curatifs qui stoppent le développement du champignon déjà installé dans la plante. Les premiers fongicides systémiques apparurent à la fin des années 60. Ils présentent l'avantage d'avoir une action à la fois préventive et curative. Ils existent des fongicides modernes qui sont inspirés de substance naturelle
- Il existe une multitude de modes d'actions qui bloquent ou affectent l'organisme des germes pathogènes :
- les fongicides multisites (qui agissent sur plusieurs paramètres à la fois)
- ceux qui agissent sur la respiration mitochondriale
- ceux qui inhibent la synthèse des stérols
- ceux qui inhibent la synthèse des acides aminés
- d'autres qui perturbent la division cellulaire
- les Simulateurs des Défenses Naturelles (SDN)

-
- Ces différents modes d'action agissent chacun pour un type de maladie en particulier comme la septoriose, la fusariose, l'oïdium, la rouille, le piétin verse...
- Les fongicides sont généralement moins toxiques pour l'homme que les deux autres grands groupes de pesticides (insecticides et herbicides).
- **Les divers groupes de fongicides**
- **Les fongicides de contact**
- Ils agissent sur des mécanismes enzymatiques impliqués dans la production d'énergie du végétal. Ces mécanismes de base se rencontrent chez tous les êtres vivants, ce qui donne à ces produits un large spectre d'action. Ces fongicides peuvent être divisés en plusieurs familles.
- **Les produits à base de métaux**
- Ces métaux sont le [cuivre](#), sous forme de sels (forme minérale) ou combiné à une molécule organique (forme organique). Le métal (Me+, Me++) constitue la partie active de la molécule. Les métaux sont des agents thiolprives, c'est-à-dire qu'ils se fixent sur les groupements SH ou [thiols](#) (R-SH) constituant la partie active de nombreux enzymes ayant un rôle dans les phénomènes d'oxydoréduction assurant le transport d'énergie du végétal.
- Les métaux ont l'inconvénient de posséder une phytotoxicité à l'égard de la culture. Il a donc été nécessaire de les préparer sous une forme qui réduit cette phytotoxicité (forme organique). Les formes organiques ont de plus l'avantage d'avoir une meilleure rémanence, ce qui évite leur lessivage à la première pluie.
- Les composés organo-mercuriels sont très efficaces mais très toxiques pour l'Homme.
- **Le soufre**
- Le soufre est utilisé depuis 1843 pour le traitement de la vigne, des betteraves, des arbres fruitiers et des rosiers contre l'oïdium. Plusieurs préparations commerciales à base de soufre seul (sous forme de poudre) ou en association avec du cuivre, sont disponibles sur le marché. Le soufre pose des problèmes de phytotoxicité avec certaines cultures lorsque la température ambiante dépasse les 30 °C.
- **Les produits soufrés (Carbamates)**
- Apparues dans les années 40, les séries des [Thiocarbamates](#) et [Dithiocarbamates](#) agissent en libérant des isocyanates ou du thirame, molécules actives qui bloquent

les groupements S-H des enzymes, perturbant ainsi le métabolisme des champignons à 3 niveaux : inhibition de l'oxydation du glucose, inhibition de la synthèse d'acide nucléique, inhibition de la dégradation des acides gras. Les dithiocarbamates sont des composés peu volatils peu ou pas hydrosolubles, dépourvus d'activité anticholinestérasique.

- Ils ont une faible toxicité. L'exposition de la population générale, extrêmement faible, provient des résidus alimentaires (épinards, salades, légumes). Le thirame a été utilisé comme antiparasitaire externe en thérapeutique humaine et vétérinaire
- Exemples : [zinèbe](#), [manèbe](#), [mancozèbe](#), [propinèbe](#), [thirame](#), [carbatène](#).
- **Les fongicides systémiques**
- Les fongicides systémiques agissent sur des phénomènes de biosynthèse et sont de ce fait davantage spécifiques. Leur dose d'utilisation est plus réduite que pour les produits de contact, généralement inférieure à 100 g de matière active par hectare. Par contre, du fait de leur mode d'action, l'apparition de souches de champignons résistantes est à craindre. Ils sont le plus souvent commercialisés en mélange avec un produit de contact.
- **Les dérivés de l'acide carbarique et des benzimidazoles (carbamates)**
- Une fois absorbé, ces produits se transforment en carbendazime qui est un antiméiotique. Ces produits bloquent la division cellulaire et nucléaire (mitose) en perturbant la formation et le fonctionnement du fuseau chromatique. Cette molécule a de plus une action au niveau de l'ADN : elle se substitue aux bases puriques (adénine et guanine) des acides nucléiques et provoque des erreurs dans la transcription du génome. Exemple :
- **Bénomyl et Carbendazime**
- Le benomyl et la carbendazime (métabolite actif produit par les microorganismes du sol) sont des dérivés du benzimidazole, un carbamate non anticholinestérasique.
- Composés solides non hydrosolubles et non volatiles, ce sont des fongicides systémiques absorbés par les feuilles et les racines, possédant une durée d'action de plusieurs semaines.
- A forte dose, les études animales montrent une hépatomégalie, des malformations du système nerveux ainsi que du squelette.
- **Les systémiques inhibiteurs de la synthèse des stérols (IBS)**
- C'est un groupe important regroupant en plusieurs familles la moitié des matières actives. Ils provoquent l'inhibition d'enzymes impliqués dans la synthèse des stérols,

entraînant une perturbation du fonctionnement et de la formation des membranes cellulaires des champignons.

- Beaucoup d'entre eux ont une action systémique, mais certains sont translaminaires (prochlorase). Ils sont efficaces, entre autres, contre [Pyrenophora](#) spp, [Venturia](#) spp et [Septoria](#) spp.
- Exemples :
- Imidazoles : [fénapanil](#), [imazalil](#), [prochloraze](#), [triflumizole](#)
- Pyrimidines et proches : [buthiobate](#), [fénarimol](#), [pyrifénox](#), [triforine](#)
- Morpholines : [aldimorphe](#), [dodémorphe](#), [fenpropimorphe](#), [tridémorphe](#), [trimorphadine](#)
- Triazoles : [bitertanol](#), [cyproconazole](#), [dichlobutrazole](#), [diniconazole](#),

Chapitre 7 : Les herbicides

- Dans la famille des [pesticides](#) elle même incluse dans la famille des [biocides](#), on appelle herbicide toute [substance active](#) ou une [préparation](#) ayant la propriété de tuer les [végétaux](#). Le terme « *dés herbant* » est un synonyme d'herbicide.
- Les herbicides sont employés pour lutter contre, "mauvaises herbes", destinées à détruire ou à limiter la croissance des végétaux. Ils peuvent être utilisés, selon leur mode d'action, en pré ou post-levée. On distingue :
- les dés herbants sélectifs (les plus nombreux) ;
- les débroussaillants, les dés herbants totaux (les plus utilisés);
- les [défanants](#) qui détruisent la partie aérienne des végétaux. Ils sont par exemple utilisés pour la récolte mécanique de la [pomme de terre](#) ou de la [betterave](#) ;
- les [anti-germes](#), qui empêchent le démarrage de la végétation de bulbes destinés à l'alimentation (oignons, pommes de terre par exemple) ;
- les [silvicides](#) visent plus spécifiquement les espèces forestières ou le processus de [régénération naturelle](#) ;

● Types d'herbicides

● Les différents types d'herbicides :

- Selon la pénétration de l'herbicide :
 - Herbicide foliaire : herbicide pulvérisé sur les [feuilles](#) et absorbé par celles-ci.
 - Herbicide racinaire : herbicide appliqué sur le sol et absorbé par les [racines](#). La pénétration s'effectue par les organes souterrains, entre la germination de l'[adventice](#) et sa levée.
- Selon la migration de l'herbicide :
 - Herbicide de contact : l'herbicide détruit les surfaces de la plante avec lesquels il entre en contact, il n'est pas véhiculé par la sève.
 - Herbicide systémique : herbicide de pré-levée ou de post-levée qui migre dans la plante par le bois ou le liber, depuis les points de pénétration ([racine](#) ou feuille) jusqu'au site d'action. Cette locution est souvent utilisée dans un sens plus restrictif pour désigner les herbicides de postlevée véhiculés dans la plante par la [sève](#).

- Selon sa sélectivité :
 - Herbicide sélectif : herbicide que peut tolérer une espèce cultivée dans des conditions d'emploi définies. Si ces conditions d'emploi ne sont pas respectées, il peut devenir non sélectif. Un herbicide sélectif n'est généralement efficace que sur certaines [adventices](#).
 - Herbicide total : herbicide efficace sur l'ensemble des [adventices](#) et aussi des espèces cultivées.
- **Phytocide » est un terme générique qui regroupe l'ensemble de ces produits.**

• Modes d'action

- Les formulations vendues dans le commerce doivent être [homologuées](#) (pour un ou plusieurs usages).
Un produit désherbant contient généralement une ou plusieurs molécules actives et des [adjuvants](#) (ex : [polyoxyéthylène amine](#)) pour stabiliser le mélange ou accélérer ou permettre sa pénétration dans les tissus végétaux pour les tuer (ou en inhiber la croissance dans le cas des inhibiteurs de croissance).
- Les modes d'action des herbicides sont fondés sur :
 - la perturbation de la [photosynthèse](#),
 - l'[inhibition](#) de la synthèse des [lipides](#),
 - l'inhibition de la synthèse des [acides aminés](#),
 - l'inhibition de la [division cellulaire](#) à la [métaphase](#),
 - l'inhibition de la synthèse des [caroténoïdes](#) (pigments protecteurs des [chlorophylles](#)),
 - l'inhibition de la synthèse de l'[enzyme](#) PPO (protoporphyrinogène oxydase) conduisant à la synthèse des chlorophylles,
 - la dérégulation des [pH](#) entre les différents compartiments cellulaires ou découplants, la perturbation de la croissance.
 - le [chlorate de sodium](#) (NaClO_3) , peu utilisé, détruit les plantes à fort enracinement. Oxydant puissant, le chlorate de soude pénètre principalement par les [racines](#) et est transporté par la [sève](#) brute vers les feuilles. Son action n'est pas sélective et peu perdurer jusqu'à six mois dans la terre.

● Les herbicides organiques

- Ils constituent la très large majorité des herbicides du marché actuel. On les regroupe suivant leur type de pénétration dans le végétal :
- Le [glyphosate](#) est un désherbant total, c'est-à-dire un herbicide non-sélectif. Absorbée par les feuilles et véhiculée par la sève. Il agit en bloquant l'enzyme enoyl pyruvyl shikimate 3-phosphate synthase (EPSPS).
- C'est un produit irritant et toxique, surtout connu sous la marque [Roundup](#).

● Herbicides racinaires

- Les Triazines
- Ce groupe présente une structure cyclique. Ils agissent en bloquant la [photosynthèse](#). Ils sont appliqués directement sur le sol. Herbicides les plus utilisées notamment pour le désherbage des maïs, bloquent le transport des électrons et le transfert de l'énergie lumineuse. Leur toxicité est faible, leur solubilité dans l'eau est réduite et sont donc peu entraînés dans le sol. Leur persistance peut ainsi atteindre 6 à 12 mois pour certains.
- Exemples : [atrazine](#), [cyanazine](#), méthoprotryne, propazine, terbuthylazine, [simazine](#), [terbutryne](#).

● Les Dinitroanilines (toluidines)

- Apparues en 1960, les dinitroanilines sont très peu solubles dans l'eau, ont une forte volatilité et sont souvent photodégradables : ce sont donc des produits à incorporer dans le sol, avant la mise en place de la culture.
- Ils agissent en stoppant la croissance des plantules peu après leur germination. Ils sont désignés sous le terme -impropre- "d'antigerminatif". Ce sont plus précisément des [antimitotiques](#). Ils s'utilisent en pré-levée contre les graminées. Leur toxicité est faible et leur persistance varie selon la dose employée (quelques semaines à un an). Leur nom se termine par le vocable "line".
- Exemples : benfluraline, [butraline](#), fluchloraline, nitraline, orysaline, pendiméthaline, [trifluraline](#)

● Les Urées Substituées (NH₂-CO-NH₂)

- Leur absorption est essentiellement racinaire, ils s'accumulent dans les feuilles où ils inhibent la [photosynthèse](#). Ils ont une très faible solubilité dans l'eau et présentent une assez longue persistance d'action dans le sol (2 à 3 mois) mais variable selon les conditions rencontrées (sol, pluie, température). Ils ont une bonne action sur les graminées et sur certaines [dicotylédones](#). Ils sont utilisés en pré ou post-levée. Leur toxicité est quasiment nulle. Leur nom se termine par le vocable "uron".
- Exemples : [chlortoluron](#), chloroxuron, [cycluron](#), [diuron](#), éthidimuron, [féuron](#),
- **Herbicides racinaires et foliaires**
- **Les Imidazolinones**
- Certains produits de cette famille sont des herbicides totaux, d'autres sont sélectifs. Étant absorbés par voies foliaire et racinaire, ils sont indépendants des conditions climatiques. Ils agissent en bloquant l'activité de l'enzyme AHAS (ou ALS) indispensable à la synthèse de 3 acides aminés essentiels : la valine, la leucine et l'isoleucine. Ceci empêche la plante de croître. Ce mode d'action explique le peu de toxicité de ces substances à l'égard des animaux et de l'homme, vu que ces derniers ne peuvent synthétiser ces acides aminés, se les procurant à travers les végétaux. Utilisés sur céréales ou en désherbage total, ils sont très souples à l'emploi. Leur persistance est de plusieurs mois.
- Exemples : [imazaméthabenz](#), [imazapyr](#)...
- **Les sulfonylurées**
- Ils agissent sur la même enzyme que les imidazolinones, l'acétolactate synthase (ALS)
- Exemples : [amidosulfuron](#), [azimsulfuron](#), [chlorsulfuron](#) ...
- **Les Dyphényles-éthers**
- Synthétisées à partir de 1964, ces molécules possèdent 2 noyaux benzènes reliés par un oxygène. Ils sont absorbés par les feuilles et les racines. Leur transport dans la plante est très limité, ils ont une action de contact. Ils ont un effet inhibiteur sur la croissance des méristèmes et sont de ce fait généralement utilisés en prélevée ou en post-levée précoce contre les graminées. Ils inhibent également la respiration. Leur solubilité dans l'eau est faible et ils persistent dans les sols de 2 à 4 mois.
- Exemples : acifluorène-sodium, aclonifen, [bifénox](#), chlométhoxyfène, [lactofène](#), [nitrofène](#).
- **Herbicides foliaires**
- **Les Phytohormones de Synthèse**

- Connus en 1942, ils sont absorbés par le feuillage et véhiculés par la sève. Il en existe 2 grands groupes :
- le premier dérive de l'acide § indolacétique (AIA), hormone de croissance des végétaux. Ils entraînent une croissance anormale de la plante (dycotylédone), débouchant sur la mort.
- Le plus connu est le [2,4-D](#) (acide dichloro 2,4 phénoxyacétique), très utilisé pour le désherbage sélectif des monocotylédones qui y sont peu sensibles, à la différence des dycotylédones. Le [2,4,5-T](#) est utilisé comme débroussaillant.
- les composés dérivant des acides propionique et butyrique. Ils sont absorbés par le feuillage et s'accumulent dans les zones à divisions cellulaires intensives ([méristème](#), [bourgeon](#), [racine](#)) où ils provoquent une croissance anormale. Leur persistance dans les pailles interdit l'usage de ces dernières en horticulture.
- Exemples :1) [dicamba](#), [piclorame](#), [clopyralid](#), [flurénol](#)...
- **Colorants nitrés (dérivés du phénol, dinitrophénol)**
- Dérivé du [benzène](#), ce groupe comprend des molécules toxiques pour les animaux (insecticide) et les végétaux. Ils sont de couleur jaune. Ils ont été très utilisés contre une large gamme de [dicotylédones](#) au stade plantule, pour la protection des céréales en traitement de post-levée. Ce sont des herbicides de contact à action rapide entraînant des nécroses sur les tissus qui se dessèchent et meurent. Ils agissent sur les membranes cellulaires. Ils sont dangereux pour l'homme et l'[environnement](#) de par leur [toxicité](#) élevée.
- Exemples : [DNBP](#) (dinosèbe), [DNOC](#) (Dinitro-Ortho-Crésol), [dinoterbe](#), [PCP](#) (pentachlorophenol).
- **Les Carbamates**
- Conçus en 1945 pour la destruction des graminées, ces herbicides se subdivisent en 4 catégories :
- les dérivés de l'acide carbamique (NH₂-COOH) qui agissent sur la division cellulaire.
- les dérivés de l'acide thiocarbamique (NH₂-CO-SH) qui inhibent la synthèse des lipides à longue chaîne et des gibbérélines.
- les dérivés de l'acide dithiocarbamique (NH₂-CS-SH) qui empêchent la germination.
- les biscarbamates qui empêchent la photosynthèse.
- Ces herbicides ont en commun leur faible toxicité et une volatilité plus ou moins grande. Ils perturbent la division cellulaire (antimitotique) et la physiologie générale

de la plante, provoquant le phénomène d'anse en panier, dé aux feuilles ne pouvant pas se déplier

- Ils s'emploient le plus souvent en pré-levée (thiocarbamates) ou post-semis, parfois en post-levée (phenmediphame, barbame). Leur persistance est quasiment nulle.
- Exemples :
- [Asulame](#), [barbame](#), [chlorbufame](#), [chlorprophame](#), [prophame](#), [carbétamide](#) ;
- [Thiocarbamates](#) : [butilate](#), [cycloate](#), [diallate](#), [triallate](#), [EPTC](#), [molinate](#), [prosulfocarbe](#), [vernolate](#), [pédulate](#), [thiobencarbe](#) ;
- [Dithiocarbamates](#) : [métam-sodium](#), [nabame](#) ;
- [Biscarbamates](#) : [desmédiophame](#), [phenmédiophame](#), [karbutylate](#).