

***Enquête sur la gestion des pesticides
en Algérie et recherche d'une méthode
de lutte alternative contre Meloidogyne
incognita (Nematoda : Meloidogynidae***

Par :

Mme KHEDDAM-BENADJAL Nadia

Directeur de thèse : M^{me} SELLAMI S. Professeur ENSA Alger
24-05-2012

Jury : Président : M^r BENZEHRA A. Professeur ENSA Alger Examineurs : M^{me} MOUHOUCHE F.
Professeur ENSA Alger M^r SIAFA A. Chargé de cours ENSA Alger

Table des matières

REMERCIEMENTS . .	4
RESUME . .	5
SUMMARY . .	6
ص خ لم . .	7
Liste des abréviations . .	8
Introduction . .	9
Première partie : Analyse Bibliographique . .	11
Chapitre I : Généralités sur les pesticides . .	11
I. Rappels sur les pesticides . .	11
2. Pendant et après la deuxième guerre mondiale . .	11
II- Différents modes de classification des pesticides . .	12
III- Propriétés des pesticides . .	14
IV- Les effets néfastes dans l'utilisation des pesticides . .	14
V- Les différents types d'intoxication . .	16
VI- Résidus et indices toxicologiques . .	18
VII- Techniques d'analyse des pesticides . .	19
VIII- Contrôle et normes réglementaires . .	19
IX- Situation des pesticides . .	20
X- Stratégies alternatives . .	21
Chapitre II : Généralités sur les nématodes à galles: <i>Meloidogyne spp.</i> (Goeldi, 1892) . .	22
I- Principales données sur <i>Meloidogyne spp.</i> (Goeldi, 1892) . .	22
Deuxième partie : Partie expérimentale . .	26
Chapitre I : Situation actuelle des pesticides en Algérie . .	26
Objectif . .	26
I- Matériel et méthodes . .	26
II- Résultats . .	29
III- Discussion . .	42
Chapitre II: Activité Nématocide des extraits de <i>Melia azedarach L.</i> (1753) . .	46
Objectif . .	46
I- Matériel et méthodes . .	46
II- Résultats . .	50
III. Discussion . .	63
conclusion générale . .	66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . .	68
Annexes . .	78
Annexe 1 : Nématocides homologués en Algérie (Anonyme, 2007). . .	78
Annexe 2: Caractéristiques de la plante étudiée <i>Melia azedarach</i> L.1753 . .	78

REMERCIEMENTS

Je voudrai exprimer toute ma gratitude à notre Directeur Général de l'INPV, Dr. Moumen Khaled pour son soutien et son encouragement. Une Motion spéciale au professeur Sellami M. et au Dr.Kheddam Mohamed qui nous ont toujours soutenus et encouragés à améliorer notre savoir.

Tout au long de ce mémoire, les travaux ont été quotidiennement encadrés par le Professeur Sellami S. que je remercie vivement pour son grand intérêt et le soutien qu'elle a toujours manifesté vis-à-vis de ce travail.

Je remercie Monsieur le Professeur Benzehra A. qui m'a fait l'honneur de présider le jury et pour son aide sur les analyses statistiques.

Je remercie Madame le Professeur Mouhouche F. d'avoir accepté d'examiner ce mémoire de Magister.

Monsieur Siafa A. chargé de cours au département d'agronomie de l'ENSA El-Harrach-Alger a également accepté d'être membre de ce jury en tant qu'examineur, qu'il en soit remercié.

Mes remerciements s'adressent également à Madame la Directrice du Centre de Recherche et de Développement du Groupe Saidal pour m'avoir autorisée à réaliser le Test phytochimique, ainsi que l'ensemble des cadres en particulier, Thoraia et Latifa pour leur disponibilité, leur soutien et pour leur accueil chaleureux.

Cette thèse a bénéficié de la collaboration de tous nos collègues des Stations Régionales de la Protections des Végétaux. Je remercie toutes ces personnes pour leur contribution précieuse et leur professionnalisme.

J'aimerais remercier ma famille grands et petits, surtout mon fils Ahmed-yanis, mes collègues de l'INPV siège, à leur tête M^r Smaha, M^{me} Douzi, M^r Lazar, M^r Besaad, M^{me} Djouadi, M^{lle} Bouakaz, M^{lle} Ousaid, M^{lle} Sabira, M^{lle} Hafsa, M^{lle} Samira, M^r Bellatrach et tous les autres sans exclusive. Merci pour l'affection et la confiance que vous m'avez toujours manifestée.

A feus, mon père Aomar et ma mère Djoher

RESUME

Titre: Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherches d'une méthode de lutte alternative contre les *Meloidogyne incognita* (*Nematoda* : *Meloidogynidae*)

Une enquête menée à l'échelle nationale sur la gestion des pesticides a montré que parmi les produits utilisés, les insecticides occupent une place prépondérante suivi des fongicides. Les herbicides et les nématicides sont faiblement représentés. Il ressort de l'étude que les agriculteurs utilisent une gamme assez large de pesticides regroupant 109 spécialités. Ce travail a été complété par la recherche d'une méthode alternative à la lutte chimique contre *M. incognita* qui consiste à étudier l'effet des extraits aqueux de *Melia azedarach* sur la mortalité des larves du 2^{ème} stade (L2) et le potentiel d'éclosion des œufs du nématode. La mise en évidence des métabolites secondaires présents dans les feuilles et les fruits de la plante testée a été réalisée par des tests phytochimiques.

Mots clés: Pesticide, mortalité, éclosion, *Melia azedarach*, extrait aqueux, test phytochimique, *Meloidogyne incognita*.

SUMMARY

Title: Investigation on pesticide management in Algeria and research of an alternative method to control *Meloidogyne incognita* (Nematoda: Meloidogynidae)

An investigation was carried on a national scale on pesticide management showed that among the products used the insecticides are preponderant followed by fungicides. However, herbicides and nematicides are lowly represented. This study showed that the farmers used a large range of pesticides involving 109 specialities. This work was completed by research for an alternative method to chemical control of *Meloidogyne incognita* which consists to study the nematodal activity of aqueous extracts of *Melia azedarach* on mortality and hatching of 2nd stage larvae and eggs respectively. The identification of secondary metabolites in leaves and fruit of tested plant has also realized by phytochemical tests.

Key words: Pesticide, mortality, hatching, *Melia azedarach*, aqueous extracts, phytochemical test, *Meloidogyne incognita*.

ص خلم

العنوان: تحقيق حول تنظيم المواد المكافحة في الجزائر والبحث عن طريقة مبادلة ضد *Meloidogyne incognita* (Nematoda: Meloidogynidae)

ملخص: بين التحقيق الذي أنجز على المستوى الوطني حول تنظيم المواد المكافحة انه من بين المواد المستعملة تحلل مبيدات الحشرات مرتبة متفوقة تليها مبيدات الفطريات. يمثلان مبيدات لإعشاب الضارة ومبيدات الديدان الخيطية نسبة ضعيفة. أظهرت هذه الدراسة استعمال تشكيلة واسعة للمواد المكافحة من طرف الفلاحين تجمع 109 اختصاص. اكتمل هذا العمل ببحث عن طريقة بديلة *Meloidogyne incognita* والتي تتمثل في دراسة تأثير المستخلصات المائية

لـ *Melia azedarach* على وفيات يرقات الطور الثاني (L2) وقدرة تفقيس بويضات الخيطيات. أخذت بعين الاعتبار العناصر الثانوية المتواجدة في أوراق وثمار النبتة المدروسة بإستعمال التحليل الكيميائي للنبات.

كلمات المفتاح: المواد المكافحة، وفيات، تفقيس، *Melia azedarach* المستخلصات المائية، التحليل الكيميائي للنبات، *Meloidogyne incognita*

Liste des abréviations

- **DDT** : DichloroDiphénylTrichloro éthane.
- **AFEE** : Association Française pour l'Etude des Eaux.
- **ACTA** : Association de Coordination Technique Agricole.
- **CMA** : Concentrations Maximales Admissibles.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **LMR** : Limites Maximales Résiduelles.
- **DJA** : Dose Journalière Admissible ou Acceptable.
- **DL 50** : Dose létale 50.
- **DSE** : Dose sans effet.
- **DRfD** : Dose de référence aiguë.
- **CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse.
- **HPLC** : Chromatographie en Phase Liquide.
- **ECD** : Capture d'Electron.
- **MS** : Spectrométrie de Masse.
- **OMC** : Organisation Mondiale du Commerce.
- **CIPV** : Convention Internationale de la Protection des Végétaux.
- **MADR** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- **POPs** : Polluants Organiques Persistants.
- **PASP** : Programme Africain Relatif aux Stocks de Pesticides Périmés.
- **INPV** : Institut National de la Protection des Végétaux.
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- **ALS** : Acétolactate Synthétase.
- **ARN** : Acide Ribonucléique.

CG/SM : Chromatographie des Gaz et analyse par Spectromètre de Masse.

Introduction

La diversité climatique et écologique dont jouit l'Algérie n'est pas seulement favorable au développement de diverses productions agricoles mais est également propice à la prolifération des bioagresseurs qui peuvent nuire aux cultures. Ainsi, les problèmes phytosanitaires se posent avec acuité à l'agriculture.

Les pesticides ou produits phytosanitaires sont des substances chimiques destinées à détruire ou combattre les organismes nuisibles aux végétaux. Ils sont sévèrement réglementés à travers le monde en raison de leur dangerosité (Benzine, 2006). En Algérie, dès les premières années d'indépendance, les ordonnances de 1966 et 1967, s'inspirant de la réglementation léguée par la France (loi de 1943 validée par une ordonnance de 1945), fixent les premiers contours de ce que sera la loi phytosanitaire sortie le 1^{er} août 1987 (loi phytosanitaire N°87-17). Elle instaure les mécanismes régissant les aspects relatifs à l'homologation, l'importation, la fabrication, la commercialisation, l'étiquetage, l'emballage et l'utilisation des pesticides.

L'usage de ces produits est en constante augmentation à travers tous les pays du monde. Selon les constatations des experts mondiaux, la demande en pesticides est telle que les quantités produites doublent pratiquement tous les dix ans depuis 1945. Ce sont les pays en voie de développement qui les utilisent de plus en plus. Au niveau mondial, la valeur marchande des pesticides est de l'ordre de 32 milliards de dollars, dont 3 pour les pays en voie de développement (Bouziani, 2007).

L'Algérie importe en moyenne 8827 tonnes de pesticides pour un coût estimé à près de 4 milliards et demi de dinars par an (Anonyme, 2006). Cependant, depuis quelques années, on observe dans notre pays, que l'usage des pesticides, des fertilisants, des engrais, et autres se répand de plus en plus avec le développement de l'agriculture, mais aussi dans le cadre des actions de lutte contre les vecteurs nuisibles. La pullulation des moustiques urbains dans toutes les agglomérations du pays pousse aussi les ménages à utiliser en abondance divers types d'insecticides. Cette utilisation intense de produits chimiques toxiques, à l'échelle nationale, risque de polluer gravement les sols, les nappes d'eau et menace la santé de la population (Bouziani, 2007).

Actuellement, la gestion des produits chimiques et leur transport sont régis respectivement par décret exécutif n° 03-451 du 1^{er} septembre 2003 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression et le décret exécutif n° 03-452 du 1^{er} décembre 2003, qui fixe quant à lui les conditions particulières relatives au transport routier de matières dangereuses; alors que la loi n°08-16 du 3 août 2008 vise le renforcement des systèmes de traçabilité et d'adaptation des produits ainsi que la surveillance des animaux, des végétaux et des produits dérivés. Ces mesures réglementaires ont un objectif commun, l'amélioration de la sécurité sanitaire des aliments d'origine animale et/ou végétale.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui comporte deux parties. La première consiste à faire une enquête par sondage sur l'utilisation des pesticides à travers le territoire national afin d'acquérir une meilleure connaissance sur les types de pesticides utilisés par

les agriculteurs contre divers ravageurs et maladies. La seconde s'inscrit dans la recherche de méthodes alternatives à l'utilisation de ces produits. Celle-ci a été récemment révisée et limitée par les législations européennes où les récents développements scientifiques montrent que les substances naturelles présentent plusieurs propriétés intrinsèques qui leur permettraient de s'inscrire dans des stratégies alternatives à l'emploi des pesticides organiques de synthèse et dans tous les programmes de lutte intégrée (Regnault-Roger, 2005). C'est dans ce sens que nous avons mené notre contribution en testant l'effet nématocide des extraits aqueux des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* (*Meliaceae*) sur les *Meloidogyne*. Ces derniers constituent une menace assez sérieuse en Algérie sur un grand nombre de cultures et particulièrement sur cultures maraîchères (Sellami et al., 1999). Cette étude a porté également sur l'activité nématocide de ces extraits sur la mortalité et le potentiel d'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita*. Ce travail a été complété par des tests phyto-chimiques de la plante étudiée (Screening chimique) afin de déterminer les métabolites secondaires.

Première partie : Analyse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les pesticides

I. Rappels sur les pesticides

Les humains ont utilisé des pesticides depuis 500 ans avant J.C. en quantités considérables en agriculture intensive pour protéger leurs cultures. Les deux guerres mondiales ont marqué un tournant décisif pour l'industrie agrochimique moderne (Anonyme, 1977).

1. Avant la deuxième guerre mondiale

Le principal souci des agriculteurs était la recherche de moyens pour protéger leurs récoltes contre les bioagresseurs. Au cours du 15^{ème} siècle en Chine et en Europe, certains produits chimiques toxiques non biodégradables, des dérivés minéraux tels que le cuivre entrant dans la composition de la bouillie bordelaise, l'arsenic, le mercure et le plomb étaient appliqués sur les cultures pour tuer les organismes nuisibles, insectes et maladies fongiques (Riche, 1982). Dès le 17^{ème} siècle des pesticides naturels tirés de plantes aux propriétés insecticides particulièrement puissantes, sont couramment utilisés, comme le sulfate de nicotine extrait des feuilles de tabac pour servir d'insecticide (Riche, 1982). Au 19^{ème} siècle, Vers 1850, il y a eu l'arrivée de deux substances végétales à usage insecticide telles que les pyréthrinés, issues de chrysanthème, *Chrysanthemum cinerariaefolium*, et la roténone extraite des racines d'une légumineuse tropicale, *Derris elliptica*. Elles sont encore utilisées de nos jours. Même si elles sont biodégradables, elles ont une toxicité aiguë parfois plus élevée que les produits de synthèse (Hoar & Blair, 1992). Les pesticides organiques de synthèse ou pesticides de seconde génération, font leurs apparitions dans les années 1930, grâce au développement de la chimie organique de synthèse et de la recherche sur les armes chimiques (Fournier, 2002).

2. Pendant et après la deuxième guerre mondiale

En 1939, le chimiste Suisse Paul MULLER (In, Brooks, 1974) avait découvert que le DDT (dichlorodiphényltrichloro éthane), dit pesticide de seconde génération, était un insecticide très efficace; il est devenu le pesticide le plus utilisé dans le monde. Dès 1942, il est utilisé en Suisse dans les écoles et les camps de réfugiés contre les poux et les puces. Il a été commercialisé en 1943 et ouvre la voie à la famille des organochlorés. Il a dominé le marché des insecticides jusqu'aux débuts des années 1970. Depuis 1972, il est interdit dans de nombreux pays, mais l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a continué de le recommander dans la lutte contre le moustique anophèle, vecteur du paludisme.

D'autres produits comme le 2,4-D, le malathion, le paraquat, les benzimidazoles, la deltaméthrine, les phéromones, les sulfonilurées et les strobilurines vont successivement

enrichir la gamme des molécules phytosanitaires, avec leur lot d'espoir et de désillusions (Fournier, 2007). Après la deuxième guerre mondiale l'industrie chimique a progressé très rapidement. De nombreux produits pouvaient être développés sans que le marché en soit saturé (Oturan & Mouchel, 2007). Selon Mac Ewen (1979), les composés synthétiques qui sont majoritaires et disponibles, ont été à l'origine de l'expansion rapide des pesticides à partir des années 1940.

II- Différents modes de classification des pesticides

Il est courant de désigner les pesticides selon des regroupements qui tiennent compte de la cible visée, de l'origine du produit, de sa structure chimique, de la forme sous laquelle le pesticide est commercialisé ainsi que de sa façon d'agir sur la cible et de son lieu d'action (Dilmi, 2003). Donc un pesticide peut être classé selon : son groupe chimique, son mode d'action ou sa catégorie d'usage.

1. Classification chimique

Les pesticides regroupent plus de 1000 substances appartenant à près de 150 familles chimiques différentes. Selon le Manuel des Pesticides, une famille chimique regroupe l'ensemble des molécules dérivées d'un groupe d'atomes qui constituent une structure de base (Clive et Tomlin, 2006). La classification représente les caractéristiques qui permettent de définir chaque groupe chimique (Dion, 2007). Selon Grégoire (1998), une molécule donnée peut appartenir à plusieurs groupes chimiques. Un groupe chimique est constitué de pesticides qui possèdent une structure chimique semblable. Par exemple, la structure chimique de l'atrazine représente deux façons lui permettant de la classer dans le groupe des triazines et des tétrazines. Les principaux groupes chimiques sont :

- **Les organochlorés (= les organohalogénés):** ils ont fait leur apparition dans les années 1940. Ce sont des produits chimiques très toxiques qui contiennent des atomes de carbone et de chlore liés ensemble. Certains peuvent persister très longtemps dans les sols, les tissus végétaux et les graisses. Les niveaux les plus élevés d'organochlorés se trouvent chez les êtres humains, les oiseaux qui se nourrissent de poissons et les mammifères marins. A cause de leur ténacité, plusieurs produits chimiques organochlorés sont connus sous le nom de polluants organiques persistants (Zidane, 2010).
- **Les organophosphorés :** ils ne sont généralement pas persistants dans l'environnement, mais très toxiques. Ils ont un cycle de vie plus limité que les organochlorés et leurs caractéristiques physiques et chimiques peuvent se modifier avec le temps. On distingue des produits de contact comme le malathion, le dichlorvos, le phosalone et les produits systémiques comme le diméthoate et le formothion.
- **Les carbamates :** moins utilisés en termes de quantité, ils sont peu sélectifs, toxiques pour les oiseaux et les poissons (Amdur, 1991). Ils agissent le plus souvent par contact bien que certains aient une action systémique (aldicarbe, benfuracarbe). Leur rémanence est généralement faible. Ils agissent comme les organophosphorés, en inhibant le cholinestérase (Benoit-Guyod et Morin, 2002), certains ont des actions spécifiques (aphicides, molluscicides...).
- **Les dithiocarbamates :** ils constituent des groupes chimiques très importants qui comprennent également un grand nombre de fongicides (Zidane, 2010) ; peu toxiques pour l'homme, mais très toxiques pour certains organismes aquatiques

(poissons), ainsi que pour les auxiliaires (abeilles). Agissant par contact, ils tuent instantanément les insectes par effet choc neurotoxique. Ils sont très biodégradables.

- **Les triazines** : Cette famille d'herbicides comprend les produits phytosanitaires les plus employés pour leur excellente efficacité et leur faible coût (Rayle et Fellmeth, 1999). Ils sont appliqués directement sur le sol, pénètrent par absorption racinaire et sont transportés par la sève brute. La plupart sont utilisés comme herbicides sélectifs pour le désherbage du maïs et du sorgho.
- **Les urées substituées** : Se sont exclusivement des herbicides dont la solubilité est très faible dans l'eau. Leur absorption est essentiellement racinaire, véhiculés par la sève brute, ils s'accumulent dans les feuilles où ils inhibent la photosynthèse (Benoit-

Guyod et Morin, 2002). Ils ont une bonne action sur les graminées et certaines dicotylédones. Ils sont utilisés en pré ou post-levée, leur toxicité est quasiment nulle.

2. Classification biologique

On distingue plusieurs catégories de pesticides selon les organismes vivants visés, dont les principales sont les insecticides-acaricides, les fongicides et les herbicides. La classification selon l'activité biologique est liée à la classification selon les caractéristiques chimiques (Calvet et *al.*, 2005).

3. Classification selon l'usage

Selon l'Association Française pour l'Etude des Eaux « AFEE » (1981), les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activité pour lutter contre des organismes vivants nuisibles. Il existe six (06) catégories de pesticides classés selon leurs usages (cultures, bâtiments d'élevage, locaux de stockage des produits végétaux, les zones non agricoles, les bâtiments d'habitation, l'Homme et les animaux).

4. Classification toxicologique

La classification des produits repose sur la base des résultats d'études toxicologiques et leurs effets sur la santé (Anonyme, 2002). Avant, les produits étaient répartis en trois classes :

- Classe A : très toxiques, toxiques ou corrosifs ;
- Classe B : (drogues) ;
- Classe C : nocifs, irritants ou sensibilisants, accessibles à tout utilisateur.

Actuellement une autre classification est en usage. Il s'agit selon ACTA (2004) :

1- T+ : Substances et préparations très toxiques qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques extrêmement graves, aigus ou chroniques et même la mort ;

2- T : Substances et préparations toxiques qui dans les mêmes conditions que ci-dessus, peuvent entraîner des risques graves aigus ou chroniques et même la mort ;

3- Xn : Substances et préparations nocives qui par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques de gravité limitée ;

4- C : Substances et préparations corrosives qui en contact avec des tissus vivants peuvent exercer une action destructive sur ces derniers ;

5- Xi : Substances et préparations irritantes, elles ne sont pas classées comme corrosives, mais par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peuvent provoquer une réaction inflammatoire.

III- Propriétés des pesticides

1. Propriété physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques des pesticides résultent de l'enchaînement de deux étapes la mobilisation et le transport par convection (Fournier, 2002) :

- La mobilisation : c'est l'ensemble des phénomènes de toute nature qui concourent à faire passer une substance dans une phase liquide ou gazeuse c'est-à-dire à déterminer la composition de l'atmosphère et de la solution du sol ;
- Le transport par convection est la diffusion moléculaire des substances dissoutes ou en phase gazeuse vers une membrane d'un organisme vivant.

Le Manuel des Pesticides rassemble aussi de nombreuses données physico-chimiques, notamment des données sur les solubilités dans l'eau et dans les produits organiques des composés étudiés. Cet ouvrage a été particulièrement utile pour déterminer les solvants d'extraction les plus adaptés aux composés étudiés (Eneida, 2009).

2. Propriétés chimiques

Les pesticides peuvent participer dans des conditions appropriées comme les conditions physiques (température, pression) et physico-chimiques (pH, force ionique des milieux) à des réactions chimiques qui modifient leur composition et leur structure, parfois conduisant à leur transformation en composés inorganiques lors de leur minéralisation (Calvet et *al.*, 2005). Les principales transformations chimiques relatives aux pesticides sont l'ionisation, l'hydrolyse, l'oxydoréduction et la photolyse (Circaète et Malausa, 2002). Alors que les autres transformations biotiques se traduisent par des modifications de composition et souvent par une simplification de la structure moléculaire. Elles conduisent à la dégradation des pesticides qui est un processus d'où dépend leur devenir dans les milieux naturels.

IV- Les effets néfastes dans l'utilisation des pesticides

Les pesticides ont été depuis près d'une cinquantaine d'années mis en évidence dans tous les compartiments environnementaux, dans les eaux de rivières, les nappes phréatiques, l'air, les eaux de pluie, mais aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (Mayer et *al.*, 2003). Ils peuvent parfois avoir des effets négatifs non intentionnels sur des espèces non ciblées, y compris des espèces utiles pour l'homme comme les vers de terre, les hérissons, les coccinelles ou les abeilles (Delemotte et *al.*, 1987).

1. Les risques environnementaux

Les pesticides peuvent être responsables de pollutions des différents compartiments environnementaux, tels que le sol, l'eau et l'air lors de leur fabrication, transport, utilisation ou lors de l'élimination de produits en fin de vie, dégradés, inutilisés ou interdits (Briand et *al.*, 2002).

La contamination des sols par différentes substances, dont les pesticides, a été reconnue comme l'une des principales menaces qui pèsent sur les sols européens. Ces derniers se comportent comme un filtre actif en assurant la dégradation des produits phytosanitaires, et sélectifs et en retenant certains cas de l'oxychlorure de cuivre qui s'accumule dans les sols et qui a entraîné la stérilisation de 50 000 ha de certains sols de bananeraies au Costa Rica. Le lindane, le DDT et l'endrine se dégradent en quelques semaines dans les sols inondés des rizières, au contraire de l'aldrine et du chlordane. Certains produits peu dégradables sont fortement adsorbés par les sols qu'ils peuvent polluer durablement comme le chlordécone et le paraquat. D'autres sources de contamination des sols proviennent des industries produisant et/ou procédant au stockage des substances phytosanitaires (Merhi, 2008).

Aujourd'hui, de nombreuses ressources en eau douce (eaux de surface, nappes phréatiques, eaux souterraines) sont victimes de pollution, en particulier par des nitrates et des pesticides (Kaichouh et *al.*, 2009). Des études menées par Mishaël et *al.* (1999), révèlent la présence de diverses substances toxiques dans les eaux superficielles et souterraines, tels que les sous-produits industriels, pharmaceutiques et pesticides. Les contaminations des eaux peuvent avoir plusieurs origines :

- **Les pollutions ponctuelles** : résultent de pratiques mal adaptées et généralisées, qui sont souvent du fait d'un utilisateur mal informé du danger, des difficultés de manipulation des produits et du matériel, ou à une maîtrise insuffisante de gestion des emballages (Calvet et Michel, 2000);
- **Les pollutions diffuses** : se caractérisent par un dépassement des Concentrations Maximales Admissibles (CMA) dans les eaux destinées à la consommation. Elles sont en général peu visibles et ne sont mises en évidence que par un suivi régulier de la qualité de l'eau (Aubertot et *al.*, 2005).

L'agriculture intervient dans la pollution de l'air ; on estime que lors de la pulvérisation de pesticides 25 à 75% des quantités appliquées partent dans l'atmosphère. Une étude allemande a mis en évidence la présence de perméthrine dans 90% des foyers étudiés (Friedrich, 1998).

2. Les risques sur la faune et la flore

La présence de produits phytosanitaires dans le milieu naturel est de nature à nuire aux espèces non ciblées et représentatives de groupes faunistiques et floristiques exposés.

2.1- Effet sur la faune

L'exposition à des substances toxiques peut nuire aux prédateurs naturels, aux pollinisateurs, aux organismes utiles du sol, aux poissons, aux oiseaux et aux autres animaux (Louveau, 1984). Les organophosphorés et les carbamates sont plus toxiques pour les poissons et la faune que les herbicides ou les fongicides. **Some herbicides may harm wildlife by damaging the wildlife habitat.** Les pyréthrinoïdes synthétiques sont de faible à moyenne toxicité pour les oiseaux et les mammifères car ils peuvent être rapidement détoxifiés et excrétés ([Hendorf](#) et Angerer, 2001). However, fish and aquatic invertebrates can not quickly detoxify or excrete synthetic pyrethroids, so they are highly susceptible to poisoning by these products. Toutefois, selon ces mêmes auteurs, les invertébrés aquatiques et les poissons ne peuvent pas rapidement détoxifier ou excréter des pyréthrinoïdes de synthèse, de sorte qu'ils sont très sensibles à l'intoxication par ces

produits. **Herbicides and fungicides are generally low to moderately toxic to wildlife.** Des millions de poissons sont empoisonnés chaque année aux Etats-Unis.

2.2- Effet sur la flore

À l'évidence, les herbicides sont les produits les plus nocifs pour les plantes non-cultivées. Mais la microflore est aussi atteinte et dans certaines zones, par exemple, il y a eu disparition des lichens. Pour Hartmut Frank (In, [Hendorf](#) et Angerer, 2001), les sols des parcelles les plus touchées présentent de fortes concentrations en trichloroacide acétique, jusqu'à 0,4 mg/m³ sur des zones où il n'a jamais été appliqué.

3. Les risques sur la santé humaine

Les pesticides regroupent en effet un grand nombre de spécialités de toxicité variable pour l'homme. Différentes catégories de populations sont exposées : les professionnels (agriculteur, industriels du bois, employés de la chimie ...) (Houeto et *al.*, 1993), les usagers domestiques utilisateurs d'insecticides ou d'herbicides, mais également la population générale par la contamination diffuse des différents compartiments de l'environnement.

Des études récentes ont montré que l'exposition aux pesticides est un facteur de risque d'infertilité important chez les femmes (Multigner et Oliva, 2001), particulièrement l'utilisation d'herbicides qui multiplie ce risque par vingt-sept (Greenlee et *al.*, 2003). Par ailleurs, une étude réalisée au Canada a montré que le risque de fausse couche et de prématurité était plus grand dans les familles chez lesquelles le père avait manipulé des thiocarbamates et autres pesticides (Arbuckle, 2001). Ces derniers sont d'ailleurs considérés comme étant des perturbateurs endocriniens ; ils perturbent le développement neurologique et comportemental, le fameux désherbant « Round Up » en fait partie (Richard et *al.*, 2005).

Les herbicides organochlorés et les triazines montrent une augmentation significative du risque de cancers du sein (Keetles, 1997). Actuellement 25 groupes de pesticides, dont la plupart sont utilisés en Algérie, ont été déclarés substances cancérigènes. Trois autres : le Manganèse, les fluorures et les perchlorates sont suspectés de causer des troubles de la mémoire, du comportement et des retards intellectuels (Veillerette, 2006). Selon l'OMS, les pesticides seraient responsables du décès de 20 000 personnes environ chaque année dans le monde.

Les pesticides se retrouvent dans les aliments. Ils se concentrent dans la peau des fruits et des légumes (dont notamment les poivrons, piments, tomates, poireaux, laitues et épinards). Les fruits les plus touchés sont les fraises, les mandarines et les raisins (Chalabi, 2009). D'après Kallal et *al.* (1990), les effets nutritionnels sont :

- Modification de l'utilisation de la ration alimentaire (agression de la muqueuse, action sur les enzymes digestives et modification des flores) ;
- Modification de la valeur de l'aliment (le bromure de méthyle bloque les groupements SH, la méthionine est par exemple transformée en bromomethylate dénué d'activité physiologique) ;
- Modification et altération du goût, sensibilité particulière de la pêche et de la fraise, goût désagréable des agrumes, le changement de la couleur des carottes et des courges après traitement par l'aldrine et la dieldrine ainsi que le changement de taille, de couleur et de l'acidité des cerises après traitement par les fongicides...

V- Les différents types d'intoxication

Les produits phytosanitaires peuvent être aisément absorbés par les voies orale, cutanée et respiratoire (Circaète et Malausa, 2002). On distingue trois types d'intoxication.

1. Toxicité aiguë

La toxicité aiguë (ou toxicité à court terme), relativement bien connue, se manifeste après l'absorption d'une dose élevée ; elle a lieu généralement après une forte exposition aux pesticides due à des erreurs de manipulation du produit (désherbage des berges, mauvaise gestion des emballages, vidanges de fonds de cuves, ...) (Ramade, 1979).

Intoxication aiguë par un insecticide organo-phosphoré ou carbamate : l'intoxication s'effectue par pénétration cutanée, muqueuse ou par ingestion.

Intoxication aiguë par un insecticide organochloré : les dérivés organochlorés sont relativement rares à moins d'ingestion volontaire (suicide) ou accidentelle (absorption par méprise, dérive de nuage, jet de pulvérisateur).

Intoxication aiguë par un herbicide, le paraquat : l'herbicide est très toxique en cas d'ingestion accidentelle ou de contamination cutanée importante. On observe trois phases successives en cas d'intoxication (Conso et *al.*, 2002), des signes digestifs (douleurs pharyngées et abdominales très violentes, vomissements, diarrhée parfois sanglante), une atteinte rénale aiguë sévère et une atteinte pulmonaire (œdème puis fibrose pulmonaire progressive) dans les formes graves.

Intoxication aiguë par un fongicide ou un herbicide dithiocarbamate : en cas d'ingestion plusieurs manifestations peuvent apparaître: rougeur du visage et du tronc, sueurs, céphalées, palpitations, gêne respiratoire, chute de la tension artérielle (Anonyme, 2002).

2. Toxicité subaiguë et subchronique

La toxicité subaiguë et subchronique (ou la toxicité à moyen terme) est caractérisée par l'absorption d'effets indésirables suite à l'administration d'un xénobiotique de façon répétée, quotidienne ou périodique, en doses multiples en moins d'un mois ou plus d'un mois et moins de trois mois (Leyral et vierling, 2007). Elle peut se produire, à court terme sur des organes cibles, parfois réversible. Si la quantité de substance absorbée est assez importante, les symptômes sont manifestes et apparaissent généralement peu de temps après l'intoxication compte tenu de la nature du toxique en question.

3. Toxicité chronique

La toxicité chronique (ou la toxicité à long terme) survient par suite de l'absorption répétée ou à une exposition quotidienne (Fiedler, 1987) à de faibles doses de pesticides, parfois même à des doses infimes dont la répétition d'effets cumulatifs (Ramade, 1979). Les symptômes ne se manifestent généralement que longtemps après le début de l'intoxication, les plus fréquemment cités sont :

- Les cancers dus aux manipulations de plusieurs pesticides (Roulland et *al.*, 2009) ;
- Atteintes neurologiques (une fatigue musculaire, une baisse de la sensibilité) et du système cardiovasculaire (phénomène de palpitation et de perturbation du rythme cardiaque) par les organochlorés (Tron et *al.*, 2001) ;
- Effets sur la reproduction (perturbation dans le système hormonal ou endocrinien particulièrement au stade fœtal) (Bouziani, 2007), l'infertilité masculine, le retard de croissance intra-utérin, les malformations congénitales etc...

VI- Résidus et indices toxicologiques

Un résidu toxique signifie évidemment la quantité de résidu laissée par un pesticide dans l'environnement ou sur les aliments (Benzine, 2006). Il s'exprime en mg/kg ou ppm (part par million). Tout résidu peut avoir une importance sur le plan toxicologique dans la marge des doses résiduelles (Abhauer, 1991). Selon ce même auteur, l'application périodique des pesticides, même selon les bonnes pratiques agricoles, peut entraîner une accumulation de leurs résidus dans tous les milieux naturels. Ainsi, une étude réalisée par la Direction de la Santé et de la Consommation de l'Union Européenne réalisée dans les pays de l'Union ainsi qu'en Norvège et en Islande et publiée en 2001 révèle que près de 50% des échantillons français de fruits et légumes analysés contenaient des résidus de pesticides.

Les pesticides sont des composés dont la toxicité des résidus dans l'eau et les aliments est contrôlée par plusieurs paramètres. Les principaux sont :

1. Limite maximale de résidus

Les Limites Maximales Résiduelles (LMR), représentent selon le Codex des résidus acceptables sur le plan toxicologique basé sur les bonnes pratiques agricoles. Les concentrations maximales de résidus de pesticides qui sont autorisées ou légalement considérées admis dans ou sur des produits alimentaires pour qu'ils restent commercialisables (Jawich, 2006). Elles sont exprimées en milligramme de résidus par kilogramme de produit alimentaire. Il faut noter qu'un dépassement de LMR implique rarement un risque pour la santé humaine, car les LMR sont fixées très au-dessous des limites de sécurité. Elle constitue un outil « transparent » pour la protection du consommateur et pour les échanges internationaux, avec des valeurs qui sont désormais harmonisées dans l'ensemble de l'Union Européenne (Truchot et *al.*, 2009). Ces LMR sont liées à des usages agronomiques et à des régimes alimentaires qui évoluent.

2. Dose journalière admise

La Dose Journalière Admissible ou Acceptable (DJA) (en anglais, Acceptable Daily Intake ou ADI) est la référence de toxicité à long terme (chronique) pour l'homme ; elle est définie comme un seuil de sécurité sanitaire. C'est l'estimation de la quantité d'une substance active dans les produits alimentaires qui peut être ingérée quotidiennement par un individu pendant sa vie entière (Moussaoui et *al.*, 1999), sans risque appréciable pour la santé (Derache, 1986). Elle est habituellement exprimée en milligramme (ou microgramme) de substance par kilogramme de poids corporel de la personne et par jour (mg/kg/jr).

3. Dose létale 50

Elle représente la quantité de substance nécessaire pour provoquer une mortalité de 50% dans la population d'organismes étudiés (animaux d'un lot expérimental en laboratoire), pendant un temps donné.

4. Dose sans effet

La dose sans effet est la dose la plus élevée d'une matière active qui ne provoque aucun effet décelable chez deux générations d'animaux soumis à l'expérimentation (souris, lapin, rat...).

5. Dose de référence aiguë

Les toxicologues définissent une dose de référence aiguë exprimée comme la DJA en mg/kg de poids corporel/jour. Elle est définie à partir des études de toxicité à court terme (quelques jours à quelques semaines). Elle représente la quantité de résidus de pesticide présente dans les denrées alimentaires pouvant être ingérée pendant une période de courte durée, généralement au cours d'une journée, sans risque appréciable pour la santé du consommateur (Truchot et *al.*, 2009). En général, pour une substance active la valeur d'ARFD est supérieure à la valeur de la DJA (Milhaud, 1998).

VII- Techniques d'analyse des pesticides

Les pesticides sont des molécules qui présentent un grand degré de toxicité, c'est pour cela que les législations ont imposé plusieurs règles pour analyser les résidus de ces produits dans les différents milieux susceptibles d'avoir été pollués (sols, eaux et air), ainsi que le contrôle sanitaire des sources d'alimentation (Deymie et *al.*, 1981). Il est donc d'une importance majeure de mettre au point de nombreuses méthodes hautement sophistiquées pour détecter, doser, identifier et mesurer les multi résidus contaminant des matrices de différentes natures (Baril et

al., 2005). Les méthodes classiques habituellement appliquées consistent essentiellement en un prétraitement comme l'extraction par un solvant organique, ensuite la purification par les colonnes chromatographiques (analyse par une chromatographie en phase gazeuse «CPG» ou liquide «HPLC») couplée à différents types de détecteurs spécifiques pour les différentes propriétés physicochimiques des molécules (Mukherjee et Gopal, 1996) par capture d'électron (ECD), pour l'azote et le phosphore (NPD) et par spectrométrie de masse (MS) ou autres (Jawich, 2006).

VIII- Contrôle et normes réglementaires

Selon Nûnez et *al.* (2005), afin d'éviter une éventuelle toxicité, les autorités législatives ont établi des réglementations strictes. Il est nécessaire donc de suivre de façon permanente les différentes évolutions non seulement dans le domaine réglementaire, mais aussi dans celui de la toxicologie pour mettre sur le marché des aliments sécurisés pour le consommateur (Declercq, 2009).

Dans le cadre de l'organisation mondiale du commerce (OMC) et de la convention internationale de la protection des végétaux (CIPV), il a été conclu que les pays ont le droit de prendre des mesures phytosanitaires pour protéger la santé des plantes. Pour cela, les restrictions appliquées aux échanges commerciaux doivent s'appuyer sur des normes, directives ou recommandations internationales (Roy et Suffert, 2009).

En 2004, les plans de surveillance nationaux des états membres de l'union européenne et de trois états de l'association européenne de libres échange montrent que 48% des échantillons de fruits et légumes en France présentent des résidus de pesticides et que 25% des échantillons de produits végétaux analysés, y compris les céréales, sont non conformes (Combris et *al.*, 2008). En Tunisie, en 2006 pas moins de 130 tonnes de denrées alimentaires composées de fruits, légumes et poissons ont été retirées du marché de gros de Bir El Kassaâ pour non-conformité aux règlements en vigueur en matière d'hygiène alimentaires (Ghediri, 2005). En Algérie, le ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR), à travers ses organismes spécialisés ont engagé deux types d'actions : l'éducation phytosanitaire pour sensibiliser les agriculteurs au risque et le contrôle des pesticides à différentes phases (à l'importation, au moment de la commercialisation et même

au cours de l'utilisation) visant à empêcher l'emploi de pesticides périmés et à gérer et maîtriser les risques qu'ils comportent sur l'environnement et la santé humaine.

IX- Situation des pesticides

Selon les experts mondiaux, l'utilisation des pesticides et d'autres substances chimiques est en constante augmentation à travers tous les pays du monde. Dans l'Union Européenne, la consommation en pesticides varie selon les pays. D'après (Who, 1989), les pays froids (Suède, Finlande, Danemark et Irlande) consomment très peu de fongicides et d'insecticides alors que dans les pays d'Europe du Sud (Italie, Espagne, Portugal, Grèce et France) la consommation de ces pesticides est élevée. Merhi (2008) a considéré que le problème dû aux mauvaises pratiques phytosanitaires a favorisé l'accumulation des pesticides périmés dans les pays en développement et en particulier les 53 pays Africains (principalement le Botswana, le Mali, l'Ethiopie, la Tanzanie, la Côte d'Ivoire et le Maroc). Ces pays ont accumulé des stocks de pesticides périmés évalués à plus de 50.000 tonnes dont une grande partie de polluants organiques persistants (POPs). Les pesticides sont souvent abandonnés à ciel ouvert ou encore stockés dans de mauvaises conditions, dans des structures de boue et de paille avec des sols en terre et des barils métalliques au niveau des locaux inadaptés, à proximité des champs cultivés et des puits dans les zones habitées, ainsi que près des magasins d'alimentation, des sources d'eau ou près des marchés. Ils laissent échapper leurs substances toxiques dans l'environnement (sol, eau et air) et constituent un danger réel pour la santé humaine et animale.

Ces pays africains ne possédant ni les capacités techniques, ni les ressources nécessaires à une gestion correcte de nettoyage des déchets et de la destruction des stocks de pesticides périmés comme le Mali, la Tanzanie, l'Ethiopie, le Nigeria, la Tunisie et le Maroc, ils ont été retenus par le programme africain relatif aux stocks de pesticides périmés (PASP) (Chouibani et *al.*, 2009), qui a pour objectifs de :

- Nettoyer et éliminer d'une manière écologiquement rationnelle tous les stocks de pesticides obsolètes accumulés en Afrique et destruction dans des installations spécialisées classées ;
- Mettre en place des mesures de prévention pour éviter l'accumulation de nouveaux stocks dans le futur : bonnes pratiques agricoles, méthodes de lutte non chimiques, meilleure évaluation des besoins en pesticides, bonnes conditions de transport de stockage et d'emploi de pesticides ;
- Contribuer à la protection de la santé des populations et de l'environnement.

En Algérie, environ 400 produits phytosanitaires sont homologués, dont des milliers de tonnes sont utilisés par les agriculteurs (Amine, 2009), notamment dans la lutte contre le fléau acridien.

Dans le cadre du programme de lutte antiacridienne de la campagne 2004-2005, plusieurs milliers de tonnes de pesticides (organophosphorés, carbamates et deltaméthrine) ont été utilisées par épandage ou par pulvérisation dans les régions infestées. D'après les informations obtenus auprès du département de la lutte antiacridienne à l'Institut National de la Protection des Végétaux «INPV» les stocks opérationnels ont été entreposés dans des entrepôts ou des hangars suffisamment grands pour contenir les quantités de pesticides, bien ventilés pour empêcher l'accumulation de vapeur de pesticides à de trop fortes températures, et éloignés des zones urbaines, des sources d'eau destinées aux hommes ou aux animaux. Trois bases dépendent de l'institut national de la protection des végétaux :

Silete : à Tamanrasset, Béchar et Adrar. Les pesticides périmés ou obsolètes ont été stockés à Baraki (W. d'Alger) temporairement loin de l'entrepôt principal avec les mêmes principes fondamentaux de la FAO; ils sont destinés à l'élimination ou à l'incinération par des autorités compétentes (Lazare, com. pers).

Les normes des entrepôts selon la réglementation de la FAO (1985) exigent un stockage souple et adaptable pour éviter les dommages mécaniques qui peuvent provoquer les fuites, les sols doivent être en ciment lisse et imperméable pour éviter l'absorption de produits déversés. L'utilisation de palettes est nécessaire pour que les récipients ne reposent pas directement sur le sol.

X- Stratégies alternatives

Au cours des dernières décennies les problèmes phytosanitaires rencontrés en agriculture ont été marqués par l'intensification de la production grâce à un recours croissant aux intrants (Deguine et Ferron, 2005).

Bien que les pesticides de synthèse continuent à assurer une protection efficace et économiquement acceptable, il est néanmoins nécessaire de développer des méthodes alternatives pour limiter leurs effets néfastes. Actuellement, de nombreuses conceptions du devenir de l'agriculture sont à l'ordre du jour pour répondre au souci de combiner les objectifs de production tant en quantité qu'en qualité. La protection des cultures contre les bio-agresseurs vers une agriculture durable dont l'objectif est de concilier les aspects socio-économique et environnemental par l'adoption de nouveaux systèmes de production est nécessaire.

Selon Decoin et Riba, (2009) «Pour se passer, de manière importante, des pesticides il est nécessaire d'adopter une stratégie alternative» de protection des cultures. Cette dernière repose sur la mise en œuvre, construite au cas par cas, de quelques principes d'actions au premier rang desquels figure la prévention des risques phytosanitaires. C'est l'objectif de la « production intégrée », qui réintègre, mais sur des bases scientifiques et techniques renouvelées, la gestion des bio-agresseurs dans la conception des systèmes de culture, voire de production.

En effet, 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.

Il existe maintenant un nombre important de stratégies alternatives susceptibles de promouvoir une agriculture durable. Il s'agit de développer ces méthodes comme outils de la protection intégrée pour l'évolution vers une agriculture écologiquement intensive. Dans ce contexte, la protection des cultures ne peut pas être considérée indépendamment des itinéraires techniques ni des critères socio économiquement et la panoplie des méthodes alternatives est alors large, et la combinaison optimale est à déterminer en fonction des situations des productions concernées (Ferron, 2003).De même, le développement de la génétique et de la biologie moléculaire a permis des interventions efficaces dans le domaine de la résistance des plantes particulièrement contre les maladies et les nématodes. En fin, les principes de la protection intégrée basés sur les rotations peuvent contribuer également à la gestion des populations des bio-agresseurs (Hollande, 2002).

Prenons l'exemple des insectes piqueurs suceurs, les bases d'une gestion durable s'appuient sur le concept de protection intégrée; deux approches sont proposées la

première, la plus privilégiée, est une approche écologique et l'autre curative avec l'emploi des mesures préventives qui visent l'installation de la culture par un semis précoce, un choix judicieux de la densité de semis, choix des variétés résistantes, une fertilisation raisonnée, les pièges et intercalaires, plantes refuges (Hilje et al., 2001).

Le recours à des mesures curatives doit privilégier la mise en œuvre des mesures d'intervention les moins dommageables pour l'environnement, moyens non chimiques puis, en cas de nécessité, recours aux matières actives chimiques efficaces.

Dans notre contribution, nous avons pris l'exemple des nématodes du genre *Meloidogyne*. La gestion intégrée de ces bioagresseurs est possible en incluant une vigilance et un contrôle continu des mesures prophylactiques, une désinfection à la vapeur et une solarisation du sol quand cela est possible. L'apport de fortes matières organiques et essentiellement une gestion des rotations en introduisant des plantes pièges et en développant de nouvelles variétés résistantes sont indispensables pour l'amélioration sanitaire de manière durable (Djian-Caporalino et al., 2009).

C'est dans ce cadre que nous avons recueilli quelques données sur les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ainsi que leur gestion.

Chapitre II : Généralités sur les nématodes à galles: *Meloidogyne* spp. (Goeldi, 1892)

I- Principales données sur *Meloidogyne* spp. (Goeldi, 1892)

Les *Meloidogyne* appelés communément « nématodes à galle » sont des endoparasites sédentaires appartenant au phylum des Nematoda et à la famille des *Meloidogynidae* (Agrios, 2005). Ce sont des vers microscopiques telluriques mesurant environ 0,4mm pour les femelles et 1mm pour les mâles. Ils sont de forme cylindrique et allongé, possédant un stylet d'une longueur de 16µm qui permet de perforer les cellules des vaisseaux conducteurs de sève. Ils survivent dans le sol sous forme de larves du 2^{ème} stade. Ce genre est caractérisé par un dimorphisme sexuel très prononcé (Raynal et al., 1989).

Ces bioagresseurs sont largement répandus dans le monde. Les dégâts qu'ils causent se traduisent généralement par l'apparition de galles sur les racines des plantes infectées. Ce type de symptômes est caractéristique des attaques des *Meloidogyne*. Ces galles entravent la circulation de l'eau et des éléments minéraux, endommagent le système racinaire par la réduction et la destruction des racines et radicules de la plante, entraînent la subérisation extrême du cortex racinaire et une prolifération anormale de radicules (Villain et al., 2002). Des ramifications se développent en amont et les racines prennent alors un aspect buissonneux, tandis que le chevelu racinaire disparaît, entraînant la chlorose et le flétrissement de la plante, la floraison et la fructification peuvent être fortement diminuées, les feuilles sont réduites et montrent des symptômes de déficience minérale (Siddiqui et al., 2002).

Au champ, les symptômes se présentent sous forme de «plages».Le seuil de nuisibilité ou limite de tolérance de la plante varie entre 5 à 10 larves par gramme de sol sur tomate pour *Meloidogyne incognita* (Di Vito et al., 1991; Wesemael et al., 2006).Une étude menée en pots en Grande Bretagne a montré que le potentiel infectieux du sol sur culture de ray-

grass est de 1 à 228 larves de *Meloidogyne naasi* par gramme de sol (Raynal et al., 1989). En Belgique, le seuil de nuisibilité de *Meloidogyne incognita* sur cultures de tomate et de laitue a été obtenu à partir de 25 larves par 100cm³ de sol (Van Damme et al., 2005).

Les dégâts peuvent être plus importants du fait que ces nématodes créent des portes d'entrée pour d'autres agents pathogènes en synergie ; c'est le cas de certains genres de champignons comme *Fusarium*, *Verticillium* et *Phytophthora* qui constitue parfois des facteurs limitant d'une culture donnée (Whitehead, 1998). De même la présence de *Meloidogyne* joue un rôle important dans la propagation de certaines bactéries comme *Pseudomonas solanacearum* (Evans et al., 1993).

En Algérie, la présence de ce nématode a été signalée pour la première fois par Delassus en 1928 dans les zones maraîchères de la Mitidja (In, Scotto la Massèse, 1962). Il est toujours considéré comme le plus redoutable sur ces cultures, il est présent dans la quasi totalité des parcelles des zones maraîchères du pays et constitue une menace redoutable sur ces cultures (Sellami et al., 1999).

Il existe plus de 80 espèces décrites dans le monde dont quatre espèces : *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) *M. arenaria* (Neal, 1889), *M. incognita* (Kofoid and White, 1919) et *M. hapla* (Chitwood, 1949 ; Karssen, 2005) représentent une importance économique particulière (In, Castagnone-Sereno, 2002). La durée du cycle de vie des espèces des *Meloidogyne* dépend de nombreux facteurs qui peuvent interférer de façon différente selon chaque stade, ainsi des températures supérieures à 28°C augmentent le développement et les basses températures provoquent un retard remarquable. L'activité de ce nématode est régulée par l'humidité ; celle-ci peut limiter la pénétration des larves et inhiber l'éclosion des œufs. Son excès peut entraîner leur asphyxie (Reddy, 1983). Les dégâts sont plus accentués en sols sablonneux facilitant leurs déplacements que les sols lourds riches en argiles ou en matière organique, même si de nombreux autres facteurs peuvent être en cause comme la plante hôte, l'âge ou la nutrition (Bertand, 2001; Wesemael et al., 2006).

La lutte contre les *Meloidogyne* s'avère difficile, de ce fait l'objectif est de maintenir les populations suffisamment bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (Whitehead, 1998). Diverses méthodes sont disponibles pour lutter contre les nématodes phytoparasites. Cependant, plusieurs facteurs influencent le choix de la méthode (Agrios, 2005). Ainsi, les mesures préventives consistent à empêcher la propagation du parasite et à éliminer toute source de contamination, utiliser des plants sains et désinfecter le fumier ou le terreau au niveau des pépinières (De Guiran, 1983). Les méthodes culturales sont les moins coûteuses mais sont difficiles à appliquer notamment contre les *Meloidogyne* en raison de leur polyphagie.

Parmi les méthodes physiques, nous citons la solarisation du sol qui est relativement la plus pratiquée, appelée également chauffage solaire ou recouvrement plastique ou paillage plastique ou pasteurisation des sols, ou encore désinfection solaire (Jones et al., 1997).

L'efficacité de cette technique a été signalée vis-à-vis de plusieurs nématodes et particulièrement contre les *Meloidogyne*. Dans ce contexte, une réduction de la population de *Meloidogyne* spp et une augmentation de la production des plants du tabac (*Nicotiana tabacum*) ont été obtenues après un traitement solaire de six (06) semaines (Ravindra et al., 2001). Une diminution de plus de 95% des effectifs de *Meloidogyne incognita* sur olivier (*Olea europea*) en pépinière a été enregistrée par Castillo et al., (2003). Cette technique est également efficace contre les champignons (Morra et al., 2005), les bactéries (Antoniou et al., 1995), les plantes parasites (Stoll, 2002) et les mauvaises herbes (Sellami et Lounici, 2000; Saldivar et al., 2003).

En ce qui concerne la lutte génétique, celle-ci est basée sur l'introduction de résistances naturelles dans des variétés cultivées ou sauvages; elle présente une alternative très prometteuse. Toutefois, l'utilisation répétée des variétés résistantes est confrontée à l'apparition de populations virulentes qui sont capables de briser cette résistance. Ceci limite leur efficacité et par conséquent la durée d'exploitation des variétés résistantes commercialisées (Castagnone-Sereno, 2002).

Il y a aussi les méthodes chimiques basées sur l'utilisation des fumigants : ces nématicides sont très dangereux et agissent en saturant l'atmosphère en remplissant les pores de gaz tuant ainsi les nématodes par asphyxie. Les nématicides systémiques moins dangereux agissent par ingestion et inhibition de l'acétylcholinestérase. Ces nématicides ont été largement utilisés efficacement contre les nématodes phytoparasites (Whitehead, 1998); ils restent les plus employés et dont plusieurs sont homologués en Algérie (Annexe1). Ces produits présentent de sérieux inconvénients, ils perturbent les équilibres écologiques des milieux traités, ils polluent l'environnement et les denrées alimentaires. La santé de l'Homme et des animaux est menacée et il y a eu une apparition de souches résistantes (De Guiran et Netscher, 1970).

Compte tenu du coût des produits chimiques et du niveau de technicité qu'ils nécessitent pour leur application, les recherches se sont orientées vers l'utilisation d'ennemis naturels de ces bioagresseurs. L'application de la lutte biologique reste très limitée malgré l'existence d'un certain nombre d'organismes parasites ou prédateurs. Les plus connus sont les champignons nématophages. Ces derniers comprennent les prédateurs qui sont caractérisés par l'apparition d'organes de capture comme les anneaux, les spires, les boutons, les boucles anastomosées... c'est le cas du genre *Arthrobotrys* (Singh et al., 2007) et des endoparasites comme *Paecilomyces lilacinus*. Ces champignons pénètrent dans l'œuf après formation d'un appressoria et agissent par la production de toxines: comme les leucotoxines, des chitinases et des protéases. Son efficacité contre *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate peut être de l'ordre de 74% et 66% (Kiewnick et Sikora, 2006a). Il est également très efficace contre les genres *Globodera* et *Heterodera* (Kiewnick et Sikora, 2006b). Il est disponible dans le commerce et n'est adapté qu'aux conditions tropicales: températures élevées et pH acides (Richardson et Grewal, 1993; Djian-Caporalino et Panchaud-Mattei, 2002). Actuellement, il est utilisé comme un nématicide biologique sous le nom commercial de Melecon WG (Kiewnick et sikora, 2006b).

Parmi les bactéries nématoparasites nous citons, *Pasteuria penetrans*, espèce qui a fait l'objet de nombreuses études (Richardson et Grewal, 1993; Davis et Williamson, 2006). Elle est parasite de plusieurs genres et espèces de nématodes, avec une préférence pour *Meloidogyne spp* (Carneiro et al., 2007). Ces dernières années, l'utilisation des substances naturelles ou extraits végétaux comme moyen de lutte alternatif aux pesticides a fait l'objet de nombreux travaux. En effet, les plantes sont capables de synthétiser plusieurs milliers de substances chimiques pour se protéger contre les maladies, les organismes nuisibles. Ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui seront bénéfiques non seulement pour l'environnement mais également pour la santé humaine (Kadioglu et Yanar, 2004). De nombreuses plantes sont traditionnellement employées par les populations africaines, asiatiques et brésiliennes pour combattre ces bioagresseurs.

Ces plantes peuvent être utilisées comme engrais verts dans les assolements ou sous forme de broyats, d'amendements incorporés au sol ou comme huile essentielle et enfin comme bionématicide. Ces végétaux peuvent agir de différentes manières, soit par effet nématostatique (Djian- Caporalino et Panchaud-Mattei, 2002) ou bien comme inhibiteur de l'éclosion des œufs, ou diminution des effectifs des *Meloidogyne* dans le sol et les racines.

En Algérie, l'efficacité des extraits aqueux, des huiles essentielles et des amendements organiques des plantes appartenant à plusieurs familles botaniques vis à vis de *Meloidogyne incognita* comme les Asteraceae (*Tagetes erecta*, *T. patula*; *Artemisia herba alba*), les Zygophyllaceae (*Peganum harmala*), les Fabaceae (*Crotalaria saharae*), les Meliaceae (*Melia azedarach*), les Lamiaceae (*Origanum glandulosum*, *Ocimum basilicum*, *Rosmarinus officinalis*) (Sellami et Moufarah, 1994; Sellami et Zemmouri, 2001; Sellami et Mezerket, 2006; Sellami et al., 2009; Sellami et al., 2010).

Actuellement, la lutte intégrée reste la méthode la plus recherchée, celle-ci repose sur l'association de différentes méthodes disponibles contre ces bioagresseurs. Selon Fillon (2011), la directive communautaire 2009/128/CE encourage les méthodes non chimiques, alternatives dont le but est de réduire les risques liés à l'usage des pesticides et de développer le recours à la lutte intégrée contre les ennemis des cultures avec des méthodes de substitution. Ainsi, une gestion intégrée de ces bioagresseurs incluant une vigilance accrue et un contrôle de ce parasite permet d'assurer une réduction plus durable et plus efficace des effectifs des nématodes et contribue à diminuer les risques associés à l'utilisation des nématicides.

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Situation actuelle des pesticides en Algérie

Objectif

Une enquête a été lancée durant les campagnes 2008, 2009 et 2010 dont le but est de connaître les types de pesticides dominants sur le marché algérien ainsi que les cultures où leur utilisation est intense. Dans une seconde phase nous avons traité un exemple de lutte contre les nématodes à galles par l'utilisation d'extraits de plantes.

I- Matériel et méthodes

1. Enquête sur l'utilisation des pesticides en Algérie

L'enquête a été réalisée durant les périodes de forte utilisation des produits phytosanitaires par les agriculteurs (période hiverno-printanière). A cet effet, nous avons établi un questionnaire pour disposer d'un maximum d'informations dont les principales sont le type de pesticide utilisé (dose d'utilisation, période d'application et stade phénologique de la plante), la superficie traitée, le type de culture et le bio agresseur visé (ravageurs, maladies ou mauvaises herbes) voir fiche de renseignement. Nous rappelons que certaines exploitations notamment du Centre: Alger, Boumerdes, Blida et Tipaza ont fait l'objet d'une visite sur terrain.

Les wilayas ont été choisies selon leurs vocations, au Centre les principales cultures échantillonnées sont les cultures maraîchères, au Sud les palmiers dattiers, à l'Est la céréaliculture et à l'Ouest l'arboriculture. Nous avons un total de :

- 25 wilayas enquêtées durant la campagne 2008 ; 27 en 2009 et 22 pour 2010; elles sont illustrées dans la figure 1.

Fiche de Renseignement

Nom de l'agriculteur ou de l'exploitation :

Wilaya : Commune :

Superficie :

Traitements chimiques : Précisez la nature du produit utilisé :

Insecticide :

Fongicide :

Nématicide :

Herbicide :

Autres :

Précisez sur quelle culture :

Céréales :

Cultures maraîchères :plein champ : ou abri plastique :

Arbres fruitiers à pépins et à noyaux :

Agrumes

Viticulture

Oléiculture

Palmier dattier

Dans la mesure du possible demander **la variété** ou **le porte greffe** :

Contre les:

Ravageurs : Insectes : Nématodes :

Maladies :

Mauvaises herbes :

Précisez : Période d'application :

Nombre d'application :

Doses utilisées :

Stade phénologique :

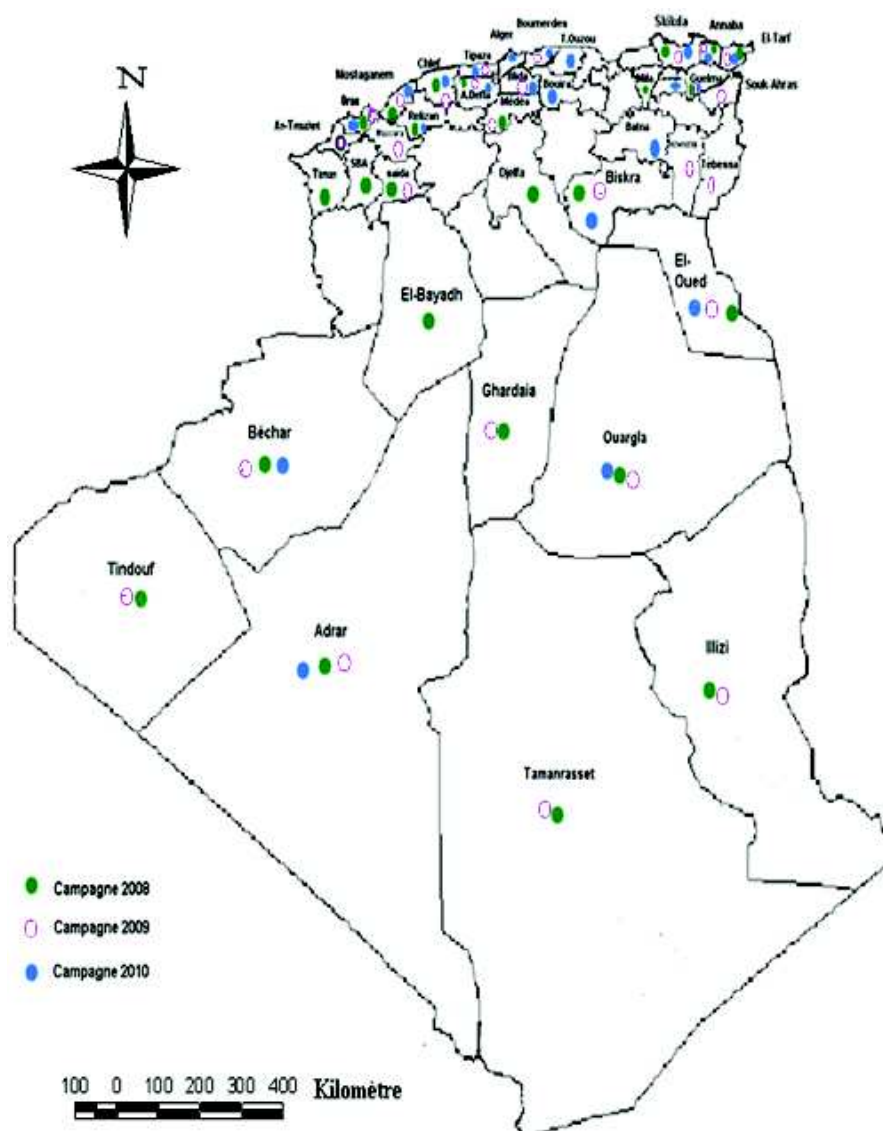


Figure 1: Wilayas enquêtées durant les campagnes 2008, 2009 et 2010.

Ce travail a été réalisé en coordination avec les stations régionales de la protection des végétaux (SRPV) durant les 3 campagnes 2008, 2009 et 2010. Nous avons essayé d'échantillonner un maximum de wilayas pour que les informations collectées puissent nous permettre d'avoir une appréciation qualitative sur les pesticides utilisés en Algérie (Tab. I).

Tableau I : Wilayas prospectées durant les trois campagnes : 2008, 2009 et 2010.

Années Wilayas	Campagne 2008	Campagne 2009	Campagne 2010
Sud	Ghardaïa, Ouargla, Tamanrasset, Biskra, Illizi, El-Oued, Adrar, Béchar, El-Bayadh, Tindouf, Djelfa	Ghardaïa, Biskra, Ouargla, El-Oued, Illizi, Tindouf, Tamanrasset, Adrar, Béchar	Biskra, Adrar Béchar, El-Oued Ouargla
Total	11	09	05
Ouest	Saida, Tlemcen, Sidi-Bel-Abbès, Mostaganem, Rélizane, Oran, Chlef, Ain-Defla	Saida, Oran, Ain-Defla Ain-Temouchent, Mascara, Mostaganem, Chlef	Mostaganem Rélizane, Oran Chlef, Ain-Defla
Total	08	07	05
Centre	Médéa	Blida, Tipaza, Boumerdès, Médéa	Blida, Tipaza Boumerdès, Alger, Tizi-Ouzou, Bouira
Total	01	04	06
Est	El-Tarf, Annaba, Skikda, Mila, Guelma	Tébessa, Khenchla, El-Tarf, Guelma, Annaba, Skikda, Souk-Ahras	Batna, Guemla Constantine, Skikda, Annaba, El-Tarf
Total	05	07	06
Total	25	27	22

2. Méthodologie

Les enquêtes ont été réalisées d'une manière aléatoire. Les régions ainsi que le type de culture ont été retenus au hasard lors de nos déplacements. Pour avoir le maximum d'informations, nous avons ciblé le maximum de cultures notamment, les cultures maraîchères et légumières, les vignes, les oliveraies, les palmerais, les agrumes, les arbres fruitiers et les céréales.

Lors des prospections réalisées durant les trois campagnes, nous avons noté que certains agriculteurs préfèrent des cultures sans traitements.

Les produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les ravageurs et les maladies ont été répertoriés en mentionnant la méthode d'application, les doses, les périodes de traitement et le nombre d'applications.

3. Evaluation et analyses des données

Les données collectées vont nous permettre de réaliser une série d'analyses sur l'utilisation des différents types de pesticides par culture. Sur la base des paramètres analysés comme la fréquence relative, nous avons évalué les quantités des produits phytosanitaires consommés par rapport au nombre de canevass collectés. Nous avons également fait ressortir les cultures qui reçoivent le plus de traitements annuellement.

II- Résultats

Enquête sur l'utilisation des pesticides en Algérie

Plusieurs données ont été collectées lors des enquêtes réalisées sur l'utilisation des pesticides tels que les insecticides, les fongicides, les herbicides, les nématicides et autres comme les rodenticides et les molluscicides. Les acaricides ont été inclus dans les

Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda : Meloidogynidae)

insecticides du fait que les produits appliqués ont une double action. Ces traitements sont destinés pour lutter contre tous les ennemis, insectes ravageurs et maladies notés sur de nombreuses cultures notamment les céréales, les cultures maraîchères et légumières, oliveraies, vignes, agrumes, arbres fruitiers à pépins et à noyaux ainsi que les palmiers dattiers. Un nombre important de communes a été prospecté. Les superficies des parcelles et des vergers sont variables d'une campagne à l'autre (Tab. II, III et IV)

Tableau II : Nombre des communes prospectées dans les différentes wilayas durant la campagne 2008.

Wilayas	Nombre des communes enquêtées	Superficie (ha) ou Nombre du palmier	Type des cultures
Ghardaïa	12	2000-10150 palmiers	palmier dattier
Ouargla	17	3000-9750 palmiers	palmier dattier
Tamanrasset	04	15-790	palmier dattier
Biskra	12	600-13200 palmiers	palmier dattier
Illizi	06	100-8200 palmiers	palmier dattier
El-Oued	11	900-5700 palmiers	palmier dattier
Adrar	24	382-7931 palmiers	palmier dattier
Bechar	17	2000-12650 palmiers	palmier dattier
EL-Bayadh	03	6000-12000 palmiers	palmier dattier
Tindouf	01	3200 palmiers	palmier dattier
Djelfa	01	12	Céréales
Médéa	03	20-40	blé tendre et dur, orge
El-Tarf	02	3,5-12	pomme de terre
Annaba	02	04-21	pomme de terre, fève
Skikda	06	02-22	pomme de terre, fève
Mila	01	25	pomme de terre, fève
Guelma	05	01-10	pomme de terre, fève
Saida	03	10-25	blé tendre et dur
Tlemcen	04	15-60	Céréales
Sidi-Bel-Abbès	10	15-68	Céréales
Mostaganem	08	01-12	olivier, arbres fruitiers
Rélizane	07	08-20	olivier, arbres fruitiers
Oran	06	01-18	olivier, pommier, agrume
Chlef	04	03-23	pomme de terre
Ain-Defla	01	12	pomme de terre

Tableau III: Nombre des communes enquêtées dans les différentes wilayas durant la campagne 2009.

Wilayas	Nombre des communes enquêtées	Superficie (ha) ou Nombre du palmier	Type des cultures
Ghardaïa	16	2800-21600 palmiers 01-78	palmier dattier, orangé, vigne, olivier, pomme de terre
Ouargla	12	900-32400 palmiers	palmier dattier
Tamanrasset	03	19-125	palmier dattier
Biskra	20	600-4200 palmiers	palmier dattier
Illizi	06	100-4205 palmiers	palmier dattier
El-Oued	19	700-9420 palmiers	palmier dattier
Adrar	20	840-3512 palmiers	palmier dattier
Bechar	25	1100-10000 palmiers 70	palmier dattier cultures légumières
Tindouf	01	1500 palmiers	palmier dattier
Médéa	01	02	pomme de terre
Blida	06	01-38	agrume, vigne, tomate, blé tendre, pomme de terre
Tipaza	01	79	Pomme de terre
Boumerdes	04	04-07	Pomme de terre, tomate
El-Tarf	03	10-30	pomme de terre, tomate
Annaba	04	10-30	Tomate
Skikda	08	01-15	pomme de terre, tomate
Guelma	05	01-25	pomme de terre, tomate, melon
Tébessa	02	02-05	pomme de terre
Khenchela	01	01	Haricot vert
Souk-Ahras	01	01	pomme de terre
Saida	03	01-100	blé tendre et dur, pomme de terre, tomate
Oran	15	01-30	olivier, agrume, tomate, fève, haricot, céréales, arbres fruitiers
Mostaganem	11	02-12	cultures maraîchères
Mascara	04	01-26	tomate, blé tendre
Ain-Temouchent	05	1,5-86	olivier, agrume
Chlef	02	20-23	pomme de terre
Ain-Defla	04	1-599	pomme de terre, céréales, arbres fruitiers, tomate, haricot

Tableau IV : Nombre de communes enquêtées dans les différentes wilayas durant la campagne 2010.

Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda : Meloidogynidae)

Wilayas	Nombre des communes enquêtées	Superficie (ha) ou Nombre du palmier	Type des cultures
Ouargla	01	14-26	blé dur
Biskra	04	01-68	Olivier
El-Oued	02	07-10	Olivier
Adrar	01	28	blé dur
Bechar	01	110	blé dur
Blida	04	01-30	arbres fruitiers, céréales, culture maraîchère, agrumes
Tipaza	07	0,5-15	arbres fruitiers, cultures maraîchère, vigne
Boumerdes	06	1,5-10	céréales, culture maraîchère
Alger	03	03-05	olivier, culture maraîchère
Tizi-Ouzou	06	01-06	pomme de terre, agrumes
Bouira	04	06-22	pomme de terre
El-Tarf	05	0,5-01	Tomate
Annaba	02	01	Tomate
Skikda	09	01	pomme de terre, tomate
Constantine	01	10	blé tendre, tomate
Guelma	07	01	pomme de terre, tomate
Batna	06	01-07	Olivier
Mostaganem	11	0,5-18	culture maraîchère
Rélizane	07	03-08	culture maraîchère
Oran	09	01-30	olivier, agrume, pomme de terre
Chlef	01	08	pomme de terre
Ain-Defla	02	12	pomme de terre

Un total de 638 canevas a été récupéré pour les trois campagnes 2008, 2009 et 2010, objets de notre enquête. Ces relevés sont répartis sur 471 communes et montrent une utilisation importante de pesticides par rapport aux parcelles prospectées (Tab. V). La légère baisse du taux des parcelles traitées en 2010 s'explique par le nombre de canevas collectés n'ayant pas inclus les traitements estivo-automnaux. Au total, 620 parcelles ont été traitées chimiquement et le taux d'utilisation est variable d'une campagne à l'autre.

Cette différence s'explique probablement par les conditions climatiques favorables pour le développement des ravageurs et maladies, l'utilisation de variétés sensibles aux organismes nuisibles et aux mauvais itinéraires techniques (travail du sol, fertilisation, choix variétal). 18 parcelles non traitées ont été enregistrées durant les campagnes de prospection, soit 04 parcelles en 2008, 03 parcelles en 2009 et 11 parcelles en 2010.

Tableau V : Données générales collectées durant les trois campagnes 2008, 2009 et 2010.

Campagnes	Communes	Canevas	Parcelles traitées	% des parcelles traitées
Campagne 2008	170	190	186	97,9%
Campagne 2009	202	279	276	99%
Campagne 2010	99	169	158	93.5%
Total	471	638	620	97,1%

L'analyse des données collectées a permis de calculer la fréquence d'utilisation des différents produits pour chaque culture. Les résultats obtenus pour les trois campagnes sont indiqués dans le tableau VI.

Si pour les céréales, nous notons une légère diminution en terme de pourcentage, au cours des 3 campagnes, par contre il y a lieu de signaler que les cultures maraîchères recevant plus de traitement ont nettement augmenté, passant de 11,1% en 2008 à plus de 50% en 2010. Une autre spéculation, la culture d'olivier, subit des interventions chimiques de plus en plus importantes, stabilisées à moins de 12% en 2008 et 2009, elle franchit le cap des 15% en 2010. Cela s'explique par l'engouement généré par le ministère de l'agriculture et du développement rural qui prévoit la plantation d'un million d'hectares d'oliviers à l'horizon 2014 qu'il faudrait protéger de toutes affections.

Les autres cultures (arboricultures et vignes) ont gardé la même tendance, c'est-à-dire des interventions chimiques inférieures à 12% des parcelles prospectées.

Concernant le palmier dattier, les informations recueillies touchent uniquement les campagnes 2008 et 2009 où plus de la moitié des parcelles sont traitées. Il faut souligner que cette spéculation jouit du soutien de l'état qui prend en charge les traitements contre le boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*), redoutable acarien qui déprécie fortement la qualité du fruit, et le ver de la datte (*Ectomyelois ceratonia*) qui rend impropre à la consommation toute datte contaminée.

Tableau VI : Importance relative des types de cultures traitées par les pesticides durant les trois campagnes : 2008, 2009 et 2010.

Types de cultures	2008	2009	2010
Céréales	16,3%	7,5%	8,3%
Cultures maraîchères et légumières	11,1%	28,6%	51,0%
Oliviers	5,3%	11,4%	15,4%
Vignes	-	1,4%	2,3%
Agrumes	3,1%	4,3%	11,2%
Arbres fruitiers (à pépins et noyaux)	7,9%	2,8%	11,8%
Palmiers dattiers	56,3%	44,0%	-

Nous avons réparti les pesticides utilisés par type de ravageurs ou de maladies ayant fait l'objet des divers traitements. Même si une diminution drastique est constatée dans le recours aux insecticides sur les 3 campagnes prospectées à travers le territoire national, ils restent néanmoins les plus utilisés, les fongicides viennent en seconde, les herbicides en troisième position et les divers en dernier (Tab. VII).

Tableau VII : Fréquences par types de pesticides utilisés durant les campagnes 2008, 2009 et 2010.

Pesticides	Campagne 2008	Campagne 2009	Campagne 2010
Insecticides	23	28	39
Insecticides biologiques	02	08	11
Fongicides	09	27	48
Herbicides	0	10	07
Nématicides	0	03	03
Divers	0	05	01
Total	34	81	109

Les résultats consignés dans le tableau VI permettent de constater une utilisation des pesticides qui augmente d'une campagne à l'autre. Il y a lieu de préciser qu'une culture peut avoir reçu différents traitements (insecticides, fongicides ou autres). Ces résultats sont illustrés par les figures 2, 3 et 4.

1.1- Campagne 2008

34 produits commerciaux ont fait l'objet d'une utilisation durant la campagne 2008, ils sont répartis selon le type d'organisme à combattre : 23 insecticides soit un taux de 67,6% des parcelles prospectées ont subi un traitement contre les ravageurs. Diverses catégories d'insecticides homologués ont été employées. Les quantités les plus élevées sont utilisés pour traiter les palmiers dattiers contre l'acarien (*Oligonychus afrasiaticus*) et la pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratonia*), les céréales contre la punaise (*Aelia germari* et *Eurygaster sp*) et le criquet marocain (*Dociostaurus maroccanus*). Les divers l'ont été contre d'autres ravageurs nuisibles, classés par ordres taxonomiques tels que les coléoptères (Scolytes), les lépidoptères (carpocapse, mineuse, pyrale de jasmin, zeuzère...), les diptères (mouches, cératite) et les homoptères (cochenilles, pucerons). Une catégorie d'insecticides comprenant 02 spécialités commerciales à base biologique a été utilisée, soit un taux de 5,9%. Nous tenons à préciser que ces deux spécialités renferment une matière active : Abamectine très utilisée contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) et le Bouferoua (*Oligonychus afrasiaticus*)

09 spécialités commerciales du groupe des fongicides, soit un taux de 26,5%, ont fait l'objet de traitement contre les maladies cryptogamiques notamment le mildiou (*Phytophthora sp*), la tavelure (*Venturia sp*) et la moniliose (*Monilia sp*) sur les cultures maraîchères, les arbres fruitiers et l'oliveraie. Aucun traitement herbicide et nématicide respectivement contre les adventices et les nématodes n'ont été réalisé durant cette campagne ; il en est de même, contre la Mérie de Shaw et les mollusques (Fig. 2).

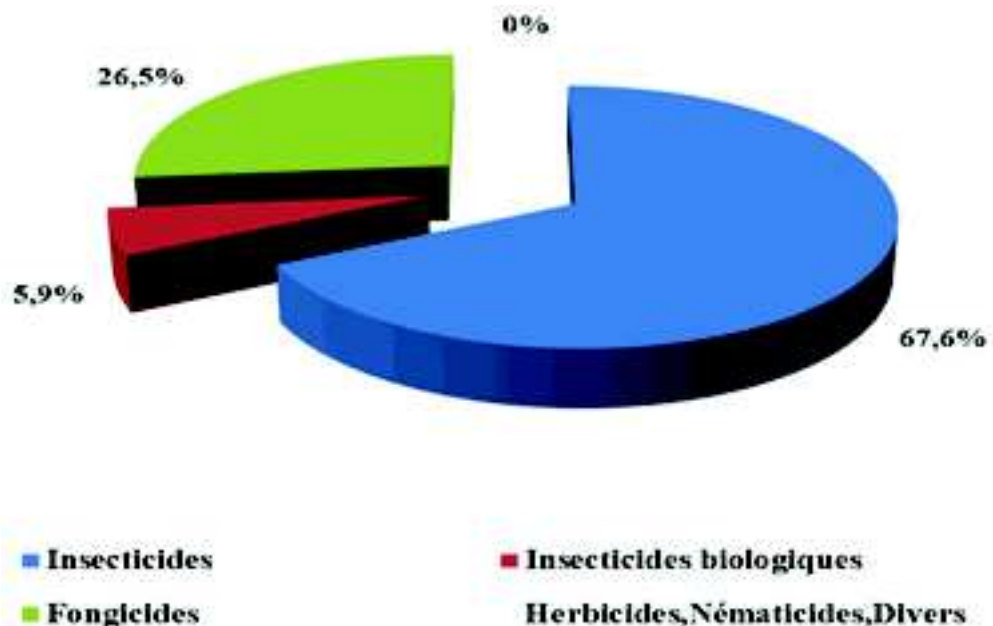


Figure 2 : Spectre d'utilisation des pesticides pour la campagne 2008.

1.2- Campagne 2009

Nous avons relevé durant la campagne 2009 une augmentation importante des consommations de produits phytosanitaires par rapport à l'année précédente, soit un total de 81 répartis comme suit : 28 insecticides, soit un taux de 34,6% ; la hausse de ce pourcentage s'explique par les traitements réalisés contre l'acarien du palmier dattier (*Oligonychus afrasiaticus*) et la pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratonia*), les autres sont

utilisés pour traiter différents ravageurs qui appartiennent aux ordres des lépidoptères (mineuse, pyrale de jasmin, teigne, noctuelle), des homoptères (cochenilles, pucerons, aleurodes), des coléoptères (altises), des diptères (la mouche de l'olivier, cératite) et des hémiptères (psylles). 08 insecticides biologiques comprenant 03 matières actives (Abamactine, *Bacillus thuringiensis*, Spinosad) soit un taux de 9,9%, ont été utilisés sur palmier dattier contre le Boufaroua et contre la mineuse sur tomate (*Tuta absoluta*).

Les traitements fongicides appliqués contre les maladies cryptogamiques ont concerné 33,3% des canevass pour un nombre de 27 spécialités commerciales, le taux le plus élevé est relevé contre les phytopathogènes des cultures maraîchères comme le mildiou (*Phytophthora* spp) ; le reste a servi pour traiter d'autres champignons tels que l'alternariose (*Alternaria* spp), la tavelure (*Venturia* spp), la rouille jaune (*Puccinia striiformis*), l'oïdium (*Erysiphe* spp), ou la verticilliose (*Verticillium dahlia*).

Un nombre de 10 spécialités commerciales intervient pour la lutte contre les mauvaises herbes soit un taux de 12,3%. Concernant les nématicides, 03 spécialités commerciales homologuées : Mocap, Némacur et Télone II avec un taux de 3,7% ; elles sont utilisées pour traiter les nématodes du sol sur les cultures stratégiques comme la pomme de terre, la tomate et la vigne. Dans les divers, on enregistre un taux de 6,2% comprenant 5 spécialités commerciales pour traiter différents bioagresseurs (Fig. 3).

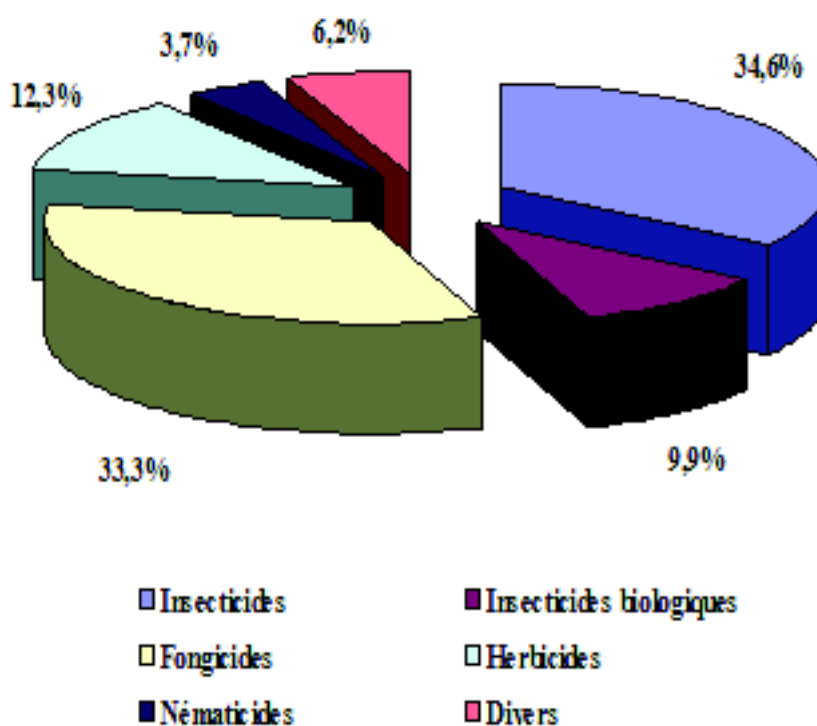


Figure 3 : Spectre d'utilisation des pesticides pour la campagne 2009.

1.3- Campagne 2010

Les produits phytosanitaires atteignent le chiffre de 109 spécialités commerciales, nombre plus important que ceux des deux campagnes écoulées. Les fongicides ont été appliqués pour traiter 44% des cultures contre les maladies cryptogamiques soit 48 spécialités commerciales. La majorité est utilisée sur pomme de terre contre le mildiou (*Phytophthora* sp) et l'alternariose (*Alternaria* sp), viennent en seconde position les insecticides avec 35,7%, soit 39 spécialités commerciales sollicitées pour les traitements

des ravageurs nuisibles sur diverses cultures; la quantité la plus élevée est utilisée contre les ravageurs de l'olivier, les plus redoutables étant la mouche (*Bactrocera oleae*), le psylle (*Euphyllura olivina*) et la teigne (*Prays oleae*) et différents autres ravageurs appartenant aux homoptères (cochenilles, pucerons, aleurodes, cicadelle), thysanoptères (thrips) et arachnides (acariens). 11 insecticides biologiques ou naturels (avec 02 matières actives), soit un taux de 10,1% ont fait l'objet d'une utilisation. Ce taux est le plus élevé par rapport aux années précédentes.

Un taux très faible a été enregistré pour lutter contre les mauvaises herbes; il est de l'ordre de 6,4% soit 7 spécialités commerciales. Les rares cultures traitées restent les céréales, la pomme de terre, l'olivier et la tomate. 03 nématicides homologués contre les nématodes du sol nuisibles sur la pomme de terre et l'aubergine ont fait l'objet de traitement, soit un taux de 2,7%. Dans les divers, une seule spécialité commerciale, soit un taux de 1,1%, a été utilisée contre la mineuse de la tomate (Fig. 4).

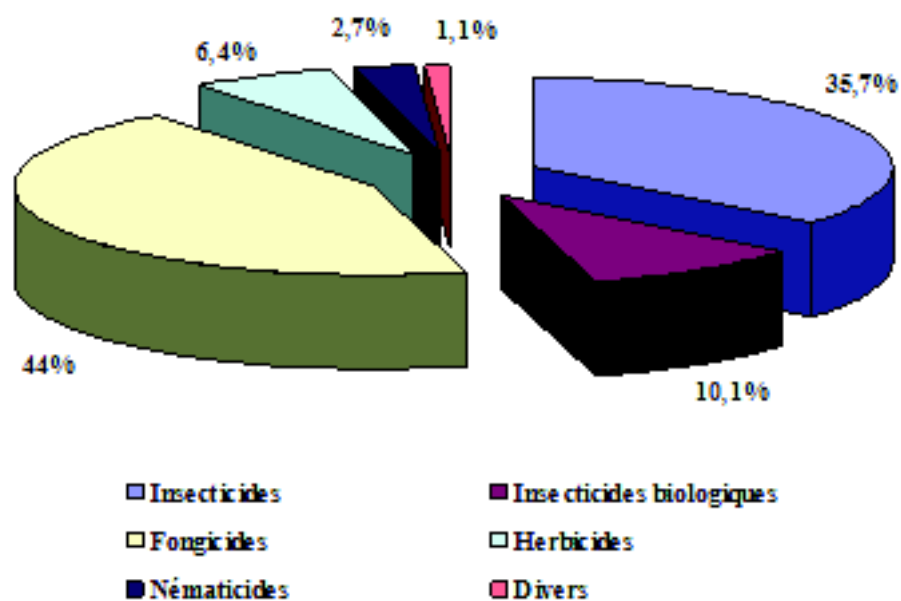


Figure 4 : Spectre d'utilisation des pesticides pour la campagne 2010.

L'analyse des données collectées a révélé que les insecticides sont les produits les plus utilisés durant les campagnes 2008, 2009 et les fongicides en 2010.

A cet effet, les diverses catégories d'insecticides utilisées contre les ravageurs ont été réparties selon les groupes chimiques (ou les principales familles organiques de synthèse). Nous relevons l'absence des organochlorés (0%), et la dominance de l'utilisation des organophosphorés avec respectivement 47,8, 35,7 et 41% durant les campagnes 2008, 2009 et 2010 suivis des pyréthriinoïdes avec un taux de 34,8, 28,6 et 28,2% durant les trois campagnes. Enfin, les carbamates sont représentés avec un taux inférieur à 13%. En dehors des familles citées, celles qui sont classées dans les divers (autres) leur taux varie entre 13 et 25%. Les résultats obtenus sont indiqués dans les figures 5, 6 et 7.

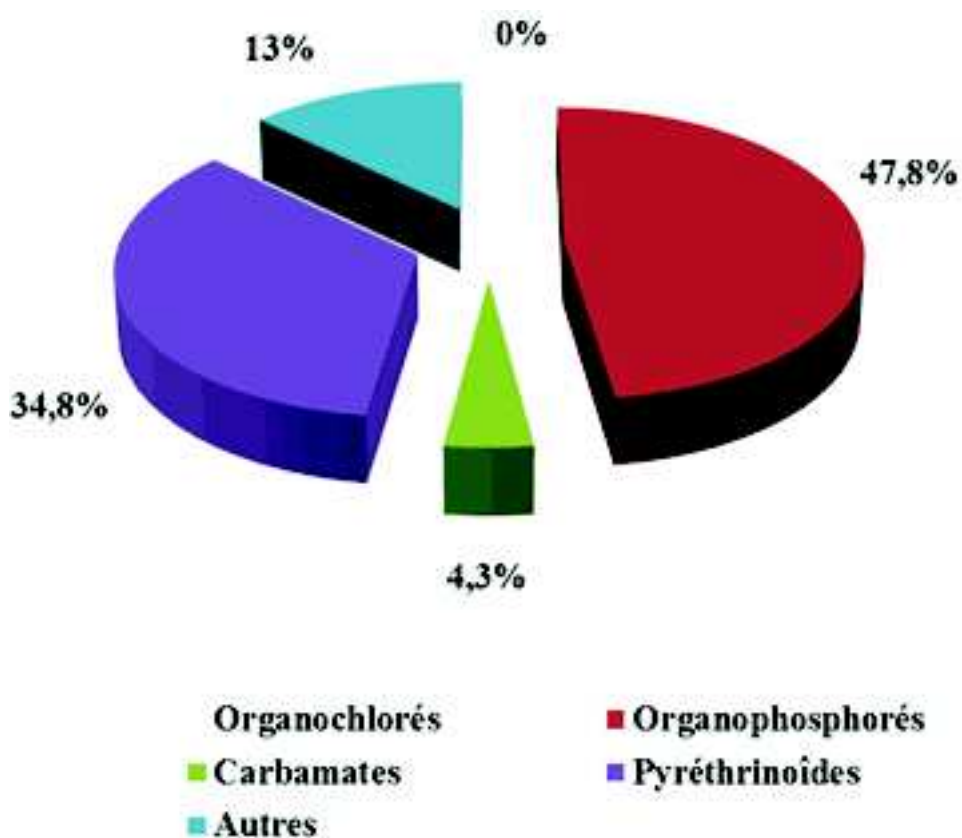


Figure 5: Différentes catégories d'insecticides consommés durant la campagne 2008.

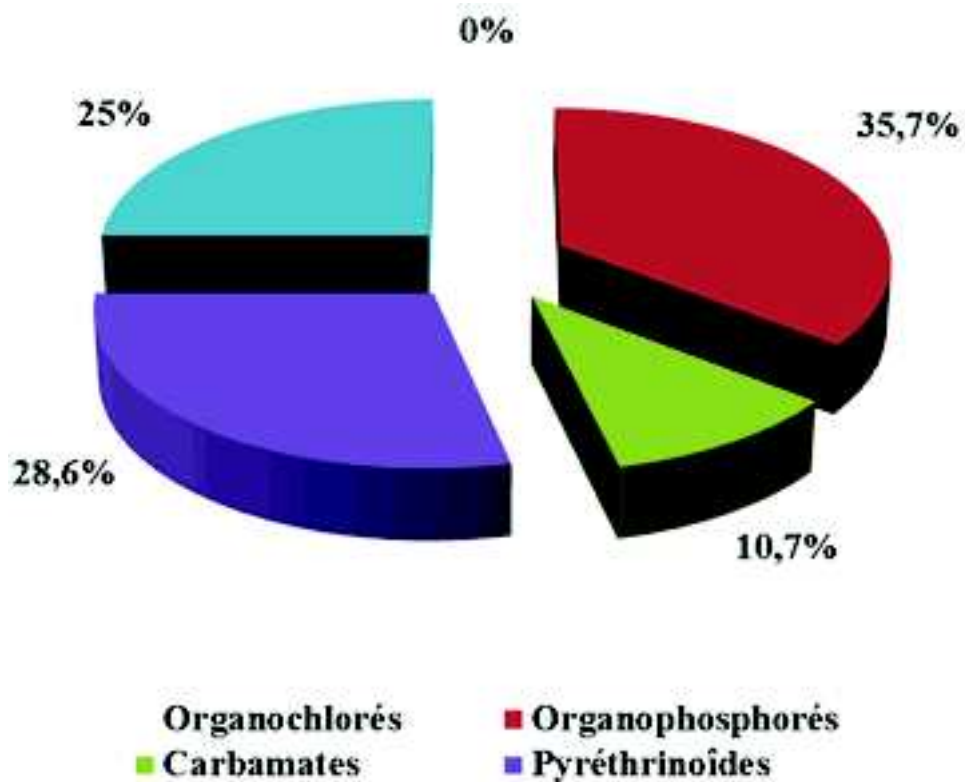


Figure 6: Différentes catégories d'insecticides consommés durant la campagne 2009.

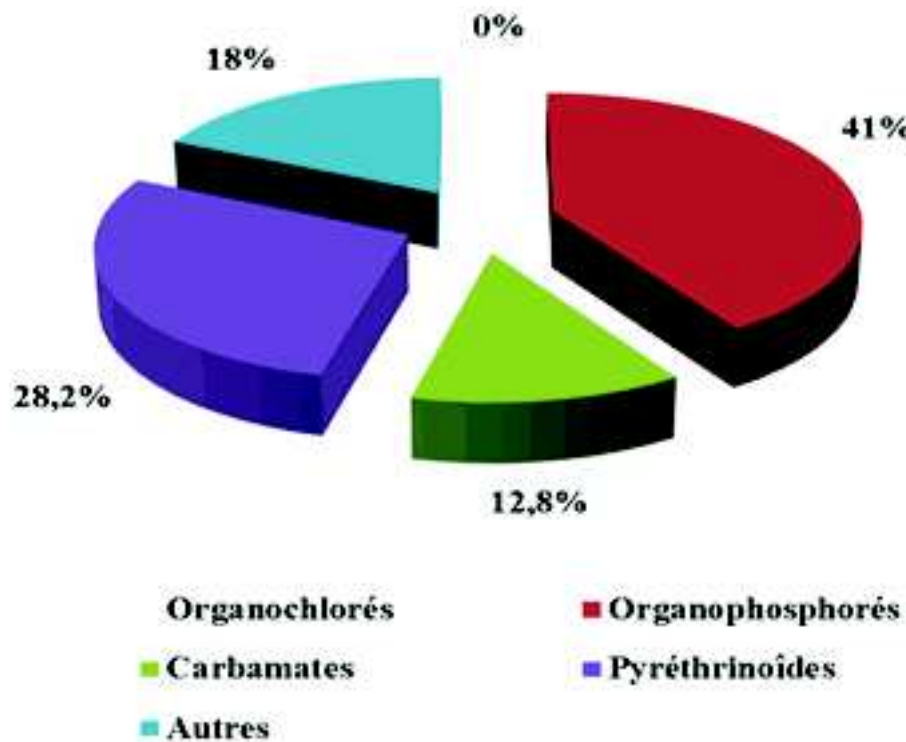
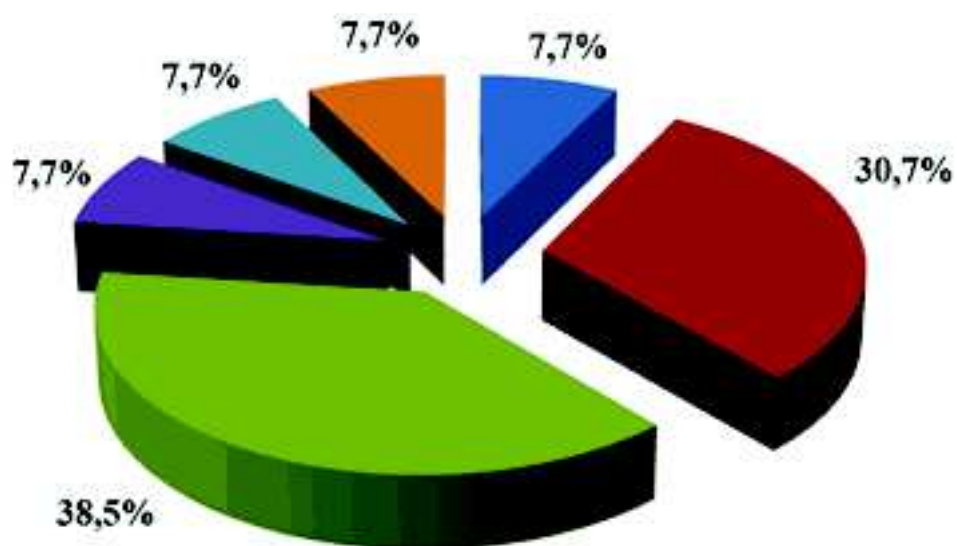


Figure 7: Différentes catégories d'insecticides consommés durant la campagne 2010.

Concernant les fongicides, les différentes spécialisées commerciales dominantes appartiennent au groupe des multi-sites renferment les produits minéraux comme le cuivre (sulfate de cuivre, hydroxyde de cuivre), le soufre (micronisé) et les dithiocarbamates représentés par le mancozèbe, le manèbe, le probinèbe et le zinèbe avec un taux variant de 21,8 à 38,5% et de 25 à 30,7% respectivement pour les deux campagnes 2008 et 2009(Fig. 8, 9).

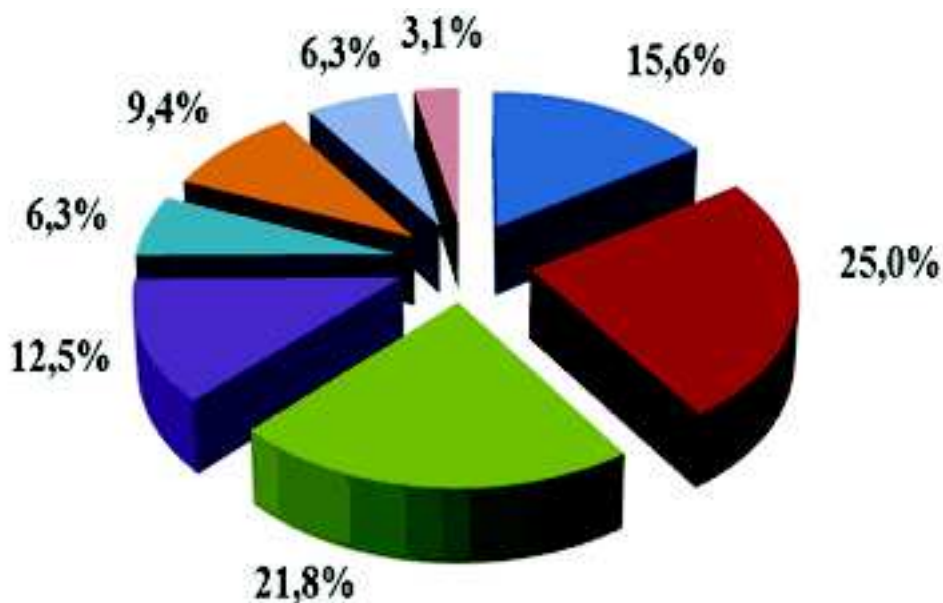
En 2010, ce sont les minéraux et les triazoles comme le propiconazole, le difénoconazole, le penconazole, bitertanole et enfin le cyproconazole qui sont les plus utilisés avec respectivement 19,5 et 14,6%(Fig. 10). Les autres familles chimiques, les imidazolinones, les phosphonates et phénylamides interviennent moyennement avec des pourcentages variant de 6 à 15% pour les deux campagnes 2008-2009. D'autres familles sont faiblement représentées, c'est le cas des strobilurines, les chloronitriles, les guanidines et les amino-acides carbamates essentiellement durant la campagne 2010(Fig. 10).

Nous avons noté qu'à chaque campagne, une utilisation alternée entre les familles chimiques s'effectue dont l'objectif est d'éviter le phénomène de résistance chez les bioagresseurs.



- Phénylamides ■ Dithiocarbamates ■ Minéraux
- Triazoles ■ Imidazolinones ■ Phosphonates

Figure 8: Différentes catégories de fongicides consommés durant la campagne 2008.



- Phénylamides ■ Dithiocarbamates ■ Minéraux
- Triazoles ■ Imidazolinones ■ Phosphonates
- Chloronitriles ■ Strobilurines

Figure 9: Différentes catégories de fongicides consommés durant la campagne 2009.

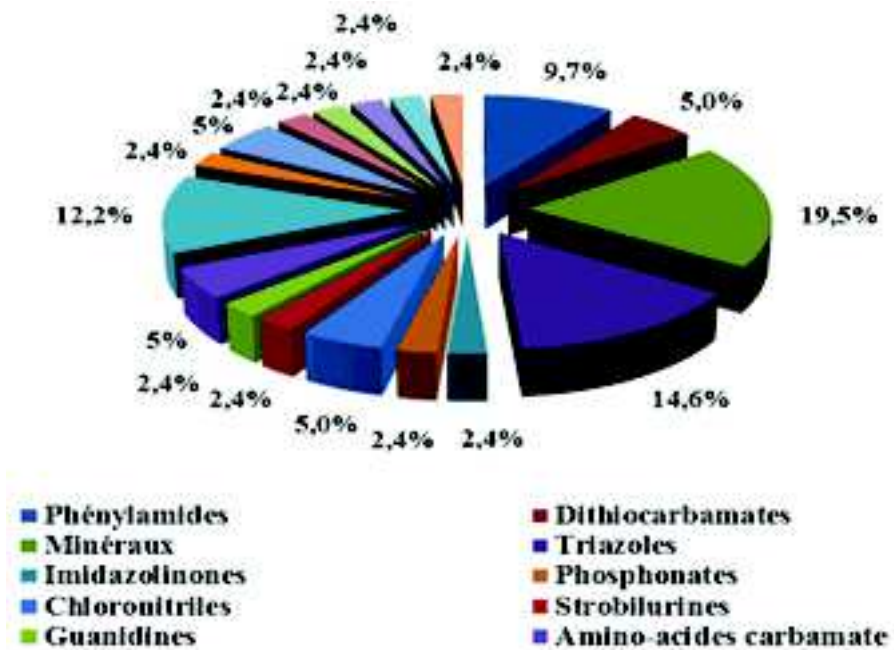


Figure 10: Différentes catégories de fongicides consommés durant la campagne 2010.

Les résultats obtenus concernant les différentes familles chimiques des herbicides sont rapportés dans les figures 11 et 12. Ces dernières montrent que ce sont les triazinones représentés par le métribuzine qui sont les plus utilisés durant la campagne 2009 avec un taux de 25% ; suivis des sulfonilurées avec 16,8%, ces derniers comprennent le triasulfuron et le tribénuron-Méthyle. En 2010, ce sont les sulfonilurées et les aryloxyphénoxy-propionates comme le fluazifop-P-Butyl et le fluazifop-Butyl qui dominent avec respectivement un taux de 33,3% pour les deux familles chimiques.

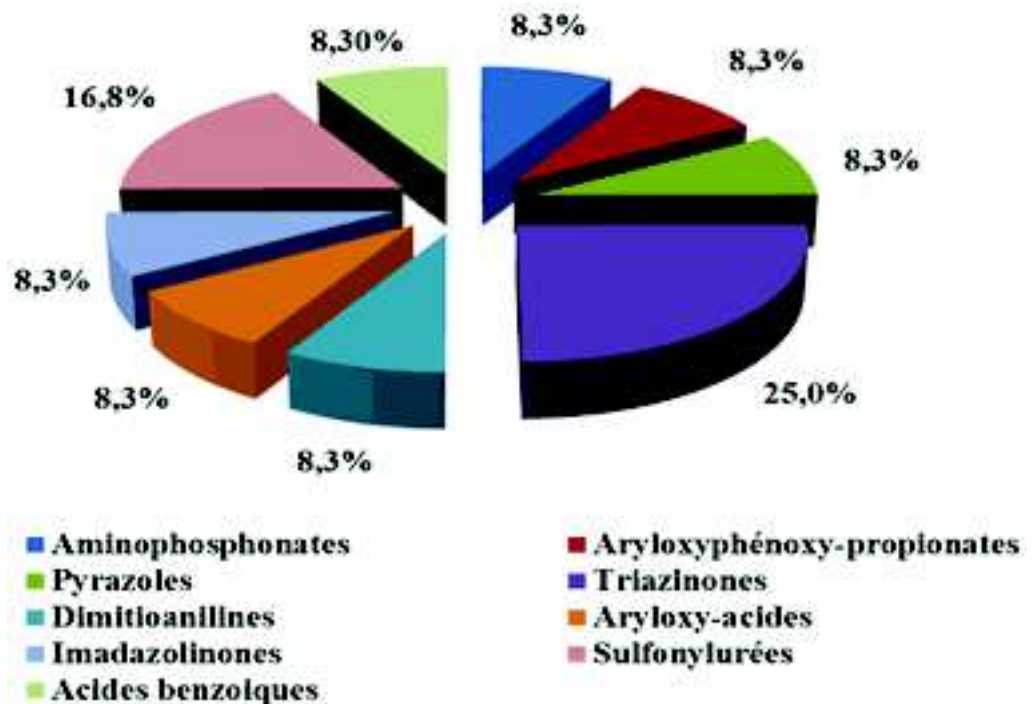
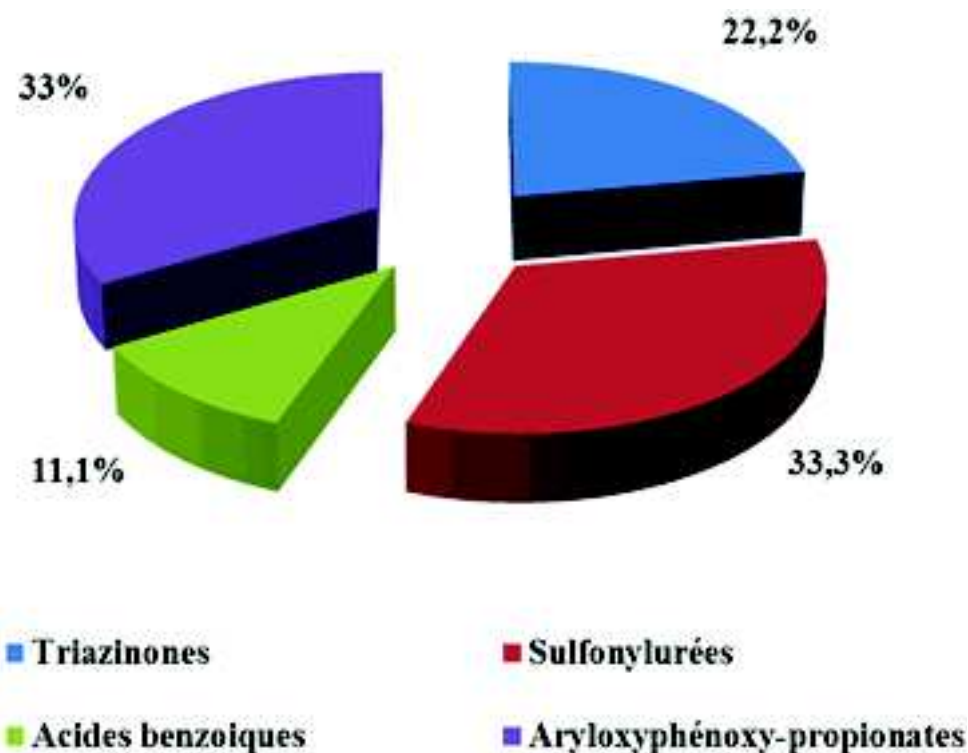
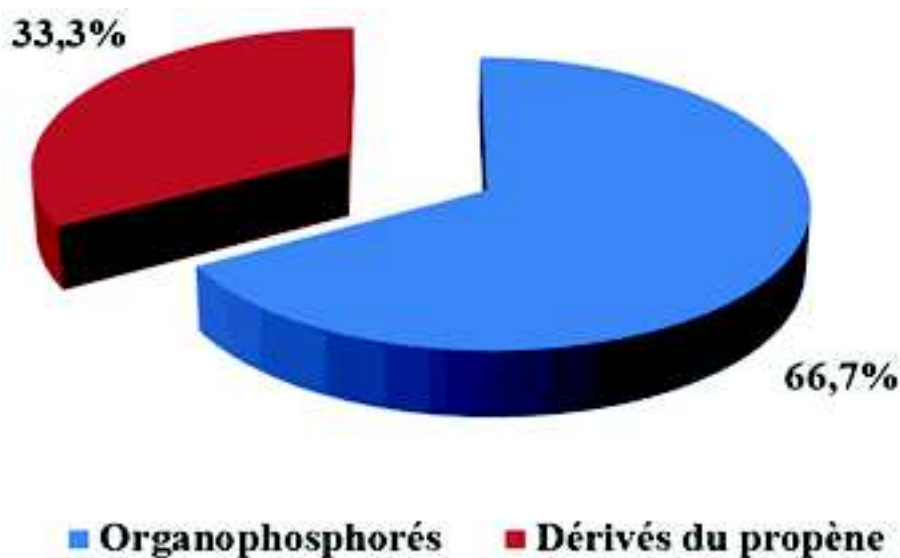


Figure 11: Différentes catégories d'herbicides consommés durant la campagne 2009.**Figure 12:** Différentes catégories d'herbicides consommés durant la campagne 2010.

Chez les nématicides, nous avons deux grands groupes, les systémiques et les fumigants. Les organophosphorés (systèmeux) représentés par le phénamiphos (némacur) et l'éthoprophos (mocal) sont les plus utilisés avec un taux de 66,7%. Pour les fumigants (dérivés du propène, comme le dichloropropène (D-D = télone II) et le dithiocarbamates comme le métam sodium (Fumical)), le taux est de 33,3% pour les deux campagnes 2009 et 2010 (Fig. 13) ;

**Figure 13:** Différentes catégories de nématicides consommés durant la campagne 2009 et 2010.

L'ensemble des produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs durant les trois campagnes sont homologués en Algérie. Néanmoins les doses ne sont pas toujours respectées. Une catégorie d'agriculteurs surdose sans tenir compte des doses préconisées pouvant être la cause de toute forme de résistance par la suite. Alors que d'autres sous dosent. Citons quelques exemples (Tab. VIII).

Régions	Spécialités commerciales	Matières actives	Doses utilisées	Ravageurs ou maladies	Cultures	Doses préconisées
Surdoses						
Sud	Vapcomics	Abamectin	1,5l/hl	Acariens	Palmier dattier	50ml/hl
	Biomite	Farnesol+Nerolidol+Geraniol	12l/ha			20ml à 300ml/hl-2l/ha
	Dimilin	Diflubenzuron	2kg/ha	Myelois		400g/ha
Ouest	Decis 25EC	Deltamethrine	1l/ha	Punaises	Blé dur	0,5l/ha
Est	Ridomil	MetalaxylM+Mancozèbe	3kg/ha	Mildiou	Pomme de terre	2,5kg/ha
Sous doses						
Est	Sencor	Metribuzine	04g/16l	Adventices	Tomate	500g/ha
Centre	Ruben	Deltamethrine	01ml/16l	Puceron	Agrume	0,3l/ha

Tableau VIII : Différentes spécialités commerciales utilisées avec des doses non préconisées pour lutter contre les organismes nuisibles sur diverses cultures.

Un autre exemple mérite d'être cité, il s'agit de traitements abusifs constatés en 2009 contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) qui a causé d'énormes dégâts sur toutes les cultures de tomate. Pour sauver leurs récoltes les agriculteurs ont utilisé des traitements non préconisés sur cette culture, comme le Reldan (chlorpyrifos-ethyl) dans les zones du littoral, alors qu'il est recommandé pour d'autres ravageurs (noctuelle).

III- Discussion

Les pesticides font partie des substances susceptibles d'occasionner des risques à la fois pour la santé humaine et l'environnement (Delemotte et *al.*, 1987). Des milliers de personnes meurent chaque année à cause d'intoxication liée aux produits phytosanitaires, ces décès sont imputés aux mauvaises pratiques phytosanitaires et à l'accumulation de pesticides périmés (Merhi, 2008).

Lors de notre enquête menée à travers le territoire national sur l'emploi des pesticides, nous avons tenté de toucher le maximum de régions afin d'évaluer la nature des produits les plus utilisés par les agriculteurs. L'étude a révélé que le choix des pesticides se limite à ceux homologués sur les cultures et inscrits dans l'index phytosanitaire de 2007-2008 et que leur emploi varie suivant les campagnes, d'une région à une autre, de la culture et du bioagresseur visés avec une prévalence des insecticides suivi des fongicides. Ces résultats ne rejoignent pas ceux rapportés par plusieurs travaux dans le monde qui signalent que les herbicides représentent plus de 50% des pesticides utilisés dans le marché mondial (Bocquet et *al.*, 2005), et que ce segment ainsi que celui des fongicides possèdent une croissance de 10% pour la dernière décennie. Parallèlement, les insecticides et les autres produits ont diminué significativement ces dernières années (Gasquez, 2005 ; Bocquet et *al.*, 2005). Enfin, notre enquête a permis également de mettre en évidence que certains produits utilisés en Algérie sont interdits en Europe mais continuent à être utilisés dans notre pays .

Parmi les insecticides, l'étude a montré l'absence de l'usage de ceux appartenant aux organochlorés. En effet, ces derniers ont pris une place prépondérante dans la lutte chimique grâce au succès qu'a connu le DDT, mais en raison de leur persistance dans l'environnement et leur bioaccumulation dans les organismes, ils furent interdits dans les pays développés depuis quelques décennies et, récemment, ont été exclus de la liste mondiale des produits chimiques autorisés pour lutter contre les insectes (Regnault-Roger et Philogène, 2005). En Algérie, les insecticides appartenant à cette famille chimique sont interdits depuis 1966 (Rebah, 2002), ce qui explique leur absence au cours de nos enquêtes. Il faut savoir que plusieurs tonnes importées dans le cadre des campagnes de lutte anti-acridienne sont stockés sous bonne surveillance à l'INPV en attendant leur élimination dans le cadre de l'assainissement de la situation des pesticides périmés en application de la Convention de Stockholm.

Les familles chimiques les plus utilisées appartiennent aux pyréthrinoides et aux organophosphorés qui restent encore aujourd'hui les plus employés, dus essentiellement à leur large éventail de modes d'action et les multiples possibilités dans leurs applications (Wood, 2004). Toutefois, les composés organophosphorés sont rapidement dégradés, le fait qu'ils se dégradent facilement a fait de cette famille une alternative intéressante aux pesticides organochlorés persistants. En revanche, ils sont plus toxiques, ce qui représente un risque pour les utilisateurs de ces composés. Ainsi, de nombreux pesticides organophosphorés ont été interdits ou leur usage a été sévèrement limité dans plusieurs pays et sont inclus dans le processus d'information préalable en connaissance de cause de la Convention de Rotterdam. Les pesticides organophosphorés actuellement inclus dans cette procédure sont: le Parathion et le Parathion méthyle.

En ce qui concerne les pyréthrinoides, développés comme alternative aux organophosphorés, car moins toxiques, ils sont aujourd'hui fréquemment utilisés. Leur usage est dû essentiellement à leur photo stabilité, leur moindre coût et leur grande efficacité qui leur permet d'être utilisés à de faibles doses (Thacker, 2002). En revanche, le manque de sélectivité des molécules envers les insectes auxiliaires a été relevé (Regnault -Roger et *al.*, 2005). Ainsi des recherches ont été conduites afin d'améliorer leur performance ; de ce

fait, ces molécules ont un avenir prometteur ; ainsi la quasi-totalité de ces produits a été ré-homologuée (Regnault –Roger, 2005). Enfin, les néonicotinoïdes, ces insecticides dont le mode d'action est neurotoxique visent à remplacer les organophosphorés et les carbamates comme produits efficaces contre les insectes piqueurs-suceurs (Tanizawa et Casida, 2006).

Les carbamates, très peu utilisés par les agriculteurs sont généralement des insecticides non sélectifs et présentent plusieurs types d'activité, ce qui permet de mieux cibler leur usage. Ainsi, le méthomyl est à la fois insecticide de contact, fumigant et peut être légèrement systémique.

Le deuxième groupe de pesticides dominant sont les fongicides, ils constituent un moyen efficace pour gérer les principales maladies fongiques des plantes cultivées ; leur utilisation est probablement due aux conditions climatiques favorisant la prolifération des maladies fongiques c'est le cas du mildiou dû à *Phytophthora infestans*. Ce groupe est dominé par l'utilisation des multi-sites, ceux représentés d'une part par les minéraux qui sont des produits à base de cuivre et de soufre et d'autre part par les dithiocarbamates comme le mancozèbe et propinèbe. Ils sont respectivement efficaces contre le mildiou et l'oïdium et sont utilisés en pulvérisation aussi bien sur les parties aériennes des plantes qu'en traitement des semences, ils présentent une large activité vis-à-vis des eumycètes et des oomycètes. Les produits cupriques et soufrés altèrent la perméabilité sélective des membranes cytoplasmiques, cette action les expose à des effets indésirables sur un grand nombre d'organismes. Ils sont caractérisés par l'absence de phytotoxicité, une polyvalence assez grande et une faible toxicité, ils occupent une place prépondérante dans l'agriculture biologique, mais les risques environnementaux liés au cuivre sont compromettants pour les fongicides cupriques (Brun et Geoffrion, 2003).

Parmi les fongicides anti- microtubules, nous citons les benzimidazoles et les thiophanates qui sont des systémiques polyvalents dotés d'une activité curative, leur utilisation a été compromise suite à la sélection des souches résistantes chez de nombreux champignons phytopathogènes notamment les Oïdiums et Cercospora (Leroux, 2005).

Les autres fongicides agissant directement sur les champignons sont les inhibiteurs de l'ARN polymérase I ; parmi ces derniers, les phénylamides sont des fongicides systémiques apoplastiques spécifiques des oomycètes, ils possèdent une activité curative. En revanche, de fortes résistances ont été observées chez de nombreux agents de mildiou dont *phytophthora infestans*; cette résistance dite disruptive entraîne des pertes d'efficacité (Leroux et al., 2002). Ces produits utilisés à grande échelle ont provoqué l'apparition de souches résistantes, celle-ci est plus fréquente chez les systémiques que les fongicides de contact ; de ce fait, la meilleure stratégie est de mélanger les deux produits s'ils sont compatibles et d'alterner ces deux groupes ou encore restreindre le nombre de traitement au strict minimum (Leroux et al., 2002).

La faible représentativité des herbicides relevée par notre questionnaire est probablement due à la méconnaissance des agriculteurs des dommages que peuvent causer les adventices, ceux-ci sont dominés par les aryloxyphénoxy-propionate et les sulfonyleurées. Ces derniers sont des inhibiteurs de l'acétolactase synthétase (ALS) ; cette utilisation est due à leur grande efficacité à des doses extrêmement faibles, à leur grande sélectivité vis-à-vis de plusieurs cultures ainsi que leur faible toxicité (De prado et al., 2010). En ce qui concerne les auxiniques : représentés par les acides benzoïques (dicamba) contrôlent efficacement les espèces dicotylédones et très peu d'espèces sont résistantes à cet herbicide (Heap, 2010).

Les triazinones couvrent également un grand champ d'utilisation. La plupart sont utilisés comme herbicides sélectifs. Cependant, plusieurs plantes ont tendance à développer une certaine résistance aux triazinones ce qui peut poser un problème agronomique et environnemental (Merini et *al.*, 2009). Ces composés sont peu actifs et stables et doivent être utilisés à dose assez élevée, ils sont efficaces mais ont l'inconvénient d'être stables et se retrouvent en grande quantités dans les eaux de ruissellement et les nappes phréatiques, la majorité sont interdits d'usage en agriculture. Nous tenons à signaler que les produits appartenant à cette famille sont interdits en Allemagne depuis 2001 (Lee, 2003).

D'autres herbicides comme les inhibiteurs de l'Acétyl Coenzyme A carboxylase (l'ACCCase) (Ex : le Fluazifop-Butyl) et les dérivés d'aminophosphonates comme le glyphosate sont très peu utilisés; en revanche, ce dernier est considéré comme celui le plus utilisé dans le monde; nous tenons à préciser que certaines espèces peuvent développer des génotypes résistants vis-à-vis de cet herbicide (Van - Gessel, 2001 In : Gasquez, 2005).

Enfin, une faible utilisation des nématicides par les agriculteurs a été notée dans les régions prospectées, celle-ci est due essentiellement à la méconnaissance et aux symptômes non spécifiques causés par ces bioagresseurs (De Guiran, 1983). Les nématicides appliqués appartiennent essentiellement aux organophosphorés (Phénamiphos et Ethoprophos), car ils sont d'une grande facilité d'emploi et peuvent être appliqués pendant la culture, contrairement aux fumigants (D-D=Télonell) moins utilisés car leurs applications dans le sol nécessitent un appareillage complexe et leur emploi se fait avant la mise en place de la culture ce qui constitue une contrainte pour les agriculteurs. Enfin, l'avenir de ces nématicides est posé depuis plus de 10 ans. (Le D-D est interdit depuis 2007 dans les pays de l'union Européenne)

Nous tenons à préciser que parmi ces organophosphorés utilisés par les agriculteurs le phénamiphos est interdit en France depuis 2004. Par contre, l'éthoprophos appartenant à cette famille n'est pas menacé malgré la longue persistance dans le sol de sa matière active (Mugniery, 2005).

Enfin, Toutes ces formulations se dégradent avec le temps, et les produits chimiques qui se forment lors de la détérioration du pesticide peuvent s'avérer plus toxiques encore que le produit d'origine.

Ainsi, nos enquêtes ont confirmé que les agriculteurs utilisent de façon anarchique et abusive les pesticides, se souciant peu de leur impact sur les différents compartiments environnementaux (sol, l'eau et l'air) ainsi que sur la santé humaine. Cet aspect a été déjà souligné par plusieurs auteurs notamment Moussaoui et *al.*, (1999) qui rapportent que dans plus de 30% des échantillons d'eau prélevés dans la région de Staoueli (Alger), la concentration de certaines molécules organochlorées et organophosphorés (diazinon, parathion), dépassent les valeurs préconisées par l'OMS. De même, Bounachada et *al.*(2011), ont montré que des pesticides sont détectés dans environ plus de 45% des puits échantillonnés dans la région de Sétif et dont plus de 57% sont attribués à ceux situés près des cultures de pomme de terre qui servent le plus souvent de source d'eau de boisson ; 50% d'entre eux révèlent la présence de plusieurs pesticides à savoir parmi les herbicides le 2,4D et les insecticides la dieldrine, le chlorpyrifos méthyl, le diméthoate et le lindane et même le malathion et le DDT qui sont pourtant interdits.

Les pratiques de protection phytosanitaires mises en œuvre par les agriculteurs sont en réalité encore très mal connues, puisque très peu de données sont accessibles. Nous avons remarqué aussi une application périodique des pesticides sans respecter les doses

employées, le nombre de traitement par saison, le délai d'attente avant la récolte (etc...). Cette mauvaise utilisation des pesticides sur les cultures peut causer, potentiellement chez les utilisateurs et les consommateurs, des pathologies comme des dermatoses, des irritations mais aussi des cancers. Elle peut aussi entraîner des effets neurotoxiques, génotoxiques, immunotoxiques ou perturbations endocriniens. En effet, la majorité des agriculteurs manque de connaissances sur les effets secondaires des pesticides. Ce manque de connaissances a pour résultats la non maîtrise de la gestion de ces pesticides; notons une législation absente pour le contrôle adéquat des pesticides.

L'analyse des données des prospections a révélé aussi l'utilisation des bio-insecticides comme le spinosad, l'abamectine et le *Bacillus thuringiensis*, ce dernier est le biopesticide le plus utilisé dans le monde. Il représente en effet à lui seul 90% du marché mondial des biopesticides. Il a une activité spécifique contre les chenilles ravageuses de la vigne, des cultures maraîchères et en arboriculture fruitière. Ces produits biologiques ne présentant aucun effet néfaste sur les humains sont des atouts majeurs pour la protection de l'environnement en préservant la flore et la faune auxiliaire (Joung et Côté ,2000). Leur utilisation est à encourager et une sensibilisation auprès des agriculteurs serait souhaitable afin d'être préconisée dans un programme de production biologique ou intégrée contre les bioagresseurs traités.

Chapitre II: Activité Nématicide des extraits de *Melia azedarach* L. (1753)

Objectif

L'objectif de notre étude consiste à déterminer les potentialités nématicides des extraits aqueux à partir des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* (Meliaceae) sur la mortalité des larves de deuxième stade (L2) et le potentiel d'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*. Cette étude a été complétée par des tests phytochimiques (ou Screening phytochimique) afin d'identifier les métabolites secondaires présents dans les organes testés (feuilles, fruits).

I- Matériel et méthodes

1. Matériel biologique : le nématode

Pour les essais en laboratoire, nous avons retenu comme nématode, l'espèce *M. incognita* qui a été prélevée à partir des échantillons de tomate infestée provenant de la région de Tipaza. En vue d'obtenir du matériel biologique disponible pour notre expérimentation, nous avons procédé à l'élevage de cette espèce en laboratoire selon les étapes suivantes :

Elevage de *Meloidogyne incognita

Préparation des plantules: Le semis de tomate a été effectué dans des bacs contenant du terreau préalablement stérilisé. Nous avons choisi une variété (Marmande) infestée et qui est très sensible aux nématodes. Quelques jours après, ces plants ont été

repiqués au stade de trois à quatre feuilles dans des pots en plastique de 8 cm de diamètre contenant un mélange de terre et de terreau stérilisé (2/3 et 1/3).

Obtention des larves de deuxième stade : Les larves de 2^{ème} stade L2, extraites à partir des masses d'œufs sont prélevées au niveau des galles sur des racines de tomate infestées. Ensuite, elles sont placées dans des éclosoirs pendant quelques jours.

L'inoculation : Quelques jours après le repiquage, nous avons réalisé l'inoculation sur chaque plantule à partir des larves de 2^{ème} stade (L2), à raison de 500 L2 par pot. Les pots ont été entreposés en laboratoire pendant six à huit semaines à une température allant de 20 à 25°C.

Dans le but d'avoir un matériel biologique disponible, l'opération a été effectuée régulièrement durant toute l'expérimentation.

2. Nématicides utilisés

Le choix des deux nématicides : l'Ethoprophos (mocap à 10% de matière active à une dose de 50kg/ha) et le phénamiphos (némacur à 10% de matière active à une dose de 30kg/ha) est dû à leur disponibilité sur le marché ainsi qu'à leur large utilisation par les agriculteurs. Leurs caractéristiques sont présentées en annexe 1.

3. Matériel végétal

3.1- Origine des plantes

Nous nous sommes intéressés à l'espèce *Melia azedarach*, de la famille des *Meliaceae* dont les feuilles ont été cueillies à L'école Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach (Alger) avant floraison et à maturité pour les fruits. Ensuite, nous avons procédé au séchage du matériel végétal dans un endroit sec, bien aéré, à l'abri de la lumière pendant une période variant d'une à deux semaines.

3.2- Caractéristiques de *Melia azedarach*

Les caractéristiques de la plante testée sont consignées sous forme de fiche technique (Annexe 2)

4-Extraction des extraits à partir des plantes

4.1 -Mode opératoire

La méthode utilisée pour obtenir les extraits végétaux est celle de Sasanelli et Divito (1991). La technique consiste à faire broyer le matériel végétal séché, les poudres ainsi obtenues sont macérées à raison de 50g par litre d'eau pendant 24 à 48 heures ; puis filtrées et centrifugées à raison de 4500 tours /minute pendant 10 minutes. Les solutions biologiques obtenues sont ensuite conservées à l'obscurité dans un réfrigérateur.

5. Traitements

Les doses utilisées pour les extraits aqueux des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* sont de 10, 25, 50 et 100%, les témoins sont représentés par l'eau et les nématicides aux doses homologuées et citées plus haut (mocap et némacur).

6. Effet des différents extraits de *Melia azedarach* sur la mortalité des larves du deuxième stade (L2) de *M. incognita*

Dans des boîtes de Pétri quadrillées de 5cm de diamètre, nous avons mis une moyenne de 100 L2, larves âgées de 24 à 48 heures par boîte, contenant 5ml de chacune des solutions aqueuses extraites à partir des feuilles et des fruits à différentes doses: 10, 25, 50 et 100%. Pour chaque traitement, nous avons réalisé trois répétitions.

L'effet de ces extraits est comparé à de l'eau ainsi qu'aux nématicides utilisés comme témoins. Le taux de mortalité est déterminé après 24, 48 et 72 heures et l'incubation a été réalisée à température ambiante. Le comptage des larves mortes a été fait sous loupe binoculaire. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité.

7. Effet des différents extraits de *Melia azedarach* sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*

L'objectif de cet essai est de tester l'efficacité des extraits des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* sur l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*. Dans chaque éclosoir, nous avons mis une masse d'œufs prélevée à partir des racines de tomate infestées issues de l'élevage de *M. incognita* sur laquelle, on rajoute 5ml de chaque solution obtenue à partir des extraits aqueux des feuilles et des fruits à différentes doses: 10, 25, 50 et 100%. Pour chaque traitement nous avons réalisé quatre répétitions. Le comptage des larves éclos a été effectué après: 01, 04, 08 et 12 jours sous loupe binoculaire. L'effet de ces extraits est comparé avec l'eau ainsi qu'aux nématicides utilisés comme témoins. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition.

8. Traitement des résultats

L'efficacité d'un produit biocide sur une population donnée est évaluée par la mortalité de cette dernière. Pour chaque extrait, le pourcentage moyen de mortalité des larves est calculé. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité corrigée.

Cependant le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Le taux de mortalité corrigé est calculé selon la formule de Finey (1975).

$$\text{Pourcentage de mortalité corrigée } MC \% = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

- **M1:** pourcentage de mortalité observée dans le témoin
- **M2:** pourcentage de mortalité observée dans la population traitée.
- **MC:** pourcentage de mortalité corrigée.

Au cours de notre essai, les résultats obtenus sont transformés en probits (Abbott, 1925), et ce afin de pouvoir tracer les droites de régression en fonction des logarithmes décimaux des doses utilisées (10, 25, 50 et 100% de la solution mère) pour les deux extraits de *M. azedarach*. L'efficacité des extraits testés est effectuée par la détermination de :

- La DL 50 de mortalité (dose létale à laquelle 50% de la population traitée sont tués) et la DL 50 de l'inhibition de l'éclosion (dose létale à laquelle l'éclosion de 50% de larves sont inhibées).
- Le TL 50 de mortalité (temps léthal à partir duquel 50% de la population traitée meurent).

9. Tests phytochimiques (Screening phytochimique)

Ces tests sont effectués afin de mettre en évidence les métabolites secondaires présents dans les feuilles et les fruits de *Melia azedarach*. Les essais chimiques de caractérisation nous permettent d'avoir des informations sur la composition chimique du végétal, ils ont été réalisés en utilisant principalement des réactions chimiques. Les résultats obtenus sont classés selon des techniques utilisées et décrites par Anonyme (1991) et Dohou et *al.*, (2003).

Ces tests sont effectués soit sur la poudre (broyat), la plante est moulue en très fines particules, soit sur l'infusé où 100ml d'eau distillée sont portées à ébullition pendant 15 mn ; le mélange avec 20g de poudre sont mises à infuser pendant 20mn, ensuite filtré. Par la suite, le filtrat a été ajusté à 100ml avec de l'eau distillée.

9.1- Recherche des alcaloïdes

05g de poudre séchée et pulvérisée sont humectés avec de l'ammoniaque ½ et un mélange de 50ml éther/ chloroforme (1/3) ; après 24heures de macération ce mélange est filtré puis puisé par l'acide chlorhydrique 2N. Des réactions de précipitations apparaissent sur la solution chlorhydrique. La présence des alcaloïdes est révélée par le réactif de Dragendroff qui indique un précipité rouge.

9.2- Recherche des anthocyanes

Dans 10ml d'éthanol, nous avons mis 1g de poudre végétale, le mélange est porté à ébullition pendant 10mn, après filtration, nous avons rajouté le zinc métallique et quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Une coloration rouge se développe en présence des anthocyanes.

9.3- Recherche des coumarines

02g de poudre sont mis dans 20ml d'éthanol pendant 15mn sous reflux. Après ce temps le mélange est filtré. Aux 5ml de ce filtrat nous avons rajouté 10 gouttes de la solution alcoolique d'hydroxyde de potassium à 10% et quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 10%. La formation d'un trouble indique la présence des coumarines.

9.4- Recherche des flavonoïdes

Aux 05ml d'infusé, nous avons additionné 5ml d'acide chlorhydrique, un coupeau magnésium et 1ml d'alcool isoamylique. La mise en évidence des flavonoïdes est révélée par une coloration rouge orangé.

9.5- Recherche des glucosides

Quelques gouttes d'acide sulfurique sont ajoutées à 2g de poudre. La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette montre la présence des glucosides.

9.6- Recherche des leuco-anthocyanes

02g de poudre sont mis dans 20ml d'un mélange de propanol / acide chlorhydrique, ensuite ils sont portés au bain marie bouillant pendant quelques minutes. Une coloration rouge se développe indiquant la présence des leuco-anthocyanes.

9.7- Recherche des quinones

Nous avons deux types de quinone:

- Les quinones libres

02g de poudre humectés avec 2ml d'acide chlorhydrique, ensuite ils sont mis en contact dans 20ml de chloroforme. Après 3 heures nous avons filtré le mélange, ce filtrat est agité avec 5ml d'ammoniac $\frac{1}{2}$. L'apparition d'une coloration rouge nous indique la présence des quinones libres.

- Les quinones combinées

Nous avons additionné 5ml d'acide sulfurique 2N à 2g de poudre et nous les avons portés à reflux pendant 2h. La solution extractive est filtrée puis épuisée par 20ml de chloroforme, ce mélange chloroformique est évaporé à sec puis épuisé par l'ammoniac $\frac{1}{2}$. La réaction donne une coloration rouge en présence de quinones combinées.

9.8- Recherche des saponosides

Dans une fiole nous avons introduit 5ml d'acide chlorhydrique 0.1N, et dans une autre nous avons mis 5 ml d'hydroxyde de sodium 0.1N. Ensuite, nous avons ajouté dans chacune d'elle 2 à 3ml d'infusé. Une mousse se développe en présence de saponosides.

9. 9- Recherche des sennosides

2,5g de poudre ont été introduits dans une fiole, puis nous avons rajouté 50ml d'eau distillée et 2ml d'acide chlorhydrique. Le mélange est chauffé dans un bain marie pendant 15mn. Après refroidissement et agitation avec 40ml d'éther, la couche étherée est séparée avec le sulfate de sodium anhydre, séchée puis évaporée à siccité. Au résidu refroidi, nous avons ajouté 5ml d'ammoniaque $\frac{1}{2}$, puis nous avons procédé au chauffage de cette solution au bain marie pendant 2mn. Une coloration violette rouge se forme en présence des sennosides.

9.10- Recherche des tanins

La présence des tanins est mise en évidence par l'addition de quelques gouttes d'une solution de chlorure de fer à 5% à 5ml de l'infusé. En présence des tanins une coloration bleue noire se développe.

- **Tanins catéchétiques:** 15ml de l'infusé sont ajoutées à 7ml de réactif de Stiasny, la réaction donne une coloration rouge en présence des tanins catéchétiques.
- **Tanins galliques:** À 5ml de l'infusé sont additionnés 2g d'acétate de sodium et quelques gouttes de chlorure de fer. Une coloration bleu foncé apparaît en présence des tanins galliques.

II- Résultats

1. Effet des extraits aqueux de *Melia azedarach* sur la mortalité des juvéniles de *Meloidogyne incognita*

Les résultats consignés dans les tableaux IX et X montrent que les extraits aqueux des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* présentent une activité nématocide à l'égard de *Meloidogyne incognita*. Cette activité augmente lorsque la concentration et la période d'exposition augmentent. Ainsi, à une forte concentration de 100% et après une période d'exposition de 72 heures, les pourcentages de mortalité corrigés sont de 70,63% pour les feuilles et atteignent 100% pour les fruits.

Avec la dose moyenne de 50% et après 72 heures de traitement pour l'extrait aqueux foliaire, la mortalité dépasse les 50% et atteint 75% pour les fruits. En revanche, nous relevons un taux de mortalité respectivement de 33 et 52%, 53 et 65% après 24 et 48 heures d'exposition avec la même concentration. Aux faibles concentrations (10 et 25%), les pourcentages de mortalité après 72 heures d'exposition sont inférieurs à 50% pour les deux extraits testés, excepté pour l'extrait des fruits qui a atteint 50% de mortalité. Après 48 heures de traitement, les taux sont de 12,45%- 29,95% et 28,94%-42,42% respectivement pour les extraits foliaires et des fruits, et se situent entre 10 et 30% après 24 heures d'exposition pour ces mêmes concentrations.

Pour le témoin, la majorité des larves sont restées vivantes, seulement 1% à 4,66% étaient inactives. D'après nos résultats, le taux de mortalité corrigé dû aux deux nématocides testés montre que le Némacur enregistre le taux le plus élevé par rapport au Mocap pour les trois périodes d'expositions. L'efficacité des extraits aqueux de feuilles et de fruits de *Melia azedarach* a été également évaluée par le calcul de la DL50 représentée à partir des droites de régression. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau XI et illustrés dans les figures 14 et 15.

Plante testée et période d'exposition	Pourcentage de mortalité corrigé (%)				Probits			
	Concentrations (%)				Concentrations (%)			
	10	25	50	100	10	25	50	100
<i>Melia azedarach</i>	10,00	21,00	33,33	42,00	3,72	4,19	4,570	4,80
24h	12,45	29,95	52,52	56,89	3,843	4,45	5,065	5,176
48h	15,38	33,56	61,53	70,63	3,98	4,576	5,296	5,539
72h								
Mocap (T. C)	52,00				5,05			
24h	63,96				5,358			
48h	64,33				5,468			
72h								
Némacur (T.C)	57,66				5,193			
24h	70,70				5,541			
48h	72,72				5,601			
72h								
Témoin (eau)	00,00							
24h	01,00							
48h	04,66							
72h								

Tableau IX: Effet des extraits aqueux de feuilles de *Melia azedarach* sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

Plante testée et période d'exposition	Pourcentage de mortalité corrigé (%)				Probits			
	Concentrations (%)				Concentrations (%)			
	10	25	50	100	10	25	50	100
<i>Melia azedarach</i> 24h	25,0	31,66	53,66	63,66	4,33	4,519	5,093	5,349
	0	42,42	65,65	77,77	4,448	4,808	5,403	5,763
	28,9	50,51	75,60	100	4,97	5,015	5,694	8,09
48h	4							
	49,4							
	7							
72h	7							
Mocap (T. C) 24h	54,6				5,119			
	6				5,379			
	64,6				5,4			
48h	4							
	65,5							
	0							
72h	0							
Némacur (T. C) 24h	62,3				5,316			
	3				5,460			
	67,6				5,573			
48h	7							
	71,7							
	7							
72h	7							
Témoin (E. D) 24h	00,0							
	0							
	01,0							
48h	0							
	04,3							
	3							
72h	3							

Tableau X : Effet des extraits aqueux de fruits de *Melia azedarach* sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

Chaque chiffre représente la moyenne de trois répétitions. **T.C:** Traitement chimique.

Témoin: Eau distillée

Tableau XI : Résultats des DL50 de la mortalité des larves de *Meloidogyne incognita* après 24 heures, 48 heures et 72 heures d'exposition.

Plante testée	DL50 (%)		
	24H	48H	72H
<i>Melia azedarach</i> Feuilles Fruits	138,04 47,86	60,26 27,54	40,74 15,85

Les valeurs de l'analyse de la DL50 sont inversement proportionnelles au temps d'exposition. En effet, le traitement après 24 heures d'exposition montre que l'effet de l'extrait aqueux de fruits est plus efficace par rapport aux feuilles avec une concentration

de 47,86% pouvant provoquer une mortalité de 50% de la population. Après 48 heures, la DL50 avec l'extrait de fruits est de 27,54% et de 60,26% pour l'extrait de feuilles.

La DL50 la plus faible est notée avec l'extrait aqueux des fruits après 72 heures avec une dose de 15,85% et celui des feuilles montre la plus forte valeur qui est de 138,04% après une période d'exposition de 24 heures. Cette DL 50 n'a pas été atteinte aux doses testées cependant elle est supposées et doit être testées.

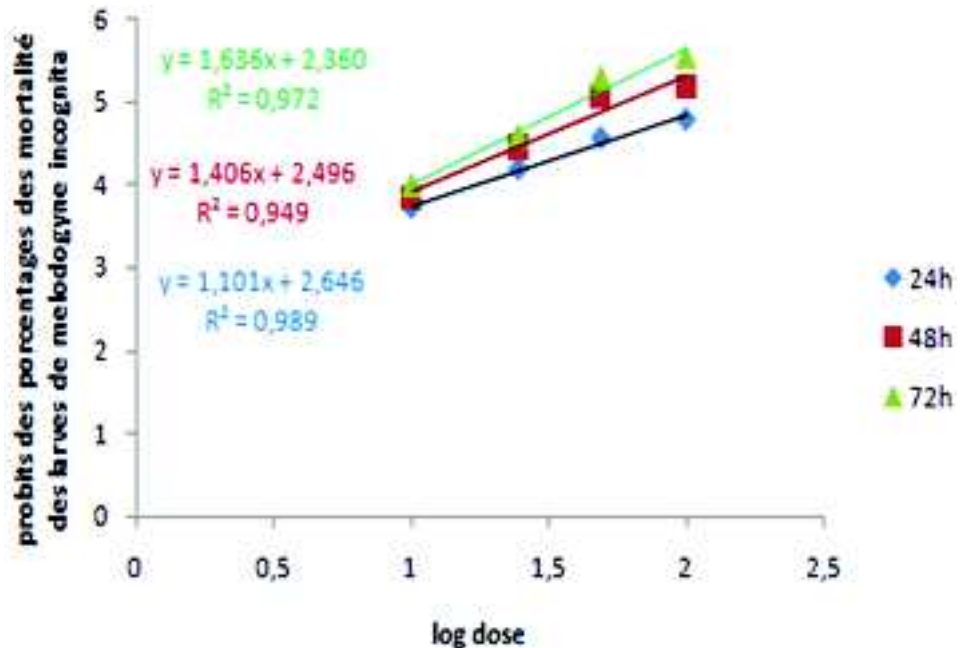


Figure 14: Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'extrait aqueux de feuilles de *Melia azedarach* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

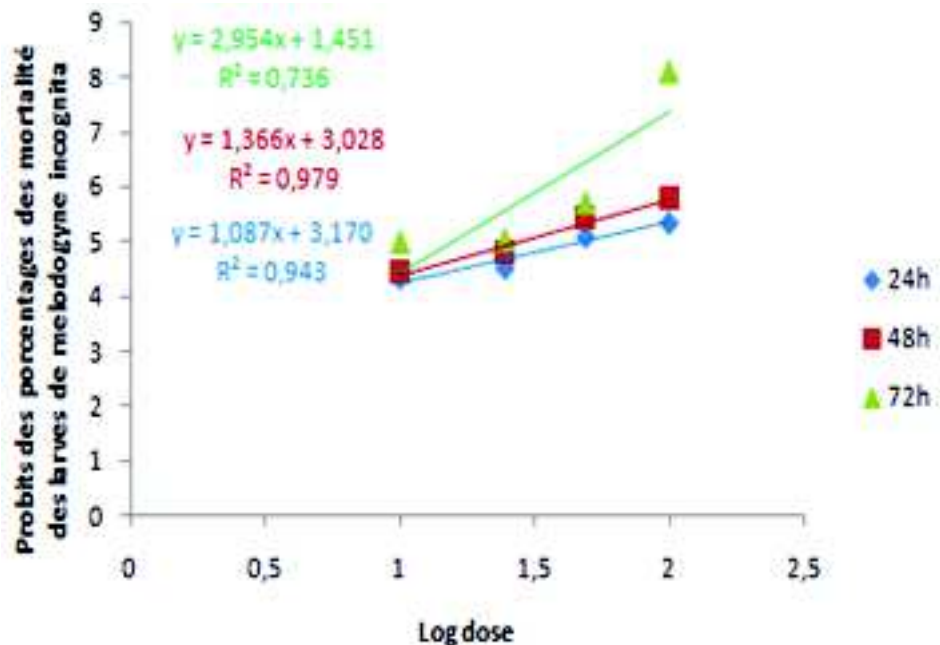


Figure 15: Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'extrait aqueux de fruits de *Melia azedarach* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

La régression du logarithme du temps en fonction des probits permet de déterminer les TL50 des différents extraits aqueux de feuilles et de fruits de la plante testée à une dose de 100% (Figure 16 et 17).

Les résultats obtenus révèlent que les extraits aqueux aussi bien des feuilles et des fruits ont enregistré des TL50 supérieurs à 24 heures (Tab. XII), celles-ci sont les plus faibles au niveau des traitements chimiques (le Mocap et le Némacur). De ce fait, les nématicides agissent plus rapidement que les extraits qui nécessitent plus de temps pour provoquer une mortalité de 50% de la population de *M. incognita*.

Plante testée	TL50 de 100%
<i>Melia azedarach</i> : Fruits	32 heures et 21 minutes 36 secondes
<i>Melia azedarach</i> : Feuilles	52 heures et 28 minutes 48 secondes
Némacur (traitement chimique)	16 heures et 13 minutes 12 secondes
Mocap (traitement chimique)	13 heures et 29 minutes 24 secondes

Tableau XII : Résultats des TL50 des deux extraits pour la mortalité des larves de *Meloidogyne incognita* pour une concentration de 100%.

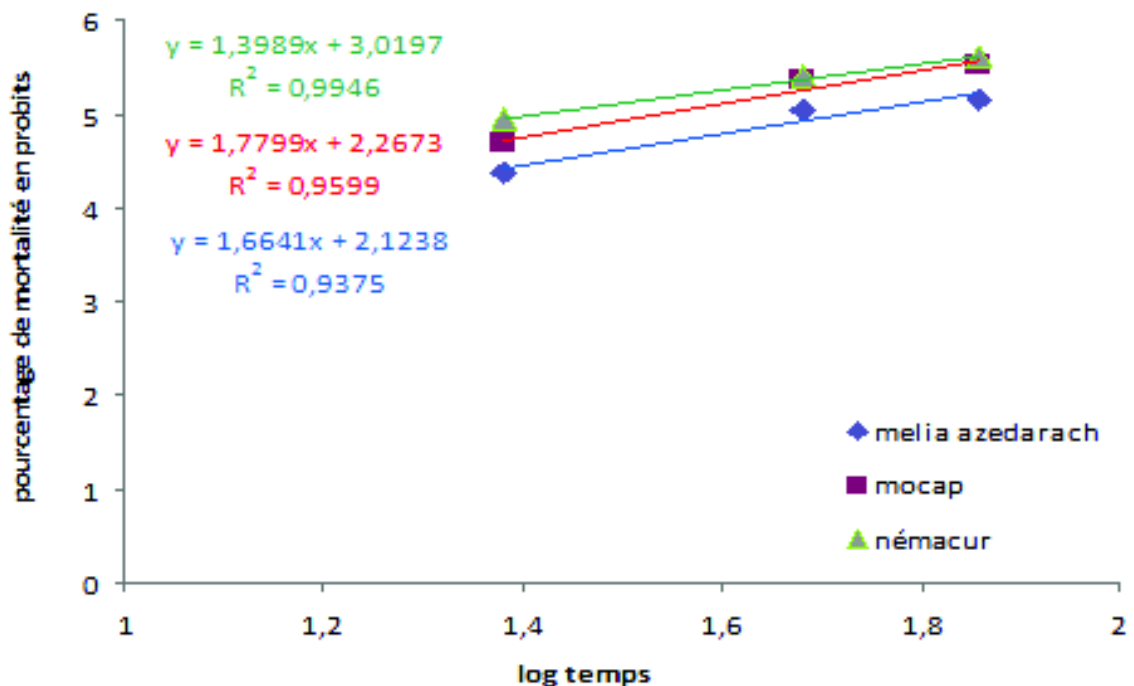


Figure 16: Efficacité des extraits aqueux de feuilles de *Melia azedarach* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

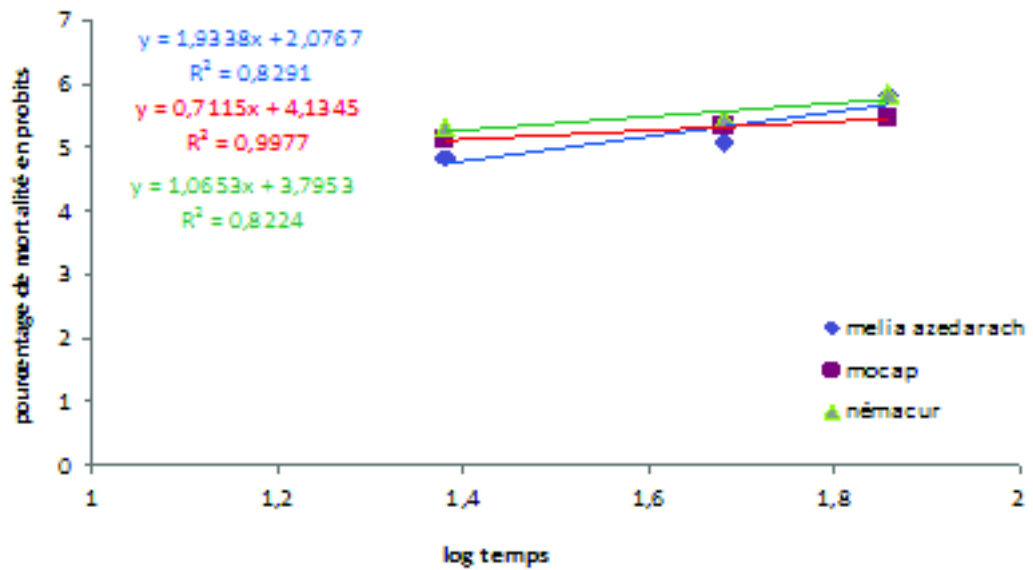


Figure 17: Efficacité des extraits aqueux de fruits de *Melia azedarach* par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

L'analyse de la variance basée sur le test de Newman-Keuls montre que les pourcentages de mortalité de l'extrait de feuilles montrent une différence significative entre les différents traitements par rapport au témoin. En revanche, le némacur présente un effet identique à l'extrait des feuilles à la concentration 100%, par contre le mocap possède le même effet que la concentration moyenne de 50%. Enfin les deux traitements chimiques némacur et le mocap sont significativement différents. Une différence significative est notée après 24 heures d'exposition par rapport aux temps 48 et 72 heures (Tab. XIII et XIV).

L'extrait de fruits de cette même plante a également montré une différence significative entre les différents traitements et le témoin, cependant aucune différence significative n'a été notée entre le némacur et l'extrait à la concentration 100%. La même observation a été relevée entre les moyennes et faibles concentrations. Les trois périodes d'exposition de l'extrait des fruits enregistrent une différence non significative (Tab. XV et XI).

Comparaison de l'extrait aqueux de feuilles de *Melia azedarach*

Tableau XIII : Classement des groupes homogènes des moyennes des pourcentages de mortalité des larves par rapport au traitement chimique et au témoin (Test de Newman-Keuls).

Modalités	Moyenne	Regroupements				
Némacur (traitement chimique)	67,027	A				
Concentration 100%	63,760	A				
Mocap (traitement chimique)	50,097	B				
Concentration 50%	49,127		B			
Concentration 25%	28,170			C		
Concentration 10%	12,497				D	
Témoin (eau)	1,887					E

Tableau XIV: Classement des groupes homogènes des moyennes des pourcentages de mortalité des larves après 24, 48 et 72 heures d'exposition.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Exposition après 72 heures	46,116	A	
Exposition après 48 heures	41,067	A	
Exposition après 24 heures	28,942		B

Comparaison de l'extrait aqueux de fruits de *Melia azedarach*

Tableau XV: Classement des groupes homogènes des moyennes des pourcentages de mortalité des larves par rapport au traitement chimique et au témoin (Test de Newman-Keuls).

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Némacur (traitement chimique)	67,257	A	
Concentration 100%	64,970	A	
Mocap (traitement chimique)	51,600	B	
Concentration 50%	41,530	C	
Concentration 25%	39,385	C	
Concentration 10%	34,470		C
Témoin (eau)	1,887		D

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Temps 48 heures	49,727	A	
Temps 72 heures	45,501	A	
Temps 24 heures	37,885	A	

Tableau XVI: Classement des groupes homogènes des moyennes des pourcentages de mortalité des larves après 24, 48 et 72 heures d'exposition.

2. Effet des extraits aqueux de *Melia azedarach* sur l'éclosion de *Meloidogyne incognita*.

Afin de suivre l'évolution de l'éclosion des masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* incubées dans les différents extraits de *Melia azedarach*, le témoin et les traitements chimiques à base du Mocap et du Némacur nous avons établi le total des éclosions au bout de 12 jours sous forme de courbes cumulatives (Figures: 18 et 19).

Les résultats obtenus permettent de constater que la courbe cumulative du témoin est différente de celles des extraits aqueux de la plante testée et des deux solutions nématocides (Mocap et Némacur).

Les données représentant les pourcentages d'inhibitions de l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* des différents extraits aqueux de la plante testée sont consignées dans les tableaux XVII et XVIII.

Nous relevons que les taux d'inhibition de l'éclosion augmentent en fonction des doses testées et la nature de l'extrait.

Aux fortes concentrations, le taux d'inhibition de l'éclosion le plus élevé est noté chez l'extrait aqueux de *Melia azedarach* des fruits avec 74,24% suivi de celui des feuilles avec 68%.

Aux doses moyennes de 50% le pourcentage d'inhibition est respectivement de 56,56% et 66% pour les extraits des fruits et foliaires. A faibles doses (25% et 10%), il est moins important avec l'extrait foliaire; reste non négligeable à 10% et atteint 50% avec cette même dose pour les fruits.

Enfin, les taux d'inhibition dépassant les 50% pour tous les traitements chimiques (Mocap et Némacur); il faut noter que le Némacur manifeste une inhibition plus élevée à celle du Mocap. En revanche, le Némacur présente un effet similaire que les extraits testés après un traitement à la concentration 100%. L'analyse des courbes permet aussi de mettre en évidence que le nombre d'œufs éclos dans les solutions testées est très faible par rapport à celui du témoin et que le total d'éclosion est inversement proportionnel à la concentration des extraits aqueux.

Plante testée et période d'exposition	Nombre moyen des larves écloses après 12 jours				Pourcentage d'inhibition de l'éclosion par rapport au témoin				Probits			
	Concentrations (%)				Concentrations (%)				Concentrations (%)			
	10	25	50	100	10	25	50	100	10	25	50	100
<i>Melia azedarach</i>	269,50	218,00	153,00	112,50	23,39	38,03	56,56	68,02	4,271	4,690	5,166	5,470
Mocap (T.C)	125,50				64,33				5,370			
Némacur (T.C)	99,50				71,72				5,571			
Témoin (E.D)	351,75				-				-			

Tableau XVII: Effet des extraits aqueux des feuilles de *Melia azedarach* sur l'éclosion de *Meloidogyne incognita* après 12 jours d'incubation.

Plante testée et période d'exposition	Nombre moyen des larves écloses après 12 jours				Pourcentage d'inhibition de l'éclosion par rapport au témoin				Probits			
	Concentrations (%)				Concentrations (%)				Concentrations (%)			
	10	25	50	100	10	25	50	100	10	25	50	100
<i>Melia azedarach</i>	174,50	154,25	112,50	84,00	46,46	52,77	65,65	74,24	4,909	5,073	5,403	5,647
Mocap (T.C)	129,50				60,28				5,370			
Némacur (T.C)	90,25				72,32				5,571			
Témoin (E.D)	326,00				-				-			

Tableau XVIII : Effet des extraits aqueux des fruits de *Melia azedarach* sur l'éclosion de *Meloidogyne incognita* après 12 jours d'incubation.

NB : Témoin: Eau distillée ; **T. C:** Traitement chimique.

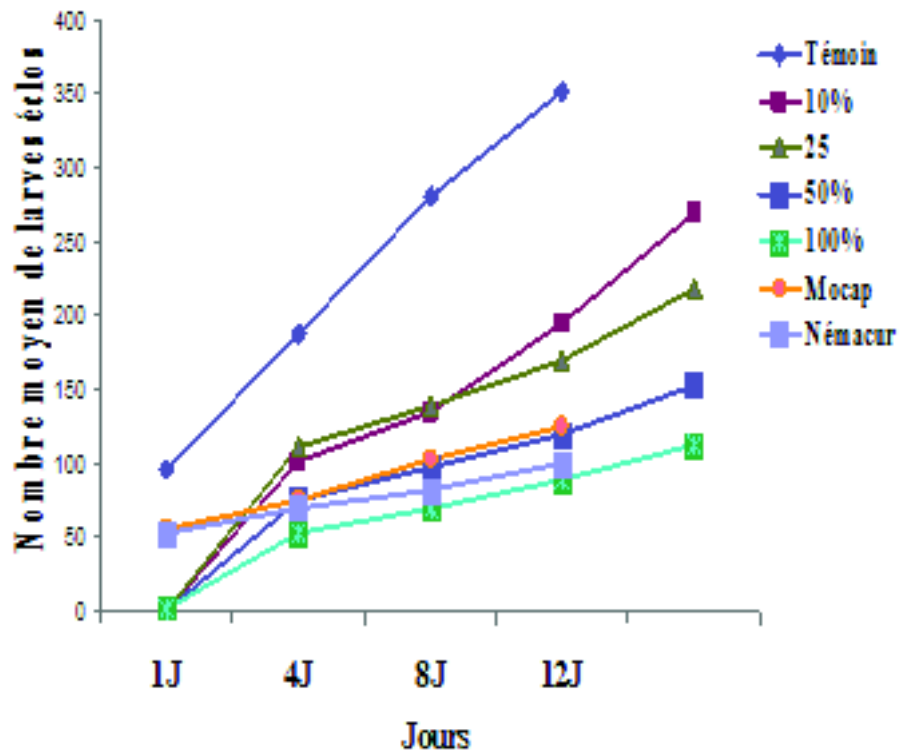


Figure 18: Nombre moyen de larves éclos de *Meloidogyne incognita* dans l'extrait aqueux de feuilles de *Melia azedarach*.

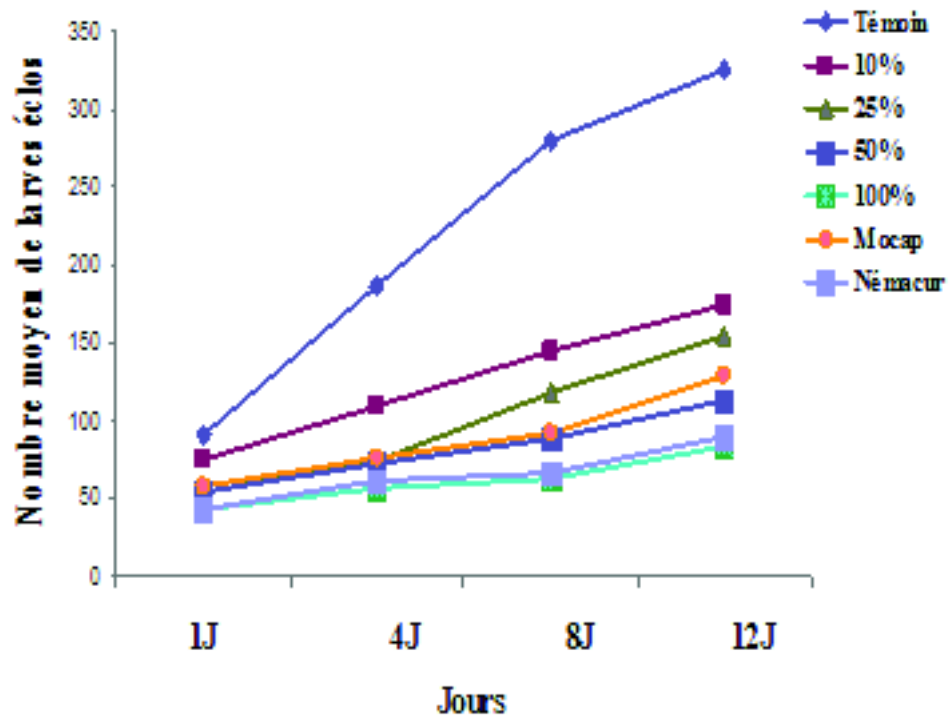


Figure 19: Nombre moyen de larves éclos de *Meloidogyne incognita* dans l'extrait aqueux de fruits de *Melia azedarach*.

Nous avons confirmé ces données par la comparaison des moyennes du nombre de juvéniles éclos dans l'eau (témoin) et des différents traitements après 12 jours d'incubation en utilisant le test de Fisher.

L'analyse de la variance des moyennes de l'éclosion des différents extraits de feuilles *Melia azedarach* montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents traitements par rapport au témoin, aux traitements chimiques et les différentes concentrations. Néanmoins, le némacur présente un effet similaire à l'extrait à 100%, la même observation a été notée entre le mocap et l'extrait à la dose 50%. Une différence non significative est relevée entre les faibles concentrations 10 et 25% (Tab. XIX), par contre l'analyse montre une différence de signification entre les périodes d'incubation des larves écloses dans cet extrait (Tab. XX et XXII). Les mêmes observations ont été notées pour l'extrait du fruit excepté que celui-ci présente le même effet que le mocap à 25 et 50% (Tab. XXI).

Tableau XIX: Classement des groupes homogènes des moyennes des larves écloses par l'effet d'extrait des feuilles de *Melia azedarach* à des différentes concentrations (Test de Newman-Keuls).

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Témoin (eau)	273,167	A		
Concentration 10%	175,313		B	
Concentration 25%	159,313		B	
Concentration 50%	111,188			C
Mocap (traitement chimique)	89,875			C
Concentration 100%	81,000			D
Némacur (traitement chimique)	75,813			D

Modalités	Moyenne	Regroupements		
12 Jours	189,964	A		
8 Jours	148,286		B	
4 Jours	110,321			C
1 Jours	74,917			D

Tableau XX: Classement des groupes homogènes des moyennes des larves écloses par l'effet d'extrait des feuilles de *Melia azedarach* à des différents jours (Test de Newman-Keuls).

Tableau XXI: Classement des groupes homogènes des moyennes des larves écloses par l'effet d'extrait de fruits de *Melia azedarach* à des différentes concentrations (Test de Newman-Keuls).

Enquête sur la gestion des pesticides en Algérie et recherche d'une méthode de lutte alternative contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda : Meloidogynidae)

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Témoin	264,583	A		
Concentration 10%	125,813		B	
Concentration 25%	100,063		B	C
Mocap (traitement chimique)	88,688			C
Concentration 50%	82,063			C
Némacur (traitement chimique)	65,188			D
Concentration 100%	61,500			D

Tableau XXII: Classement des groupes homogènes des moyennes des larves écloses par l'effet d'extrait de fruits de *Melia azedarach* à des différents jours (Test de Newman-Keuls).

Modalités	Moyenne	Regroupements		
12 Jours	153,000	A		
8 Jours	121,786		B	
4 Jours	91,000			C
1 Jours	54,417			D

Le calcul se fait à partir de droites de régression des probits des pourcentages d'inhibition de l'éclosion après 12 jours d'incubation en fonction du logarithme des concentrations (Figure: 20). Les résultats sont mentionnés dans le tableau XXII.

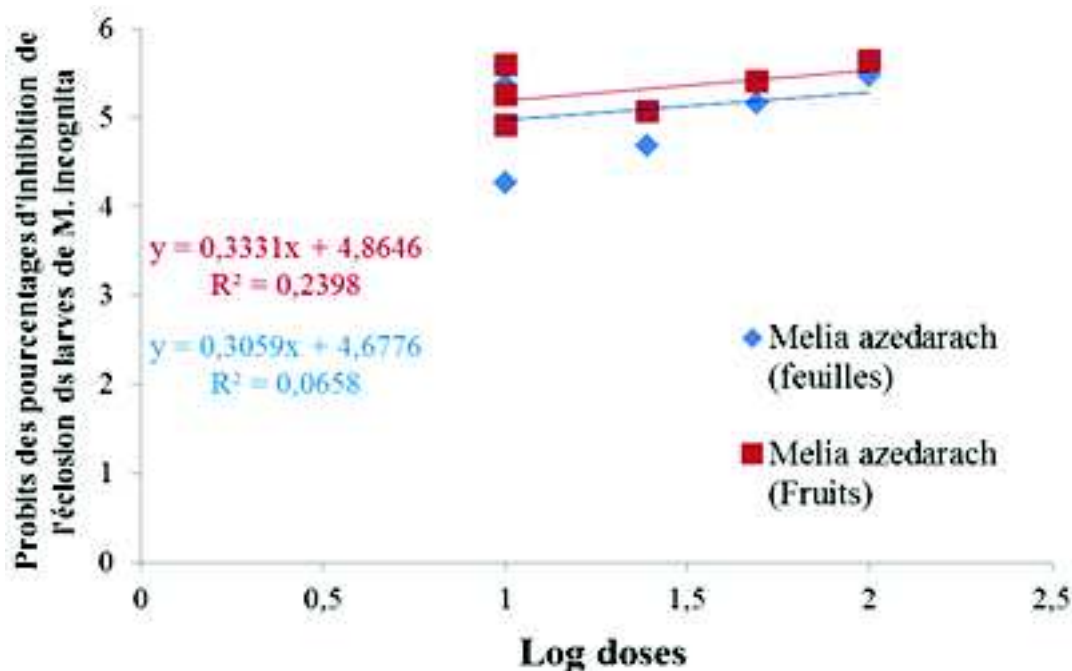


Figure 20: Droite de régression des probits à différentes concentrations utilisées dans l'extrait aqueux de feuilles et de fruits de *Melia azedarach* sur l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* après 12 jours d'incubation.

Tableau XXIII: Résultats des DL50 pour l'inhibition de l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* après 12 jours d'incubation.

Plante testée	DL50 après 12 jours (%)
<i>Melia azedarach</i> Feuilles Fruits	29,40 11 ,42

Les DL50 enregistrées après 12 jours d'incubation avec les extraits de feuilles et de fruits de la plante testée montrent que l'extrait de fruits révèle une DL50 (11,42%) proche de la faible concentration (10%), elle est plus élevée pour l'extrait des feuilles avec 29,40%.

3. Les métabolites secondaires de *Melia azedarach* étudiés (Screening chimique)

Les résultats du screening chimique de *Melia azedarach* consignés dans le tableau XXIV révèlent que le principal composé présent en grande quantité sont les tanins et les coumarines aussi bien sur feuilles que sur fruits. Ces derniers sont plus riches en tanins cachétiques, en saponosides. Les alcaloïdes et les quinones libres sont plus riches dans les fruits.

L'absence des anthocyanes, des flavonoïdes, des leuco-anthocyanes et des glycosides est notée dans les différentes parties de la plante.

Tableau XXIV: Métabolites secondaires existants au niveau des feuilles et des fruits de la plante testée.

Métabolites	Feuilles	Fruits
Tanins	+++	+++
Saponosides	+	++
Anthocyanes	-	-
Flavonoïdes	-	-
Tanins catéchitiques	++	+++
Leuco-anthocyanes	-	-
Alcaloïdes	+	++
Coumarines	+	+++
Glucosides	-	-
Quinones libres Quinones combinés	+ +	++ +

_ : Absent

+ : Moyennement riche

++ : Plus ou moins riche

+++ : Très riche

III. Discussion

D'après, Kadioglu et Yanar (2004), les plantes sont capables de synthétiser plus de 10.000 substances chimiques pour se protéger contre les bioagresseurs. Ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui ont l'avantage d'être respectueux non seulement pour l'environnement mais aussi pour la santé humaine.

En effet, les bio-insecticides sont connus depuis longtemps et ont été développés et commercialisés contre les insectes c'est le cas du pyrèthre et de la roténone (Reghault-Roger et Phylogène, 2005).

La présente étude nous a permis de mettre en évidence l'activité nématocide des extraits aqueux des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* d'une part sur la mortalité des juvéniles, et le potentiel d'éclosion de *M. incognita*. En revanche, cette activité dépend de la nature de l'extrait, du temps d'exposition et de la concentration.

D'autre part, nos résultats ont montré que le Némacur est plus efficace que le Mocap, cette action est attribuée à leur mode d'action. Ainsi, parmi les nématocides organophosphorés, le Mocap est celui qui présente la plus forte réversibilité (Bunt, 1979).

De même, notre étude a révélé également que l'efficacité des fruits contre *M. incognita* est très importante par rapport aux feuilles de *M. azedarach*. Ces résultats confirment ceux obtenus par Rather et Siddiqui (2007) qui signalent que les extraits aqueux des fruits de *M. azedarach* et *Azadirachta indica* sont plus efficaces que ceux des feuilles à différentes dilutions.

L'action nématocide des extraits aqueux foliaires et des fruits de *M. azedarach* observée dans nos essais est probablement attribuée aux composés présents dans les feuilles et les fruits de la plante testée. Ainsi, les plantes peuvent être toxiques et riches en composés parmi lesquels les glycosinolates, les terpènes, les phénols, les acides gras, les coumarines dont l'efficacité contre les nématodes a été rapportée par de nombreux auteurs (Chitwood, 2002; Whyts et al., 2006).

Dans notre cas, l'efficacité des extraits de la plante testée vis-à-vis de la mortalité des juvéniles et de l'éclosion des œufs de *M. incognita* est probablement attribuée à leur richesse en tanins, en coumarines ainsi que les saponines, ceci a été confirmé par nos essais sur le screening chimique. Ces derniers sont des hétérosides terpéniques, qui peuvent perturber le développement d'une large gamme de bioagresseurs. De même, les coumarines ces composés phénoliques représentent un groupe de métabolites complexe dont le mode d'action dans la résistance des plantes est multiple. Ainsi ces composés peuvent inhiber les enzymes hydrolytiques comme les pectinases, les cellulases et constituent également un des facteurs de défense en formant une barrière mécanique qui empêche la diffusion des toxines des parasites vers l'hôte (EL Modafar et al., 2008).

En revanche, les résultats des tests phytochimiques ont confirmé la présence de ces constituants (coumarines, tanins etc...) au cours de nos essais. De même, de nombreux travaux ont identifié l'azadirachtine, le nimbin, et le salamine (triterpènes) comme étant les principaux composés et sont très présents dans les feuilles et les graines de *Melia*. Des fractions de stéroïdes et de glycosides ont été également identifiés ; tous ces composés présentent une forte activité nématocide vis-à-vis de nombreux nématodes phytophages (Begum et al., 2000 ; Chitwood, 2002; Djian-Caporalino et Panchaud - Mattei, 2002). De plus, cette toxicité peut être également due à une combinaison entre les molécules actives comme les triterpénoïdes et les composés volatils comme l'acide acétique, les aldéhydes insaturés et des composés soufrés. Les alcaloïdes ainsi que d'autres métabolites secondaires de cette plante expliquent l'effet toxique sur les ravageurs des plantes (Hana et al., 2006).

De nombreux travaux signalent l'efficacité des extraits et de cette plante et celle de *Azadirachta indica* comme amendement. Ainsi, les extraits aqueux de *M. azedarach* réduisent les effectifs des populations des *Meloidogyne* à une concentration de 15mg/l (Sellami et Moufarah, 1994). Les extraits des feuilles et des graines de cette plante provoquent une mortalité des juvéniles (L4) de *Ditylenchus dipsaci* avec respectivement un taux de 69 à 78% (Sellami, 2006).

Les amendements des feuilles avec une dose de 50 à 100g/kg de sol de tourteau à 30g/kg de sol permettent de réduire de 50% les attaques de *Pratylenchus*, de *Anguina tritici*, de *Rotylenchus reniformis* et particulièrement des *Meloidogyne* (Akhtar, 1998; Musabyimana et al., 2000). Avec ces mêmes doses, ces amendements diminuent également de 80% les populations de *M. incognita*, de *Haploilaimus indicus* et de *Tylenchorhynchus brassicae* (Alam, 1987). Récemment, Mokrimi et al. (2010), rapportent que l'utilisation comme amendements des graines de *M. azedarach* diminue les populations de *Meloidogyne* et augmente la croissance des plants de tomate.

En plus de cet effet nématocide, les extraits aqueux et les huiles de *Melia azedarach* possèdent une activité insecticide, Ainsi, Carpinella et al. (2003a) signalent cet effet vis-à-vis de *Epilachna paenulata* (Coleoptera), en attribuant la toxicité à la richesse d'un composé le meliacarpine (triterpène). En effet, ce constituant possède des propriétés insecticides vis-à-vis de plus de 200 espèces appartenant à plusieurs ordres: Coléoptères, Orthoptères, Homoptères etc...

En Algérie, les extraits aqueux des feuilles et des graines de *M. azedarach* entraînent une mortalité des larves du 5^e stade et des adultes vis-à-vis de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera) (Ould El Hadj et al., 2006). L'efficacité des extraits foliaires de *M. azedarach* contre les adultes provoquant une mortalité de 100% chez *Schistocerca gregaria* après 4 jours de traitements (Gendous-Benrima et Doumandji, 2006). Ces mêmes extraits pulvérisés à raison de 50g de poids sec des fruits/l sur olivier réduisent significativement les populations du Psylle : *Euphyllura olivina* (Homoptera: Psyllidae) (Meftah et al., 2011). L'efficacité de l'extrait aqueux de cette plante sur la mortalité de *Aphis fabae* a été également signalée par Khalfi et al en 2011.

De même, l'effet fongicide de ces extraits provoque une inhibition significative de la croissance mycélienne de *Phytophthora infestans* causée par l'incorporation dans le milieu de culture de 1, 2 et 3% (v/v) de l'huile de Neem. Les extraits hexanique et éthanolique des fruits et des feuilles de *M. azedarach* ont enregistré un effet fongicide contre *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*; *F. solani* et *Sclerotinia sclerotiorum*, les extraits éthanolique des fruits se sont révélés les plus efficaces (Carpinella et al., 2003b). Enfin, une diminution de l'incidence de la maladie sur papaya causée par *fusarium oxysporuma* été observée (Rowaished et Moniam, 2006).

Toutefois, nous tenons à préciser que chez les nématodes, le mode d'action des extraits reste peu connu et les travaux réalisés dans ce sens sont rares. Certains auteurs émettent l'hypothèse de la relative sensibilité des différents groupes de nématodes aux composés chimiques contenus dans les plantes en fonction de la perméabilité de la cuticule.

En effet, les molécules ne pouvant avoir accès aux tissus des nématodes pénètrent à travers la cuticule. Cependant, chez les insectes, les mécanismes d'actions sont plus connus et ces extraits peuvent pénétrer dans la cuticule rapidement et interfèrent ainsi avec les fonctions physiologiques (Negahban et al., 2006). De ce fait, il serait souhaitable de poursuivre ces travaux dans ce sens.

conclusion générale

Depuis plusieurs décennies, l'agriculture a été tributaire des pesticides de synthèse pour combattre les bioagresseurs dont l'efficacité est certes indéniable du fait que ces composés permettent non seulement l'amélioration des rendements mais aussi la qualité des produits agricoles. Cependant, ils possèdent des effets néfastes aussi bien pour la santé du consommateur que l'environnement. Actuellement, les associations de l'environnement n'ont d'ailleurs pas cessé de tirer la sonnette d'alerte au sujet des gros risques liés à l'utilisation abusive des pesticides. C'est dans ce sens que nous avons tenté de réaliser une enquête sur la gestion de ces produits dangereux à l'échelle nationale sachant que les données dans ce domaine ne sont pas disponibles.

L'enquête basée sur des prospections et par le biais d'un questionnaire a permis de noter l'utilisation abusive et anarchique des différents types de pesticides notamment les insecticides, fongicides, herbicides, nématicides, avec des taux d'utilisation variant d'une campagne à une autre regroupant 34, 81, et 109 spécialités commerciales. Les insecticides et les fongicides ont été les plus utilisés durant les trois campagnes. Les nématicides et les herbicides le sont faiblement en raison probablement à la méconnaissance des dégâts causés par les nématodes et les adventices.

Parmi les insecticides, ce sont les pyréthrinoides et les organophosphorés qui dominent, parmi ces derniers certains produits (cas du parathion-méthyl) interdits sont encore utilisés. Chez les fongicides, ce sont les triazoles suivis des dithiocarbamates qui sont les plus utilisés. Une vulgarisation auprès des agriculteurs pour l'emploi des nématicides et des herbicides faiblement représentés méritent d'être effectuée.

Certaines pratiques ont été notées lors des prospections notamment, la mauvaise utilisation de ces substances dangereuses, le non-respect des doses et des périodes d'application, le mode d'application, les normes de précaution lors de leur transport ou manipulation. Il a été également observé une absence totale de tenues de protection par les agriculteurs pendant l'application de ces toxiques. Ces pratiques découlent souvent d'un manque de sensibilisation des utilisateurs par les institutions concernées.

Par ailleurs, l'emploi de produits biologiques par les agriculteurs, relevé au cours de l'enquête, mérite d'être encouragé et généralisé, de ce fait une vulgarisation pour l'application de ces moyens alternatifs doit être entreprise pour réduire les risques liés à la gestion des pesticides et des emballages vides sur la santé publique et l'environnement.

En fait, l'emploi des pesticides doit être contrôlé afin d'optimiser l'utilisation des traitements en nombre et en quantité, pour une meilleure rentabilité des traitements et une moindre pollution de l'environnement et donc minimiser les risques toxicologiques qui peuvent être engendrés par l'abus d'utilisation de ces produits.

Pour cela, il est indispensable d'instaurer une traçabilité et une transparence dans les acquisitions de pesticides et renforcer les contrôles de l'importation, de la commercialisation et de la gestion des produits phytosanitaires et réduire à long terme les quantités des stocks de pesticides.

Dans un cadre de développement durable, l'utilisation des produits phytosanitaires apparaît actuellement comme une impasse technique. Le recours à des stratégies de

protection des cultures plus respectueuses de l'environnement est devenu indispensable. De ce fait, c'est dans ce contexte que s'est inscrit l'objectif de la 2^{ième} partie de notre étude qui vise l'évaluation de l'activité nématocide des extraits aqueux obtenus à partir des feuilles et des fruits de *Melia azedarach* ; celle-ci a permis de montrer que les deux extraits testés à différentes concentrations sur la mortalité de *M. incognita* a révélé que le taux maximal de mortalité est enregistré lorsque la dose s'accroît et durant la période d'exposition la plus longue. De même, les extraits manifestent un effet inhibiteur sur le potentiel d'éclosion et l'efficacité est plus importante pour l'extrait issu des fruits.

Par ailleurs, les tests phytochimiques nous ont permis de mettre en évidence les principaux métabolites, présents dans les fruits et les feuilles de *Melia*. Il serait souhaitable de déterminer la teneur des différentes fractions de ces composés par CGSM, celle-ci permettrait l'évaluation précise des concentrations des composés. Le mode d'action de ces extraits mérite d'être déterminé afin d'exploiter leur utilisation en lutte biologique dans une stratégie alternative à l'emploi de la lutte chimique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABHAUER R., 1991.** Pesticides residues. Determination and evaluation in food and environment, in pesticide chemistry, VCH, New York, in Jawich Dalal 2006. Etude de la toxicité de pesticides vis à vis de deux genres de levures: approche cinétique et moléculaire. Thèse de doctorat. Toulouse. 134p.
- ADMUR M.O., 1991.** Air Pollutants. In Admur M.O; Doull J; Klaassen C.D. 1991. Casarett and doull's toxicology: The Basic Science of Poisons, 4^e éd; 854-871.
- AGRIOS G.N., 2005.** Plant pathology. Fifth edition. Ed. Elsevier Academic Press. 922pp.
- AKHTAR M., 1998.** Biological of plant Parasitic nematode by neem products in agriculture soil. Appl. Soil. Ecology, 7/ 219-223.
- ALAM M.M., 1987.** Pollution free control of plant parasitic nematodes by soil amendment with plant wastes: Biological wastes, 22: 75-79
- AMINE L., 2009.** Danger sur la santé : des pesticides dans vos assiettes. Quotidien d'Oran.
- ANONYME., 1977.** Histoire de la guerre terrestre. Encyclopédie Elsevier, Bruxelles. ISBN 2. 8003. 0227-5. 8p.
- ANONYME., 1991.** Pharmacopée russe 11 éditions, tome II. Moscou, 1250p.
- ANONYME., 2002.** Quelques précisions sur le classement toxicologique et physico-chimique des substances actives et spécialités phytosanitaires. Chapitre X. 701-706.
- ANONYME., 2006.** Profil National pour l'Evaluation des capacités de Gestion Rationnelle des Produits chimiques, 60p : 13.
- ANTONIOU P. P., TJAMOS E.C., et PANGOPOULOS C.G., 1995.** Use of soil solarisation for controlling bacterial canker of tomato in plastic houses in Grece. *Plant pathology*, vol. 44, pp: 438-447.
- ARBUCKLE T., 2001.** "An exploratory Analysis of the effect of pesticides Exposure on the Risk of spontaneous Abortion in an Ontario Farm Population". *EnV. Health. Perspective*, n°8. 109p.
- ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE., 2004.** Index phytosanitaire. 751p.
- ASSOCIATION FRAN Ç AISE POUR L'ETUDE DES EAUX., 1981.** Les micropolluants organiques dans les eaux superficielles continentales. Rapport n°2 : Les pesticides organochlorés et autres. Paris. 225p.
- AUBERTOT J. N., BARBIER J. M., CARPENTIER A., GRIL J. J., GUICHARD L., LUCAS P., SAVARY S. VOLTZ M., 2005.** Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. INRA France 119p.

- BARIL A., WHITESIDE M., BOUTIN C., 2005.** Analysis of a database of pesticide residues on plants for wildlife risk assessment. *Environmental toxicology and chemistry*, 24, 2, 360-371.
- BEGUM S., ANEELA W., SIDDIQUI B.S., et QAMAR F., 2000.** Nematicidal constituents of the aerial parts of *lantanicamara*. *J. Nat. Prod* 63(6) 765-767.
- BENOIT-GUYOD J. L., et MORIN C., 2002.** Conception des produits phytosanitaires. Chapitre VII. 459-472.
- BENZINE M., 2006.** Les pesticides, Toxicités, Résidus et analyse. Les technologies de laboratoires- N°0. 32p.
- BERTRAND C., 2001.** Les nématodes à galles en Agriculture Biologique. Fiche technique, 4p.
- BOCQUET J.C., MY I., MICHAL P., 2005.** Données économiques sur le marché des produits phytosanitaires. In : Regnault-Roger Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement Ed. Lavoisier. Tec et Doc, 979pp.
- BOUNACHADA M., FENNI M., TEDJAR L., et MEKHOLOUF A., 2011.** Conséquences des pesticides dans les eaux et leur impact sur la santé des populations dans les hautes plaines setifiennes (Nord-Est de l'Algérie). Premier Séminaire International d'Étude "Agriculture Biologique et Développement Durable". Univ. Oran, Algérie, 12-15 Février 2011. *Agribio* 2011.
- BOUZIANI M., 2007.** L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires. Le guide de la médecine et de la santé en Algérie. Santemaghreb.com. 4p.
- BRIAND O., SEUX R., MILLET M., CLEMENT M., 2002.** Influence de la pluviométrie sur la contamination de l'atmosphère et des eaux de pluie par les pesticides. *Revue des Sciences*. Ed : Lavoisier. Vol 15 n°4. 767-787p.
- BROOKS G.T., 1974.** Chlorinated Insecticides, technology and application. Cleveland, ohio, CRC Press, vol. I, 85-99 et vol II 94-97.
- BRUN L., et GEOFFRION R., 2003.** Mildiou de la vigne, cuivre et sol /une longue histoire commune. *Phytoma* 564 :37-39.
- BUNT J.A., 1979.** Effect and mode action of nematicide ethoprophos. *Meded. Fac. Landbouwwet, Gent.*, vol. 44, pp., 357-366.
- CALVET R., et MICHEL P., 2000.** Qualité des eaux et produits phytosanitaires. Les actions pour la protection des eaux au colloque AFFPP. *Phytoma*. La défense des végétaux n°528 : 14-15.
- CALVET R., BARRIUSO E., BEDOS C., BENOIT P.CHARNAY M.P., et COQUET Y., 2005.** Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales. *Science. Technology et Engineering*. 637p.
- CARNEIRO R.M.D., DEMASQUITA L.F.G., CIROTTO P.A.S., MOTA F.C., ALMEIDA M.R.A., et CORDEIRO M.C., 2007.** The effect of sandy soil bacterium dose and time on the efficacy of *Pasteuria penetrans* to control *Meloidogyne incognita* race 1 n coffee. *Nematology*. Vol; 9(6): 845-851.
- CARPINELLA M.C., DEFAGO M., VALLADURES G., PALACIO S., 2003a.** Appetent Antifeedant and insecticid proprieties of a limoniid from *Melia azedarach* with potentiel use for pest management. *J. Agri. Food. Chen*. 51: 369-374.

- CARPINELLA M.C., COORDA I.M., CARLOS G., and PALACIO S.M., 2003b.** Antifungal Effects of different organic Extracts from *Melia azedarach* on phtopathogenic Fungi and their isolates components. *J. Agri. Food. Chen.* 51(9): 2506-2511.
- CASTAGNONE-SERENO P., 2002.** Genetic Variability in Parthenogenetic root knot nematodes, *Meloidogyne* spp. And their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology.* Vol. 4: 605-608.
- CASTILLO P; NICO A.I., et JIMENEZ-DIAZ R. M., 2003.** Solarisation of soil in piles for the control of *Meloidogyne incognita* in olive nurseries in southern Spain. *Plant pathology,* vol. 90, p975.
- CHALABI M., 2009.** Des pesticides dans vos assiettes. Le Quotidien d'Oran.
- CHITWOOD D.J., 2002.** Phytochemical based strategies for nematode control. *Ann. Rev. Phytopathol.* N. 40, pp., 49-221.
- CHOUIBANI M., JAAFARI A., EL AKEL M., ALOUI A., 2009.** Inventaire des pesticides obsolètes au Maroc. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires Marrakech, Maroc. 455-462.
- CIRCAETE J-B., et MALAUSA J-C., 2002.** Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. UIPP. 4^{ème} trimestre. 861p.
- CLIVE T., et TOMLIN., 2006.** Pesticide Manual - New 14th edition - BCPC, 1349P.
- CONSO F., CORMIS L., CUGIER J-P., BOUNEB F., DELEMOTTE B., GINGOMARD M-A., GRILLET J-P., PAIRON J-C., 2002.** Toxicologie : impact des produits phytosanitaires sur la santé humaine. Chap. X. 659-681.
- COMBRIS P., AMIOT-CARLIN M.T., CAILLAVET F., CAUSSE M., DALLONGEVILLE J., PADILLA M., RENARD C., SOLER L.G., 2008.** Les fruits et légumes dans l'alimentation : Enjeux et déterminants de la consommation. Versailles (France): Edition Quae. 128p.
- DAVIS KG., et WILLIAMSON V.M., 2006.** Host specificity exhibited by population of endospores of *Pasteuria penetrans* to the juveniles and male cuticles of *Meloidogyne hapla*. *Nematology.* Vol. 8, 475-476.
- DECLERQ B., 2009.** Les fixations des LMR, les réglementations des résidus de pesticides et leurs impacts sur les échanges commerciaux. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires Marrakech, Maroc. 439-447.
- DECOIN et RIBA., 2009.** , Méthodes alternatives et plus en plus intégrées. *Phytoma* n°624. Défenses des végétaux. 54pp.
- DEGUINE J.P., et FERRON P., 2005.** Gestion agroécologique des populations d'insectes piqueurs-suceurs en culture légumières. In : Regnault-Roger Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement Ed. Lvoisier. Tec et Doc, 979pp.
- DE GUIRAN G., 1983.** Les nématodes parasites des cultures en pays tempéré. Ed. Le Littorale S.A. Bezier., 41-42p.
- DE GUIRAN G., & NETSCHER C., 1970.** Les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites de cultures maraîchères tropicales. *Cah. ORSTOM Sér. Biol.,* n°11: 151-180.

- DELEMOTTE B., FOULHOUX P., NGUYEN S.N., FAGES J., et PORTOS J.L., 1987.** Le risque de pesticide en agriculture. Arch. Mal. Prof. 467 (3) : 48-75.
- DE PRADO J.L., CRUZ-HIPOLITO H., BOUHACHE M., Taleb A., Torralva G., et DE PRADO R., 2010.** Situation actuelle de la résistance aux herbicides dans la région méditerranéenne ; Proceeding du 7^{ième} Congrès de l'Association Marocaine de Protection des plantes; 10 mai. Rabat, Maroc. Vol I, 375pp.
- DERACHE R., 1986.** Toxicologie et sécurité des aliments. Technique et documentation-Lavoisier, Aparia, Paris, 105-126, 299-321.
- DEYMIE B., MULTON J-L., et SIMON D., 1981.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Tome 4. APRIA. Technique et documentation, Paris. 409p.
- DILMI A., 2003.** Essais d'adsorption d'un pesticide « le Lindane » sur charbon actif en poudre. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Génie de l'Environnement. Ecole Nationale Polytechnique. 51p.
- DION S., 2007.** Guide de classement des ingrédients actifs par groupes chimiques. Québec, Ministère du Développement Durables de l'Environnement et des Parc. 43p.
- DI VITO M., CIANCIOTTA V., ZACHEO G., 1991.** The effect of population densities of *Meloidogyne incognita* on yield of susceptible and resistant tomato. Nematol. Medit. 19: 265-268.
- DJIAN-CAPORALINO C., PANCHAUD-MATTEI E., 2002.** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Revue horticole*. N°392. 14-33.
- DJIAN-CAPORALINO C., VÉDIE H., et ARRUFAT A., 2009.** Gestion des nématodes à galles : Lutte conventionnelle et lutte alternatives. L'atout des plantes pièges. Phytoma. INRA. 18p.
- DOHOU N., YAMNI K., TAHROUCH S., IDRISSE HASSANI L.M., BADO C., et GMIRA N., 2003.** Screening phytochimique d'une plante endémique ibéro-marocaine, *Thymelaea lythroides*. Bulletin de la Société Pharmacologique, Vol.146, pp. 61-78.
- EL MODAFAR C; EL BOUSTANI E.S., et Z'HRE EL ABIDINE A., 2008.** Rôle des polyphénols dans la défense naturelle des plantes: les Biopesticides d'origine végétal. 2^{ème} Editec Doc. Lavoisier In : Regnault -Roger C ; Philogène B et Vencent C. 546.
- ENEIDA R. P., 2009.** Chimie multiphasique des pesticides dans l'air: distribution et photoréactivité. Thèse de doctorat, université de Strasbourg. 123p.
- EVANS K., TRUDGILL D.L., WEBSTER J.M., 1993.** Plant parasitic nematode on temperate agriculture. Ed. Cab International, London, 647p.
- FERRON P., 2003 :** Protection des cultures: éléments prospectives. Adalia 50: 2-7
- FIEDLER L., 1987.** Assesment of chronic toxicity of selected insecticides to boneybees. *Journal of Apicultural Reasearch*.
- FILLON F., 2011.** Le bio-contrôle pour la protection des cultures : 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. 156p.
- FOURNIER J., 2002.** Dans « Pesticides et protection phytosanitaire », ACTA, 421-475.

- FOURNIER J., 2007.** Naissance de la protection chimique des cultures, 11-28.
- FRIEDRICH C., 1998.** Pyréthroïdes in House Dust of the German Housing Population- Results of two National Cross-Sectional Studies. *Gesundheitswesen*. 60 (2): 95-101.
- GASQUEZ J., 2005.** Les résistances aux herbicides chez les plantes adventices. In : Regnault-Roger Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement Ed. Lvoisier. Tec et Doc, 979pp.
- GENDOUIZ-BENRIMA A., et DOUMENDJI-MITICHE B., 2006.** Effect of plant extracts of *Eucalyptus gomphocephale*, *Schinus molle* et *Melia azedarach* on *Schistocerca gregaria* under conditions. North Arabs Conges of Plant Portection. 19-23 Nov Damas (Syrie). Astract Book. E : 153.
- GHEDIRI H., 2005.** Agriculture: Les pesticides de tous les dangers- le Quotidien de Tunisie. 1 page.
- GREENLEE A., ARBUCKLE T. E., CHYOU PO-HUANG., 2003.** "Risk Factors for Female infertility in an agricultural Region". *Epidemiology* 14: 429-436.
- GRÉGOIRE F., 1998.** Guide de classement des pesticides par groupes chimiques. Québec. Ministère de l'Environnement. Direction des politiques des secteurs agricoles et naturels. Division des pesticides. 29p.
- HANA S., ARTIN H., and AZHAR H.A., 2006.** Effect of aqueous extracts of neem (*Melia azedarach*) and Oleander (*Nerium oleander*) on Callus cultures of simflower infected with root-knit nematode. North Arabs Conges of Plant Portection. 19-23 Nov Damas (Syrie). Astract Book. E : 153.
- HEAP I.M., 2010.** International survey of herbicide resistant science.com weeds. Aviable: [http://www. weedscience. com](http://www.weedscience.com).
- HENDORF U., et ANGERER J., 2001.** Metabolites of Pyrethroïdes in an urin specimen: current exposure in an urban population in Germany. *Env. Health. Perspectives*. Vol. 109 n°3.
- HILJE L., COSTA H.S., STANSLY PA., 2001.** Cultural pratices for managing Bemicia tabacci and associed rival viral diseases . *Crop Protection*, 20: 801-812
- HOAR ZAHM S., et BLAIR A., 1992.** Pesticides and non-Hodgkin's Lymphoma. *Cancer Research (Suppl.)*, 52: 5485-5488.
- HOLLANDE J .M., 2002.** Landscape structure, habitat fragmentation and the ecology of insects. *Agri. Forest Entomol* 4: 159-166.
- HOUETO P., CHABAUX C., MOREL A., FOURNIER P.E., 1993.** Dossier de toxicovigilance. Méthodologie appliquée à la surveillance des risques professionnels. *Arch. mal. prof.* 577 : 45-84.
- JAWICH D., 2006.** Etude de la toxicité de pesticides vis-à-vis de deux genres de levures : approche cinétique et moléculaire. Thèse de doctorat. Toulouse. 133p : 33-87.
- JONES J.B., JONE J.P., STALL R.E., et ZITTER T. A., 1997.** Compenduim of tomate diseases. Ed. APS Press, The American Phytopathological Society. 73pp.
- JOUNG K.B., et CÔTÉ J.C., 2000.** Une analyse des incidences environnementales de l'insecticide microbien *Bacillus thuringiensis* . *Bull. technique* n°29.

- KADIOGLU I., et YANAR Y., 2004.** Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. *Asian. J. Plant Sci.* Vol. 3. 472-475.
- KAICHOUH G., OUTRAN N., OUTRAN M.A., EI KACEMI K., EI HOURCH A., PEREZ-ZIRVENT C., AUDIGUIER M., 2009.** Etude comparative de l'élimination des pesticides de l'eau par adsorption sur une bentonite et par dégradation par le procédé électro-Fenton. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires, Marrakech, Maroc : 97-108p.
- KALLAL Z., ALGUEMI CH., et GHATTAS A., 1990.** Problématique des résidus des pesticides dans les aliments. Institut National de Nutrition de Tunis. Séminaire Africain sur les Pesticides. 7p.
- KEETLES M.A., 1997.** Triazines Herbicide Exposure and breast cancer incidence. An ecologic Study of Kentucky Counties *Env. Health.Perspectives.* 105 (11): 1222-1227.
- KHALFI - HABES O., GUEDIRA S., et SELLAMI S., 2011.** Effet bioinsecticide des extraits de *Peganum harmala*, *Melia azedarach* et *Rosmarinus officinalis* sur *Aphis fabae* (Homoptère :Aphididae)^{4^{ème}} Symposium International Plantes Aromatiques et Médicinales de la plante à la pratique thérapeutique Recueil des résumés . 375p.
- KIEWNICK S., et SIKORA R.A., 2006a.** Biological control of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strains 251. *Biological control.* Vol. 38, pp. 179-187.
- KIEWNICK S., et SIKORA R. A., 2006b.** Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* strains 251 for biological control of the northern root knot nematode *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, vol. 8, 69-78.
- LEE J., 2003.** Popular pesticide faulted for frogs' sexual abnormalities, *New York Times*, pp. 20.
- LEROUX P., 2005.** Mode d'action et sélectivité des fongicides à usage agricole. In Regnault-Roger, 2005. Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement, ed: Tec et Doc. Lavoizier. 1013p.
- LEROUX P., FRITZ R., DEBIEU A., ALBERTINI C., BACH J., et CHAPELAND F., 2002.** Mechanisms of resistance to fungicides infield strains of *Botrytis cinerea*. *Pest Manag Sci:* 876-888.
- LEY S. V., DENHOLM AA., WOOD A., 1993.** The chemistry of Azadirachtin. *Natural Products Reports.* 10: 109-158.
- LEYRAL G., et VIERLING E., 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires. 4^e éd. Rueil. Malmaison : Doin ; Bordeaux : CRD d'Aquitaines. 290p. (Biosciences et techniques : Sciences des aliments).
- LOUVEAUX J., 1984.** Les traitements phytosanitaires et les insectes pollinisateurs. 565-575.
- MAC EWEN F. L., et STEPHENSON G. R., 1979.** The use and significance of pesticides in the environment. *New York*, 538p.
- MAYER A., CHRISMAN J., MOREIRA J. C., et KOIFMAN S., 2003.** Environmental Research, volume 93, Issue 3. 264-271p.

- MEFTAH H., BOUGHDAD A., et BOUCHELTA A., 2011.** Effet biocide des extraits aqueux de *Capsicum frutescens* de *Melia azedarach* et *Peganum harmala* sur *Euphyllura costa* (Homoptères : Psylliidae) en verger. *Agriculture*. Vol 2.06/116.
- MERHI M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse Doctorat. Université de Toulouse. 249p.
- MIRINI L., BOBILLO C., CUADRADO V., CORALI D., et GUIULETTI A.M., 2009.** Phytoremediation potential of the Novel atrazine tolerant *Lolium multiflorous* and studies on the mechanisms involved. *Environmental Pollution*, vol 157: 3059-3063.
- MILHAUD G., 1998.** Evaluation prévisionnelle des risques liés à l'utilisation et à l'application des pesticides. *Encycl. Med. Chir. (Elsevier, Paris) Toxicologie-Pathologie Professionnelle*, 16-059-F-10, 4p.
- MISHAEL Y.G., RYTWO G., NIR S., CRESPIAN M., ANNABI-BERGAYA F., VAN DAMMER H., 1999.** Interaction of Monovalent organic cations with pillard clays. *J. Colloid Interface Sci.* 209: 123-128.
- MOKRIMI F., ABBAD-ANDALOUS F., et EL AISSAMI A., 2010.** Effet des extraits des plants contre le nématode à galle *Meloidogyne incognita* associées à la culture de la tomate dans la région de Gharb. *Proceeding du 7^{ème} Congrès de l'Association Marocain de Protection des Plantes*. Rabat, 26-27 mai, Vol I. 375pp.
- MORRA L., BILOTTO M., DE MAIO M., 2005.** Difesa integrata del peperone contro la cancrena pedale. *Orticoltura*, vol. 14, p. 53-57.
- MOUSSAOUI K.M., BOUSSAHEL R., HARIK D., 1999.** Pesticide et environnement. Utilisation, Contrôle, Recherche des résidus dans l'eau et les aliments, *Bulletin International de l'eau et de l'environnement*. EDILINF-EAU, 5-12.
- MUGNIERY D., 2005.** Les nématicides et la lutte chimique contre les nematodes. In Regnault-Roger, 2005. *Enjeux phytosanitaire pour l'agriculture et l'environnement*, ed: Tec et Doc. Lavoizier. 1013p.
- MUKHERJEE I., et GOPAL M., 1996.** *Journal of chromatography A*, volume 754: 33-42.
- MULTIGNER L., et OLIVA A., 2001.** In « Human reproduction », Publication de la société Européenne de reproduction Humaine et d'Embryologie. Vol 16. 1768p.
- MUSABYIMANA T., SEXENA R.C., KAIRU E.N., KHAN Z.R., 2000.** Powdered neem seed and cake for management of Banana weevil and parasitic nematodes. *Phytoparasitic*, 28: 1-10.
- NEGAHBAN M., MOHARRAMIPOUR S., et SEFIDKON F., 2006.** Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoparia*. Essential Oil against three Coleopteran stored-product insects. *J. Asia-Pacific Entomol.* Vol. 9(9), pp. 381-388.
- NUNEZ O., MOYANO E., et TEREZA G. M., 2005.** TrAC Trenes in Analytical Chemistry, volume 24: 683-703.
- ORGANISATION des NATIONS UNIES pour L'ALIMENTATION et L'AGRICULTURE (FAO), 1985.** Directives pour le conditionnement et le stockage des pesticides. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome (Italie). 34p.

- OTURAN M.H., et MOUCHEL J-M., 2007.** Pesticides : impacts environnementaux, gestion et traitements. 333p.
- OULD EL HADJ M.D., DAN6BAJO A.T., DOUMANDJI S., 2006.** Toxicité copulée des extraits de 3 plants antifuges sur les larves du 5^{ème} stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria*: (*Orthoptera: Cyrtacanthacrididae*). *Sécheresse*17 : 407-414
- RAMADE F., 1979.** Ecotoxicologie, 2^{ème} édition Masson. Paris. 228p.
- RATHER M.A., and SIDDIQUI M., 2007.** Nematicidied effects of some botanicals against root and nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. *Ind. J. plant.Sci* 2 (2).49-52.
- RAVINDRA H., ONKARAPPA T., KRISHNAPPA K., NARAYANASWAMY H., BASAVARAJA M.K., et RAMASWAMY G.R., 2001.** Management of root knot nematode in tobacco nursery through, organic amendements. *Ann. PL. Protect. Sci*, vol. 9, 92-94.
- RAYLE H. L., et FELLMETH L., 1999.** "Development of a Process for Triazine-Promoted Amidation of Carboxylic Acids"; *Organic Process Research and Development*: 172-176
- RAYNAL G., GONDRAJAN J., BOURNOVILLE R., et COURTILLOT M., 1989.** Ennemis et maladies des prairies, Paris, 249p.
- REBAH M., 2002.** Un label Bio pour le vin et les dattes: Nouara le portail de la nature et l'écologie en Algérie.1p.
- REDDY P., 1983.** Plant nematology. Ed. Agri. Publ. Acad. India, 287pp.
- REGNAULT-ROGER C., 2005.** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed : Tec et Doc, Paris, pp. 625-650.
- REGNAULT-ROGER C., et PHYLOGENE B.J.R., 2005.** Evolution des insecticides organiques de synthèse. In : REGNAULT-ROGER C. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. Lavoisier. Tec et Doc., paris, 1013p.
- REGNAULT-ROGER C., FABRES G. , et PHYLOGENE B.J.R., 2005.** Protection des cultures, environnement et développement durable : enjeux pour le XXI^e siècle. In: Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. Lavoisier. Tec et Doc., paris, 1013p.
- RICHARD S., MOSLEMI S., SIPAHUTAR H., BENACHOUR N., SERALINI GE., 2005.** "Differential effects of glyphosate and Round up on human placental cells and aromatase" *Environ-Health Perspect*: 1289-7728.
- RICHARDSON P.N., And GREWAL PS., 1993.** Nematode pesto of glass house crops and mush rooms in plant parasitic nematodes in temperate agriculture. CAB. International, London, 648p.
- RICHE D., 1982.** La guerre chimique et biologique, Belfond, Paris. ISBN2-7144 – 1518-0. 104 p.
- ROULLAND S., NAVARRO J.-M., et NADEL B., 2009.** Entre pesticides et cancer, le lien est établi. *La Recherche* N°643: 62-64.

- ROWAISHED A.K., and MONIAM A.H., 2006.** Use of some plant extracts in controlling *Fusarium wilt* of papaya seedlings caused by *Fusarium oxysporium*. Abstract Book. 9th Arab Congress of Plant Protection. 19-23 Nov. Damascus Syria B-158.
- ROY A.S., et SUFFERT M., 2009.** Coopération internationale et rôle de l'OEPP dans l'analyse du risque phytosanitaire. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires. Marrakech, Maroc. 1 - 8p.
- SALDIVAR R.H., SALAS-HERNANDEZ M.A., CORONADO-LEZA A., 2003.** Efecto de la solarización de suelos e incorporación de estiércol caprino en el control de malezas y rendimiento de melon (*Cucumis melo* L.). *Agrochimica*, vol. XLVII, 227-235.
- SASSANELLI N., DIVITO D., 1991.** The effect of *Tagetes spp*, extracts on the hatching of Italian population of *Globodera rostochiensis*. *Nematol. Med* 19: 135-137.
- SCOTTO La MASSÈSE J.C., 1962.** Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. ASS. Coord. Trav. Agri. F.N.H.P.C. Versailles, 83-105.
- SELLAMI S., 2006.** Evaluation de l'activité nématocide de quelques plantes contre le nématode des tiges: *Ditylenchus dipsaci* (Nematoda : Anguinidae) Sixième Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires à l'Institut National de la Protection des Végétaux EL Harrach (Alger): le 20-21 juin 2006.
- SELLAMI S., et LOUNICI M., 2000.** Control of root knot nematode by solar heat on tomato. Seven Arab Congress of plant production. Oct. 22-26.
- SELLAMI S., et ZEMMOURI H., 2001.** Effect of *Tagetes erecta* on the mortality, hatching and development of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. *Acta phytopathologica and Entomologica Hungarica* 36 (3-4) 383-387.
- SELLAMI S., et MEZERKET A., 2006.** Nematicidal activity of some plant leaf extracts against *Meloidogyne incognita*. Abstract of 9th Arab Congress of plant protection, Damascus Syrie, 19-23 Nov.
- SELLAMI S., MEZERKET A., et DAHMENE T., 2009.** Evaluation de l'efficacité de quelques huiles essentielles contre *Meloidogyne incognita* (Nematoda ; Meloidogynidae). Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires. Marrakech, Maroc, du 09 au 11 novembre. 411-418.
- SELLAMI S., et MEZERKET A., et DAHMANE T., 2010.** Activité nématocide de quelques huiles essentielles contre *Meloidogyne incognita*. *Nematol. Med.* 38: 195-201.
- SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A., et BENSEGHIR H., 1999.** Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematol. Medit* 27, 295-301.
- SIDDIQUI I. A., SHAUKAT S.S., et HAMID M., 2002.** Role of Zinc in Rhizobacteria mediated suppression of root infecting fungi and root-knot nematode. *Phytopathology* 150, 569-575.
- SINGH V.P., JAISWAL R.K., KUMAR N., et KUMAR D., 2007.** Nematophagous fungi associated with root galls of rice caused by *Meloidogyne graminicola* and its control by *Arthrobotrys dactyloides* and *Dactylaria brochopaga*. *Phytopathology* 155, 193-197.

-
- STOLL G., 2002.** Protection naturelle des végétaux en zone tropical. Acta. Ed. Margaf verlag, Allemagne, 386p.
- TANIZAWA M., et CASIDA J.E., 2006.** Selective toxicity of neonicotinoides attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Ann. Entomol* 48: 339-364.
- TAHCKER J.R.M., 2002.** An Introduction to Arthropod Pest Control. Cambridge University Press. Cambridge. 346p.
- TRON I., PIQUET O., COHUET S., 2001.** Effets chroniques des pesticides sur la santé : état actuel des connaissances. Observation Régionale de la Santé (ORS), 90p.
- TRUCHOT E., FAURE A., TAILLANDIER M., VERGNET C., 2009.** Règlement 396/2005/CE sur les LMR: Modalités de fixation des LMR au niveau européen et évaluation des dossiers correspondants en France. Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires-Marrakech, Maroc. 429-433.
- VANDAMME V., HOEDEKIE A., et VIAENE N., 2005.** Long term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crop. *Nematology*. Vol. 7, p. 727-736.
- VEILLERETTE FRANÇOIS., 2006.** Toutes les études scientifiques sur les pesticides : Toxicité neurologiques des produits chimiques. Paris, France. 3p.
- VILLAIN L., BAUJARD P., ANZUETO F., HERNANDEZ A., et SARAH J. L., 2002.** Protection intégrée des caféières d'Amérique centrale contre les nématodes. Plantation, Recherche, Développement. 17p.
- WESEMAEL W.M.L., PERRY R.N., et MOENS M., 2006.** The influence of root diffusate and host age on hatching of the root knot nematodes, *Meloidogyne chitwoodi* and *M. fallax*, *Nematology*, vol. 8, pp. 895-902.
- WHITEHEAD AG., 1998.** Sedentary endoparasites of roots and tubers *Meloidogyne* and *Nacobbus* in plant nematode control. CAB International. London, pp. 1-12.
- WHO., 1989.** « Public Health impact of pesticides used in agriculture » (OMS et PNUE, Genève, Suisse). 15p.
- WHYTS N., SWENNEN R., DEWAELE D., 2006.** Effects of plant phenol propanoïd pathway products and selected terp enoids and alkaloids on the behaviour of the plant parasitic nematodes *Radopholus similis*, *Pratylenchus penetrans* et *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, vol. 8, pp. 89-101.
- WOOD A., 2004.** Compendium of Pesticide Common Names.
- ZIDANE JAMEL., 2010.** Pesticides et autres produits de traitement phytosanitaires. Vers une nouvelle barrière non tarifaire? Bientôt l'UE exigera zéro trace de produits chimiques sur les produits agricoles. Journal liberté d'Algérie.

Annexes

Annexe 1 : Nématicides homologués en Algérie (Anonyme, 2007).

Nom commercial	Matières actives	Concentration	Formulation	Ravageurs	Cultures	Doses d'utilisation	Firmes
Les fumiguants							
DDP FUMIGANT	1,3 Dichloropropene	92%	Concentré Soluble	Nématodes à kyste	-Cultures Maraichères -Tabac -Plantes Ornementales	170 l/ha	Phyto-Plus
FUMICAL	Metam-Sodium	510 g/l	Concentré Soluble	Nématodes	Toutes Cultures	1000 l/ha	Calliopa
HEXONATE	Hexaconazole	5%	Concentré Soluble	Nématodes du sol	-Tomates -Cultures Légumières	30 kg/ha	Phyto-Plus
PHEONIX	Lambda-cyhalothrine	5%	Concentré Soluble	Nématodes	-Agrumes -Tabac -Arbres Fruitiars	250 ml/ha 250 ml/ha 170 ml/ha	Agricom
TELONE II	Dichloropropene	1108 g/l	Concentré Soluble	Nématodes	-Arbres Fruitiars -Cultures Maraichères -Horticulture -Vigne	170 l/ha 170 l/ha 170 l/ha 500 l/ha	Dow Agro Sciences
Les systémiques							
ELMOCAP	Ethoprophos	10%	Granulé	Nématodes du sol	-Tomate -Cultures Légumières -Pomme de terre	30 kg/ha	Phyto-Plus
MOCAP	Ethoprophos	10%	Granulé	Nématodes	-Cultures Maraichères sous serre -Cultures Maraichères extra primeur -Cultures Maraichères Primeurs	2X50 kg/ha 2X50 kg/ha 30-50 g/pied	Aventis
NEMATHORINE	Fosthiazate	10%	Granulé	Nématodes	-Cultures Légumières -Pomme de terre	12 ou 30 kg/ha-DAR 21 jrs	Syngenta
NEMACUR	Phenamiphos	10%	Granulés	Nématodes	-Bananiers -Betterave sucrière -Carottes -Concombres -Pomme de terre -Cultures Ornementales -Tabac -Tomate	30-50 g/pied 30-40 kg/ha 30 kg/ha 30 kg/ha 30 kg/ha 30 g/m ² 30 kg/ha 30 kg/ha	Bayer
NEMACUR 240 CS	Phenamiphos	240 g/l	Suspension Concentrée	Nématodes	-Toutes Cultures Sous Serres -Tomates en plein champ -Courgettes -Melon	20-40 l/ha	Bayer
NEMASOL 510	Phenamiphos	240 g/l	Solution	Nématodes	-Toutes Cultures	1000-1200 l/ha	UCB
NIMAPHOS 10g	Ethoprophos	10%	Granulé	Nématodes du sol	-Arbres Fruitiars -Cultures Légumières -Grandes Cultures	15-30 kg/ha	Acti-Rivale
VIDATE 10 g	Oxamyl	100 g/kg	Granulé Dispersible	Nématodes	-Ail -Oignons -Agrumes -Bananiers	50 kg/g	Du Pont de Nemours
SINCOGIN	Acides Gras Palmiques, Oleiques, Linoleiques Nucléiques ADN + ARN Oligoéléments	PPM	Liquides	Nématodes	Cultures Maraichères	1 l/ha	Agriculture Sciences
		0.56% + 99.44%	Concentré Soluble	Nématodes	-Arbres Fruitiars -Palmier Dattier -vigne	2 l/ha	Agritec/ Zerouki/ Agsci-Dallas

Annexe 2: Caractéristiques de la plante étudiée *Melia azedarach* L.1753

Melia azedarach appelé également le faux neem ou Lilas de Perse ou Grand Lilas, est une espèce à deux types de variétés : *Melia azedarach* « *floribunda* » : fleurs violacées, nombreuses et parfumées et *Melia azedarach* « *umbraculiformis* » : port très étalé, feuillage retombant.

Synonymes : *Melia azedarach* var. *sempervirens* L. 1753 ; *Melia candollei* A. Juss. 1830 ; *Melia toosendan* Siebold & Zucc. 1843 ; *Melia floribunda* Carrière 1872 ; *Melia azedarach* var. *japonica* (G. Don) Makino, 1914.

Origine: Cet arbre est originaire de l'Asie tropicale, plus précisément du Nord-Ouest de l'Inde : Himalaya, Cachemire, etc. ou de la Chine. Il fut introduit à Tahiti en 1832 par le capitaine Wilson. Il est maintenant répandu dans le monde entier, des régions tropicales aux régions tempérées à hiver moyennement rigoureux. Il est parfois confondu avec le Neem (*Azadirachta indica*) appartenant à la même famille des *Meliaceae*, les deux espèces se ressemblent étroitement du point de vue taxonomique, morphologique et aussi par leurs propriétés insecticides. Elles diffèrent par leur localisation géographique et par leur composition chimique.

Description botanique: Cette espèce est une plante rudérale, avec une couronne arrondie, étalée, mesure de 8 à 15 mètres de hauteur qui peut atteindre jusqu'à 25-30 mètres et 7 mètres de largeur. C'est un arbre ramifié, au port érigé, caractérisé par son tronc sombre très rameux, et présente une écorce persistante de couleur marron-rouge largement crevassée, fibreuse, sillonnée longitudinalement et écailleuse. Les feuilles sont caduques de forme bipennée, à bords dentés, vertes, alternes à long pétiole mesurent jusqu'à 75 cm de long. Elles sont composées de folioles en nombre impaires, ovales, entières ou légèrement dentées de couleur verte foncée sur la face supérieure, plus claire en dessous, elles sont longues de 3 à 5 cm. L'inflorescence en panicules axillaires lâches mauves, longues de 10 à 20 cm, aux fleurs à 5 pétales étroits, rose ou violet, mesure de 1 à 2 cm de diamètre, odorantes (parfumés) semblable à celle du Neem. Les fruits globuleux (rondes), petites drupes vertes puis jaunes comestibles ou crème, drupacés et sphériques de 1 à 1,5 cm de diamètre de la taille d'une grosse cerise, à mince enveloppe charnue portés par un court pédicelle dont le péricarpe est composé de deux parties. Les graines produisant une amande toxique capable d'empoisonner à faible dose autant les mammifères dont l'Homme que les insectes.



Figure 1: Photos de *Melia azedarach* L: Vue d'ensemble de *Melia azedarach* L. a: face supérieure des feuilles. b: fruits avant maturité. c: fruits après séchage. (Original).

Répartition géographique: Le faux neem : *Melia azedarach* possède une grande souplesse biologique ainsi qu'une plasticité écologique, il est largement réparti dans tout Madagascar, principalement sur les Hauts Plateaux, en Inde, au Pakistan, au Sri Lanka, en Birmanie (Myanmar), en Thaïlande, au Laos, au Vietnam, au Cambodge en Indomalaisie, au Sud du Brésil (originaire du nord de l'Inde), aujourd'hui très cultivé dans l'Asie du Sud-Est au Sud de l'Amérique, dans le Midi France et en Algérie.

Biotope: C'est un arbre ayant une croissance rapide poussant en région chaude, il préfère les sols humides bien drainés, les températures beaucoup plus basses, il peut toutefois supporter des températures allant jusqu'à -10°C . C'est une plante à grande fécondité et à pouvoir germinatif élevé, se reproduit facilement. La floraison se déroule au mois de septembre – novembre, la fructification de novembre à mars et la maturation a lieu à partir du mois de février jusqu'en mai. On le plante dans les parcs, les places publiques, les jardins et le long des routes et il se naturalise facilement car ses fruits sont consommés et transportés par les oiseaux.

Composition chimique: Ses fruits contiennent beaucoup de triterpénoïdes (toxique pour les mammifères) et approximativement 40% d'huile. Toutes les parties de l'arbre (feuilles, l'écorce et les graines) sont toxiques en raison de leur teneur en [azadirachtine](#) qui est un tétranortriterpénoïde hautement oxydé de la famille des Limonoïdes. L'azadirachtine agit, en paralysant le mouvement naturel de l'intestin. Chez d'autres insectes, agit en perturbant une partie du système hormonal qui gère la mue des larves à l'état adulte (Fig. 2).

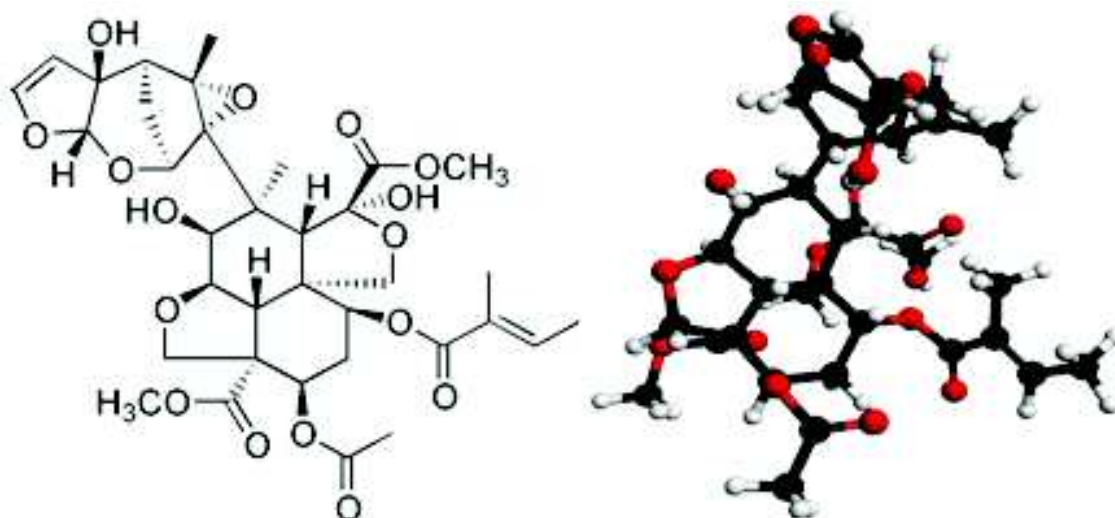


Figure 2 : Structure chimique d'azadirachtine (insecticide) (Ley et al., 1993).

Usages et propriétés thérapeutiques: L'espèce *Melia azedarach* est reconnue mondialement pour ses qualités phytosanitaires. Elle est utilisée dans plusieurs domaines : en médecine traditionnelle, dans la santé des animaux et en agriculture etc...

En médecine traditionnelle: Toutes les parties des plantes peuvent être utilisées en pharmacopée. En Asie, il est utilisé comme antipyrétique et antihelminthique. Les feuilles, l'écorce des tiges ainsi que les racines réduites en pâte sont appliqués sur les plaques scrofuleuses et lépreuses. L'écorce du tronc et de la racine est reconnu comme vermifuge, antihelminthique et antirhumatismale. En Chine, l'écorce est utilisée contre le Kala-azar (maladie parasitaire due à un protozoaire) et la leishmaniose. Les feuilles écrasées sont posées en cataplasme contre les rétentions d'urine, les affections nerveuses et spécialement l'hystérie, elles sont utilisées à guérir la constipation et la gastrite (10 feuilles dans 1 litre d'eau).