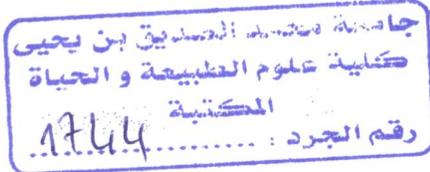


RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Vie
Département de biologie animale et végétale

جامعة جيجل
كلية العلوم الدقيقة والطبيعة والحياة
قسم البيولوجيا الحيوانية والنباتية



Mémoire de fin d'études

En vue de L'obtention du Diplôme des Etudes
Supérieures en Biologie (D. E. S)
Option : Biologie et Physiologie Végétale

Thème

*Les pesticides dans la protection des
végétaux*

Jury :

Président: M^r Bouldjedri Mohammed

Examineur: M^r Ruibah Moad

Encadreur: M^r Kisserli Omar

Présenté par :

Rimouche Souâd

Kriket Djalila



Session : Juin 2011

Remerciement

Nous remercions « Allah » qui nous a donné du courage et de la volonté d'avoir réussi dans notre étude.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mr. O. Kisserli qui nous a proposé ce sujet de recherche, et qui nous a encadré et surtout pour ses conseils, sa compréhension, sa gentillesse, ses encouragements et sa bibliographie.

Nous remercions tous la famille Rimouche et la famille Kriket en particulier pères et mères qui nous ont encouragées par tous les moyens matériels et morales notamment par leur supplication.

Nous voudrions remercier aussi toute personne qui a contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire, et tous les enseignants de la Biologie de L'Université de JIJEL.

Enfin, notre respect aux membres, Monsieur le Président M. Bouldjedri et Mr l'examineur M. Ruibah d'avoir accepté d'honorer ce jury pour examiner notre mémoire.

Merci a tous.

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I: Aperçu historique des pesticides

I.1. Histoire des pesticides	3
I.2. Principes généraux sur l'utilisation des produits phytosanitaires	3
I.2.1. Bref historique du rôle des produits phytosanitaires	4
I.2.2. Utilisation et technique d'emploi des produits phytosanitaires	5
I.2.2.1. Utilisation des produits phytosanitaires	5
I.2.2.2. Techniques d'emploi des produits phytosanitaires	8
I.2.2.3. Conditions particulières d'utilisation	9
I.2.3. Effet à long terme des produits phytosanitaires	9
I.2.3.1. Neurotoxicité, cancer et toxicité pour la reproduction	9
I.2.3.2. Hémopathie malignes	11
I.2.4. Risques liés aux traitements phytosanitaires	12
I.2.4.1. Pollutions ponctuelles	12
I.2.4.2. Pollutions diffuses	12

Chapitre II : Approche et description des principales catégories de pesticides

II.1. Définition du pesticide	13
II.2. Classification des pesticides	13
II.2.1. Classification chimique	13
II.2.1.1. Les pesticides inorganiques	13
II.2.1.2. Les pesticides organo-métallique	14

II.2.1.3. Les pesticides organique	14
a. Les organochlorés	14
b. Les organophosphorés	15
c. Les carbamates	15
d. Les pyréthriinoïdes	16
II.2.2. Classification biologique	17
II.2.2.1. Les herbicides	18
II.2.2.2. Les insecticides	19
II.2.2.3. Les fongicides	19
II.2.2.4. Les autres pesticides	19
II.2.3. Classification selon l'usage	20
II.3. Les modes d'action des produits phytosanitaires	20
II.3.1. Modes d'action des insecticides	20
II.3.2. Modes d'action des fongicides	20
II.3.3. Modes d'action des herbicides	21
II.4. Choix et application des substances actives	22
II.4.1. Les efficacités pratiques	22
II.4.2. Les actions secondaires	22
II.4.3. Traitements phytosanitaires : condition d'application	23

Chapitre III : Les biopesticides d'origine végétale

III.1. Les biopesticides d'origine végétale outil incontournable de la lutte intégrée	24
III.1.1. Caractéristiques des biopesticides	26
III.1.1.1. Résistance	26
III.1.1.2. Biodisponibilité	26

III.1.1.3. Sélectivité	26
III.1.1.4. Spécificité	27
III.1.1.5. Biodégradabilité	27
III.2. Recherche de phytoinsecticides à potentiel phytosanitaire	27
III.2.1. Intérêt d'une enquête ethnobotanique	27
III.2.2. Choix des modèles biologiques	28
III.2.3. Schéma expérimental	28
III.3. Activité insecticide des plantes aromatiques méditerranéennes	29
III.3.1. Mise en évidence de composés insecticides	29
III.3.2. Activité des huiles essentielles et de leurs composés majoritaires, les monoterpènes.....	29
III.3.2.1. Activités des polyphénols	30
III.3.2.2. Contribution des polyphénols aux mécanismes de défense des plantes	30
a. Mode d'action des polyphénols	33
a.1. Effets directs	33
a.2. Effets indirects	33
b. Exemple du rôle des polyphénols dans la résistance du palmier dattier à la Fusariose.....	34

Chapitre IV : Exemples de pesticides dans la protection des végétaux

IV.1. Introduction	37
IV.2. Les maladies du blé	38
IV.2.1. Oïdium	38
IV.2.2. Les rouilles du blé	39
IV.2.2.1. La rouille brune	40

IV.2.2.2. La rouille jaune	41
IV.2.3. Helminthosporiose	41
IV.2.4. La fusariose sur épi	43
IV.3. Quelques exemples de pesticides utilisés dans la lutte contre les déprédateurs des agrumes en Algérie	44
IV.3.1. Lutte contre la cératite	44
IV.3.2. Lutte contre les cochenilles	45
IV.3.3. Lutte contre les pucerons	45
IV.3.4. Lutte contre les aleurodes	46
IV.3.5. Lutte contre la mineuse	47
Conclusion	48
Références bibliographiques	49

Liste des figures

Figure 1: Structure chimique du DDT	14
Figure 2: Structure chimique du Dichlorvos	15
Figure 3: Structure chimique du Phosalone	15
Figure 4: Exemple de Structure chimique de Carbamates insecticides	16
Figure 5: Structure chimique des pyréthriinoïdes	16
Figure 6: Cibles des fongicides affectant les processus respiratoires	21
Figure 7: Structure chimique de quelques insecticides d'origine végétale	24
Figure 8: Exemple de structure de quelques fongicides agissant sur les processus respiratoires	25
Figure 9: Exemple de Monoterpènes	30
Figure 10: Relations intermoléculaires des interactions hôte-parasite dans le couple <i>palmier dattier-Fusarium oxysporum f.sp.albedinis</i>	36
Figure 11: L'oïdium du blé	38
Figure 12: Les rouilles du blé (brune et jaune)	40
Figure 13: Helminthosporiose du blé	42
Figure 14: La fusariose du blé	43

Liste des tableaux

Tableau 1: Pertes de rendement mondiale avec et sans protection phytosanitaires (1990)	6
Tableau 2: Principales familles d'insecticides, de fongicides et d'herbicides	17
Tableau 3: Principales classes de composés phénoliques	31
Tableau 4: Principaux insecticides utilisés en Algérie pour traitement des agrumes contre la cécidie.....	45
Tableau 5: Pesticides employés en Algérie pour le traitement des agrumes contre les cochenilles	45
Tableau 6: Principaux produits dans la lutte contre les Pucerons	46
Tableau 7: Principaux insecticides utilisés pour le traitement des agrumes contre les aleurodes en Algérie	46
Tableau 8: Principaux insecticides employés pour le traitement des agrumes contre la mineuse en Algérie	47

Liste des abréviations

2,4-D : Acide 2,4 - Dichlorophénoxyacétique

2,4,5-T : Acide (2,4,5 – Trichlorophénoxy) acétique

ACh : Acétylcholine

AChE : Acétylcholinestérase

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ADP : Adénosine Diphosphate

ARN : Acide Désoxyribonucléique

ATP : Adénosine Triphosphate

°C : Température

CEB : Comité d'Évaluation Biologique

CET : Comité d'Étude de la Toxicité

CO₂ : Dioxyde de Carbone

DBCP : Dibromochloropropane

DEP : Di-isopropylfluorophosphate

DDT : Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane

EC : Concentrés Émulsionnables

H₂O : Eau

HCH : Hexachlorocyclohexane

IBS : Inhibiteurs de la synthèse des Stérols

NADH: Nicotinamide-Adénine-Dinucleotide

O₂ : Dioxygène

OC : Organochloré

OP : Organophosphoré

PAL : Phénylalanine Ammonialyase

PPS : Produit Phytosanitaire

SL: Concentré Soluble

T1, T2: Traitement

TOCP: Tri-O-Crésylphosphate

ULM: Ultra-Léger Motorisé

WG: Granulé Autodispersible

Introduction

Introduction

Les pesticides sont des substances, des matières ou des micro-organismes destinés à enrayer, détruire, amoindrir, attirer ou repousser un organisme considéré comme nuisible ou indésirable. Ils sont groupés selon les ravageurs qu'ils visent et font partie des insecticides, des herbicides, des fongicides ou des autres groupes. L'emploi des pesticides est généralisé dans tous les milieux. Ils sont utilisés pour protéger les productions agricoles et forestières, les denrées alimentaires entreposées, les biens (bâtiments récréatifs ou infrastructures de service), pour assurer la salubrité des lieux ou pour diminuer la pression exercée par certains insectes piqueurs et plantes allergisantes (**Giroux, 2004**).

Les terres agricoles servent à la production d'une variété d'aliments indispensables aux humains et aux animaux. Le rendement des cultures est souvent minimisé par la présence de plantes indésirables, d'insectes ravageurs et de différentes maladies. L'utilisation de pesticides (insecticide, herbicide, fongicide, etc.) n'est toutefois pas sans risque pour l'environnement. Les pesticides, produits visant à la destruction d'organismes vivants jugés indésirables, sont utilisés depuis de nombreuses années dans différents domaines, comme l'agriculture, mais aussi l'entretien des infrastructures routières et ferroviaires, le traitement du bois ou bien encore divers usages privés (jardinage, traitement des locaux...). Les pesticides retrouvés dans les milieux aquatiques proviennent à la fois d'usages agricoles et non-agricoles. L'agriculture évolue vers une amélioration de leur usage visant à réduire leur dispersion en dehors des zones traitées et leurs impacts sur l'environnement.

Depuis près de cinquante ans, les pesticides ont été mis en évidence dans tous les compartiments de l'environnement, dans les eaux des rivières et des nappes phréatiques, dans l'air et dans les eaux de pluie. On les rencontre aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (les oeufs, le lait, la viande, le poisson...). Ils existent sous leur forme initiale mais ils peuvent aussi être dégradés, on parle alors de résidus ou de métabolites. La contamination de l'environnement expose tout un chacun à des niveaux de pesticides variables et souvent difficiles à apprécier. En effet, tous les milieux ne sont pas correctement renseignés et il n'est pas toujours possible d'établir les niveaux d'expositions des populations pour chacun d'entre eux. La compréhension des mécanismes de contamination de l'environnement par les pesticides, la description de leur devenir dans les différents milieux, le développement de techniques de prélèvement se présentant comme des mesures pour la mise en place de campagnes d'échantillonnage à grande échelle et se sont considérablement développées depuis

quelques années. Ces mesures doivent permettre d'établir un inventaire des niveaux de contamination de chacun des compartiments de l'environnement et donc d'évaluer les expositions des populations et des écosystèmes à ces substances. C'est une étape indispensable à une meilleure estimation des impacts des pesticides. Ces travaux permettent d'ores et déjà de proposer des mesures permettant une utilisation raisonnée de ces produits [1].

Le présent travail s'articule sur quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous traiterons un aperçu historique des pesticides. Le second chapitre sera consacré à l'approche et description des principales catégories de pesticides. Le troisième chapitre décrit les caractéristiques des biopesticides d'origine végétales et enfin dans le dernier nous aborderons l'exemple de pesticides dans la protection des végétaux suivis par une conclusion.

Chapitre 1

Aperçu historiques des pesticides

I.1. Histoire des pesticides

La lutte contre les organismes nuisibles aux cultures à certainement été de tous temps une préoccupation de l'agriculture. Pendant longtemps, l'essentiel des moyens était de nature physique: ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique (Calvet et al, 2005). L'année 1930, marque les débuts de pesticides organiques de synthèse (première utilisation des produits phytosanitaires) (Oturán et Mouchel, 2007). En effet, à cette époque, on a découvert les propriétés insecticides des thiocyanates d'alkyle et les propriétés antifongiques et l'anilide Salicylique (1931) et des dithiocarbamates (1934).

En 1939, Muller établit les propriétés insecticides. Le **DDT** (dichlorodiphényltrichloroéthane) est commercialisé dès 1943 et ouvre la voie à la famille des organochlorés dominant ainsi le marché des insecticides jusqu'au début des années 1970-1972.

En 1950-1955 se développe aux Etats-Unis les herbicides de la famille des urées substituées, tels que le Diuron et le Linuron (Calvet et al, 2005). Suivis peu après par les herbicides du groupe ammonium quaternaire et triazines [2]. Les propriétés herbicides de l'atrazine ont été mentionnées pour la première fois en 1957 (Tissut et al, 2006).

Les fongicides du type benzimidazole et pyrimides de 1966, suivi par les fongicides imidazoliques dits fongicides **IBS** (inhibiteurs de la synthèse des Stéroïdes). Dans les années 1970-1980 apparaît une nouvelle classe d'insecticides, les pyréthrinoïdes qui dominent pour leur part le marché des insecticides [2].

I.2. Principes généraux sur l'utilisation des produits phytosanitaires

L'encadrement des pratiques lié à l'utilisation des produits phytosanitaires est une préoccupation nationale et communautaire conduisant à l'élaboration de stratégie, pour partie réglementaire. Ces stratégies visent continuellement à réduire les impacts des pesticides sur la santé publique et l'environnement (Regnault-Roger, 2005). Elles doivent donc conduire à une utilisation de pesticides dans le cadre de l'agriculture durable et une réduction significative des risques tout en permettant la protection nécessaire des cultures. La France est considérée comme le troisième pays consommateur à l'échelle mondiale des pesticides et occupe la première place en Europe en matière d'utilisation de ces produits avec une masse totale de 76100 tonnes de substances actives vendues en 2004 (Aubertot et al, 2007). Les pesticides sont utilisés à 90% à

des fins agricoles (Ngô et Régent, 2004). Le nombre des produits utilisés a lui aussi fortement augmenté, et l'on trouve actuellement sur le marché plus de 4000 molécules différentes, et on utilise parfois des mélanges composés de plusieurs d'entre elles (Robert, 1996). Les fongicides représentent 49% du volume, les herbicides 34%, les insecticides 3% et 14% de produits divers. En 2005, 489 substances actives appartenant à environ 150 familles chimiques différentes sont encore disponibles. Elles se répartissent en fonction de leur usage en 165 fongicides, 139 herbicides, 95 insecticides, 11 nématicides et 79 produits divers (Aubertot et al, 2007).

1.2.1. Bref historique du rôle des produits phytosanitaires

Dans la nature, de nombreuses agressions peuvent faire obstacle au bon développement des plantes: insectes ravageurs, maladies (champignons, bactéries, virus), mauvaises herbes... Les produits phytopharmaceutiques ont pour rôle de protéger les productions agricoles contre ces menaces. Ils englobent différentes familles de produits. Chaque famille de produit lutte contre un type d'attaque. Les fongicides luttent contre les champignons pathogènes (oïdium, rouille...), les insecticides éliminent les insectes nuisibles (pucerons,...), les herbicides combattent les mauvaises herbes (ortie, chiendent, morelle, vulpin, ambrosie à feuille d'armoise...). Il existe également d'autres produits spécifiques, il s'agit des nématicides utilisés pour lutter contre les nématodes qui représentent des petits vers qui pullulent dans le sol et s'attaquent aux racines des cultures, des acaricides pour éliminer les larves et les œufs d'acariens ainsi que les rodenticides pour lutter contre certains rongeurs (les rats, les souris et les petits rongeurs) [3]. L'utilisation, à bon escient, des produits phytopharmaceutiques est un des éléments clés pour maintenir le niveau et la qualité de la production agricole, dans le respect des exigences environnementales (Anonyme, 2010). Les végétaux utiles sont bien fragiles, leur ennemis sont les micro-organismes, les insectes, les rongeurs, les autres herbes etc. La vigne a rencontré au XIX^e siècle des périls qui auraient pu amener à sa disparition. Ces difficultés ont été pour beaucoup dans la compréhension des maladies contagieuses des végétaux. Il faut en venir à la greffe de vigne française sur des espèces résistantes originaires d'Amérique. Mais ces porte-greffes transmettent le mildiou qui débute ses ravages en 1878. Aux alentours de 1760 (règne de Louis XV), on recommandait l'emploi des coccinelles pour diminuer les colonies de pucerons et l'emploi des calosomes (coléoptères) pour éliminer les chenilles. Ces méthodes traditionnelles de lutte directe faisaient appel aux solutions caustiques, aux lessives, aux huiles, au lait de chaux, au jus de tabac et aux goudrons que l'on badigeonnait en pulvérisant sur les parties atteintes.

A la fin de XIX^e siècle, on emploie les vertus insecticides de la nicotine, de la roténone, des pyrèthres. Après 1880, l'arsenic était également employé, comme il a été le cas de l'utilisation des composés fluorés et les bouillies cyanocalciques (Testud et Grillet, 2007). Le pouvoir insecticide des fleurs de pyrèthre est anciennement connu. Cette fleur, qui ressemble à la pâquerette et qui pousse dans de nombreux pays a été, dès 1840, l'objet d'un commerce international. Les têtes des fleurs réduites en poudre, contenaient à peine 1 à 3‰ de substances actives. On a tenté aussi d'extraire dès 1919, les principes actifs par du Kérosène ou par de la vapeur d'eau. On isola ainsi les pyrèthrines, les jasmolines, les cinérines communément réunies sous l'appellation de pyrèthrine. A partir de 1949, d'autres types de pyrèthrinoïdes ont été découverts, utilisés comme insecticides. On trouve ainsi, les pyrèthrinoïdes de type I (Alléthrine, Tétraméthrine,...) et les pyrèthrinoïdes de types II (Fenvélarate, Cyperméthrine,...) qui peuvent être plus efficaces que le DDT [2]. En 2005, la France a utilisé 5574 tonnes pour l'ensemble insecticides, nématicides, molluscicides,..., en retrait par rapport à 1990 (7718 tonnes) (Anonyme, 2006). Les dégâts des rongeurs étaient à peine diminués par la prise de quelques animaux par des pièges et par les vieilles recettes à base d'arsenic, communément appelées « mort aux rats » (Testud et Grillet, 2007).

I.2.2. Utilisation et techniques d'emploi des produits phytosanitaires

I.2.2.1. Utilisation des produits phytosanitaires

De tout temps, l'homme a dû faire face aux ravageurs se nourrissant aux dépens des plantes qu'il cultivait et des produits récoltés et entreposés. Ainsi, depuis l'Antiquité, l'homme a cherché à réduire les pertes et déprédations engendrées par les insectes, les acariens, les oiseaux, les rongeurs, les mollusques et autres concurrents des cultures en utilisant les moyens à sa disposition et les connaissances du moment. La protection des cultures s'inscrit donc dans l'histoire de l'humanité et de l'agriculture (Regnault-Roger, 2005). La grande majorité des organismes vivants n'a pas d'effet nuisible connu sur les cultures. Un certain nombre d'espèces comme les insectes pollinisateurs, les espèces dites « auxiliaires » qui s'attaquent aux ravageurs (insectes, rongeurs, mollusques ...) ou les organismes qui participent aux grands cycles de la vie qui se définissent par la décomposition, l'humification, la minéralisation, le cycle de l'azote et du carbone (Testud et Grillet, 2007). Lorsque leur population dépasse un certain seuil, un certain nombre d'espèces devient nuisible pour l'agriculture. Ces espèces dites « ennemis » des cultures

sont à l'origine de plusieurs types de préjudices, notons ainsi :

- pondéral, correspondant à une perte de rendement ;
- commercial, lié à une altération de la présentation notamment pour les fruits, les légumes et les produits horticoles ;
- organoleptique, qui se traduit par une altération avec modification du goût des produits récoltés ;
- toxicologique, le plus souvent lié à la production par certains champignons parasites de substances dangereuses pour la santé humaine ;
- indirect, causé par les mauvaises herbes qui peuvent constituer des réservoirs à insectes ;
- mécanique, dû aux difficultés et au ralentissement de la récolte mécanisée.

La protection des cultures à l'aide de produits phytopharmaceutiques est un des moyens à disposition de l'agriculteur pour lutter contre les ravageurs et les ennemis de ses cultures (Testud et Grillet, 2007).

Le tableau n° 1, nous illustre les pertes par rapport au rendement potentiel de chaque culture selon qu'elle fait l'objet de traitements phytosanitaires ou non (Mondigaud et My, 1993; Mondigaud et My, 1994).

Tableau 1 : Les Pertes de rendement mondiales avec et sans protection phytosanitaire (1990)

Cultures	Cause			Pertes totales avec protection (%)	Pertes sans protection des plantes (%)
	Maladies	Ravageurs	Mauvaises herbes		
Blé	13,3	9,3	13,1	35,7	51,9
Coton	10,5	17,4	13,2	41,1	84,1
Maïs	10,8	14,5	13,1	38,3	59,5
Pomme de terre	16,3	16,1	—	41,1	73,6
Riz	15,9	21,5	17,2	54,6	83,2

On déduit que d'après les résultats mentionnés dans le tableau précédent que la protection chimique ne protège que partiellement les cultures (**Testud et Grillet, 2007**). On retrouve des ennemis des cultures dans tous les groupes connus d'être vivants. Il s'agit des acellulaires (virus), des unicellulaires (bactéries, phytoplasmes) et les pluricellulaires du règne végétal et animal (animaux, plantes, champignons, algues). Les produits phytopharmaceutiques sont en général, spécifiques d'une classe de nuisible, et c'est en fonction de leur cible qu'ils sont regroupés dans de grandes familles tels que les insecticides, les fongicides, les herbicides, les rodenticides, etc. Les produits commerciaux autorisés et disponibles en France par exemple, ainsi que les substances actives les composant sont répertoriés dans l'index phytosanitaire, paraissant annuellement et dans le catalogue en ligne du ministère de l'agriculture et de la pêche.

Les champignons sont responsables de très nombreuses maladies dites cryptogamiques, dont les symptômes résultent de l'action parasitaire du champignon et de la réaction de l'hôte. Parmi les plus courantes, on peut citer les mildious, les oïdiums, les rouilles,...etc. Les fongicides sont les substances actives utilisées contre les champignons, ils sont spécifiques ou polyvalents (**Regnault-Roger, 2005**).

Les mauvaises herbes ou adventices sont des plantes herbacées qui, à l'endroit où elles se trouvent, sont indésirables. Cette définition englobe les repousses de cultures qui deviennent adventices dans les cultures qui suivent. Les « mauvaises herbes » proprement dites ont un pouvoir de reproduction généralement élevé. La plupart des herbicides sont sélectifs de la culture traitée, c'est-à-dire sans effet sur elle, dans les conditions normales d'utilisation. Il existe cependant quelques herbicides non sélectifs qui, utilisés sans précaution particulière, peuvent détruire la culture, et des herbicides totaux (**Testud et Grillet, 2007**). L'agriculture constitue un éco-agrosystème à l'intérieur duquel des interrelations étroites s'établissent entre les différents éléments constitutifs. Dans ce biotope particulier les événements naturels et les techniques culturales jouent un rôle considérable, qui n'est pas sans effet sur le comportement de chaque espèce, que celle-ci soit utile ou nuisible, naturelle ou cultivée. L'évolution des ennemis des cultures dans pareil milieu est donc soumise à d'innombrables facteurs, dont les principaux sont les conditions climatiques, la sensibilité variétale et les conditions de culture. Les conditions climatiques interviennent à deux niveaux, d'une part les conditions d'hivernation (température, humidité) favorisent plus ou moins les pullulations d'insectes et l'apparition de certaines maladies et d'autre part les conditions de végétation qui en règle générale, un temps chaud et humide favorise le développement de maladies (**Anonyme, 2003**). La sélection végétale permet ainsi dans certains cas d'obtenir des variétés résistantes ou

peu sensibles à certaines maladies. Notons aussi que certaines conditions de culture peuvent être également déterminantes telles que le semis précoce de céréales favorise, par exemple, le piétin-verse, l'oïdium et la croissance des adventices. La simplification des rotations et des techniques de travail favorise le maintien en surface d'un inoculum important de maladies des céréales alors qu'au contraire un labour permet une décomposition de cet inoculum et de ce fait constitue une bonne mesure de prévention (**Testud et Grillet, 2007**).

En Algérie, la loi n° 87-17 du 1^{er} août 1987, relative à la protection phytosanitaire, a instauré au départ les mécanismes permettant une utilisation efficace des pesticides. Cette loi régie les aspects relatifs à l'homologation, à l'importation, à la fabrication, à la commercialisation, à l'étiquetage, à l'emballage et à l'utilisation des pesticides. La décision ministérielle N° 817 du 11 octobre 2000 correspondant au règlement intérieur de la commission des produits phytosanitaires à usage agricole a pour objectif de fixer le règlement et les modalités de fonctionnement de la commission des produits phytosanitaires qui est assistée de deux comités :

- le comité d'évaluation biologique ou **CEB**.
- Le comité d'étude de la toxicité ou **CET** (**Index phytosanitaire, 2003**).

I.2.2.2. Techniques des produits phytosanitaires

Les pesticides sont pour la plupart destinés à être appliqués sur les cultures par pulvérisation, après dilution dans l'eau. Parfois, mais rarement, les produits peuvent être appliqués par poudrage, par contact ou par nébulisation, au moyen d'appareils spécifiques. Selon **Testud et Grillet (2007)**, une quantité appliquée en sur dosage (trop abondante) sera nocive pour la plante et dangereuse pour l'environnement alors qu'une très faible quantité sera inefficace. Les actions techniques visent une limitation de la dispersion des pesticides dans l'environnement et une réduction de l'utilisation des pesticides (**Aubertot et al, 2007**).

La plupart des spécialités se présentent sous forme d'émulsions, de suspensions, de poudres ou de microgranulés solubles dans l'eau. Le code international établit la liste des types de formulation des spécialités phytosanitaires, les plus courants dont les concentrés émulsionnables (**EC**), les suspensions concentrées (**SC**) ou concentrés fluidifiables, les granulés autodispersibles (**WG**) et les concentrés solubles (**SL**). Les formulations liquides sont les plus utilisées actuellement. Toutefois pour certaines cultures, les poudres restent très utilisées. Pour améliorer l'efficacité biologique des substances actives, des additifs sont souvent introduits dans les

formulations commerciales permettant aux préparations d'être plus stables ou de mieux adhérer aux végétaux traités. Dans une optique de réduction des doses à l'hectare préconisées, les agriculteurs apportent parfois des adjuvants à certains produits lors de leur application. Ces adjuvants sont généralement des mouillants ou des huiles minérales ou végétales (**Barthélemy et al, 1990**).

I.2.2.3. Conditions particulières d'utilisation

L'utilisation itérative d'insecticides et de fongicides en maraîchage et en horticulture sous serres, la désinsectisation de bâtiments d'élevage ou de cellules de stockage, imposent une protection individuelle complète de l'opérateur qui est au contact de la pulvérisation mais aussi, dans la mesure du possible, une aération des locaux et le respect d'un délai minimum avant le retour des autres intervenants dans l'unité traitée. Les traitements par voie aérienne (hélicoptère, avion ou ULM) se font habituellement avec des substances actives fortement concentrées et avec l'utilisation d'adjuvants tels que des « alourdisseurs ». L'application de consignes strictes doit empêcher toute présence humaine à proximité des parcelles. En fin, les conditions des traitements par fumigation, très particulières, sont développées (**Testud et Grillet, 2007**).

I.2.3. Effet à long terme des produits phytosanitaires

I.2.3.1. Neurotoxicité, cancer et toxicité pour la reproduction

a. La neurotoxicité

Les effets neurotoxiques constituent l'une des manifestations les plus fréquentes des intoxications aiguës aux pesticides (**Regnault-Roger, 2005**). Les effets aiguës survenant à des doses importantes chez les agriculteurs sont maintenant assez bien documentés, notamment en raison des intoxications accidentelles ou volontaires (tentatives de suicides) (**Baldi et al in Chebab, 2008**). La plupart des pesticides est notamment les organochlorés (OC) et les carbamates peuvent être toxiques pour le système nerveux dans le cadre d'expositions chroniques à faibles doses (**Wan et al, 1994; Liu et al, 2003**). Concernant les effets chroniques dus aux expositions de faible importance répétées sur une longue durée, les connaissances restent lacunaires et les études épidémiologiques effectuées ne permettent pas, pour le moment, de conclure avec certitude sur les effets chroniques de ces produits. Les principaux effets chroniques étudiés sont les neuropathies périphériques, les troubles neurocomportementaux, et les troubles neuro-dégénératifs notamment la maladie de Parkinson qui représente le deuxième

désordre neuro-dégénératif suscitant ainsi une attention particulière (Tawil, 2007; Wang et al, 2006). Les insecticides organophosphorés (OP) et les carbamates inhibent l'acétylcholinestérase. Dans le fonctionnement normal, le neurotransmetteur, l'acétylcholine (ACh) est libérée aux synapses ; une fois l'influx nerveux transmis, l'ACh libérée est hydrolysée in situ en acide acétique et choline par l'acétylcholinestérase (AChE). Après exposition aux OP et aux carbamates insecticides, l'AChE est inhibée, d'où une accumulation d'ACh dans le système nerveux, source de tremblements, d'incoordination, de convulsions. L'inhibition de l'AChE induite par les carbamates est plus facilement réversible que celle induite par les OP, certains OP comme le DFP (di-isopropylfluorophosphate) provoquent des inhibitions irréversibles, et la récupération n'est possible qu'avec la synthèse de nouvelles molécules d'AChE. Plusieurs OP, dont le DFP, le TOCP, le leptophos, le mipafox et le trichlorfon causent une neurotoxicité retardée, dont le mécanisme d'action et les procédures d'évaluation (Lu, 1992).

b. Le cancer

Le cancer constitue un risque sanitaire lié aux pesticides particulièrement médiatisé (Regnault-Roger, 2005). Plusieurs études expérimentales ou épidémiologiques laissent supposer un risque plus important d'être atteint par certaines formes de cancer à la suite de l'exposition chroniques à certains pesticides couramment utilisés (Giroux, 2004). Les insecticides organophosphorés ne sont pas cancérigènes en général, à l'exception de composés comme le tétrachlorvinphos, qui tiennent apparemment cette propriété de leur caractère organohalogéné. Par eux-mêmes, les insecticides de type carbamates ne sont pas cancérigènes, à l'exception du carbaryl capable de se transformer en nitrosocarbaryl cancérigène en présence d'acide nitreux. De nombreux autres pesticides sont capables de former des dérivés nitrosés sous des conditions drastiques et ces produits sont cancérigènes et mutagènes. Cependant, en raison des conditions non physiologiques nécessaires pour de telles réactions, des dangers potentiels pour la santé semblent peu probables (Lu, 1992). Le rôle des pesticides dans la survenue des cancers de l'enfant fait aussi l'objet d'un nombre croissant d'études. L'exposition aux pesticides durant la période prénatale a été associée aux leucémies et aux tumeurs cérébrales de l'enfant. La plupart d'entre elles rapportent une élévation faibles mais une significative du risque pour les enfants exposés avant et après la conception et dont les parents ont utilisé des pesticides soit professionnellement, soit pour leur usage privé à la maison et au jardin (Pogodine et Preston, 1997 ; Zahm et Wars, 1998).

c . Effet sur la reproduction

Les effets reprotoxiques potentiels des produits phytosanitaires font l'objet de nombreuses études épidémiologiques, mais relativement peu sont consacrées à l'exposition professionnelle quantitativement pourtant bien supérieure à l'exposition domestique et /ou environnementale (**Testud et Grillet, 2007**). Les pesticides peuvent affecter la reproduction ou en interférant avec la fonction hormonale (**Solomon et al, 2000**).

➤ La fertilité

Le potentiel toxique de certains pesticides sur la fonction de reproduction a été pris sérieusement en considération à la suite des conséquences dramatiques liées à l'emploi du dibromochloropropane (**DBCP**) qui est à l'origine des préoccupations concernant le retentissement des pesticides sur la fonction de reproduction.

Les pesticides peuvent avoir un effet direct sur la fertilité de l'homme et de la femme. Des études sur montré que l'exposition professionnelle à des pesticides constitue un facteur de risque significatif pour des caractéristiques du sperme situé en dessous des seuils considérés comme limite pour une capacité procréatrice adéquate. Ces exemples montrent bien qu'il reste encore beaucoup à explorer en matière d'impact des pesticides sur la fertilité masculine, et qu'il est nécessaire d'identifier la ou les molécules qui seraient à l'origine de ces problèmes (**Testud et Grillet, 2007; Regnault-Roger, 2005**).

I.2.3.2. Hémopathie malignes

Selon **Testud et Grillet (2007)**, les hémopathies malignes font partie des cancers qui ont été rapportés en excès dans certaines cohortes d'agriculteurs. La responsabilité des produits phytosanitaires a été largement suspectée dans la survenue des lymphomes hodgkiniens et non hodgkiniens, des leucémies et des myélomes, notamment pour les insecticides et fongicides arsenicaux, les insecticides organochlorés et organophosphorés, les herbicides chlorophénoxyacétiques, et ce d'autant que certains sont peu être ou probablement cancérogènes pour l'homme. Le mode d'action des pesticides est encore imparfaitement connu ; toutefois, on a évoqué pour certains d'entre eux le rôle de la génotoxicité de la promotion tumorale, une action hormonale, une immunotoxicité, une induction des peroxysomes, autant de mécanismes qui peuvent être impliqués dans la genèse d'hémopathies malignes. Cependant la mise en évidence

d'une relation entre pesticides et hémopathies malignes reste une problématique, par ailleurs, les données relatives à l'exposition sont souvent imprécises, du fait de la multiplicité des produits utilisés et des difficultés à évaluer les niveaux d'exposition à postériori. Enfin, le regroupement des affections hématologiques rend souvent complexe l'interprétation des données, du fait de changements de classification, mais aussi de regroupements divers d'affections dont la physiopathologie et donc l'étiopathogénie diffèrent probablement. Les données humaines disponibles concernent soit l'incidence de ces affections, soit la mortalité dans des cohortes d'agriculteurs, épandeurs de pesticides ou ouvriers d'industries de produits phytosanitaires (Testud et Grillet, 2007).

I.1.4. Risques liés aux traitements phytosanitaires

Une définition plus pertinente des pollutions, dans leur conception actuelle, peut donc s'énoncer de la façon suivante « constitue une pollution toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction de substances chimiques artificielles ; toute perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière, ou encore toute altération d'une biocénose naturelle provoquée par l'introduction d'espèces exotiques invasives » (Ramade, 2007). Selon Tiercelin et Vidal (2006), ces produits provoquent deux types de pollutions :

I.1.4.1. Les pollutions ponctuelles

Ces pollutions sont généralement liées à des accidents ou à des erreurs de manipulation, elles contaminent les eaux de surface pouvant engendrer des dégâts importants et immédiats sur la faune et la flore aquatique. Elles sont facilement identifiables. Différents constats permettent de formuler l'hypothèse que, parmi les pollutions par les produits phytosanitaires d'usage agricole, les pollutions accidentelles occupent une part importante sinon majoritaire.

I.1.4.2. Les pollutions diffuses

Elles sont liées à des processus complexes de transfert des molécules par ruissellement ou par lixiviation, et dépendent alors fortement de l'interaction entre les substances actives et le sol. Pour une autre part, elles résultent de la diffusion dans l'air et de la dispersion par le vent lors des pulvérisations. Le nombre moyen des traitements varie selon la culture, mais aussi selon la région (6 à 9 pour le blé, plus d'une vingtaine en arboriculture par exemple).

Chapitre II

**Approche et description des principales
catégories de pesticides**

II.1. Définition

L'étymologie du mot pesticide s'est construite sur le modèle de nombreux mots se terminant par le suffixe « **cide** » qui a pour origine le verbe latin « **caedo, cadero** » et qui signifie « **tuer** ». Ainsi précéder par la racine anglaise peste (animal, insecte ou plante nuisible) ou le mot français peste (fléau, maladie), provenant du latin pestis qui désignait le fléau en général, et une maladie dangereuse en particulier (Nicolino et Veillerette, 2006; Louis, 1994).

Les pesticides sont des substances dont la composition élémentaire et la structure chimique présentent une très grande variété et dont l'étude et la description nécessitent la mise en œuvre de nombreuses méthodes chimiques et physiques (Calvet et al, 2005). Sous ce terme général, sont regroupés les différents produits employés pour lutter contre les mauvaises herbes, maladies ou parasites des végétaux tels que les herbicides, les fongicides et les insecticides (Robert, 1996). On contacte les pesticides dans différents compartiments environnementaux (eau, sols, air) et dans les denrées alimentaires (Anonyme, 2007). Plusieurs autres termes et expressions définissent les pesticides et il est donc important de les signaler à savoir les produits phytosanitaires, les produits anti-parasitaires à usages agricole, les produits agrosanitaires et les biocides (Domange, 2005). Ces produits se présentent sous formes de poudre, de suspension huileuse ou gaz. On distingue les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes (Allal - Benfekih, 2006).

II.2. Classification des pesticides

Les PPS sont indispensables à la production agricole et il en existe une grande variété. Ils regroupent plus de 900 matières actives qui rentrent dans plus de 8800 spécialités commerciales (El Mrabet, 2008). On note trois façons pour classer les pesticides, par leur usage, par les organismes vivants visés et par leurs caractéristiques chimiques (Calvet et al, 2005).

II.2.1. Classification chimique

Il existe trois catégories de pesticides

II.2.1.1. Les pesticides inorganiques

Ce sont les pesticides les plus anciens, représentés essentiellement par les fongicides à base de soufre et de cuivre dont la plus utilisée est la bouillie bordelaise employée pour traiter de nombreuses cultures maraîchères (Calvet et al, 2005).

II.2.1.2. Les pesticides organo-métalliques

Ce sont des fongicides dont la molécule est constituée par le complexe d'un métal tel que le zinc et le manganèse et d'un anion organique le dithiocarbamates. Des exemples de ces pesticides sont le moncozèbe avec le zinc et le manèbe avec le manganèse (Calvet et al, 2005).

II.2.1.3. Les pesticides organiques

Ils regroupent les pesticides organiques naturels et les pesticides organiques de synthèse qui sont très nombreux (Garon-Boucher, 2003; ACTA, 2005). Les principaux groupes chimiques sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthriinoïdes (El Mrabet, 2008).

a. Les organochlorés

Les organochlorés sont des substances chimiques dont les molécules renferment au moins une liaison carbone-chlore (El Bakouri, 2006). Ces molécules sont obtenues par chloration d'hydrocarbures aromatiques. Du fait de leur résistance à la dégradation biologique et photolytique, ces PPS notamment le lindane et le Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane ont une longue rémanence et constituent un danger pour les humains et l'ensemble des êtres vivants, car ils peuvent rester dans l'environnement plusieurs années avant d'être dégradés (Flogeac, 2004). On distingue trois familles d'insecticides organochlorés: celles du DDT (figure 1) et des hexachlorocyclohexane (HCH) ainsi que les cyclodiènes (Regnault-Roger, 2005).

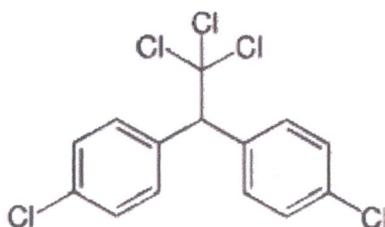


Figure 1 : structure chimique du DDT (C₁₄ H₉ Cl₅)

Les organochlorés sont en général persistants dans l'environnement et tendent à se stocker dans les graisses. Les pesticides Lipophiles, résistants à la dégradation (ne sont pas considérées comme des effets biologiques indésirables) se caractérisent par les phénomènes de bioaccumulation et de biomagnification. Cependant, la bioaccumulation est plus marquée avec certaines molécules qu'avec d'autres, ainsi le DDT est stockée dans les graisses plus longtemps que le méthoxychlore: les demi-vies respectives de ces insecticides chez le rat sont de 6 à 12

mois et 1 à 2 semaines (LU, 1992). La plupart de ces insecticides ont été retirés du marché mondial (Bouchon et Lemoine, 2003).

b. Les organophosphorés

Sont des esters obtenus en faisant réagir divers alcools avec l'acide orthophosphorique ou l'acide thiophosphorique (Dimefox, TEEP, Schradan, Parathion, Malathion, Phosdrin...) (Bouchon et Lemoine, 2003). Les organophosphorés sont regroupés en trois grands groupes il s'agit :

- des dérivés aliphatiques, comme le malathion, le phosphate, le dichlorvos (figure 2), l'acéphate, le diméthoate, le disulfoton, le phorate, le méthamidophos et le mévinphos ;

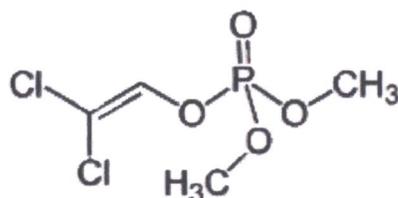


Figure 2 : Structure chimique du Dichlorvos ($\text{C}_4 \text{H}_{10} \text{Cl}_2 \text{PO}_4$)

- des dérivés phényles qui contiennent un noyau phényl dans leur structure ;
- des dérivés hétérocycliques dans lesquels le ou les cycles incluent des atomes d'oxygène, d'azote ou de soufre comme l'endotion, la phosalone (figure 3) ou le phosmet (Regnault-Roger, 2005).

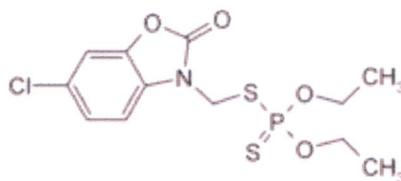
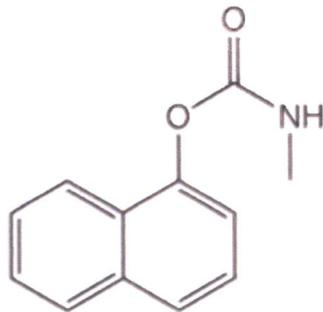


Figure 3: Structure chimique du Phosalone ($\text{C}_{12} \text{H}_{12} \text{NO}_4 \text{PS Cl}$)

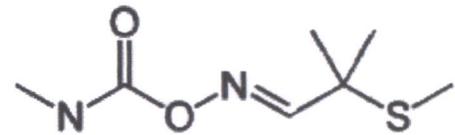
Ils ont, historiquement, remplacé les organochlorés car ils présentent une faible rémanence (de l'ordre de 48 heures dans l'eau), une toxicité aiguë plus élevée, une meilleure sélectivité vis-à-vis des insectes. Peu solubles dans l'eau, ils ne sont pas stockés dans les organismes car facilement biodégradables. Ils agissent par inhibition de l'acétylcholinestérase, de façon irréversible, au niveau des terminaisons nerveuses (Bouchon et Lemoine, 2003).

c. Les carbamates

Ce sont des insecticides dont la configuration ressemble à celle de l'acétylcholine et qui ont de grandes affinités pour l'acétylcholinestérase. Les inhibitions des cholinestérases produits par les carbamates sont facilement réversibles (Léonard, 1990). Ce sont des substances qui dérivent de l'acide carbamique. Chimiquement, les carbamates peuvent se classer en trois groupes, selon qu'ils sont carboxyliques tel le carbaryl, hétérocyclique comme le pyrimicarbe ou aliphatiques comme l'aldicarbe (figure 4).



Carbaryl (C₁₂ H₁₁ NO₂)



Aldicarbe (C₇H₁₄N₂O₂S)

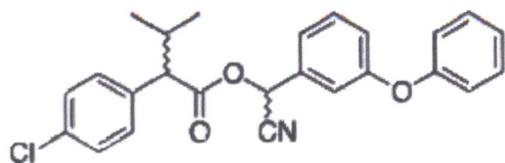
Figure 4: Exemple de Structure chimique de Carbamates insecticides

Les dérivés soufrés des carbamates sont aussi couramment utilisés comme des fongicides, ce sont des dithiocarbamates dont le manèbe, le zinèbe et le moncozèbe (Bouchon et Lemoine, 2003).

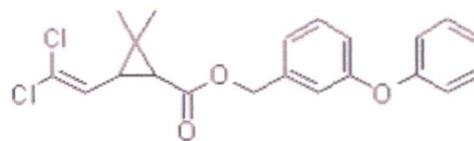
d. Les pyréthrinoïdes

Les pyréthrinoïdes de synthèse sont des esters dérivés d'un noyau cyclopropane qui sont de nos jours fréquemment utilisés. Leur emploi comme insecticide naturel de poudre de fleurs séchées de pyrèthre est connu depuis des siècles (Efthymiou, 1996). Les pyréthrinoïdes sont des neurotoxiques dont le mode d'action s'apparente à celui des organochlorés affectant à la fois le système nerveux central et le système périphérique (Regnault-Roger, 2005).

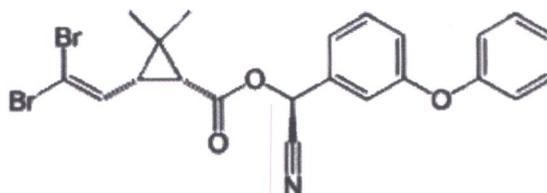
Ces insecticides présentent une toxicité sélective et par conséquent leur action sur les mammifères est beaucoup plus limitée. Les plus couramment utilisées sont la perméthrine, la cyperméthrine, la fenvalérate, la delthaméthrine (figure 5). Cependant la plupart de ces molécules présentent une toxicité élevée pour les poissons et les batraciens (Efthymiou, 1996).



Fenvalérate (C₂₅H₂₂ClNO₃)



Perméthrine (C₂₁H₂₀Cl₂O₃)



Delthaméthrine (C₂₂H₁₉Br₂NO₃)

Figure 5 : Structure chimique des pyréthriinoïdes

II.2.2. Classification biologique

Ce système de classification repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles chimiques qui sont, les herbicides, les fongicides et les insecticides (Tableau 2) (El Mrabet, 2008).

Tableau 2 : Principales familles d'insecticides, de fongicides et d'herbicides (El Bakouri, 2006).

Insecticides	Herbicides	Fongicides
Minéraux		
Composés arsenicaux	Sels de NH ₄ , de Ca, de Fe de	Sels de Cuivre
Soufre	Mg, K, Na	à base de soufre
Composés fluorés	Sous forme de sulfates, de	Composés arsenicaux
Dérivés de mercure	nitrate	Huiles minérales
Dérivés de Sélénium	Chlorures, Chlorates,...	
Composés à base de silice		
Quart, magnésie		
Huiles de pétrole		

Organiques		
Organochlorés	Phytohormones	Carbamates et
Organophosphorés	Dérivés de l'urée	Dithiocarbamates
Carbamates	Carbamates	Dérivés du benzène
	Triazines et Diazines	Dérivés des quinones
	Dérivés de pyrimidines	Amides
	Dérivés des dicarboximides	Benzonitrites
	Dérivés de l'oxyquinoleine	Toluidines
	Dérivés des thiadiazines et	organophosphorés
	Thiadiazoles	
Divers		
Pyréthriinoïdes de synthèse	Dicamba	Carboxines
Produits bactériens	Pichlorame	Chloropicrines
Rébulsifs	Paraquat	Doguanide
		Formol

II.2.2.1. Les herbicides

Les herbicides sont des substances qui généralement détruisent leurs plantes cibles, nommées adventices ou mauvaises herbes (**Regnault-Roger, 2005**). Les herbicides représentent les pesticides les plus utilisés dans le monde toutes cultures confondues (**El Mrabet, 2008**). La plupart des herbicides ont une toxicité faible pour l'homme et ne présentent guère de problèmes de résidus, sauf en ce qui concerne ceux à base d'arsenic, un métal qui présente des potentialités importantes de cocancérogène. Les principaux herbicides, ou groupes d'herbicides, sont les acides phénoxyalcanoïques et dérivés (**2,4-D ; 2, 4,5-T**), les herbicides à base d'ammonium quaternaire (paraquat, diquat), l'aminotriazole, l'aminotrol, etc...(**Léonard, 1990**). Dans les pays industrialisés comme l'Amérique du Nord, l'Europe, les herbicides avec les fertilisateurs ont joué un rôle important dans l'augmentation des rendements agricoles. Ils ont deux modes d'action sur les plantes, les uns demeurent à la surface avec pénétration locale plus ou moins importante « **herbicides externes** » et les autres pénètrent à l'intérieur des tissus végétaux « **herbicides systémiques** » (**Manfred et Nicole, 2000**).

II .2.2.2. Les insecticides

Les grandes familles chimiques de composés présentant une activité insecticide, parfois également acaricide, anti-arachnide et nématicide, sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthriinoïdes. D'autres composés sont également très utilisés, comme la roténone, les acylurées, le fipronil, de la famille des phénylpyrazolés, l'imidaclopride, de la famille des chloronicotinyles, l'amitrazé, de la famille des formamidines et l'abamectine, de la famille des avermectines (**Bouvier, 2005**). Les insecticides sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en les éliminant ou en empêchant leur reproduction (**El Mrabet, 2008**). La seconde guerre mondiale a été le point de départ d'un nouveau concept de composés chimiques, celui des produits de synthèse organiques, le premier d'entre eux étant le DDT (**Manfred et Nicole, 2000**).

II.2.2 .3. Les fongicides

Les plus anciens fongicides sont les sels cupriques, le soufre et certains de ses dérivés minéraux (**Garon-Boucher, 2003**). Les composés mercuriels (méthyl et éthylmercure) sont des fongicides très efficaces et très utilisés en traitement des semences. Malheureusement, plusieurs accidents dramatiques, avec de nombreux morts et des séquelles nerveuses se sont produits, freinant leur utilisation (**LU, 1992**). Les fongicides permettent de combattre les champignons phytopathogènes qui sont des eucaryotes susceptibles de provoquer des dégâts sur les plantes cultivées et sur les récoltes (**Regnault-Roger, 2005**).

II.2.2 .4. Les autres pesticides

Outre, les trois grandes familles de pesticides mentionnées ci-dessus, différentes familles peuvent être citées à savoir :

- ✚ **Les acaricides** pour lutter contre les acariens.
- ✚ **Les nématicides** pour lutter contre les vers du groupe des nématodes.
- ✚ **Les rodenticides** pour lutter contre les rongeurs.
- ✚ **Les taupicides** contre les taupes.
- ✚ **Les molluscicides** contre les limaces et les escargots.
- ✚ **Les corvicides** contre les corbeaux et les autres oiseaux ravageurs de cultures (**El Mrabet, 2008**).

II.2.3. classification selon l'usage

Les pesticides peuvent être destinés à plusieurs usages : agricole et non-agricole (Blot, 2001).

- **Les pesticides à usage agricole** ou produits phytopharmaceutiques sont des substances chimiques minérales ou organiques, de synthèse ou naturelles. Elles sont utilisées pour la protection des végétaux contre les maladies et contre les organismes nuisibles aux cultures (Idrissi et al, 2010).
- **Les pesticides à usage non agricole** sont appelés « **produits biocides** » incluent les pesticides utilisés par les particuliers pour les activités de jardinage, les bombes insecticides, les produits anti-parasitaires (Blot, 2001).

II.3. Les modes d'actions des produits phytosanitaires

II.3.1. Mode d'action des insecticides

Les insecticides agissent principalement par perturbation de la transmission de l'influx ou par inhibition de l'acétylcholinestérase. Les insectes absorbent les produits toxiques par contact (asphyxie, paralysie, action directe sur le protoplasme et parfois une action ovicide), par inhalation (produits volatiles) ou par ingestion (pénétration dans l'appareil digestif) (Calvet, 2005; Calvet, 1980). On peut distinguer trois grandes classes d'insecticides selon leurs mécanismes d'action à savoir une action sur le système nerveux, perturbation de la fonction respiratoire et une réduction de la croissance (Regnault-Roger, 2005).

- ❖ **Action sur le système nerveux** les carbamates et les organophosphorés ont une action sur la synapse et les neuromédiateurs, les pyréthrinoïdes agissent sur la transmission axonale (Calvet, 2005).
- ❖ **Action sur la respiration** certains pesticides provoquent une inhibition de la phosphorylation oxydative dans la mitochondrie (Soltner, 2007).
- ❖ Les insecticides tuent les insectes en empêchant le déroulement normal d'une des fonctions essentielles de leur cycle de vie telle que l'éclosion des œufs (Roula in Roberts et al, 1998).

II.3.2. Mode d'action des fongicides

Selon El Mrabet (2008), les fongicides peuvent agir différemment sur les champignons :

- ❖ Les inhibiteurs respiratoires (Figure 6) et ainsi que de la division cellulaire.
- ❖ Les perturbateurs de la biosynthèse des acides aminés ou des protéines.
- ❖ Les perturbateurs du métabolisme des glucides.

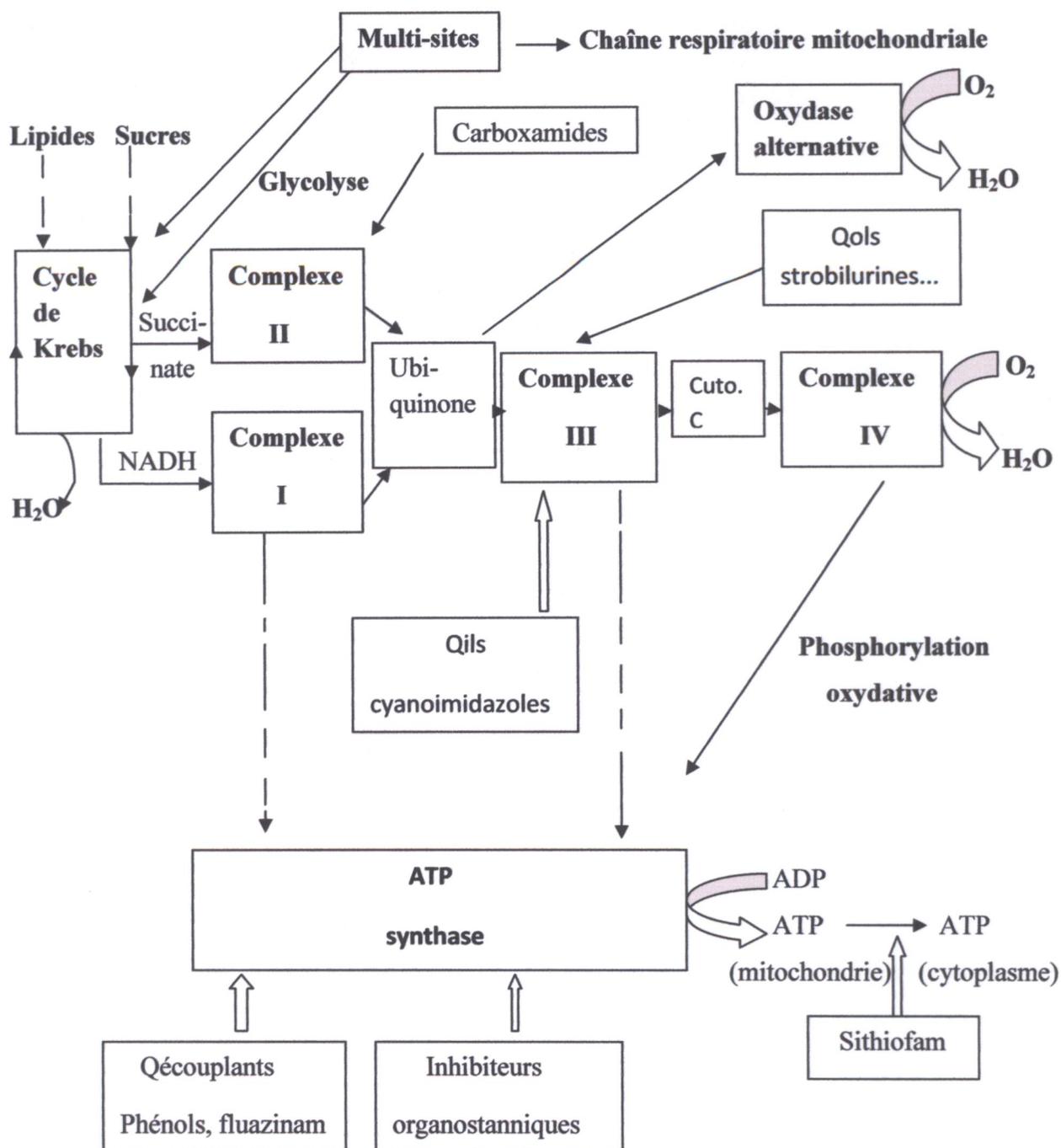


Figure 6 : Cibles des fongicides affectant les processus respiratoires (Regnault-Roger, 2005).

II.3.3. Mode d'action des herbicides

Le mode d'action des herbicides est la succession des événements qui concourent à la destruction ou à l'arrêt de croissance des plantes cibles: absorption par ces dernières, éventuelle migration vers les tissus cibles et interaction avec la cible biochimique et sans oublier la

métabolisation qui conduit la plupart du temps à une inactivation (Regnault-Roger, 2005). Les herbicides possèdent différents modes d'actions sur les plantes :

- ❖ L'atteinte de la biosynthèse des lipides et de la biosynthèse et du fonctionnement des membranes biologiques.
- ❖ Les inhibiteurs de la synthèse d'acides aminés
- ❖ Les inhibiteurs de la synthèse de cellulose (Tissut et al, 2006).

II.4. Choix et application des substances actives

II.4.1. Les efficacités pratiques

Les produits homologués font l'objet de nuances relatives à leur efficacité sur l'ennemi concerné. Elles sont classées en deux catégories :

- ✚ **Bonne efficacité** : efficacité reconnue, relativement constante.
- ✚ **Efficacité moyenne** : efficacité intéressante.

II.4.2. Les actions secondaires

On appelle action secondaire d'un PPS, utilisé dans les conditions normales, toute action bien caractérisée, autre que celle pour laquelle le produit a été employé, qu'elle soit bénéfique ou non, immédiate ou à retardement. En vergers, les actions secondaires des produits concernent plus particulièrement les autres ennemis de la culture, les organismes auxiliaires.

- **Effets secondaires sur les ennemis**: certains produits ont des freinants ou favorisants sur les ennemis (ravageurs ou maladies), ils sont classés en quatre catégories ; **effet favorisant souvent** ou **effet freinant souvent**: produits qui favorisent ou limitent une pullulation après une seule application. **Effet favorisant parfois** ou **effet freinant parfois**: produits qui favorisent ou limitent une pullulation ou une infection seulement en application répétées.
- **Effets sur les auxiliaires** les produits sont classés en trois catégories:
 - ✚ **Toxique ou très toxique**: une seule application peut entraîner une forte diminution de la population de l'auxiliaire.
 - ✚ **Moyennement toxique**: effet non négligeable mais possibilité de reconstitution de la population de l'auxiliaire au cours des 10 à 20 jours après le traitement.
 - ✚ **Peu ou pas toxique**: effet très limité, ne perturbant pas le rôle régulateur de l'auxiliaire, y compris en applications répétées (Lichou et al, 2001).

II.4.3. Traitements phytosanitaires : conditions d'application

Un traitement phytosanitaire est réussi si on maîtrise le volume de bouillie à l'hectare et la répartition des gouttelettes. Le contrôle et le réglage des pulvérisateurs doivent être effectués régulièrement afin d'assurer la protection de la culture et la sécurité de l'utilisateur et de son environnement. Ainsi, plusieurs mesures sont indispensables et à prendre en considération :

➤ **limiter les risques avant et lors des traitements**

Avant d'envisager un traitement, il est recommandé de consulter les bulletins météorologiques. Les conditions idéales de traitement sont :

- Un vent inférieur à 10 Km /h.
- Une humidité relative de l'air la plus élevée possible et une température comprise dans les limites fixées.
- Pas de prévision de pluie importante à court terme, les fongicides préventifs ont toute leur efficacité s'ils sont positionnés avant la pluie. Pour les insecticides, on cherchera à traiter après la pluie (**Lichou et al, 2001**).

➤ **Pour effectuer un traitement, il faut respecter les conditions de sécurité**

- Sécurité de l'applicateur par un équipement adapté (vêtements, gants, etc).
- Distance par rapport aux habitations.
- Distance par rapport aux points d'eau.
- Maîtrise de la quantité de bouillie épandue: contrôle de la pression, de la vitesse d'avancement.

➤ **Il faut aussi maîtriser la préparation de la bouillie**

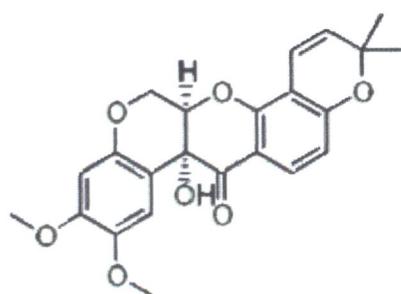
- Ajuster la quantité préparée à la surface à traiter de façon à éviter les fonds de cuve.
- Respecter la dose / ha à appliquer.
- Maîtriser la préparation de la bouillie et éviter les débordements et les écoulements de produits (**Lichou et al, 2001**). Le volume de bouillie à préparer doit être calculé en fonction de la superficie à traiter et du volume appliqué par hectare [4].

Chapitre III

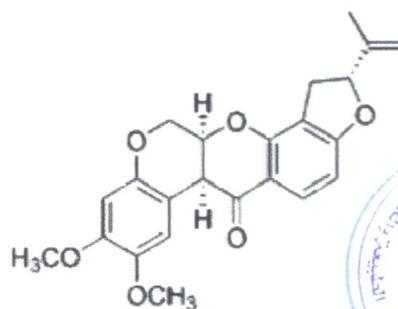
Les biopesticides d'origine végétale

III.1. Les biopesticides d'origine végétale outil incontournable de la lutte intégrée

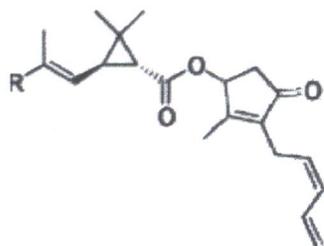
Par analogie avec les pesticides chimiques, les biopesticides sont des agents biologiques utilisés pour lutter contre des organismes pathogènes (Davet, 1996). Le terme de biopesticides se définit étymologiquement comme organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie. Ce terme doit être réservé aux agents biologiques de la lutte ou de contrôle des insectes, comme les arthropodes entomophages. La figure 7 nous présente les structures chimiques de quelques insecticides d'origine végétale (Regnault-Roger et al, 2002).



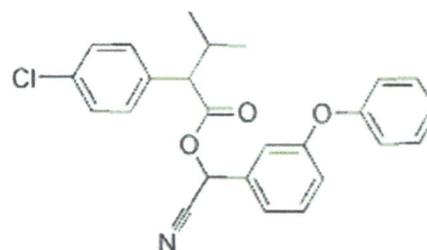
Téphrosine



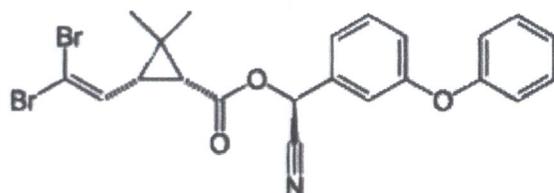
Roténone



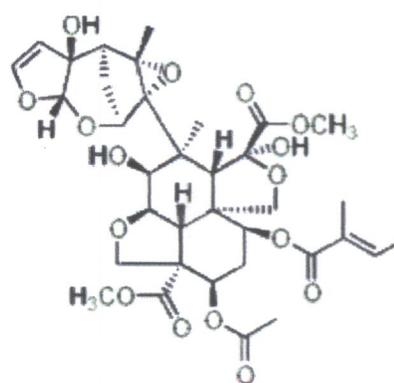
Pyréthrine



Fenvalérate



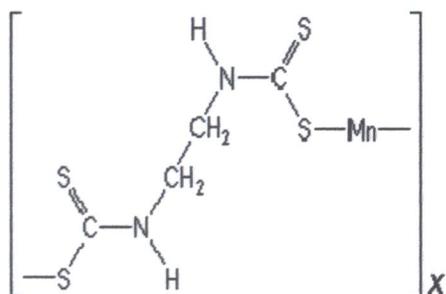
Deltaméthrine



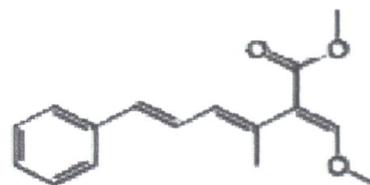
Azadirachtine

Figure 7 : Structure chimique de quelques insecticides d'origine végétale.

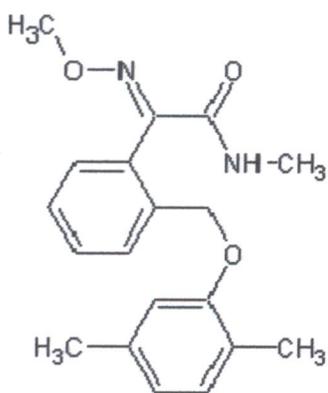
La lutte contre les organismes nuisibles aux cultures (ravageurs et maladies) ou pour contrôler les adventices est une étape essentielle dans les schémas de production végétale agricole. Elle fait aujourd'hui largement appel à une utilisation de produits phytosanitaires, comme exemple les fongicides agissant sur les processus respiratoires qui apportent de bénéfiques certains dans les systèmes de protection (Figure 8) (Regnault-Roger, 2005). La lutte intégrée combine différents moyens de lutte de façon à apporter des moyens supplémentaires et obtenir des résultats plus satisfaisants (Carretero-Canado et al, 2003).



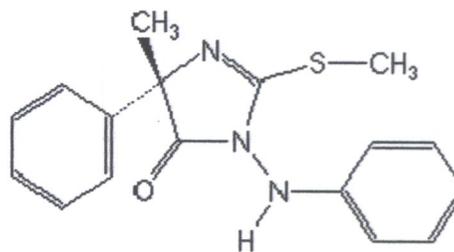
Manèbe



Strobilurine A



Dimoxystrobine



Fénamidone

(phéromones) ou des espèces différentes (molécules allélochimiques). Les molécules allélochimiques végétales exercent sur les insectes une grande variété d'effet classée selon leur mode d'action en substances défensives, toxiques, répulsives ou dissuadantes, inhibitrices de la digestion,...etc (**Regnault-Roger et al, 2002**). La sélectivité des produits phytosanitaires à l'égard des plantes cultivées résultent, au départ, des nombreux tests effectués avant leur agrégation et qui ont permis de les accepter pour des usages bien définis (**Semal, 1989**). Cette sélectivité peut pourtant être obtenue par plusieurs voies:

- Sélectivité physiologique, sélectivité écologique, sélectivité en améliorant l'application, sélectivité en utilisant le comportement (**Vincent et al, 2000**).

III.1.1.4. Spécificité

L'étude sur l'efficacité des fractions des plantes aromatiques démontrent qu'il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle ou pour un même composé (**Regnault-Roger et al, 2002**). Leur spécificité d'action sur le terrain, c'est-à-dire leur efficacité é à l'égard des organismes, nuisibles et leur action faible ou nulle à l'égard des ennemis naturels de ceux-ci, résulte notamment de la façon dont ils sont appliqués permettent aux molécules allélochimiques végétales d'agir à des moments déterminés sur les espèces ciblées (**Semal, 1989; Regnault-Roger et al, 2002**).

III.1.1.5. Biodégradabilité

Autrefois appelées composés secondaire des plantes, les molécules allélochimiques végétales appartiennent au métabolisme secondaire: polyphénols, terpènes, alcaloïdes ou glucosides cyanogénétiques. Ces composés sont facilement biodégradés par voie enzymatique. Toutefois, de nombreuses molécules allélochimiques sont répertoriées dans les pharmacopées et connues pour leurs activités pharmacologiques et thérapeutiques. Il conviendra cependant de sélectionner, par un usage phytosanitaire, des molécules qui ne manifestent pas d'effets secondaires indésirables pour la santé humaine (**Regnault-Roger et al, 2002**).

III.2. Recherche de phytoinsecticides à potentiel phytosanitaire

III.2.1. Intérêt d'une enquête ethnobotanique

Selon **Regnault-Roger et al (2002)**, la recherche de moyens de lutte efficace contre les insectes phytophages et les agents phytopathogènes se perdent « dans la nuit des temps ».

Actuellement, une des démarches les plus simples à observer pour identifier des végétaux sources potentielles de phytoinsecticides, est la réalisation d'une enquête ethnobotanique sur ces pratiques traditionnelles. Pour être exploitable, une bonne enquête ethnobotanique, doit toute fois donner, outre des informations socio-ethnologiques les précisions suivantes, indispensables pour la compréhension des conditions d'efficacité des plantes :

- l'état du végétal utilisé comme protecteur: son aspect et son état physique, son odeur, sa maturité au moment de la récolte, les conditions dans lesquelles il s'est développé ;
- les plantes que l'on veut protéger et les insectes visés: en effet, l'expérience démontre que les résultats obtenus avec un type d'insecte ne sont pas forcément reproductibles avec une autre espèce;
- les conditions dans lesquelles s'effectue cette protection: espace ouvert ou fermé, température, hygrométrie, photopériode, etc ;
- enfin, le type d'activité exercée par le végétal: effet insecticide effet répulsif, etc.

III.2.2. Choix des modèles biologiques

Plusieurs critères président au choix du modèle. On peut ainsi recréer une situation expérimentale, analogue à celle du terrain, dans laquelle un maximum de paramètres environnementaux, mais concernant aussi le développement physiologiques des organismes biologiques, est contrôlé. D'autres critères sont à prendre en considération: la connaissance de la physiologie de l'insecte et la maîtrise de son élevage, enfin l'intérêt économique du modèle choisi. Le premier modèle biologique retenu a été le bruche du haricot. Trois raisons ont présidé à ce choix :

- il s'agit d'un insecte très cosmopolite, qui infeste, outre sa plante-hôte l'haricot, d'autres Légumineuses originellement non-hôtes ;
- les travaux qui ont été consacrés à la physiologie de cet insecte, ont mis en évidence les étapes du cycle de reproduction ;
- l'enquête ethnobotanique avait souligné l'acuité du problème de la conservation des haricots dans notre région (**Regnault-Roger et al, 2002**).

III.2.3. Schéma expérimental

Les expérimentations sont naturellement selon des protocoles classiques vérifiant les critères scientifiques de pertinence et fiabilité des résultats obtenus ainsi que de reproductibilité (effectifs, témoins, répétitions, analyses statistiques, etc). En effet, indépendamment de la variabilité résultant des techniques d'extraction utilisées (pH, solvants, température, etc), le

profil phyto-chimique des végétaux n'est pas constant. Il est affecté par les conditions climatiques, pédologiques, le degré de maturité de la plante, l'intensité de son métabolisme, les chémotypes etc. Une fois connus les principes actifs, leur efficacité et les insectes-cibles, il faut passer du laboratoire au stade recherche et développement de l'industrie: essais en conditions d'exploitation, dossiers toxicologiques et écotoxicologiques, choix d'une stratégie commerciale, rentabilité du marché visé, etc (**Regnault-Roger et al, 2002**).

III.3. Activité insecticide des plantes aromatiques méditerranéennes

III.3.1. Mise en évidence des composés insecticides

Les Lamiaceae sont réputées pour leur richesse en huiles essentielles. Les toxicités des huiles essentielles, ainsi que celles des résidus botaniques, sont testées sur l'insecte modèle. On constate qu'outre les huiles essentielles, certains résidus de plantes hydrodistillées manifestent toujours une action toxique sur le coléoptère. Ainsi, les propriétés insecticides de ces plantes aromatiques ne sont pas le fait d'un seul composé (**Regnault-Roger et al, 2002**).

III.3.2. Activité des huiles essentielles et de leurs composés majoritaires, les monoterpènes

Différents travaux font référence à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs [5]. Les fonctions possibles des huiles essentielles sont multiples (protection contre les prédateurs de la plante, inhibition de la multiplication des bactéries et des champignons) (**Richter, 1993**). Les huiles essentielles sont des substances végétales principalement des terpènes, apparentés à l'éther, aux alcools et aux aldéhydes (**Lubinic, 2003**). Les monoterpènes sont issus de couplage de deux unités « isopréniques » (**Bruneton, 1993**). Les monoterpènes se représentent comme des hydrocarbures en C₁₀ (figure 9). Ils peuvent être acycliques, monocycliques, bicycliques (**Bruneton in Boussouf, 2006**). Des huiles essentielles ont été identifiées en quantité appréciable chez environ 60 familles tels que les Rutaceae, les Lauraceae, les Myrtaceae, etc (**Richter, 1993**). Les propriétés insecticides des huiles essentielles se manifestent sur de nombreux modèles. Sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae), leur toxicité s'exerce de plusieurs manières: une toxicité inhalatoire sur les insectes adultes, une action ovicide et larvicide et une activité antinutritionnelle pour les larves intracotylédoniennes (**Regnault-Roger et al, 2008**).

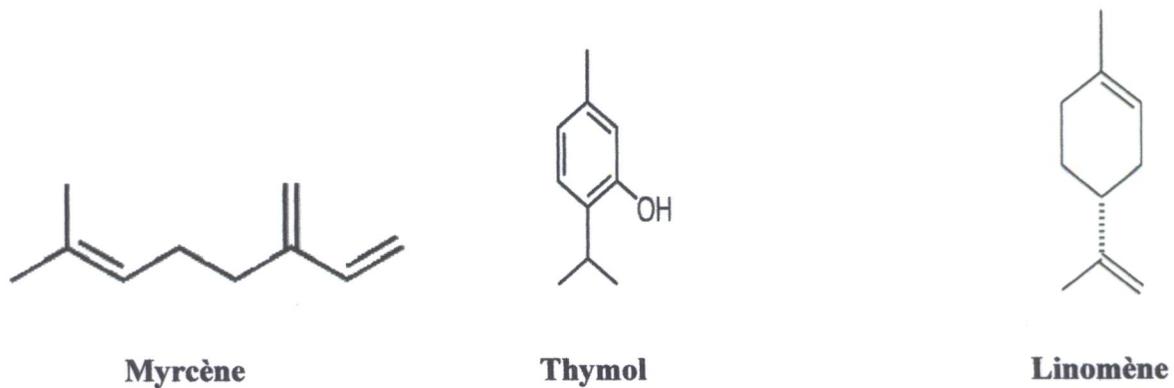


Figure 9 : Exemple de Monoterpènes.

III.3.2.1. Activités des polyphénols

L'analyse chromatographique des résidus botaniques hydrodistillés montre que de nombreux composés polyphénoliques, acides phénols et flavonoïdes, y sont identifiés. Parmi ceux-ci, l'acide rosmarinique et la luteoline 7-glucoside sont les composés les plus abondants (Regnault-Roger et al, 2008). Les principales familles des polyphénols présents dans les aliments sont les flavonoïdes et les acides phénoliques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

Ainsi les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques exercent une double activité :

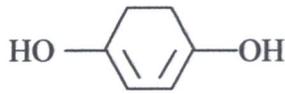
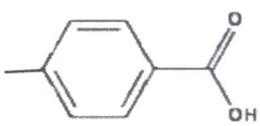
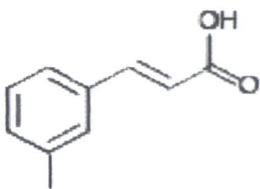
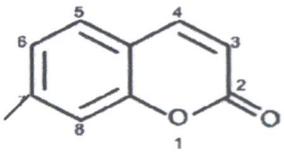
- Sur les adultes: par une action toxique rapide de type inhalatoire (monoterpènes) d'une part et par une action, qui concourt à l'activité insecticide de la plante aromatique (polyphénols) ;
- Sur les différentes phases du cycle reproductif: inhibition de la fécondité, activité ovicide et larvicide aux stades néonataux et ultérieurs (Regnault-Roger et al, 2002).

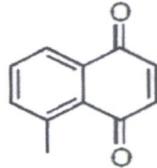
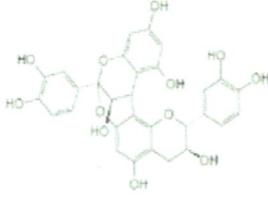
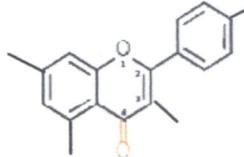
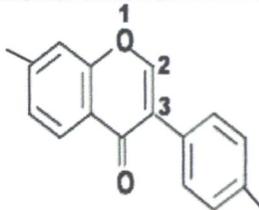
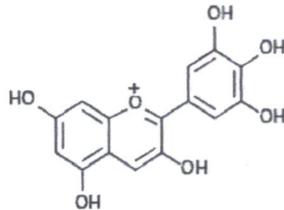
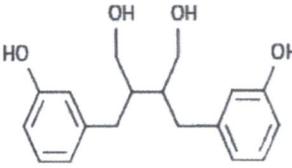
III.3.2.2. Contribution des polyphénols aux mécanismes de défense des plantes

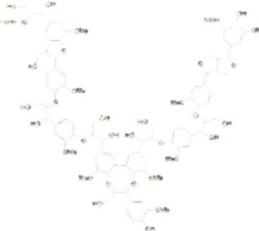
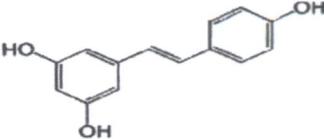
Les composés phénoliques, forment un grand groupe hétérogène de métabolites secondaires des plantes, ils sont très répandus dans le règne végétal, synthétisés par plusieurs voies, aux points qu'ils forment un très vaste ensemble de substances qu'il est difficile de définir simplement (Moudir, 2004). Les polyphénols communément subdivisés en phénols simples, acides phénols (dérivés de l'acide benzoïque ou cinnamique) et coumarines, en naphtoquinones, en stilbénoides, en flavonoïdes, isoflavonoïdes et anthocyanes et en formes polymérisées: lignanes, lignines, tanins condensés. Le tableau 3 nous présente un exemple des principales classes de

composés phénoliques (Hadj Salem, 2009). Les composés phénoliques jouent un rôle important dans les qualités sensorielles nutritionnelles des produits végétaux (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Aussi, la connaissance de leur mode d'intervention dans le phénomène de résistance des plantes et de leur mécanisme d'action vis-à-vis de micro-organismes phytopathogènes est d'une grande utilité pour la volarisation de ces molécules naturelles en tant que produits phytosanitaires biologiques.

Tableau 3 : Principales classes de composés phénoliques (Hadj Salem, 2009).

Composés phénoliques				
Squelette Carboné	Classe	Exemple	Formule	Origine
C ₆	<u>phénols simples</u>	Hydroquinone	HO —  — OH	Busserole
C ₆ -C ₁	<u>Acides Hydroxybenzoïques</u>	Acide p-hydroxybenzoïque		Epices, fraises
C ₆ -C ₃	<u>Acide Hydroxycinnamiques</u>	Acide p-coumarique		tomates, ail
	<u>Coumarines</u>	Ombélliférone		Carottes, coriandre

C_6-C_4	Naphtoquinones	Juglone		Noix
$(C_6-C_3-C_6)$	<u>Tanins condensés</u>	Procyanidol		Raisins, Kaki
				Fraises
	<u>Flavonoïdes</u>	Kaempférol		
				Graines de soja
$C_6-C_3-C_6$	<u>Isoflavonoïdes</u>	daidzéine		
				Raisin Cabernet-Sauvignon
	<u>Anthocyanes</u>	Delphinidol		
(C_6-C_3)	<u>Lignanes</u>	Entérodiol		Bactéries intestinales

(C ₆ -C ₃)	<u>Lignines</u>		Bois, fruits à noyaux	
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbénoides	Trans-resvératrol		Raisin

a. Mode d'action des polyphénols

Le mode d'action des polyphénols dans la résistance des plantes aux agressions parasitaires est multiple, on peut distinguer des effets antimicrobiens directs et effets indirect (Regnault-Roger et al, 2002).

a.1. Effets directs

La toxicité des composés phénoliques est couramment démontrée vis-à-vis de nombreux micro-organismes avec selon les cas, des effets biostatiques ou biocides. Ils traduisent notamment une action inhibitrice de l'activité des enzymes hydrolytiques parasitaires telle que les pectinases, les cellulases et les protéases (El Modafar et al, 2000). Les composés phénoliques peuvent également inhiber la production des enzymes hydrolytiques et la biosynthèse de toxines parasitaires (Regnault-Roger et al, 2002). D'autre part, des altérations membranaires et des inhibitions au niveau de la chaîne de transport des électrons ou de la biosynthèse d'ARN et d'ADN ont été signalées.

a.2. Effets indirects

➤ Oxydation en produits très toxiques

L'oxydation des composés phénoliques, particulièrement des ortho-diphénols, par les polyphénoloxydases et les peroxydases aboutit à des ortho-quinones fortement toxiques vis-à-vis de nombreux micro-organismes (El Modafar et al, 2000). En outre, les produits d'oxydation des phénols jouent un rôle important dans l'inactivation des enzymes lytiques produits par les micro-organismes en formant des liaisons covalentes. Les produits d'oxydations des phénols

interviennent encore dans la résistance de nombreuses plantes à des parasites vasculaires et parenchymateux (**Regnault-Roger et al, 2008**).

➤ **Renforcement des parois végétales**

Les polymères phénoliques (lignines et subérines) ne sont pas dégradés par la plupart des agents pathogènes, mis à part les champignons lignolytiques, agents de pourriture du bois.

Ils constituent ainsi des facteurs de défense en formant une barrière mécanique qui :

- protège les autres constituant de la paroi contre l'action des enzymes hydrolytiques des parasites ;
- empêche la diffusion des toxines du parasite vers l'hôte et le passage de l'eau et des nutriments des cellules hôtes vers les sites hébergeant l'agent pathogène ;
- forme dans les vaisseaux des dépôts empêchant la dissémination verticale des parasites vasculaires (**Regnault-Roger et al, 2002**).

➤ **Modulation et déclenchement de l'induction des mécanismes de défense**

Selon **Regnault-Roger et al (2002)** les polyphénols constituent des signaux moléculaires pouvant moduler, directement ou indirectement, diverses réactions associées à la défense de l'hôte telles que :

- la stimulation de l'activité de la phénylalanine ammonialyase (**PAL**) par les hydroxycoumarines et l'épicatéchine ;
- l'implication des composés phénoliques dans la régulation du métabolisme de l'auxine dont le rôle en pathologie végétale semble importante à plusieurs niveaux :
- stimulation de la production de l'éthylène qui constitue un éliciteur de nombreuses réactions de défense de la plante ;
- hypertrophie-hyperplasie des cellules entourant les sites infectés et accélération de la différenciation du cambium lors d'attaques par des parasites vasculaires, réactions qui tendent à isoler le parasite du reste de la plante ;
- stimulation de la production de résines chez les conifères ;
- formation de thylles chez les plantes attaquées par des parasites vasculaires.

b. Exemple du rôle des polyphénols dans la résistance du palmier dattier à la Fusariose

Le bayoud du palmier dattier, causé par *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis*, représente actuellement l'un des principaux facteurs limitant la survie de la plante.

➤ **Accumulation d'inhibitines et de postinhibitines**

La recherche du rôle des composés phénoliques solubles constitutifs des racines dans la défense de l'hôte a montré que l'acide caféoylshikimique représente le principal composé fongitoxique vis-à-vis de *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis*. Les teneurs en acide caféoylshikimique accumulées chez les cultivars résistants inhibent la croissance et le développement du pathogène alors que celles des cultivars sensibles ne présentent pas d'effet significatif (Regnault-Roger et al, 2002). L'acide caféoylshikimique inhibe directement et indirectement l'activité et la production des enzymes hydrolytiques de *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis* (El Modafar et al, 2000). L'implication de l'acide caféoylshikimique dans la stratégie de défense de l'hôte ne permet donc pas d'expliquer à elle seule la résistance du palmier dattier à la fusariose, suggérant ainsi l'existence d'autres composantes de défense constitutives ou induites.

➤ **Insolubilisation des phénols dans la paroi et intensification de la lignification**

L'implication des phénols pariétaux et de la lignine dans la résistance du palmier dattier au *Fusarium oxysporum f.so.albedinis* semble alors être liée à la rapidité et à l'intensité de leur accumulation à des doses importantes dans les premiers stades de l'infection (Regnault-Roger et al, 2002). Par ailleurs, les différents acides phénoliques manifestent un effet inhibiteur sur la croissance mycélienne et la production des hydrolases parasites. Le taux d'inhibition est variable selon la concentration, la structure et la nature des substituants des phénols notamment l'hydroxylation et la méthylation. La résistance des parois du palmier dattier aux enzymes hydrolytiques de *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis* peut donc être liée, au moins en partie, à l'intervention des phénols pariétaux et de la lignine qui constituent une composante de défense de l'hôte, ces mécanismes peuvent être distingués en deux types :

- mécanismes mécaniques (lignine, phénols estérifiés à la paroi) qui limitent l'action des hydrolases parasites sur la paroi végétale de l'hôte ;
- mécanismes chimiques (acide caféoylshikimique, phytoalexines, phénols pariétaux) qui inhibent la croissance et le développement de parasite ainsi que l'activité et la production de ses enzymes pectinolytiques, cellulolytiques et protéolytiques.

L'induction de ces mécanismes de défense est précoce et intense chez les cultivars résistants lorsqu'elle est tardive et faible chez les cultivars sensibles. Tous ces mécanismes biochimiques induits chez le palmier dattier dépendent du niveau de l'activité de la phénylalanine ammonialyase (PAL) (Figure 10) (Regnault-Roger et al, 2002).

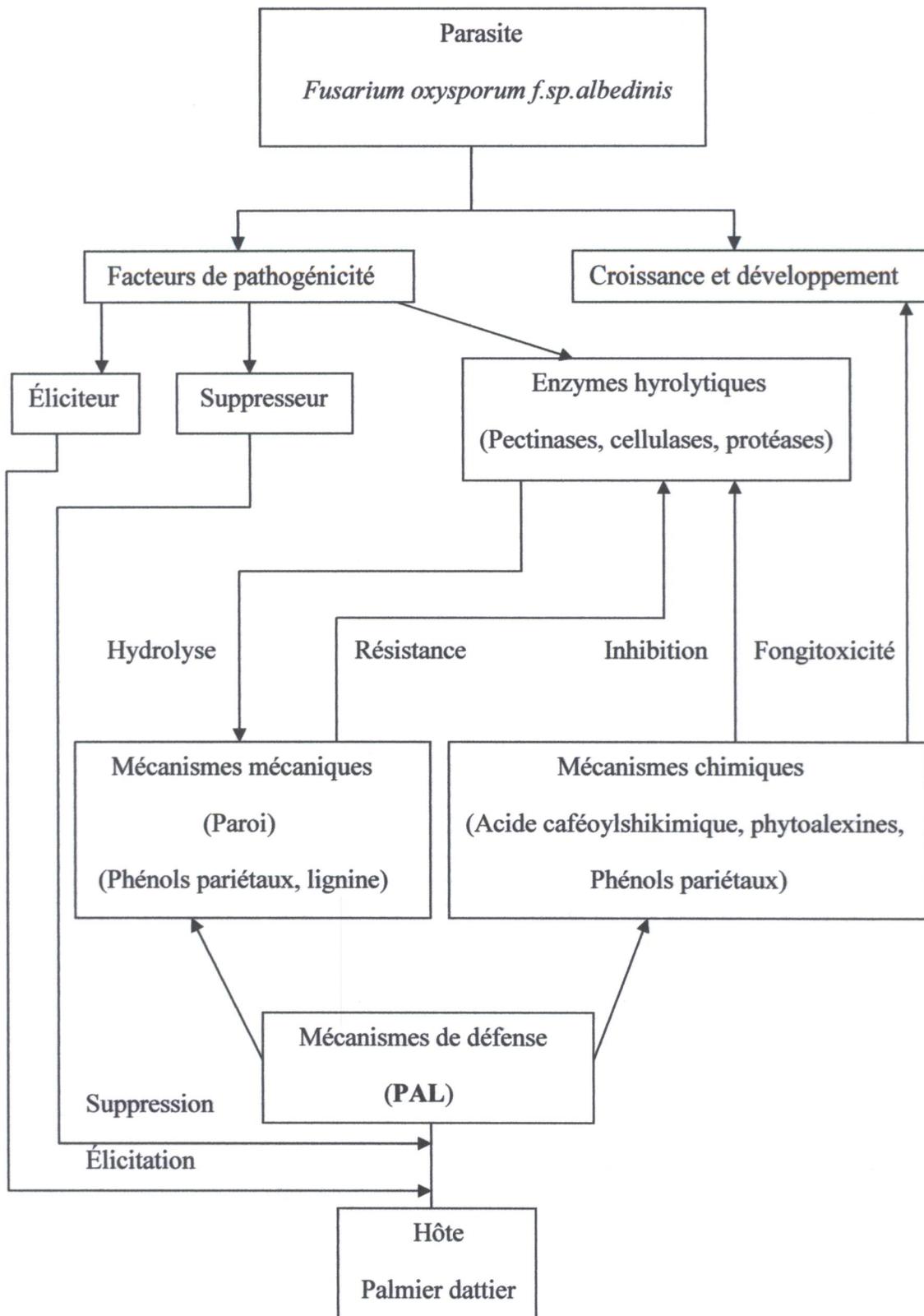


Figure 10: Relations intermoléculaires des interactions hôte-parasite dans le couple palmier dattier-*Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* (Regnault-Roger et al, 2002).

Chapitre IV

**Exemples de pesticides dans la protection des
végétaux**

IV.1. Introduction

Les maladies fongiques susceptibles d'affecter les céréales à paille sont provoquées essentiellement par des champignons se rattachant aux Ascomycètes (fusariose, helminthosporiose, oïdium, piétin échaudage, piétin verse, septoriose) ou aux Basidiomycètes (caries, charbons, rouilles, rhizoctone) (Couvreur, 2002).

Selon Feillet (2000), le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*), mais il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (blés diploïdes: génome AA ; blés tétraploïdes: génomes AA et BB; blés hexaploïdes: génomes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosomes (14, 28, 42).

Classification du blé

Règne: Plantae

Sous-règne: Tracheobionta

Division: Liliopsida

Sous-classe: Commelinidae

Ordre: Cyperales

Famille: Gramineae, Poaceae

Sous-famille: Pooideae, Festucoideae

Tribu: *Triticeae aveneae*

Sous-tribu: Triticineae

Genre: *Triticum*

Espèces : *Triticum aestivum*, *Triticum durum*

Le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement. Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies. En effet, des prospections faites dans certaines régions du Maroc indiquent le risque d'un développement épidémique éventuel des septoriose et de la rouille brune dans ces localités, si les mesures d'intervention ne sont pas prises à temps. Les maladies induites peuvent être contrôlées efficacement si elles sont identifiées à temps. En effet, les agents pathogènes

responsables de maladies cryptogamiques du blé provoquent des symptômes qui leur sont spécifiques. De ce fait, il est important de les reconnaître (Ezzahiri, 2001).

IV.2. Les maladies du blé

Il existe plusieurs maladies du blé, les principales sont les suivantes :

IV.2.1. Oïdium

Selon la figure 11, l'oïdium peut être présent à la base des tiges, mais c'est son évolution sur feuilles supérieures qu'il faut surveiller (Couvreur, 2002). Cette maladie se manifeste par un feutrage blanc superficiel essentiellement sur feuilles et sur graines. L'humidité de l'air est le facteur le plus important pour son développement et cette maladie se manifeste surtout en périodes sèches. L'oïdium peut se développer dès 2 °C et la température de croissance optimale est assez basse (15°C). Les apports tardifs d'azote, les densités fortes maintenant une humidité dans la végétation (90 à 95 %) favorisent le développement de l'oïdium (Bégos, 2005; [6]). L'agent pathogène responsable de l'oïdium du blé est *Erysiphe graminis* (Anonyme, 2000).

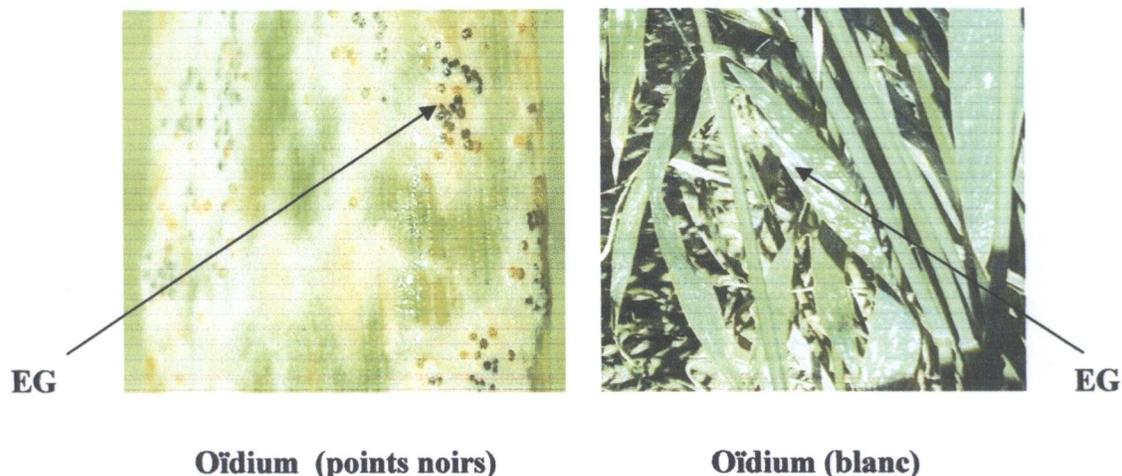


Figure 11: L'oïdium du blé. EG : *Erysiphe graminis*. La flèche indique la maladie.

➤ Les symptômes

- L'oïdium se développe en parasitant la plante hôte et produit un filament mycélien blanchâtre à la surface des feuilles, observable à la loupe.
- Pustules duveteuses et périthèces (points noirs) d'oïdium vieillissant sur feuille.
- Les symptômes disparaissent avec de fortes précipitations, ne laissant ainsi que des taches brunes; dans ces conditions, l'inoculum n'est plus présent sur les feuilles.

➤ **Les traitements**

- La lutte fongicide permet globalement une bonne maîtrise dès lors que les traitements sont effectués dès les premières manifestations de la maladie, à partir du stade 1 à 2 nœuds avec des produits efficaces (quinoxifen, fenpropidine, fenpropimorphe, krésoxim-méthyl)[6].
- T1 correspond à une association simple à base de cyprodinil ou de prochloraze et un anti-septoriose de type triazole ou strobilurine à dose réduite.
- T2 est réalisé sur feuilles avec une association de strobilurine - triazole et une dose totale assez élevée (50 à 100%) pour prolonger au maximum la protection. Ce type de programme à deux applications est réalisé sur blé tendre. Il est essentiel de bien respecter un délai maximum de 28 jours entre les deux interventions (**Couvreur, 2002**). L'oïdium est spectaculaire incitant facilement à intervenir tôt avec un traitement fongicide spécifique. La plupart du temps une telle intervention s'est révélée inutile. Un traitement contre cette maladie ne doit être envisagé que lorsque les dernières feuilles complètement formées sont contaminées. Il faut suivre l'évolution de la maladie. L'oïdium qui reste dans les étages inférieures ne doit pas être traité (**Moreau, 2008**).

IV.2.2. Les rouilles du blé

Il existe trois espèces de rouilles qui s'attaquent au blé à savoir la rouille brune, la rouille jaune et la rouille noire (figure 12). Ces espèces de rouille s'attaquent aussi bien au blé tendre qu'au blé dur. Concernant leur importance relative, la rouille brune est la plus répandue dans sa distribution, alors que la rouille noire est la plus dévastatrice quand elle se développe. La rouille jaune est limitée au climat tempéré froid et aux zones d'altitude.

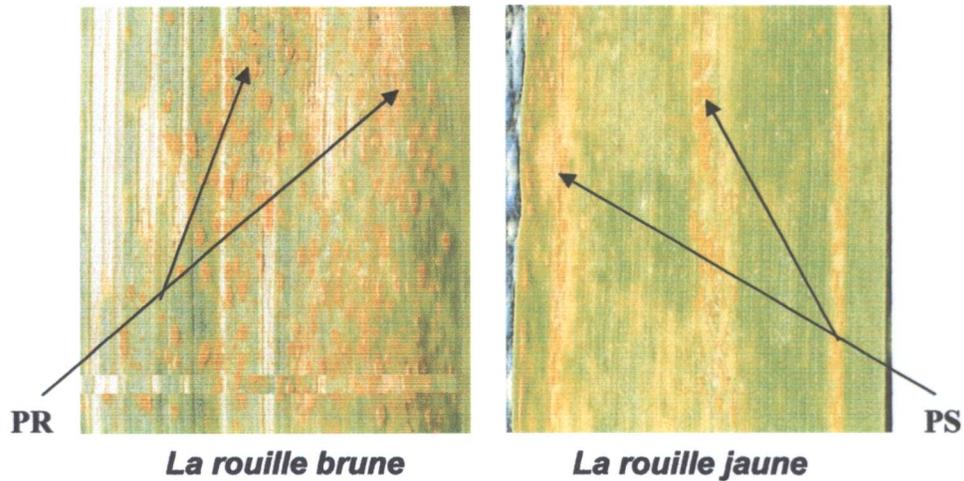


Figure 12: Les rouilles du blé (brune et jaune). PS: *Puccinia striiformis f. sp. Tritici* ; PR: *Puccinia recondita f.sp.Tritici*. La flèche indique la maladie.

IV.2.2.1. La rouille brune

Elle est caractérisée par des pustules de petite taille, circulaires ou ovales, oranges ou brunâtres. Elles apparaissent de préférence sur la face supérieure des feuilles (figure 12). L'agent pathogène responsable de la rouille brune du blé est *Puccinia recondita f.sp.Tritici*. (Ezzahiri, 2001; Horner, 2010).

➤ Les symptômes

- Pustules de rouille brune éparses sur feuille de blé.
- Ces pustules déchirent la surface foliaire et libèrent une poudre brune (des spores) disséminées par le vent.
- Selon les circonstances (climat ou résistance variétale), des auréoles chlorotiques peuvent apparaître autour des pustules.
- En fin d'attaque apparaissent des pustules noires à la place des pustules brunes : c'est le début de la phase sexuée.

➤ Les traitements

- Lorsque les conditions climatiques lui sont favorables, la maladie peut se développer de manière « explosive ». Des applications avec des produits efficaces (strobilurines et triazoles) réalisées préventivement à l'apparition des premières pustules sur la 3^{ème} feuille contrôleront facilement la maladie. La connaissance de la sensibilité variétale et les observations sur le terrain aident à déterminer les dates d'intervention.

- L'utilisation du modèle de prévision positif peut aider à la décision de traiter, et à évaluer le positionnement optimal du produit. La décision de traiter et le choix du produit doivent tenir compte de l'ensemble des maladies pouvant être présentes à ce stade sur la céréale ([7]; Couvreur, 2002).

IV.2.2 .2. La rouille jaune

Cette espèce est caractérisée par des pustules jaunâtres, alignées le long des nervures des feuilles sous forme de stries. Les pustules se développent aussi sur les épis. La maladie est plus fréquente en zone littorale et sur variétés sensibles (Autan, Baltimor Cézanne, etc). L'agent pathogène responsable de la rouille jaune du blé est *Puccinia Striiformis* (figure 12) (Ezzahiri, 2001; Couvreur, 2002; Horner, 2010).

➤ **Les symptômes**

- La rouille jaune provoque dans un premier temps des chloroses à partir desquelles apparaîtront les pustules.
- Disposées sous formes de stries linéaires parallèles aux nervures des feuilles, ces pustules libèrent une poudre jaune orangée (des spores). Ces spores assurent la dissémination locale de la maladie de plante à plante.
- Les attaques sévères conduisent à la chlorose et finalement la nécrose des feuilles.

➤ **Les traitements**

- Cette maladie peut se développer rapidement dans une parcelle. Elle peut être présente à des stades précoces de la céréale (stades redressement à 1 nœud). Par sa gravité, elle nécessite d'être stoppée avec des produits ayant une bonne curativité et persistance d'action. Le traitement sera effectué dès l'apparition des premiers foyers dans la parcelle.
- La décision de traiter et le choix du produit doivent tenir compte de l'ensemble des maladies pouvant être présentes à ce stade sur la céréale [7].

IV.2.3. Helminthosporiose

La maladie se manifeste sur les feuilles et les graines sous forme de tâches losangiques ou allongées de couleur brune violacée (figure 13). L'agent pathogène est *Pyrenophora tritici repentis* se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus du blé infecté à la surface du sol. Sur les chaumes, les périthèces (structures de reproduction sexuée) et le

mycélium constituent la principale source d'inoculum primaire. En présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. Les deux types de spores sont disséminés pour initier l'infection primaire. Les pertes de rendement causées par cette maladie varient avec les conditions climatiques, la sensibilité de la variété et le stade de la culture au moment de l'attaque. Ces pertes peuvent atteindre 30 % quand la maladie est présente tout au long du cycle de la culture, et entre 10 à 15 % quand elle attaque aux stades tardifs seulement (Ezzahiri, 2001; Cottart, 2008).

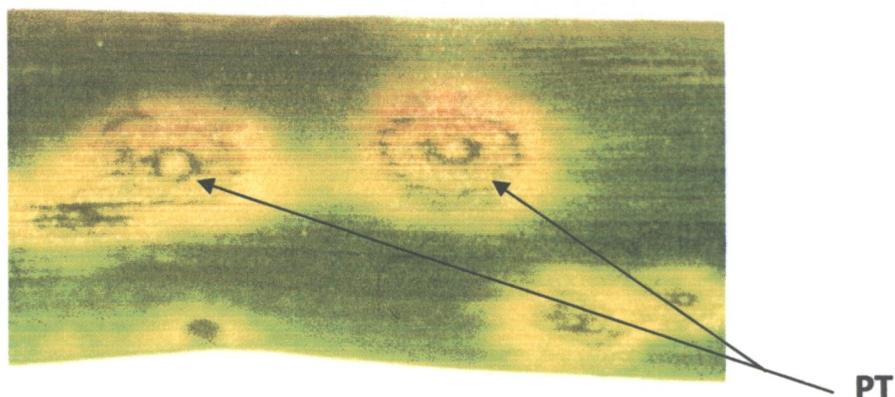


Figure 13: Helminthosporiose du blé. PT : *Pyrenophora tritici repentis*. La flèche indique la maladie.

➤ **Les symptômes**

- Maladie principalement foliaire dont les symptômes se caractérisent par des tâches brunes, rondes ou ovales, accompagnées d'un halo de chlorose et qui peuvent s'étendre jusqu'à former un réseau nécrotique et chlorotique.
- Des confusions sont possibles avec des tâches physiologiques.

➤ **Les traitements**

- Une fois la maladie diagnostiquée sur la parcelle, l'application d'une association triazole et strobilurine en T2 ou T3 donne les meilleurs résultats. Des solutions à base de prothioconazole sont efficaces sur cette maladie [7].

IV.2.4. La fusariose sur épi

La fusariose sur épi du blé s'exprime après la floraison par des épis partiellement ou complètement échaudés. Parfois, une couche duveteuse grise, blanche ou rosâtre s'étend sur les glumes et sur les grains (figure 14) (Stäubli, 2005; Rioux et Breault, 2009). La qualité d'application des produits dépend des conditions atmosphériques, notamment de la température, du vent et de l'hygrométrie. Il conviendra de privilégier une hygrométrie élevée (> 60 %), des températures inférieures à 25 °C et traiter en absence de vent pour éviter les phénomènes de dérive (Leclaire, 2009).



Figure 14: La fusariose du blé. FR: *Fusarium roseum*. La flèche indique la maladie.

➤ Les symptômes

- Dans un premier temps, des tâches claires à liseré violet apparaissent sur les glumes. Sur les parties attaquées, des colorations roses sur les glumes peuvent apparaître, ce sont des amas de spores.
- La maladie provoque ensuite le blanchiment de l'épillet, et ensuite un dessèchement de la partie supérieure de l'épi.
- Si l'attaque est précoce, les grains fusariés sont maigres et ridés [7]

➤ Les traitements

- La lutte fongicide contre la fusariose se raisonne en fonction du risque fusariose parcellaire et du risque climatique.

- Si un traitement est prévu, le choix du produit doit dépendre du risque encouru (*Fusarium roseum* ou *Microdochium nivale*) et de la présence d'autres maladies du feuillage.
- Pour lutter contre les *Fusarium roseum* producteurs de mycotoxines, seul un triazole efficace (prothioconazole ou tébuconazole par exemple) utilisé à 80 % de la dose homologuée et non mélangé doit être utilisé.
- L'adjonction d'une strobilurine perturbe la compétition entre les champignons au sein de l'épi et conduit généralement à une moindre réduction de mycotoxines.
- Le prothioconazole présente l'avantage d'être aussi efficace sur *Fusarium roseum* que sur *Microdochium nivale*, deux groupes de champignons responsables de la fusariose des épis.
- L'application doit être effectuée idéalement au stade apparition des étamines, stade auquel l'efficacité du produit sera la plus grande.
- La pulvérisation sera effectuée avec un volume suffisant pour couvrir l'épi (150 l/ha) [7].

IV.3. Quelques exemples de pesticides utilisés dans la lutte contre les déprédateurs des agrumes en Algérie

En Algérie, les pesticides sont utilisés pour la lutte contre les cochenilles, la cératite, les pucerons, les aleurodes et la mineuse.

IV.3.1. Lutte contre la cératite

Deux méthodes sont appliquées pour lutter contre la cératite : la voie aérienne et la voie terrestre (Anonyme, 1984_a). La voie terrestre est la plus utilisée dans les wilayas de Jijel et de Bejaia. Elle consiste à traiter les variétés précoces d'oranges comme la *Tomson navel* et la *Washington navel*, avec des pulvérisateurs à dos ou mécanique. La voie aérienne est réservée pour le traitement des variétés tardives d'oranges, ainsi que les mandariniers et les clémentiniers. Les principaux insecticides employés pour le traitement contre *Ceratitis capitata* sont regroupés dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Principaux insecticides utilisés en Algérie pour le traitement des agrumes contre la cératite

Matière active	Dose (l / ha)	Concentration (%)
Chloropyriphos	0,6	50
Phosphamides	0,6	100
Formathion	1,0	30
Malathion	1,0	50

D'après (Anonyme, 1984_b)

En cas d'utilisation de vieux stokes, il faut impérativement augmenter la dose.

IV.3.2. Lutte contre les cochenilles

Les pesticides les plus couramment utilisés dans la lutte chimique contre les cochenilles sont mentionnés dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5: Pesticides employés en Algérie pour le traitement des agrumes contre les cochenilles

Matière active	Dose (ml / hl d'eau)	Concentration (%)
Chlorpyriphos	150	48
Méthidathion	150	40
Ométhoate	140	59
Penthoate	120	56

D'après (Anonyme, 1984_c)

A noter que les produits cités précédemment doivent être pulvérisés de façon très abondante.

IV.3.3. Lutte contre les pucerons

Au début de l'attaque, on traite seulement le foyer infesté, mais si l'attaque est généralisée, il faut alors traiter toute la culture. Les produits chimiques employés pour lutter contre le puceron sont regroupés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Principaux produits dans la lutte contre les Pucerons

Matière active	Dose (ml ou g / hl d'eau)	Concentration (%)
Bromophos	100	40
Chlorpyriphos	125	48
Dichlorvos	200	50
Fenthrothion	100	50
Pyrimicarbe	75 g	50

D'après (Anonyme, 1984_d)

Le bromophos et le chlorpyriphos sont utilisés 7 jours avant la récolte, le dichlorvos 5 jours et le pyrimicarbe 14 jours.

IV.3.4. Lutte contre les aleurodes

Les produits chimiques utilisés pour traiter les agrumes contre les aleurodes sont mentionnés dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7: Principaux insecticides utilisés pour le traitement des agrumes contre les aleurodes en Algérie

Matière active	Dose (ml / d'eau)	Concentration
Méthidathion	150	40
Ométhoate	140	58
Chloropyriphos	150	48
Delthaméthrine	50	50
Cyperméthrine	100	5
Mévinphos	500	10
Vamidathion	125	40

D'après (Anonyme, 1984_e)

IV.3.5. Lutte contre la mineuse

Selon **Bouzouane in Boulmaiz et Chekroud (2001)**, la lutte chimique est indispensable pour protéger les pousses du printemps et automne. Elle doit viser les larves avant la dernière mue. Trois traitements sont nécessaires: le premier au printemps, le second en été et le troisième en automne. Les pulvérisations doivent être appliquées dès l'ouverture des bourgeons et avant que les feuilles tendres ne dépassent les 3 cm de longueur; si la mineuse est au stade chrysalide, il faut attendre alors la prochaine poussée de sève. Le tableau suivant nous illustre les principaux insecticides employés contre la mineuse.

Tableau 8 : Principaux insecticides employés pour le traitement des agrumes contre la mineuse en Algérie

Matière active	Dose (ml ou g / hl d'eau)	Concentration
Ométhoate	100	50%
Thrichlorfon	400	80%
Diméthoate	75	40%
Formothion	100	33%

D'après Bouzouane in Boulmaiz et Chekroud (2001)

En fin, il faut noter que depuis la seconde guerre mondiale, les pesticides ont été considérés comme le moyen le plus efficace pour contrôler les organismes nuisibles pour l'agriculture. Cependant, plusieurs inconvénients ont été remarqués à savoir la pollution de l'environnement et la présence de résidus toxiques dans les récoltes ce qui constitue un danger pour la santé humaine (**Vincent, 1992**). Pour cela d'autres méthodes de lutte basées sur les concepts écologiques ont été proposés pour remédier à la lutte chimique, parmi ces méthodes nous pouvons citer entre autre les façons culturales, les phéromones sexuelles, la stérilisation des mâles, mais surtout la lutte biologique.

Conclusion

Conclusion

Les progrès dans la protection des plantes ont largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production. Les pesticides chimiques de synthèse, faciles d'accès et d'emploi, relativement peu chers, se sont révélés très efficaces et fiables dans un nombre important de cas, sur de grandes surfaces.

Il est donc important de promouvoir l'utilisation raisonnée des pesticides et à mettre au point des outils d'aide à la décision dans ce domaine. Ce raisonnement de l'emploi des pesticides peut conduire à supprimer quelques traitements systématiques, mais c'est surtout le raisonnement du choix des produits utilisés, des doses et des conditions d'application qui est susceptible de réduire significativement les quantités utilisées. Cependant, cette démarche apparaît limitée tant que l'on reste dans des systèmes de culture générant des risques phytosanitaires importants.

Le raisonnement des traitements ne constitue qu'une phase transitoire dans une stratégie de réduction du recours aux pesticides, dans la mesure où le maintien de la pression des bio-agresseurs peut menacer sa durabilité. Ainsi, les agriculteurs sont demandeurs de techniques alternatives à l'emploi des pesticides qui soient aussi faciles à utiliser, efficaces et bon marché que les traitements phytosanitaires, plus durables techniquement, et qui ne remettent pas en cause leurs objectifs de rendement élevé.

En perspective, il serait donc question d'agir de façon réfléchie et raisonnée en vue de dresser un état des lieux des connaissances sur lesquelles pourraient se fonder des actions visant à réduire le niveau actuel d'utilisation des pesticides et leurs impacts environnementaux sachant que plusieurs raisons concourent à la nécessité et aux difficultés de réduire l'utilisation des pesticides d'une part par la prise de conscience par la société des impacts négatifs des produits phytosanitaires sur l'environnement, voire sur la santé humaine et d'autre part par le renforcement des réglementations pour encadrer l'homologation et l'utilisation des pesticides et pour limiter les contaminations de l'environnement par ces produits.

Le raisonnement des traitements ne constitue qu'une phase transitoire dans une stratégie de réduction du recours aux pesticides, dans la mesure où le maintien de la pression des bio-agresseurs peut menacer sa durabilité.

Références bibliographiques

ACTA, 2006 – Index phytosanitaire. Action de Coordination des Techniques Agricoles, 42^{ème} édition, Paris.sp.

Allal - Benfekih, L. 2006 - Recherche quantitative sur le criquet migrateur, *Locusta migratoria* dans le Sahara Algérien : perspective de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse Doctorat. Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Algérie, 150p.

Anonyme, 1984_a - les pucerons. Bulletins phytosanitaires. Avertissement agricoles, 30 : 35-36.

Anonyme, 1984_b - La cératite des agrumes, *Ceratitis capitata*. Bulletins phytosanitaires. Avertissements agricoles, 38 : 50-52.

Anonyme, 1984_c - Les cochenilles des agrumes. Bulletins phytosanitaires. Avertissements agricoles, 41 : 61-62.

Anonyme, 1984_d Les araignées des arbres fruitiers. Bulletins phytosanitaires. Avertissements agricoles, 51 : 73-74.

Anonyme, 1984_e - Les Aleurodes. Bulletins phytosanitaires. Avertissements agricoles, 58: 85-87

Anonyme, 2000 - Directives sur la bonne pratique phytosanitaire. Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la protection des plantes, Paris, pp 1-15.

Anonyme, 2003 - Des chiffres porteurs d'avenir. Institut du végétal, Arvalis, sp.

Anonyme, 2006 - Les dossiers de l'Institut français de l'Environnement, n° 5. sp.

Anonyme, 2007 - les pesticides. Observatoire régional de la santé, Rhône-Alpes, 20p.

Anonyme, 2010 - L'utilité des produits phytopharmaceutiques. Union des industries de la protection des plantes, France, sp.

Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S. et Voltz, M. 2007 - Pesticides, agriculture et environnement. Ed. Quae, 119p.

Barthélemy, P., Boisgontier, D., Jouy, L. et Lajoux, P. 1990 - Choisir les outils de Pulvérisation. Institut Techniques des Céréales et des Fourrages, Paris, 160p.

Begos, P. 2005 - Reconnaître les maladies des céréales. Paysan Breton, fichier PDF, sp.

Blot, K. 2001 - Détermination des paramètres permettant d'identifier les produits phytosanitaires susceptibles d'avoir des impacts sur la santé publique les plus importants en France. Mémoire de fin d'Etudes, formation des ingénieurs du génie sanitaire, 65p.

Bouchon, C. et Lemoine, S. 2003 - Niveau de contamination par les pesticides des chaînes trophiques des milieux marins. Côtiers de la Guadeloupe et recherche de biomarqueurs de génotoxicité. Université des Antilles et de la Guyane, Laboratoire de Biologie Marine, 70p.

Boulmaiz, N. et Chekroud, Z. 2001 - La lutte contre les ravageurs des agrumes. In la mineuse des feuilles des citrus, *phyllocnistis citrella*, **Bouzone**. Institut nationale de la protection des végétaux. Alger, 10p.

Boussouf, L. 2006 - Effet des extraits de certaines plantes aromatiques sur les germes pathogènes isolés à partir de produits pathologiques des animaux domestiques. In Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, **Bruneton, J.** Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, 915p.

Bouvier, G. 2005 - Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides. Thèse Doctorat. Université Rene Descartes, Paris, 183p.

Bruneton, J. 1993 - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, 915p.

Calvet, Ch. 1980 - Manuel de Protection des végétaux. Ed. Baillière, Paris, 198p.

Calvet, R., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P., Charnay, M.P. et Coquet, Y. 2005 - Les pesticides dans le sol. Conséquences agronomiques et environnementales. Ed. France Agricole, 637p.

Carretero-Canado, I., Doussinague, C. et Villena-Fernandez, E. 2003 - Technicien en Agriculture. Cultural, S-A, T. I, Espagne, 281p.

Chebab, S. 2008 - Etude du stress oxydatif secondaire à la contamination potentielle des eaux d'alimentation de la ville de Jijel par les pesticides. In Neuropsychologic effets of long-term exposure to pesticides : result the French Phytoner study. **Baldi, I., Filleul, L. et Brahim, M.B.** Environ Health Perspect. 109: 839-844.

Cottart, J. 2008 - Lutte contre les maladies du blé : 8 exemples de stratégies régionales. Institut du végétal, Arvalis, pp 3-14.

Couvreur, F. 2002 - Fongicides des céréales et protéagineux. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris, 216p.

Davet, P. 1996 - Vie microbienne du sol et protection végétale. INRA, Paris, 383p.

Domange, N. 2005 - Etude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin versant viticole (Rouffach, Haut-Rhin). Thèse Doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg I, 327p.

Efthymiou, M.L. 1996 – Données pratiques sur la toxicité des pesticides : Toxicité des insecticides. ISBN. Paris. sp.

El Bakouri, H. 2006 - Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les eaux par utilisation des substances organiques naturelles (S. O. N). Thèse Doctorat. Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des sciences et techniques, Tanger, 200p.

El Modafar, C., Tantaoui, A. et El Boustani, E. 2000 - Effect of caffeoylshikimic acid of date palm roots on activity and production of *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* cell-wall-degrading enzymes. J. Phytopathol, 300p.

El Mrabet, K. 2008 - Laboratoire National de métrologie et d'essais. Paris, 15p.

Ezzahiri, B. 2001 - Transfert de technologie en Agriculture. Bull. Inst. Agro. Veter, Rabat, 77: 1- 4.

Feillet, P. 2000 - Le grain de blé, composition et utilisation. INRA, Paris, 308p.

Flogeac, K. 2004 – Etude de la capacité de rétention de produits phytosanitaires par deux solides modèles des sols. Influence de la présence des cations métalliques. Thèse de doctorat, Université de Reims, France, pp: 20.

Garon-Boucher, C. 2003 – Contribution à l'étude du devenir des produits phytosanitaires lors d'écoulements dans les fosses : caractérisation physico-chimique et hydrodynamique. Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier, Grenoble.

Giroux, I. 2004 – La présence des pesticides dans l'eau en milieu agricole au Québec. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état l'environnement, 40p.

- Hadj-Salem, J. 2009** - Extraction, Identification, Caractérisation des Activités Biologiques des Flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés Acyles de ces molécules par voie enzymatique. Thèse Doctorat. Institut National polytechnique de Lorraine, 251p.
- Horner, M. 2010** - Stratégie fongicide dans les céréales, quelques réflexions et recommandations. Service de l'agriculture, Office phytosanitaire cantonal, pp 1-3.
- Idrissi, M., Ait Daoud, N. et Soulaymani-Bencheikh, R. 2010** - Le laboratoire du centre Anti Poisson du Maroc, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail- kénitra, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat, 16p.
- Index phytosanitaire, 2003** – Association de Coordination Technique Agricole, Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement, Algérie, 39^e édition.
- Leclair, J.M. 2009** - Pulvérisation et qualité d'application des anti-fusarioses sur épis de blé. Petit guide pour mieux comprendre, Lyon, 27p.
- Leonard, A. 1990** - Les Mutagènes de l'Environnement et leurs effets biologiques. Ed. Masson, Paris, 306p.
- Lepoivre, P. 2003** - Phytopathologie. Ed. De Boeck & Larcier, Belgique, 427p.
- Lichou, J., François, J.M. et Breniaux, D. 2001** - Protection intégrée des fruits à noyau. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 271p.
- Liu, B., Gao, H.M. et Hong, J.S. 2003** – Parkinson's disease and exposure to infections agents and pesticides and the occurrence of brain injuries: role of neuroinflammation. Environ Health Perspect, 111: 1065-1073.
- Louis, C. 1994** – Qualité de l'environnement, pesticides et pratiques agricoles. Enjeux et contradictions des procédures du contrôle. Ed. INRA, pp : 65 – 72.
- Lu, F.C. 1992** - Toxicologie. Données générales, procédures d'évaluation organes cibles, évaluation du risque. Ed. Masson, Paris, 361p.
- Lubinic, E. 2003** - Manuel pratique. Aromathérapie, les huiles essentielles et leur utilisation. Ed. Vigot, 278p.
- Manfred, M. et Nicole, M. 2000** - Précis des risques alimentaires. Ed. TEC & DOC, Paris, 378p.

- Montigaud, I. et My, J. 1993** - Produire pour nourrir les hommes, protéger pour produire : une nouvelle évaluation des pertes aux ennemis des cultures dans le monde. Défense des végétaux, Phytoma, 268p.
- Montigaud, I. et My, J. 1994** - Produire pour nourrir les hommes, protéger pour produire : le cotonnier, la pomme de terre, le soja, le caféier victimes de leurs ennemis. Défense des végétaux, Phytoma, pp 457-467.
- Moreau, J.M. 2008** - Livre Blanc « Céréales ». F. U. S. A. et CRA-W, Gembloux, pp 29-39.
- Moudir, N. 2004** - Les polyphénols de propolis Algérienne. Thèse Doctorat, Université Mohamed Boudiaf, Faculté des sciences et sciences de l'Ingénieur, M'Sila, 82p.
- Ngô, C. Regent, A. 2004** – Déchets et pollution. Impact sur l'environnement et la santé. Ed. Dunod, Paris, 134p.
- Nicolino, F. et Veillerette, F. 2006** - Pesticides révélation sur un scandale Français. Institut France de l'Environnement. Ed. Fayard, France, 384p.
- Oturan, M.A. et Mouchel, J.M. 2007** – Pesticides : impacts environnementaux, gestion et traitements. Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, Paris, 333p.
- Pogodine, J.M. et Preston-Martin. 1997** – Household pesticides and risk of pediatric brain tumors. Environmental health perspectives, 105 (11): 1214-1220.
- Ramade, F. 2007** – Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 618p.
- Regnault-Roger, C. 2005** – Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 1013p.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. JR. et Vincent, Ch. 2002** – Biopesticides d'origine végétale. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 337p.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. JR. et Vincent, Ch. 2008** – Biopesticides d'origine végétale. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 546p.
- Richter, G. 1993** – Métabolisme des végétaux, physiologie et biochimie. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Lausanne, 526p.

- Rioux, S. et Breault, J. 2009** – Les principales maladies des céréales et du soya au Québec. Agr. Ph. D, phytopathologiste, CÉROM, MAPAQ, Québec, 41p.
- Robert, M. 1996** – Le sol. Interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Ed. Masson, Paris, 241p.
- Roula, M. 2009** – Evaluation du risque de contamination des légumes par les résidus des pesticides. In SPME method development for headspace analysis of volatile flavor compounds, **Roberts, D.D.** 216 th National Meeting of the American Chemical Society, August 23-27,1998, Boston, Massachusetts, USA. *American Chemical Society*, 146.
- Sarni-Manchado, P. et Cheynier, V. 2006** – Les polyphénols en agroalimentaire. Ed. Lavoisier, Paris, 398p.
- Semal, J. 1989** – Traité de pathologie végétale. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 611p.
- Solomon, G., Ogunseitan, O.P. et Kirsch, J. 2000** – Pesticides and human health : a resource for health care professionals. Université de California, San Fransisco, pp 39.
- Soltner, D. 2007** – Les Bases de la production végétale. Le sol - Le climat - La plante. Ed. CFC, T. III, Paris, 304p.
- Stäubli, A. 2005** – Sélection de variétés de blé et de triticales résistantes à la fusariose sur épi. Station fédérale de recherches agronomiques, Agroscope RAC, pp 189 – 194.
- Tawil, G. 2007** – Etude bibliographique sur l'effet des pesticides sur la santé chez l'homme. Master 2 Recherche « Elaboration de la qualité et sécurité alimentaire », Ecole nationale vétérinaire, Toulouse, France, pp : 14.
- Testut, F. et Grillet, J.P. 2007** – Produits phytosanitaires : Intoxications aiguës et risques professionnels. Ed. ESKA, Paris, 432p.
- Tiercelin, J.R. et Vidal, A. 2006** – Traité d'irrigation. Ed. TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 1266p.
- Tissut, M., Delval, P., Mamarot, J. et Ravanel, P. 2006** – Plantes, Herbicides et désherbage. Association de coordination, Technique Agricole, 635p.

Vincent, C. et Coderre, D. 1992 – La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin, Québec, Canada, 671p.

Vincent, C., Panneton, B. et Fleurat-Lessard, F. 2000 – La lutte physique en phytoprotection. INRA, Paris, 347p.

Wan, H.B., Wong, M.K., Lim, P.V. et Mok, C.V. 1994 – Small-scale multiresidue method for the determination of organochlorine and pyrethroid pesticides in vegetables. *J. chromatography* 1: 147-152.

Wang, X.F., Li, S., Chon, A.P. et Bronstein, J.M. 2006 – Inhibitory of pesticides on proyeasone activity: Implication in Parkinson's disease *Neurobiology of Disease*, 23: 198-205.

Zahm, S.H. et Ward, M.H. 1998 – Pesticides and childhood cancer. *Environmental health perspectives*, 106: 893-908.

Site internet

[1] – <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/index>

[2] – <http://Fr.Wikipedia.Org/wiki/pesticide>.

[3] – <http://www.Info-pesticides.org/S-informer-sur-les-pesticides>.

[4] – <http://www.Fymy.Ucl.Ac.Be/crp>.

[5] – <http://www.tropicultura.org>.

[6] – <http://www.agriseau.Qc.Ca/horticulture>.

[7] – <http://Fongicides.Bayercropscience.Fr/maladies.Cultures/blé/fusariose/descriptif.Php>.

Présentés par:

Rimouche Souâd

Kriket Djalila

Encadré par: Mr O. Kisserli

Titre: Les pesticides dans la protection des végétaux

Résumé

Les pesticides sont des substances de nature chimique sous forme d'extraits ou fabriqués, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les ravageurs des cultures (maladies, champignons, insectes ou les mauvaises herbes). Ces produits sont caractérisés par des substances toxiques, divisés en plusieurs sections selon le mode d'utilisation, la composition chimique, et également par le biais de l'impact. Certains pesticides ont un effet néfaste sur la santé de l'environnement et de l'homme et aussi pour les organismes non-nuisibles tels que les champignons utilisés en lutte biologique.

Parmi les études menées sur le terrain dans la lutte biologique contre les maladies fongiques qui infectent les céréales, notamment le blé, nous trouvons que les fongicides utilisés comme le triazole employé contre la fusariose et d'autres maladies. Les pesticides chimiques sont plus dangereux que les biocides dans la lutte contre les maladies qui infectent les plantes.

Mots clés: pesticides, les maladies, champignons, insectes, lutte biologique.

Abstract

Pesticides are substances of chemical nature of the extracted or manufactured, used by farmers to fight against agricultural pests (diseases, fungi, insects or weeds). This features with toxicological property, to be divided into several sections according to their mode of use, their chemical composition, and also by their way of impact. This topic some pesticides have an adverse effect on the ocean and human health and also to non-harmful organisms such as fungi used in biological control.

Among the researches conducted in the untreated control of biological control against fungal diseases that infect cereals, especially wheat, we find as Althreyasul fungicides used against the fusariose disease and other diseases. And chemical pesticides are more dangerous than the biological pesticides in the fight against the diseases that infect plants.

Key words: pesticides, diseases, fungi, insects, biological control.

الملخص

المبيدات هي مواد ذات طبيعة كيميائية مستخلصة أو مصنعة، تستعمل من طرف المزارعين من أجل مكافحة الآفات الزراعية (الأمراض، الفطريات، الحشرات أو الأعشاب الضارة...). هذه المواد تتميز بخاصية سمية، تقسم إلى عدة أقسام حسب طريقة استعمالها و تركيبها الكيميائي، وأيضا حسب طريقة تأثيرها. بعض هذه المبيدات لها تأثير ضار على المحيط وعلى صحة الإنسان وأيضا على الكائنات الغير الضارة مثل الفطريات التي تستعمل في مكافحة البيولوجية. ومن بين الدراسات التي أجريت حقليا في مكافحة البيولوجية ضد الأمراض الفطرية التي تصيب الحبوب وخصوصا القمح نجد المبيدات الفطرية كمادة الثريازول التي تستعمل ضد مرض ال fusariose وغيرها من الأمراض. المبيدات الكيميائية تكون أكثر خطورة من المبيدات الحيوية في مكافحة ضد الأمراض التي تصيب النباتات.

الكلمات المفتاحية : المبيدات، الأمراض، الفطريات، الحشرات، مكافحة البيولوجية.