

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et
de l'univers



Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Polycopie de cours destiné aux étudiants en Master 1
Phytopharmacie et protection des végétaux

ENTOMOLOGIE ET NÉMATOLOGIE AGRICOLE ET FORESTIÈRE

Élaboré par Dr. Omar KHALADI

Année universitaire 2021/2022

Table des matières

Liste des tableaux.....	I
Liste des illustrations	I
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures	
1.1. Les insectes.....	3
1.1.1. Écologie et biologie des insectes phytophages : base méthodologique de la gestion phytosanitaire des agrosystèmes	5
1.1.1.1. Étude de la dynamique des populations	7
1.1.2. Les Grands groupes d'insectes ravageurs des cultures.....	12
1.1.2.1. Principaux insectes ravageurs des grandes cultures (étude d'exemples) 14	
1.1.2.2. Principaux insectes ravageurs des cultures maraîchères et industrielles 39	
1.1.2.3. Principaux insectes ravageurs des arbres fruitiers (Etude d'exemples) ...	58
1.1.2.4. Principaux insectes ravageurs des arbres forestiers (Étude d'exemples) 97	
1.2. Les acridiens (criquets).....	112
1.2.1. Caractères morphologiques généraux	112
1.2.1.1. Quelques exemples de criquets ravageurs de cultures.....	114
1.2.2. Dégâts dus aux acridiens et moyens de lutte	120
1.2.2.1. Dégâts.....	120
1.2.2.2. Moyens de lutte.....	121
Chapitre 2 : Les nématodes ravageurs des cultures	
2.1. Morphologie et anatomie des nématodes.....	123
2.1.1. Morphologie	123
2.1.2. Différentes parties du corps des nématodes	124
2.1.3. Anatomie des nématodes	126
2.1.3.1. Tube digestif	126
2.1.3.2. Appareil reproducteur	128
2.1.3.3. Appareil excréteur	129
2.1.3.4. Système nerveux.....	130
2.2. Biologie des nématodes	132
2.2.1. Cycle biologique des nématodes	132
2.2.2. Les mues.	133
2.2.3. Les formes de conservation des nématodes.....	134
2.2.4. Les cycles de développement.....	136
2.2.4.1. Les nématodes endoparasites.....	136
2.2.4.2. Les nématodes semi- endoparasites.....	137

2.2.4.3. Les nématodes ectoparasites.....	138
2.2.5. Les nématodes vecteurs de maladies.....	138
2.2.6. Conditions de développement et du maintien des nématodes dans le sol.....	139
2.2.6.1. Les facteurs abiotiques :.....	139
2.2.6.2. Facteurs biotiques	140
2.3. Dégâts et symptômes.....	141
2.3.1. Symptômes sur les parties aériennes	142
2.3.1.1. Symptômes causés par les nématodes des parties aériennes.....	142
2.3.1.2. Symptômes causés par les nématodes des racines.....	142
2.3.2. Symptômes sur parties souterraines.....	144
2.4. Distribution géographique des nématodes phytophages	145
2.4.1. Répartition géographique dans le monde	145
2.4.2. Répartition géographique en Algérie.....	147
2.5. Principaux groupes des nématodes ravageurs des cultures et des arbres.	151
2.5.1. Les méloïdogynes, nématodes des cultures maraîchères	151
2.5.2. Les nématodes des céréales	153
2.5.3. Les nématodes des légumineuses.....	156
2.5.4. Les nématodes de la pomme de terre.....	158
2.5.5. Les nématodes des arbres fruitiers et de la vigne.....	162
2.5.6. Les nématodes des arbres forestiers	166
Chapitre 3: Complexes nématodes – autres organismes phytopathogènes	
3.1. Complexe nématodes - champignons	170
3.2. Complexes nématodes – bactéries	171
3.3. Complexe nématodes – virus	171
Chapitre 4 : Lutte contre les nématodes phytoparasites	
4.1. Lutte préventive	172
4.1.1. Méthodes prophylactiques	172
4.1.2. Méthodes culturales	172
4.2. Lutte biologique	173
4.3. Lutte physique	176
4.4. Lutte génétique.....	176
4.5. Lutte chimique	177
Références bibliographiques	179

Liste des tableaux

Tableau 1: Cycle de vie de la punaise des céréales <i>Aelia germari</i>	29
Tableau 2: Principaux parasitoïdes de <i>P. citrella</i> présents dans différents pays de la région méditerranéenne.....	67
Tableau 3: Parasitoïdes, prédateurs et parasite de criquet	122
Tableau 4: Répartition mondiale de quelques nématodes phytoparasites	146
Tableau 5: Quelques genres de nématodes phytophages trouvés en Algérie en fonction du type de culture	148
Tableau 6: Interaction nématodes-champignons.....	170
Tableau 7: Interaction nématodes-bactéries.....	171
Tableau 8: Interaction nématodes-virus.....	171

Liste des illustrations

Figure 1: Les différentes parties du corps d'un insecte	3
Figure 2: Insecte à métamorphose incomplète.....	4
Figure 3: Insecte à métamorphose complète.....	4
Figure 4: Les composantes d'un agrosystème	6
Figure 5: Situations d'équilibre ou de déséquilibre entre la population d'un ravageur et celle d'un auxiliaire.	8
Figure 6: Model expliquant la signification du seuil de nuisibilité d'un ravageur	11
Figure 7: Dégât d'une chenille de noctuelle sur feuille de pommier.....	14
Figure 8: Des pucerons sur feuille d'agrume	14
Figure 9: Adultes de taupin (<i>Agriotes</i>)	16
Figure 10: Larves de taupin (<i>Agriotes</i>)	16
Figure 11: Comparaison entre larve d' <i>Agriotes</i> et larve d' <i>Athous</i>	17
Figure 12: Adulte femelle et larves de <i>Geotrogus deserticola</i>	20
Figure 13: Dégâts du ver blanc sur champs de céréales.....	21
Figure 14: Adulte d'un criocère.....	22
Figure 15: Larve de criocère et dégâts sur feuille.....	23
Figure 16: Adulte de la cicadelle <i>Psammotettix alienus</i>	24
Figure 17: Symptômes des pieds chétifs sur céréales	25
Figure 18: Individus de <i>Sitobion avenae</i>	26
Figure 19: Cycle de développement de <i>Sitobion avenae</i>	27
Figure 20: <i>Aelia germari</i> sur céréale.....	28
Figure 21: Adulte de la sitone et dégât sur feuille.....	31
Figure 22: Dégâts sur fève par <i>Bruchus rufimanus</i>	33

Figure 23: Différents ravageurs de colza en fonction du stade phénologique	35
Figure 24: Adulte et larve de grosse altise.....	36
Figure 25: Cycle biologique de la grosse l'altise.....	37
Figure 26: Dégâts de morsures d'altises d'hiver adultes sur le feuillage du colza	38
Figure 27: <i>Neoceratitis cyanescens</i> mâle (gauche) et femelle (droite)	40
Figure 28: Symptômes d'attaques de <i>Neoceratitis cyanescens</i> sur fruit de tomate.....	41
Figure 29: Envahissement des organismes opportunistes après attaque de <i>Neoceratitis cyanescens</i>	41
Figure 30: Femelle de <i>H. armigera</i>	43
Figure 31: Chenille de <i>H. armigera</i>	43
Figure 32: Cycle de développement de <i>H. armigera</i>	44
Figure 33: Dégâts des chenilles de <i>H. armigera</i> sur fruits de tomate	45
Figure 34: Adulte de <i>Tuta absoluta</i>	46
Figure 35: Cycle de développement de la mineuse de tomate <i>Tuta absoluta</i>	47
Figure 36: Deux types de mines sur feuilles de tomate. a : mines de <i>Tuta absoluta</i> ; b : mines de la mouche <i>Agromyza</i>	48
Figure 37: Une chenille de <i>Tuta absoluta</i> dévore le mésophylle de la feuille	48
Figure 38: Attaques sur fruit vert et mûr	49
Figure 39: Puparium et adultes de l'aleurode des serres émergés.....	51
Figure 40: Cycle de vie des aleurodes sur tomate.....	51
Figure 41: Miellat sécrété par une larve d'aleurode, et des fruits couverts par la fumagine (champignon sous forme de poudre noire)	52
Figure 42: Pieds de tomate touché par une maladie virale transmise par des aleurodes (virus de feuilles jaunes en cuillère de tomate TYLVC)	53
Figure 43: Dégâts sur tubercules de pomme de terre provoqués par des larves des taupins	54
Figure 44: Adulte de la teigne de pomme de terre <i>Phthorimaea operculella</i>	55
Figure 45: Dégâts de la teigne sur tubercule de pomme de terre.....	57
Figure 46: Individus aptères (A, B) et ailés (C) d' <i>Aphis spiraecola</i> sur citronnier	59
Figure 47: Symptômes d'attaque d' <i>Aphis spiraecola</i> sur citronnier	60
Figure 48: Fumagine sur feuille d'agrumes	60
Figure 49: <i>Aonidiella aurantii</i> . a : Femelle ; b : Mâle.....	62
Figure 50: <i>Aonidiella aurantii</i> sur orange	63
Figure 51: <i>Aonidiella aurantii</i> sur feuille d'agrumes	63
Figure 52: Adulte de <i>Phyllocnistis citrella</i>	65
Figure 53: Jeune pousse d'agrumes attaquée et déformée par les larves de <i>Phyllocnistis citrella</i>	66
Figure 54: Femelle de <i>Ceratitis capitata</i>	68

Figure 55: Cycle de développement de la cératite en Algérie en fonction des mois.....	70
Figure 56: Dégâts de la cératite sur fruit d'agrume.....	71
Figure 57: Piège McPhail pour la capture des mouches	73
Figure 58: Femelle de <i>Bactrocera oleae</i>	74
Figure 59: Dégât d'attaque de <i>Bactrocera oleae</i> sur olive	75
Figure 60: Adulte de <i>Cydia pomonella</i> sur pommier.....	77
Figure 61: Larve adulte formant un cocon d'hivernation	78
Figure 62: Dégât du carpocapse de pomme sur fruit.....	79
Figure 63: Carton ondulé sur tronc de pommier	80
Figure 64: Pou de San José sur pomme	82
Figure 65: Adulte et larve marteau de <i>Capnodis tenebrionis</i>	83
Figure 66: Larves et nymphes de <i>Capnodis tenebrionis</i>	84
Figure 67: Galeries provoquées par la larve de capnode	85
Figure 68: Dégâts de capnode sur arbre	86
Figure 69: Eudémis de la vigne	89
Figure 70: Des œufs d'Eudémis sur baies de vigne	90
Figure 71: Cycle de développement de l'Eudémis de la vigne	90
Figure 72: Dégâts sur baies de vigne par la tordeuse des grappes Eudémis.....	91
Figure 73: Répartition des diffuseurs de phéromone dans une parcelle de vigne	92
Figure 74: Adulte de <i>Scaphoideus titanus</i>	94
Figure 75: Cycle de développement de <i>Scaphoideus titanus</i>	95
Figure 76: Symptômes de la flavescence dorée sur vigne	96
Figure 77: Œufs, chenilles et adultes de la processionnaire de pin	99
Figure 78: Un nid de <i>T. pityocampa</i> sur pin d'Alep	100
Figure 79: Phénomène de procession et d'enfouissement de <i>T. pityocampa</i>	101
Figure 80: Arbre complètement défolié par la processionnaire de pin.....	102
Figure 81: Bombyx disparate.....	104
Figure 82: Cycle d développement de <i>Lymantria dispar</i>	105
Figure 83: Feuilles de chêne consommées et des arbres détruits par les chenilles de <i>L. dispar</i>	106
Figure 84: Adulte d' <i>I. typographus</i>	107
Figure 85: Cycle de vie typographe européen de l'épinette <i>I. typographus</i>	108
Figure 86: Dégâts d' <i>I. typographus</i>	109
Figure 87: Adulte de <i>Agrilus biguttatus</i> (a) et sa larve prête à se nymphoser (b)	110
Figure 88: Trou de sortie de l'adulte d' <i>A. biguttatus</i> en forme de D.....	111
Figure 89: Un criquet (Caelifère)	113
Figure 90: Une sauterelle (Ensifère).....	113

Figure 91: Ponte d'une femelle dans le sol.....	114
Figure 92: Tubercule prosternal chez le criquet pèlerin	115
Figure 93: Des larves de criquet pèlerin en phase grégaire	115
Figure 94: Les deux phases du criquet pèlerin, solitaire et grégaire chez la larve et l'adulte	116
Figure 95: Criquet migrateur <i>Locusta migratoria</i> a : en phase solitaire ; b : phase grégaire	117
Figure 96: Adulte de criquet marocain	119
Figure 97: Criquet marocain sur céréales.....	120
Figure 98: Une invasion d'un essaim de criquets pèlerins.....	121
Figure 99: Différence entre les Tylenchida (A) et Dorylaimida (B).....	123
Figure 100: Quelques formes existantes chez les nématodes phytophages	124
Figure 101: Différentes parties du corps d'un nématode phytophage	125
Figure 102: Nématode phytophage au repos	126
Figure 103: Différentes parties de l'œsophage et la bouche d'un nématode phytophage	127
Figure 104: Différents types d'appareil reproducteur chez la femelle des nématodes.....	129
Figure 105: Types d'appareil excréteur chez les nématodes.....	130
Figure 106: Emplacement de l'anneau nerveux et les papilles sensoriels.....	131
Figure 107: Emplacement des phasmides sur la queue des nématodes phytoparasites	131
Figure 108: Cycle de développement d'un nématode libre.....	133
Figure 109: Kystes du genre <i>Heterodera</i>	135
Figure 110: Amas d'œufs (sacs gélatineux) de <i>Meloidogyne chitwoodi</i> sur racines de tomate.....	135
Figure 111: Symptômes d'attaque des nématodes sur des parties aériennes..	143
Figure 112: Symptômes d'attaque des nématodes sur des parties sous terraines.....	145
Figure 113: Cycle de développement des Méloïdogynes	152
Figure 114: Cycle de développement d' <i>Heterodera avenae</i>	154
Figure 115: Kystes d' <i>Heterodera avenae</i>	155
Figure 116: Synchronisation avec le cycle de développement d' <i>Heterodera avenae</i> et sa plante hôte	155
Figure 117: Cycle de développement de <i>Ditylenchus dipsaci</i> dans l'oignon (son hôte spécifique)	157
Figure 118: Symptômes d'attaque de <i>D. dipsaci</i> sur féverole.....	158
Figure 119: Femelles, de <i>G. pallida</i> sur pomme de terre (celles de <i>G. rostochiensis</i> sont plutôt jaunes)	159
Figure 120: Nématodes à kystes de pomme de terre	160

Figure 121: Cycle biologique de <i>Globodera</i> spp.....	161
Figure 122: Cycle biologique et dégâts sur racines de <i>Pratylenchus</i> spp. sur racines	163
Figure 123: Les différents stades de développements de <i>T. semipenetrans</i>	164
Figure 124: Femelles de <i>T. semipenetrans</i> sur racine d'agrumes.....	164
Figure 125: Cycle de vie typique d'un nématode <i>Xiphinema</i> sp. , avec des caractéristiques détaillées des différents stades.....	166
Figure 126: <i>Monochamus galloprovincialis</i> , vecteur du nématode du pin en Europe ..	167
Figure 127: Cycle de vie du nématode <i>B. xylophilus</i>	168
Figure 128: Dégâts de nématode du pin.....	169
Figure 129: Un nématode capturé par les anneaux de constriction du champignon prédateur <i>Arthrobotrys dactyloides</i>	173
Figure 130: Le champignon <i>Paecilomyces lilacinus</i> parasitant des œufs de <i>Meloidogyne</i> sp.....	174
Figure 131: <i>Pasteuria penetrans</i> sur un nématode.....	175
Figure 132: Solarisation en plein champ et sous abri	176
Figure 133: Hypersensibilité (HR) d'une plante contre un nématode	177
Figure 134: Désinfection chimique au moyen de fumigants nématicides	178

Introduction

La protection des plantes repose sur la connaissance des bioagresseurs de nos cultures, c'est-à-dire la biodiversité des ravageurs et leurs dynamiques d'évolution au cours du temps et dans l'espace. Cela aidera les agriculteurs à adapter leurs systèmes de culture aux micro-niches écologiques locales, afin de répondre aux besoins alimentaires et de les protéger contre ces parasites.

Ces bioagresseurs sont principalement des insectes, des nématodes, des oiseaux, des acariens, des gastéropodes (limaces, escargots), des rongeurs. Dans ce support de cours, on s'intéressera aux insectes et aux nématodes. Le groupe le plus dommageable dans la classe des insectes est représenté par les papillons de nuit (Noctuelles), suivi par les coléoptères, vient ensuite le groupe d'insectes porteurs (vecteurs) d'agents pathogènes (virus, mycoplasmes, bactéries et champignons); parmi lesquels les insectes suceurs de sève. Alors que les nématodes qui sont des vers microscopiques telluriques, on trouve aussi une multitude d'espèces qui sont souvent accompagnées de nos cultures.

L'objectif visé par cette matière est de faire connaître aux étudiants les grands groupes d'insectes et des nématodes ravageurs des cultures et des arbres forestiers d'intérêt et les dommages qu'ils peuvent occasionner.

Dans ce polycopie, nous avons essayé de rassembler autant d'informations que nous avons jugé utiles pour les étudiants de master 1; spécialité : phytopharmacie et protection des végétaux, et même pour ceux qui s'intéressent à ce domaine, tout en respectant le programme établi par la commission pédagogique nationale.

Les informations que vous allez trouver dans ce guide, si j'ose de dire, vont vous aider à connaître les principaux insectes et nématodes qui s'attaquent à nos plantes et les principales méthodes de lutte pour les combattre efficacement tout en respectant l'environnement et la biodiversité.

Nous avons essayé de détailler ce support de cours afin que nos étudiants puissent acquérir les notions de base de cette matière, sans oublier les illustrations que nous avons enrichies avec ce document. Le programme est axé sur 4 chapitres. Le premier

est sur les insectes et les acridiens qui s'attaquent aux cultures et les méthodes de lutte. Le deuxième traite la partie des nématodes phytoparasites, et le troisième et le quatrième chapitre aborderont le rôle des nématodes dans la transmission des maladies fongiques, bactériennes et virales aux plantes et les méthodes de lutte.

Chapitre 1 : Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

1.1. Les insectes

Ils font partie de l'embranchement des arthropodes qui se caractérisent généralement par un squelette externe chitineux (dur), avec des plaques constitutives (sternites et tergites), séparées par des points souples permettant le mouvement de l'individu (pleurites) (figure 1).

Le corps des insectes est constitué de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. La tête supporte une paire d'antennes et les pièces buccales, le thorax trois paires de pattes et souvent une ou deux paires d'ailes, l'abdomen est segmenté et sans pattes (figure 1). Un élément important permettant de connaître les insectes, outre les trois paires de pattes, est la présence des ailes. En effet, tous les invertébrés ailés sont des insectes. À l'inverse, tous les insectes ne portent pas forcément des ailes, par exemple une phase du cycle de développement des pucerons aboutit à la connaissance d'individus sans ailes (aptère).

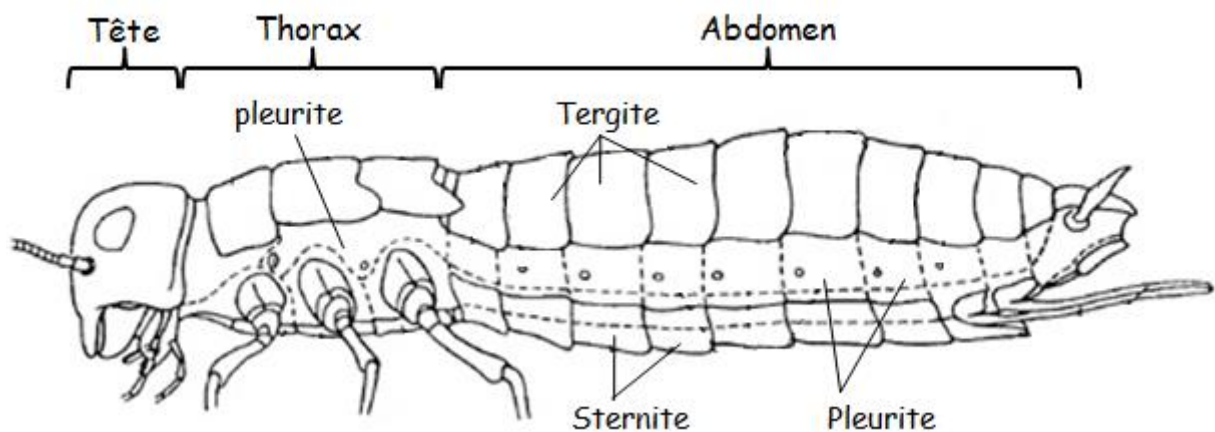


Figure 1: Les différentes parties du corps d'un insecte

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

La plupart des formes juvéniles des insectes se distinguent des adultes par l'absence d'ailes (**hétérométabole**¹) (figure 2) et parfois par un aspect extérieur ne permettant pas d'imaginer sa morphologie adulte (**holométabole**²) (figure 3).

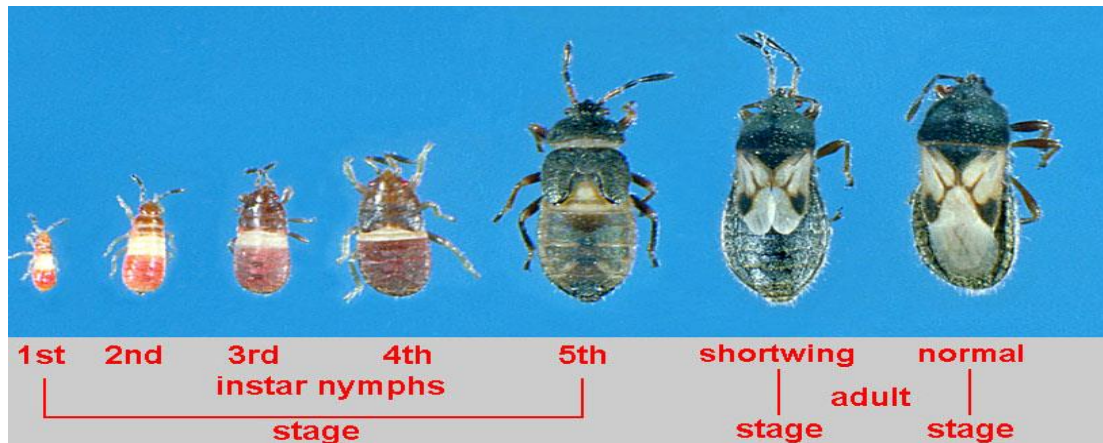


Figure 2: Insecte à métamorphose incomplète (hétérométabole : ressemblance entre l'adulte et la larve)



Figure 3: Insecte à métamorphose complète (holométabole : aucune ressemblance entre l'adulte et la larve)

¹ **Hétérométabole** : se dit des insectes chez qui le passage de l'état larvaire à l'état adultes se fait directement sans stade nymphal (la larve ressemble à un imago sans ailes).

² **Holométabole** : se dit des insectes chez qui le passage de l'état larvaire à l'état adulte se fait par l'intermédiaire d'un état nymphal au cours duquel l'insecte va subir une métamorphose complète. Les larves et les adultes de ces insectes ont, généralement une morphologie et mode de vie très différents (chenille/papillon, asticot/mouche...)

Certaines espèces de cette classe peuvent causer des dommages et dégâts parfois irréversibles aux productions végétales. On peut citer le doryphore de la pomme de terre, le charançon dans les graines stockées ou encore les pucerons sur les arbres fruitiers ou les autres plantes cultivées.

Il n'est pas question ici de présenter l'ensemble des représentants de cette classe, mais de caractériser ceux qui peuvent occasionner des dégâts à nos cultures.

1.1.1. Écologie et biologie des insectes phytophages : base méthodologique de la gestion phytosanitaire des agrosystèmes

L'agrosystème est un écosystème très spécial qui évolue très rapidement sous l'influence de l'homme. Si la forêt est un milieu relativement stable dans le temps et dans l'espace, le champ de blé ou la culture de tomate sous serre ne sont, par contre, établis que pour quelques mois. L'évolution des techniques culturales, du machinisme agricole et des variétés cultivées permet à l'homme de façonner davantage la nature.

Une population, groupe collectif d'individus appartenant à la même espèce, se développe au sein d'une communauté de populations animales et végétales ou biocœnose. Chaque communauté, dont les populations sont non seulement variables dans leurs effectifs mais également dans leurs structures démographique et génétique, forme avec le milieu physique qui l'abrite un écosystème. Depuis plus de 300 millions d'années les écosystèmes naturels subissent la loi des processus sélectifs et ont atteint des équilibres co-évolutifs.

Par contre les agrosystèmes, établis pour à peine quelques unités d'années, sont soumis à de forte mais brèves pressions de sélections créées par l'homme (figure 4).

Chaque agrocoenose possède une organisation propre définie en niveaux et chaînes trophiques, dans laquelle on identifie les ravageurs des cultures parmi les consommateurs de premier ordre, les plantes vertes ou producteur autotrophes et d'autres consommateurs carnivores de second et troisième ordre.

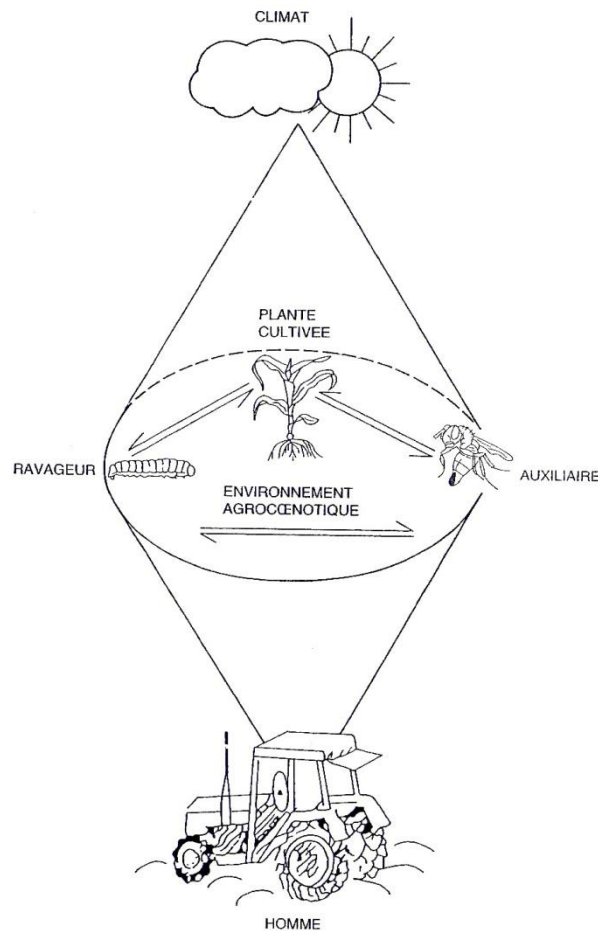


Figure 4: Les composants d'un agrosystème

Les activités de l'agriculteur s'inscrivent obligatoirement donc dans un système agricole, lui-même tributaire de considérations socio-économiques locales, régionales, nationales et même internationales, qui confèrent indéniablement une importance croissante à l'aide de la décision, illustrée dans le domaine phytosanitaire par une prévision objective des risques et un choix raisonné des moyens d'intervention.

Ces différentes considérations, volontairement générales, ont pour objet de souligner l'importance qu'il convient d'accorder à **la connaissance et à la maîtrise de la dynamique des populations**, tout particulièrement des ravageurs et des auxiliaires.

La perception de cette dynamique, ainsi que l'estimation du nombre de ravageurs susceptibles d'être supportés par une culture, font appel à des études biologiques et biométriques donc nous présentons les principes fondamentaux.

1.1.1.1. Étude de la dynamique des populations

Quelques centaines de chenilles dans un champ de maïs n'occasionnent pas de perte de rendement, mais plusieurs de milliers créent un problème économique. En fait, les difficultés apparaissent lorsque la densité de la population d'une espèce subite, sous l'influence de différents facteurs, une brusque augmentation.

Généralement, dans la vie d'une culture, les populations d'une espèce d'insecte phytophage conservent un certain équilibre qui est la résultante des valeurs de son potentiel de reproduction (fécondité, sex-ratio et le voltinisme) et de son potentiel de survivance qui correspond à l'adaptation d'une espèce à son milieu. Il est déterminé d'une part par l'aptitude des individus de l'espèce à réagir aux facteurs du milieu en modifiant leur physiologie ou leur comportement après réception de stimuli intra ou interspécifiques ; d'autre part dépend de l'aptitude du ravageur à résister aux facteurs biotiques et abiotiques du milieu qui lui sont antagonistes tels que :

- ✓ La qualité et la quantité des aliments disponibles,
- ✓ Les facteurs abiotiques comme la température, la pluviométrie, l'humidité ambiante, etc.
- ✓ L'espace disponible,
- ✓ La présence ou l'absence des auxiliaires.

La figure (5) schématise quelques types d'évolution théorique de population au sein d'une agrocoenose. L'équilibre permanent entre populations de ravageurs et populations d'auxiliaires s'effectue autour d'un effectif à peu près constant pour chaque organisme, mais des modifications de l'environnement, le plus souvent dues aux pratiques agricoles, peuvent engendrer des fluctuations importantes des niveaux de ces populations, pouvant être à l'origine des situations d'équilibres instables. Cette figure montre, par exemple, que la disparition hivernale de plusieurs auxiliaires est à l'origine d'une pullulation du ravageur au printemps suivant. Des situations similaires peuvent être provoquées à la suite de traitements phytosanitaires répétés et non sélectifs.

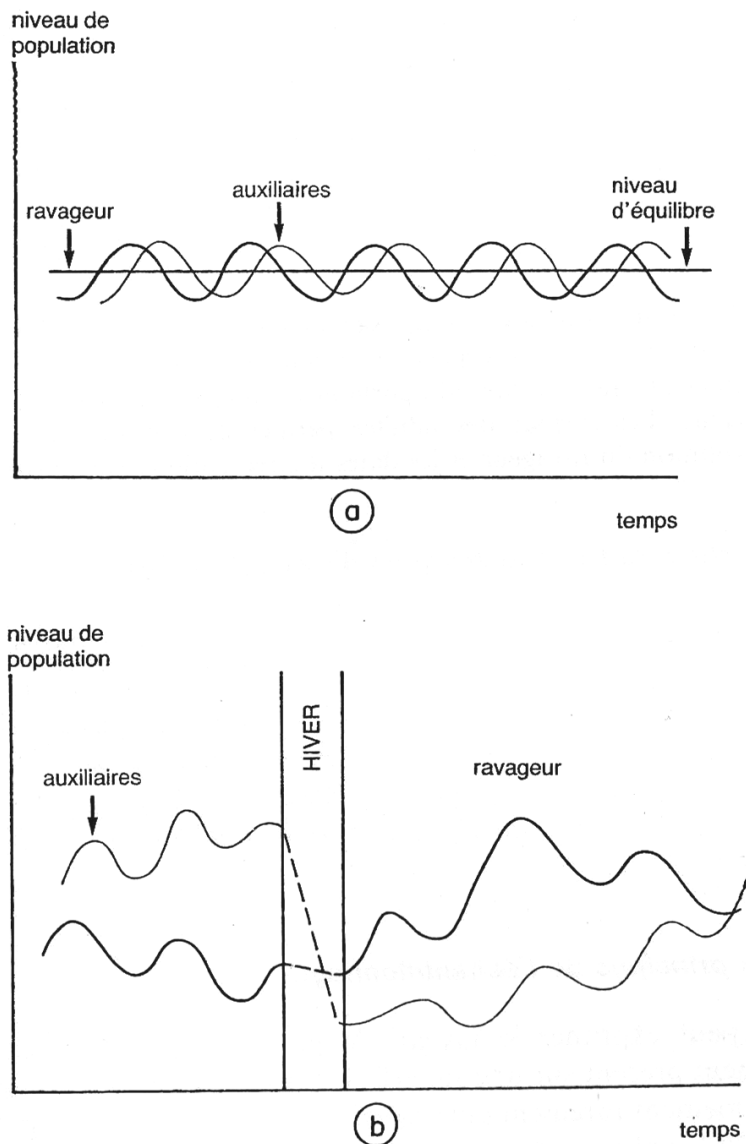


Figure 5: Situations d'équilibre ou de déséquilibre entre la population d'un ravageur et celle d'un auxiliaire. **a** : situation d'équilibre ; **b** : situation de déséquilibre due à la disparition hivernale de nombreux auxiliaires

1.1.1.1. Méthodes et techniques d'évaluation des niveaux de population

La connaissance de la dynamique des populations repose principalement sur une méthodologie d'échantillonnage d'une part, et sur une ou plusieurs techniques d'évaluation du nombre d'individus qui la composent d'autre part. Son intérêt est capital puisque toutes les stratégies de lutte passent par l'amélioration des méthodes d'avertissement.

a. Les principes de l'échantillonnage

On peut exprimer le niveau de population d'un ravageur par son effectif réellement présent sur une superficie déterminée. En fait, cette évaluation absolue, techniquement rarement envisageable, est difficile car elle se modifie sans cesse au cours de l'évolution de l'agrosystème. L'échantillonnage est un procédé qui pallie cet inconvénient en répondant à plusieurs finalités. Il doit tenir compte de : la taille de la population à examiner, de la répartition spatiale des individus et de la rapidité et du coût des analyses à effectuer.

b. Les qualités d'une méthode d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage choisie doit être :

- ✓ Fidèle,
- ✓ Pratique, c'est-à-dire la plus simple possible et la moins onéreuse,
- ✓ Précise, c'est-à-dire que l'échantillon qui est constitué est représentatif de la population considérée.

Une méthode d'échantillonnage exige une ou plusieurs méthodes de collecte des données et l'établissement d'un plan d'échantillonnage en fonction d'une stratégie. La stratégie, aléatoire, systématique, stratifiée...etc, est choisie au préalable grâce aux quelques informations que l'on a de la population. Souvent, d'ailleurs, un pré-échantillonnage est effectué, il permet pour le moins d'avoir une idée de l'effort d'échantillonnage à fournir pour avoir une image de la population avec une précision déterminée. Les plans d'échantillonnage élaborés en sondage, transects ou quadrats... permettent une exploitation optimale des techniques de collecte.

c. Techniques de collecte

L'échantillon est une fraction de la population, il est souvent défini au niveau d'une unité d'habitat telle que feuille, plante entière ou hôte. L'estimation du nombre d'individus nécessite soit des techniques de piégeage, soit des techniques de mesure d'indices d'activité des individus de cette population (exuvies, excréments, dommage sur la plante...).

L'utilisation des pièges visuels est parmi les techniques pratiquées pour attirer certains groupes de ravageurs. Des assiettes d'une couleur précise (souvent jaune) et contenant de l'eau sont disposées dans l'agrosystème ; puis en fonction du temps, on analyse le contenu. En fait, la mise en place d'une telle technique est beaucoup plus complexe car n'est pas spécifique, et donc de nombreux insectes sont attirés par des plateaux jaunes ; il faut donc une bonne connaissance entomologique pour analyser puis exploiter les observations faites. De plus, selon l'espèce étudiée, le stade de développement, les conditions climatiques, le stade phénologique de la plante, la forme de piège ou de nombreux facteurs, l'efficacité de cette technique est considérablement modifiée. Ainsi, il a été montré que les pucerons de dicotylédones herbacées sont capturés de préférence au ras du sol, alors que les pucerons des monocotylédones sont plutôt attrapés par des pièges situés à 70 cm du sol.

On trouve aussi le piégeage sexuel par l'utilisation des phéromones synthétisées qui se caractérise par sa spécificité, sa précocité et par sa simplicité d'emploi. Elles sont particulièrement intéressantes pour la mise en place d'une campagne de lutte contre un ravageur. En fait, ces phéromones sont des substances émises à l'extérieur par des glandes spécifiques qui se trouvent dans le corps des femelles et des mâles durant la période d'accouplement pour attirer le congénère. Ces substances aujourd'hui sont purifiées et synthétisées puis incluses dans des capsulées afin d'être utilisé ultérieurement pour lutter contre un ravageur donné.

1.1.1.1.2. Notion de Seuils

La notion de seuils est importante dans l'étude de la bioécologie d'un ravageur des plantes.

Le seuil de nuisibilité détermine le moment à partir duquel une population d'indésirables n'est plus tolérée (Figure 6).

En zones agricoles, le seuil de nuisibilité est calculé en fonction de la perte économique engendrée par la présence d'indésirables. Si la perte économique des dégâts réalisés par les indésirables est supérieure au coût du traitement, le seuil de nuisibilité est atteint ; l'intervention est alors recommandée.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Un seuil de nuisibilité est déterminé en fonction :

- de la culture
- de l'organisme indésirable et son stade de développement
- de la région et du climat

Il existe donc des seuils de nuisibilité pour chaque culture en fonction de l'organisme indésirable.

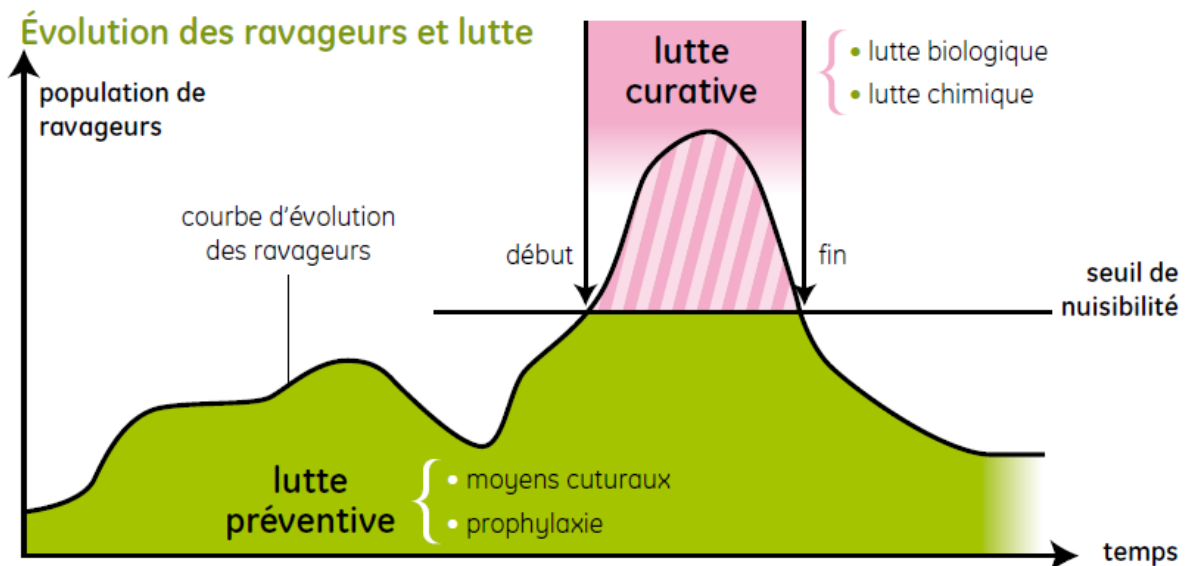


Figure 6: Model expliquant la signification du seuil de nuisibilité d'un ravageur

Il est important de distinguer entre lutte préventive et lutte curative :

- Tant que le seuil de nuisibilité n'est pas atteint, la lutte reste **préventive**, que la population d'indésirables soit présente ou non. L'objectif d'une lutte préventive est d'éviter d'atteindre le seuil de nuisibilité.
- Au-delà du seuil de nuisibilité, l'intervention devient **curative**, car elle a pour but de réduire et de réguler la population d'indésirables pour redescendre en-dessous du seuil de nuisibilité.

1.1.2. Les Grands groupes d'insectes ravageurs des cultures

On peut, de manière simplifiée, classer les insectes nuisibles dans 3 groupes :

- **Les ravageurs primaires avérés, permanents ou constants** : Ces déprédateurs³ de première importance sont continuellement, présents et en l'absence de lutte ils commettent des dégâts chaque année ; ces derniers peuvent cependant, être d'intensité variable, consécutivement à l'action d'un grand nombre de facteurs abiotiques et biotiques ;
- **Les ravageurs secondaires** : ce sont les plus nombreux (environ 87% des insectes nuisibles) et le niveau de leurs populations et de leurs dégâts se situe généralement en dessous du seuil de nuisibilité, excepté parfois dans des situations particulières ou locales ;
- **Les ravageurs occasionnels ou fortuits** : peu nombreux (environ 8% des insectes nuisibles), ils sont en général polyphages voire omnivores mais, sous certaines conditions climatiques (sécheresse,...) ou environnementales (nouvelles plantations après des défriches,...), ils sont amenés à envahir les cultures et à occasionner quelques dégâts. On peut inclure dans ce groupe les ravageurs dont les préjudices ne sont pas liés à leur action trophique : citons par exemple, les dommages consécutifs aux pontes de cigales ou de libellules (en général sur de jeunes rameaux ligneux), ou encore les décapages d'écorces faits par certains hyménoptères (frelons,...), lors de la construction de leur nids.

Bien qu'il concerne plusieurs centaines de milliers d'espèces, le régime phytophage n'est pas le plus répandu chez les insectes. Sur les 29 ordres actuels, seulement 14 d'entre eux ont véritablement évolué vers la phytophagie partielle ou complète.

Environ 35% des insectes sont réellement phytophages, on estime que près de 50% sont saprophages et détritiphages (au sens large) et 15% seraient prédateurs, parasites, commensaux. Les limites entre ces divers régimes alimentaires, ne sont pas absolument strictes. De plus les larves et les adultes d'une même espèce peuvent avoir une alimentation totalement différente. Se nourrir des plantes nécessite des adaptations

³ Terme en général servant à désigner l'animal qui commet des dégâts sur une plante ou sur des denrées, le plus souvent dans le but de se nourrir, même signification que ravageur (ne pas confondre avec prédateur) (E. Boudon-Padieu et al., 2000)

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

à divers niveaux, notamment, la possibilité de digérer la cellulose (termites, certains Curculionidés,...), de surmonter les défenses chimiques (les alcaloïdes,...), et physiques (les poils, la dureté,...) des plantes. L'évolution parallèle des plantes et des insectes a sélectionné certaines espèces d'insectes à s'alimenter d'une seule espèce végétale, tandis que d'autres vivent aux dépens d'une grande diversité de plantes. Les insectes phytophages n'ont donc pas tous le même type de relation avec leurs plantes hôtes. Certains sont polyphages, d'autres oligophages et d'autres monophages. Par ailleurs, certains sont exophages, d'autres endophytes.

Le régime alimentaire donc est un paramètre important qui peut expliquer la nuisibilité de ces insectes à nos cultures. Il est généralement conditionné par le type de pièces buccales. On trouve généralement les types suivants :

- ✓ **Type broyeur** : lorsque la nourriture est solide, d'origine végétale (racines, feuilles, fruits, graines, bois), l'ingestion des aliments par l'insecte nécessite au préalable un découpage et une trituration grâce à l'armature buccale et plus spécialement assurée par les **deux mandibules** et les deux maxilles (mâchoires) résistantes et actionnées par des muscles robustes (exemple : chenilles des papillons, criquet) (figure 7).
- ✓ **Type suceur** ; en présence de nourriture liquide : deux cas peuvent se présenter
 - Le premier cas ; si le liquide nourricier est externe, (par exemple le nectar des fleurs), on trouve le type lécheur-suceur maxillaire (comme chez les papillons adultes) et type lécheur-suceur labial (comme chez les mouches).
 - Le deuxième cas ; si le liquide nourricier est interne (la sève) : les insectes qui s'en nourrissent (pucerons, aleurodes punaises, cicadelles, etc.) doivent perforer les tissus. Une piqûre, souvent accompagnée d'injection de salive, précède obligatoirement la succion. Ce type d'appareil buccal est donc appelé piqueur-suceur (figure 8).



Figure 7: Dégât d'une chenille de noctuelle sur feuille de pommier

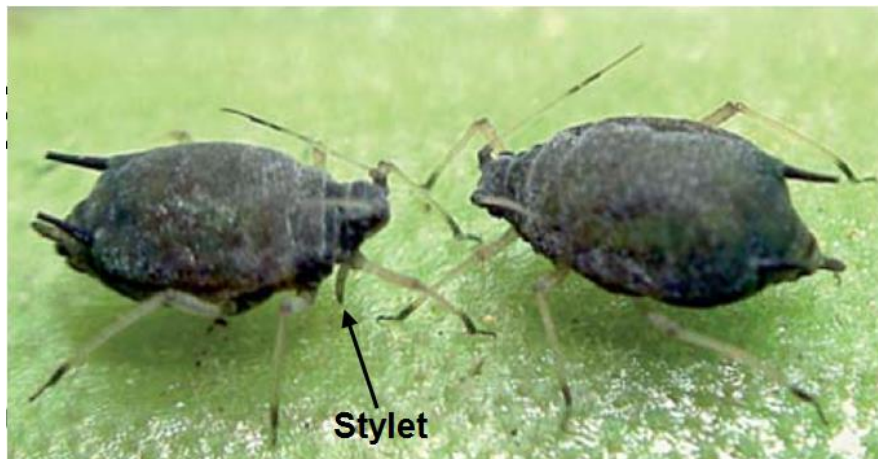


Figure 8: Des pucerons sur feuille d'agrume

1.1.2.1. Principaux insectes ravageurs des grandes cultures (étude d'exemples)

Les principales grandes cultures sont les céréales, les oléagineux, les protéagineux

Les céréales (blé, orge, maïs...), les oléagineux (tournesol, colza, soja...) et les protéagineux (pois, féveroles...) composent le secteur des grandes cultures.

Ces cultures attirent de nombreux ravageurs qui peuvent endommager et réduire leur rendement. Les dégâts les plus importants sont dus aux insectes, mais d'autres ravageurs peuvent nuire aussi à la bonne santé des plantes (nématodes, limaces, ...).

Dans cette partie, et sans être exhaustif, nous allons détailler quelques-uns des principaux ravageurs de ces cultures.

1.1.2.1.1. Insectes ravageurs des céréales

Pour les ravageurs de ce type de culture, nous avons plusieurs qui peuvent engendrer des dégâts importants. On peut citer :

- Les vers blancs et gris ;
- Des punaises ;
- Des cicadelles ;
- Des pucerons ;
- Les taupins
- La Cécidomyie orangée du blé ;
- les criocères ;
- en stocke, nous avons des charançons, la teigne de la farine, ...etc. et la liste n'est pas exhaustive.

A/ Les taupins (vers fil-de-fer)

➤ **Systématique :**

Embranchement	Arthropodes	
Classe	Insecte	
Ordre	Coléoptère	
Famille	Elateridae Leach, 1815	
Sous Famille	Elaterinae Leach, 1815	Hypnoidinae (Schwarz, 1906)
Genre	<i>Agriotes</i> (Eschschltz, 1829)	<i>Athous</i> (Eschschltz, 1829)

➤ **Description et biologie**

• **Genre *Agriotes***

Le corps de l'adulte est allongé de 6 à 12 mm, entièrement recouvert sur les faces dorsale et ventrale d'une fine pubescence gris blanchâtre. Il est composé d'un pronotum brun noirâtre, bombé sur la face dorsale et d'élytres étroits, allongés à l'extrémité, rougeâtres. Sa tête est large et presque complètement dissimulée par le thorax. (figure 9). La larve mesure de 17 à 20 mm de long pour une largeur inférieure à 2 mm. Sa tête est aplatie avec des mandibules courtes. Son corps est cylindrique, jaune pâle brillant, est extrêmement dur et résistant d'où son nom de larve « fil de fer » (figure 10). Les œufs de ce ravageur sont légèrement ovales de 0,5 mm, pondus en groupe.



Figure 9: Adultes de taupin (*Agriotes*)



Figure 10: Larves de taupin (*Agriotes*)

- **Genre *Athous***

Le genre *Athous* s'apparente à *Agriotes*. Il est presque identique mais on le différencie par quelques particularités morphologiques. *Athous* est plus gros et moins mobile qu'*Agriotes* avec deux appendices caudaux (figure 11).

Athous (dernier segment abdominal en forme de pince)



Agriotes (dernier segment abdominal en forme d'obus)



Figure 11: Comparaison entre larve d'*Agriotes* et larve d'*Athous*

Pour le cycle de développement ; la larve de taupin est très polyphage et se développe aux dépens des racines de cultures très variées (toutes cultures pour le genre *Agriotes*, céréales d'hiver pour le genre *Athous*).

Dans les régions plus sèches, les prairies naturelles constituent un milieu idéal pour la ponte.

Dans les régions de culture intensive, les légumineuses fourragères sont pratiquement les seules cultures dans lesquelles les larves peuvent commencer leur développement.

À l'issue de la nymphose, l'adulte hiverne dans le sol ; il apparaît au printemps, vole seulement la nuit et marche activement. Il mange les feuilles des plantes sauvages ou cultivées les plus variées.

Le mâle meurt peu après l'accouplement ; la femelle meurt à la fin de l'été.

Les œufs sont déposés à une profondeur de 20 à 60 mm, isolément ou par groupes de 3 à 12, de préférence dans des terrains humides ou frais ; ils se développent en 25 à 60 jours selon le lieu de ponte (fécondité de la femelle de 150 à 200 œufs).

La larve très sensible à la sécheresse se déplace verticalement dans le sol selon l'humidité, la température du sol et la saison.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Elle creuse des galeries et attaque les parties enterrées des plantes, avec des arrêts d'activité en été et en hiver.

L'évolution larvaire demande 4 années et la larve mue 8 fois. Au mois de mai de la 5ème année de développement, la larve se nymphose.

Les adultes sont formés en été et restent en diapause jusqu'au mois de mars de l'année suivante. Ils pondent fin mai-début juin.

➤ **Plante hôtes**

Ces vers s'attaquent à de nombreuses plantes. En cultures maraîchères, les espèces les plus menacées sont les carottes, fenouils, oignons, poireaux, courges, concombres et cornichons, choux-raves, colraves, brocolis, radis longs, petits radis, choux de Bruxelles, salades, tomates, asperges, la ciboulette et maïs sucré, les pommes de terre, betteraves sucrières, céréales, le maïs et le tabac. Les graminées, les mélanges fourragers et diverses adventices comme les chardons, l'oseille et le chiendent font aussi partie des plantes hôtes.

➤ **Dégâts**

Les taupins s'attaquent à de nombreuses cultures et céréales. Le risque est pluriannuel et il n'existe aucune solution curative.

Sur blé tendre d'hiver : la larve pénètre à la base de la plantule, détruit le bourgeon, ce qui entraîne le jaunissement de la feuille centrale et la mort de la plante.

Les attaques de taupins sur céréales peuvent provoquer des dommages allant de la disparition de quelques pieds jusqu'au retournement de la parcelle. Elles peuvent aussi diminuer la vigueur de la culture par un affaiblissement de son système racinaire et provoquer des pertes de rendement importantes allant jusqu'à 40q/ha.

Ils passent 80 % de leur cycle à l'état larvaire enfouis dans le sol : on peut trouver dans le même terrain des larves de tous âges mesurant de 2 à 25 mm.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Attirées par les plantes, les larves se déplacent dans le sol, perforent ou rongent la partie enterrée des plantules. Elles creusent parfois des galeries provoquant des dégâts d'intensité variable.

➤ Moyens de lutte

Comme moyen de lutte contre ce ravageur, on trouve uniquement la lutte préventive :

- Préviation des taupins par piégeage et par sondage (prélèvement de terre).
- Protection des semences : les traitements de semences des céréales permettent, comme le traitement dans le rang, de protéger la culture en cours.
- Traitement du sol : seuls les traitements de sol en plein avec une incorporation homogène permettent de gérer les grosses infestations
- Précédents : éviter les cultures sur les parcelles à risque très élevé (ancienne prairie, jachère, luzerne).

B/. Le vers blanc *Geotrogus inflatus deserticola* Blanchard

➤ Systématique

La position systématique est comme suit :

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coleoptère
Famille	Melolonthidae
Genre	<i>Geotrogus</i> (Guerin)
Espèce	<i>Geotrogus inflatus</i> (Buquet)
Sous espèce	<i>Geotrogus inflatus deserticola</i> (Blanchard)

➤ Description et biologie

En Algérie, les Melolonthini sont considérés depuis longtemps comme des ennemis redoutables des cultures, mais l'espèce la plus couramment observée sur les céréales est *Geotrogus deserticola*.

C'est un coléoptère redoutable et dévastateur de ce type de culture. Il mesure 1.7 cm de longueur avec un cycle de vie qui dure entre deux et trois ans selon les conditions climatiques, avec émergence des adultes au printemps (figure 12). La ponte commence

deux à trois semaines après l'accouplement. Elle se déroule sur trois à quatre jours. L'éclosion des œufs a lieu après trois semaines. La larve L1 s'alimente des racines de blé. La première mue est observée au mois de septembre de la première année, soit une durée du stade L1 de 3 mois. La larve L2 a des fortes exigences alimentaires, ce qui explique l'aggravation des dégâts observés au printemps qui suit l'émergence des adultes. La longévité de L2 peut dépasser 1 année. La deuxième mue intervient au mois de septembre de la deuxième année. La durée de vie de L3 est de 6 mois. La larve L3 cesse alors de s'alimenter et accomplit sa nymphose qui dure 1 mois. L'émergence des nouveaux imagos se fait au printemps (avril-mai).



Figure 12: Adulte femelle et larves de *Geotrogus deserticola*

➤ Plantes hôtes

Les vers blancs sont extrêmement polyphages et ils peuvent s'attaquer à un large éventail de cultures, dont le maïs, le soya, les céréales, les cultures fourragères, la pomme de terre, la betterave, le haricot, la tomate, les vignobles, plusieurs cultures ornementales ainsi qu'à de nombreuses mauvaises herbes.

➤ Dégâts

La larve s'attaque aux racines engendrant le flétrissement des plants puis la mort. Les symptômes s'observent au début d'automne après la levée de la culture et s'expriment par des plages de sol nu sans végétation, et ils se poursuivent et s'intensifient durant l'hiver et le printemps (Figure 13).



Figure 13: Dégâts du ver blanc sur champs de céréales

➤ Moyens de lutte

En ce qui concerne la lutte, il ne faut pas traiter avant que le nombre de larves ne soit supérieur au seuil de tolérance de la culture ; il est de 15 à 20 larves/ m² sur céréales. Les traitements se font en automne. Parmi les moyens culturels, le déchaumage et les oiseaux comme le corbeau, le héron garde-bœufs peuvent rendre d'appréciables services.

Cl. Criocères (Léma) *Oulema melanopa*, *Oulema lichenis*

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coléoptère
Famille	Chrysomelidae
Sous Famille	Criocerinae
Genre	<i>Oulema</i> Des Gozis, 1886

➤ Description et biologie

L'adulte est un petit coléoptère de 3,5 à 5 mm de couleur bleu-noir à reflet métallique. La larve ressemble à une petite limace noire (5 mm) car elle se recouvre de ses excréments (Figure 14).



Figure 14: Adulte d'un criocère

Les adultes de l'année précédente, après avoir hiverné sous divers abris, sortent en masse vers la mi-avril. Après accouplement, la femelle pond sur les feuilles des céréales, aux dépens desquelles les larves se nourriront (mai). Fin juin, elles se nymphosent dans un cocon sur épi ou sur feuille. Les adultes s'alimentent sur diverses graminées et sur maïs. À l'automne, ils s'installent dans leur site d'hivernation : touffes de graminées.

➤ **Plantes hôtes**

Il se nourrit uniquement sur des graminées. Il préfère les céréales de printemps : le blé, l'orge et l'avoine, mais aussi on le retrouve dans les céréales d'automne, comme le blé et le seigle. Dans une moindre mesure, le criocère des céréales s'alimente de millet fourrager, de sorgho, de triticales, de maïs grain, de fourrager, ainsi que de plusieurs graminées adventices.

➤ **Dégâts**

Les dégâts sont dus essentiellement aux larves qui rongent le parenchyme du limbe mais respectent la face inférieure de la feuille. La nuisibilité est fonction de la précocité de l'installation des larves et de l'importance des populations (les céréales de printemps sont les plus sensibles). Les adultes perforent le limbe et entraînent de petites striations aux nervures (figure 15).



Figure 15: Larve de criocère et dégâts sur feuille

➤ **Moyens de lutte**

Un traitement chimique est à envisager à partir d'une larve par talle et lorsque 10 à 20 % des dernières feuilles sont détruites (le seuil d'intervention).

D/. Cicadelle vectrice de la maladie des pieds chétifs *Psammotettix alienus* (Dahlbom, 1850)

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hemiptere
Sous ordre	Cicadomorpha
Famille	Cicadellidae
Genre	<i>Psammotettix</i> Haupt, 1929
Espèce	<i>Psammotettix alienus</i> (Dahlbom, 1850)

➤ **Description et biologie**

C'est un insecte sauteur de 3,6 à 4,4 mm de couleur brun clair, avec des taches foncées réparties sur le corps. La larve ressemble à l'adulte (figure 16).

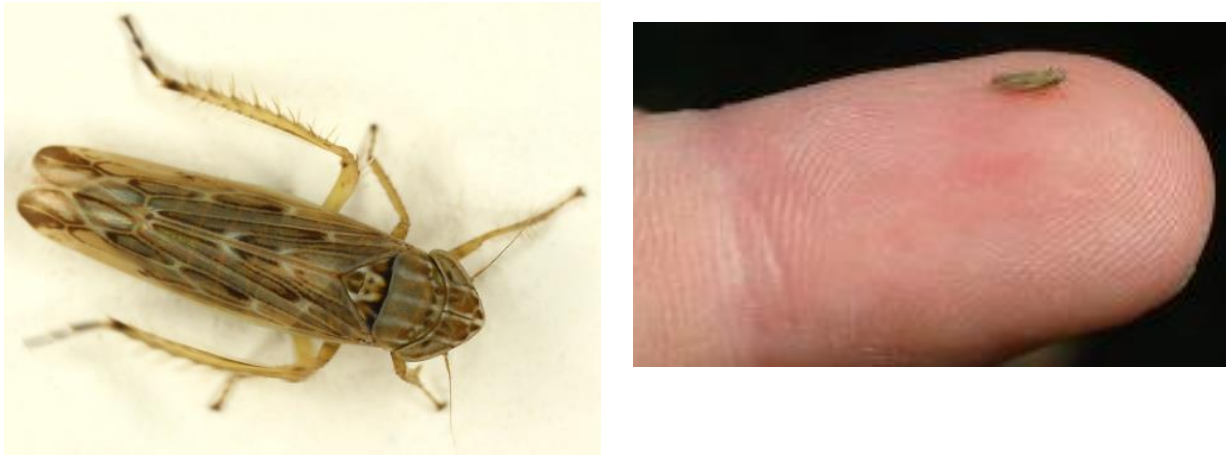


Figure 16: Adulte de la cicadelle *Psammotettix alienus*

Pour le cycle de développement de cet insecte ; le nombre de générations est de deux à trois par an. Une génération peut vivre jusqu'à cinquante jours. Il peut s'attaquer aux plusieurs espèces de graminées, il hiverne au stade d'œuf inséré dans les tissus du végétal hôte. Les jeunes larves émergent et passent par cinq stades avant de devenir adulte. Elle est présente dans toutes les cultures de fin avril à début novembre.

➤ **Plantes hôtes**

Cet insecte touche exclusivement les graminées, en particulier le blé, l'orge, l'avoine, et certaines graminées adventices.

➤ **Dégâts**

Les dégâts de ce ravageur sont directs par prélèvement de sève. Elle transmet le virus de la maladie des pieds chétifs au blé et en moindre mesure à l'orge.

La transmission du virus se fait à l'automne sur les jeunes semis mais les symptômes s'extériorisent à la reprise de végétation. Les plantes atteintes restent naines avec parfois un fort tallage et des feuilles décolorées (figure 17).



Figure 17: Symptômes des pieds chétifs sur céréales

➤ **Moyens de lutte**

Intervenir dès l'apparition des insectes, par un traitement chimique convenable afin de minimiser le risque de transmission du virus.

E/. Puceron des épis sur blé et orge *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775)

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Sternorrhyncha
Famille	Aphididae
Genre	<i>Sitobion</i> (Mordvilko, 1914)
Espèce	<i>Sitobion avenae</i> (Fabricius, 1775)

➤ **Description et biologie**

La taille des individus est comprise entre 1,3 à 3,3 mm.

La couleur des individus aptères varie entre jaune, verte ou rouge, leurs cornicules sont droites, noires et réticulées. Concernant les ailés, leur couleur est verte ou rouge avec des tâches latérales sombres, avec des antennes noires et longues. Leurs cornicules sont de couleur noire, de tailles moyennes, droites et réticulées. La cauda est longue et claire (figure 18).



Figure 18: Individus de *Sitobion avenae*

Concernant le cycle de développement, les pucerons, en général, ont deux modes de reproduction : la reproduction sexuée et la reproduction asexuée ou parthénogénétique. Les femelles sexuées sont ovipares⁴ alors que les femelles parthénogénétiques sont vivipares. Ces dernières donnent naissance directement à de jeunes larves, qui leur sont génétiquement identiques, et capables de s'alimenter et de se déplacer aussitôt produites. La descendance d'une femelle parthénogénétique constitue donc un clone. Les pucerons sont plurivoltins et peuvent avoir, selon les conditions climatiques, jusqu'à 20 générations par an. Ils présentent une grande variabilité de cycles biologiques.

Concernant cette espèce *Sitobion avenae*, l'hivernation se fait sous la forme d'œufs d'hiver, pondus à l'automne sur les églantiers, les ronces et les chaumes. Ils donnent naissance à des générations de fondatrices virginipares aptères.

Les individus ailés apparaissent ensuite et colonisent les graminées, s'installant d'abord sur le limbe des feuilles supérieures puis se développant sur les épis dès leur sortie. Durant l'été, les colonies se tiennent sur les céréales. Elle s'installe sur le maïs dès qu'il quitte les céréales à paille. À l'automne, une partie de la population évolue en sexupares⁵ qui engendrent des sexués dont les femelles pondent les œufs d'hiver (figure 19).

⁴ Qui donneront naissance à des œufs ;

⁵ Qui donneront naissance à des mâles et des femelles ovipares (capables de s'accoupler)

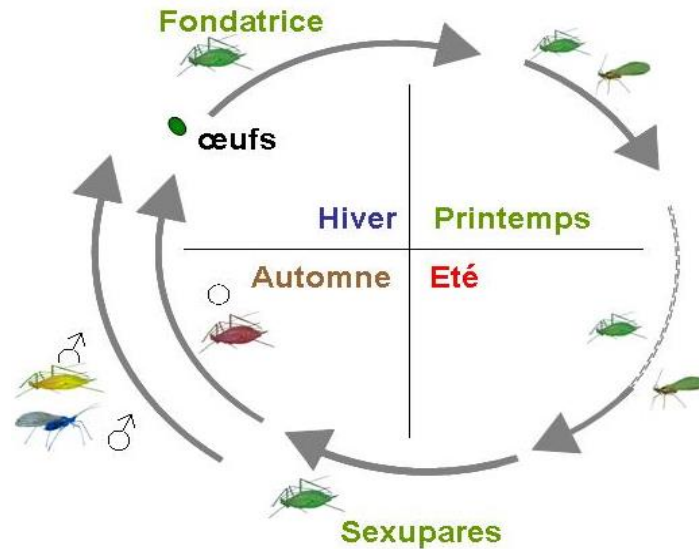


Figure 19: Cycle de développement de *Sitobion avenae*

➤ Plantes hôtes

L'hôte primaire de cette espèce de puceron appartient au genre *Rubus*. Les hôtes secondaires sont principalement des graminées telles le *Dactylis glomerata* et surtout les céréales : avoine, blé, seigle, orge.

Néanmoins, la phase de développement sur l'hôte primaire a été le plus souvent abandonnée et l'espèce peut être considérée comme monoécique, inféodée aux graminées (*Poaceae*).

➤ Dégâts

Les pucerons des épis sont les principaux ravageurs des céréales au printemps. Les attaques se font par foyers. Les pertes peuvent atteindre 30 q/ha dans les cas les plus graves d'infestation. Il est aussi vecteur de la jaunisse nanisante des céréales, s'il est présent à l'automne.

➤ Moyens de lutte

L'intervention est suivant les avertissements. Le seuil d'alerte sur céréales est atteint lorsque la présence d'au moins un puceron sur un épi sur deux est détecté. Une protection phytosanitaire offre une bonne garantie d'efficacité.

On peut utiliser aussi des parasitoïdes et des prédateurs comme moyen de lutte.

F/. Punaises des céréales (exemple : *Aelia germari* Kûster, 1852)

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Hétéroptère
Famille	Pentatomidae
Genre	<i>Aelia</i> (Fabricius, 1803)
Espèce	<i>Aelia germari</i> (Kûster, 1852)

➤ **Description et biologie**

Les punaises des céréales (*Aelia* et *Eurygaster*) sont des insectes ravageurs qui causent d'importants dégâts sur les blés en Algérie. *Aelia germari*, en particulier, constitue un danger permanent dans les régions céréalières (Hauts-Plateaux de l'Ouest et du Centre, Hautes-Plaines de l'Est) qui sont caractérisées par un bioclimat subhumide ou semi-aride, à hiver frais ou froid.

En Algérie 05 espèces sont réglementées : *Aelia germari* Kûster, *Eurygaster maurus*, *Eurygaster hottentota*, *Dolycoris numidicus* et *Carpocoris pudicus*, mais la plus redoutable d'entre elles est *Aelia germari* (figure 20).



Figure 20: *Aelia germari* sur céréale

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Les punaises hivernent dans les zones d'altitude entre 500 m et 600 m, c'est vers la mi-mars jusqu'au début d'avril que les vols sont nombreux et les punaises commencent à infester les mauvaises herbes et les champs des céréales. Les dégâts sont souvent constatés au tallage, à l'épiaison et sur les grains. Le détail de ce cycle de développement est mentionné dans le tableau 1.

Tableau 1: Cycle de vie de la punaise des céréales *Aelia germari*

Hiver		1ère génération	
Imagos (mâles et femelles)	Début de printemps (Mars) migration vers les zones de cultures céréalières	Avril-Mai	Avril-Mai-Juin Individus de la 1^{ère} génération Dégâts par prélèvement de sève sur tallage, tige, fleur et grain du stade laiteux
Imagos hivernants Sur des plantes pérennes (alfa) ou sur les restes de cultures	Accouplement	Ponte des œufs sur les plants en phase de tallage	Avril ---- 52 jrs--- juin Œufs –L1-L2-L3-L4-L5-Adulte
2 ^{ème} génération			
Fin Mai-Juin	Dégâts par prélèvement de sève sur grain du stade laiteux et pâteux	Imagos de la 2 ^{ème} génération entrent en diapause automno-hivernale jusqu'au printemps suivant.	
Ponte des œufs de la 2 ^{ème} génération	Fin Mai---52 jrs---Juillet-Août Œufs –L1-L2-L3-L4-L5-Adulte	<ul style="list-style-type: none"> • Sur les restes des cultures • Sur des plantes pérennes (alfa) après migration 	

➤ Plantes hôtes

Les graminées cultivées et sauvages (alfa) sont les plantes préférées des punaises de céréales.

➤ Dégâts

La punaise des céréales est un insecte piqueur-suceur, migrateur qui touche le stade sensible laiteux-pâteux du blé. Elle est classée comme un fléau agricole, donc la lutte est obligatoire.

Les pertes occasionnées peuvent atteindre les 100% dans le cas d'absence de lutte. En plus des pertes de rendement, des pertes dans la qualité boulangère des céréales sont également enregistrées.

Avant l'épiaison, les feuilles piquées prennent une couleur chlorotique et se flétrissent. Le grain piqué à peine formé, est desséché complètement. Le grain piqué à l'état laiteux pâteux, est vidé de son contenu ; et peu avant la maturité ne change pas d'aspect externe mais son gluten est fortement affecté et la qualité du grain est dépréciée.

➤ Moyens de lutte

Les interventions chimiques sont réalisées durant la phase printanière sur les graminées sauvages et aux abords des parcelles de céréales dès que le seuil de nuisibilité est atteint (+ 3 individus/m²), afin d'empêcher la reproduction de la punaise et son déplacement vers les champs de céréales.

1.1.2.1.2. Quelque ravageur des protéagineux et oléagineux A/. La sitone, ravageur du pois *Sitona lineatus* (Linnaeus, 1758)

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coléoptère
Famille	Curculionidae
Genre	<i>Sitona</i> Germar, 1817
Espèce	<i>Sitona lineatus</i> (Linnaeus, 1758)

➤ Description et biologie

Ce coléoptère au corps allongé de 4-5 mm de long et de couleur gris brun se reconnaît à ses élytres (ailes rigides) rayées et à son rostre (prolongement rigide de la tête) court (figure 21).

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Sa larve est apode (sans pattes), de forme arquée, de couleur blanche avec une tête jaunâtre à brun. Sa taille varie de 0,5 à 6 mm suivant les stades.

L'activité de la sitone adulte reprend en avril. Elle s'attaque aux jeunes cultures en consommant le bord des feuilles. Elle pond ses œufs sur les feuilles ou les tiges entre mai et juillet.

Les jeunes larves s'enfoncent dans le sol et se développent pendant 30 ou 40 jours, d'abord aux dépens des nodosités bactériennes puis des radicules et des racines.

➤ Plantes hôtes

Les légumineuses sauvages ou cultivées (Fabaceae) comme la luzerne (*Medicago sativa*), les pois (*Pisum sativum*), la fève, le trèfle, la vesce, le haricot et le lotier.

➤ Dégâts

La sitone provoque des dégâts de deux natures :

- Les adultes attaquent les jeunes feuilles de pois, provoquant sur les feuilles des encoches circulaires caractéristiques qui peuvent limiter la densité des jeunes semis.
- Les larves s'attaquent ensuite aux nodosités et aux jeunes racines. Elles entraînent ainsi une mauvaise alimentation de la culture et des chutes de rendement et de qualité.



Figure 21: Adulte de la sitone et dégât sur feuille

➤ Moyens de lutte

La plante est sensible aux attaques de sitone jusqu'au stade 6 feuilles ;

- Une intervention insecticide est préconisée avant ce stade lorsque 5 à 10 morsures sont repérées sur les premières feuilles.
- L'intervention vise les adultes avant les pontes. Il n'y a aucun moyen de lutte curatif contre les larves.

B/. La bruche de la fève et de la féverole *Bruchus rufimanus* Boheman (1833)

➤ Systématique :

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coléoptère
Famille	Bruchidae
Genre	<i>Bruchus</i>
Espèce	<i>Bruchus rufimanus</i> BOHEMAN (1833).

➤ Description et biologie

Les œufs de cet insecte se caractérisent par un aspect lisse et ne présentent pas d'ornementations visibles du chorion. La femelle les dépose isolement et en nombre très variable, sur les gousses vertes en formation.

Les larves de la bruche de la fève mesurent 5 à 6 mm de long, caractérisées par une tête brune, corps blanc légèrement jaunâtre et incurvé. Leur plaque pro-thoracique présente une série de dix dents. Chez les larves du premier stade, cette plaque est sous forme de H et bien visible, ce qui facilite sa reconnaissance.

La nymphe est de couleur blanche crème, ressemble à l'adulte, mais n'a pas encore acquis sa couleur brune.

Les adultes mesurent 3 à 5 mm de long, avec une échancrure à la face ventrale du dernier segment abdominal chez les mâles.

Le cycle de développement de cette espèce de bruche est étroitement lié à la période de végétation et fructification de sa plante hôte *Vicia faba*, donc un seul cycle durant la saison, contrairement à la bruche des denrées stockées qui est une espèce polyvoltine. Quand la plante est absente, ce ravageur rentre en diapause imaginale, dans les bois

ou les écorces d'arbre, dans le sol ainsi que dans les entrepôts de stockages. Cette diapause est marquée par un arrêt du développement des organes reproducteurs (imago).

L'appareil reproducteur mâle est fonctionnel au moment de la colonisation (dû à une photopériode suffisamment longue). Par contre, les femelles sont encore en diapause reproductrice lors de leur arrivée dans les parcelles. Seule la consommation de pollen de fève ou de féverole permet la maturation sexuelle et stimule le comportement reproductif des femelles de ce bruchidé.

➤ Plantes hôtes

Cette bruche, assez polyphage, s'attaque à la fève (*Vicia faba*) mais aussi au pois (*Pisum sativum*) et au haricot (*Phaseolus vulgaris*).

➤ Dégâts

La présence des bruches dans les grains de fève, pois ou haricot rend ceux-ci impropres à la consommation, diminue le taux de germination des semences et présente des risques de ré-infestation des cultures. Une fève peut héberger 5 à 6 individus (figure 22).

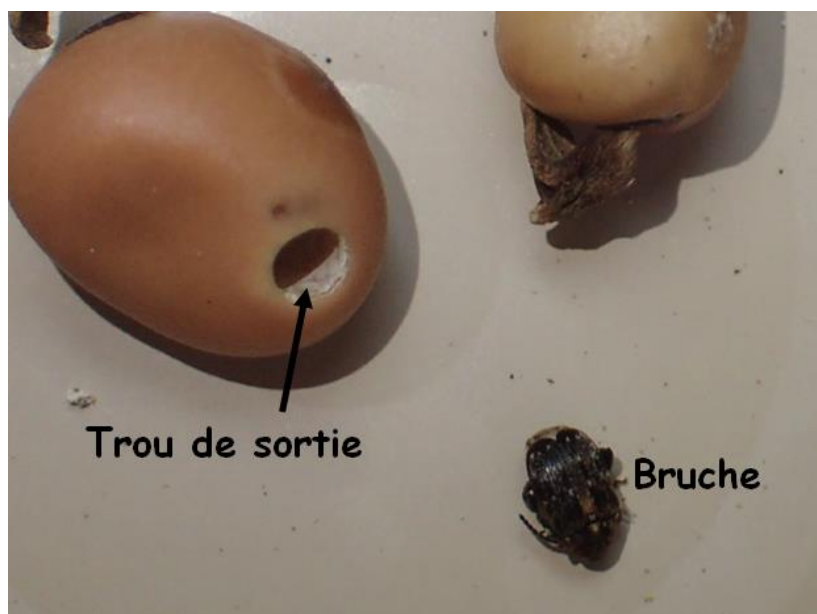


Figure 22: Dégâts sur fève par *Bruchus rufimanus*

➤ Moyens de lutte

Lutte préventive

- Faire de la rotation et éviter la monoculture ;
- Utilisation des graines saines ou les désinsectiser ;
- Garder les locaux de stockage clos ou piéger les adultes à leur sortie, ou semer les graines âgées de deux années.

Lutte curative

Pour les individus qui passent leur diapause à l'intérieur des graines et peuvent passer au lieu de stockage donc, l'utilisation du froid à -1°C pendant un mois, entraîne la mortalité des adultes, même l'utilisation de la chaleur 55°C et 60°C, pendant 30 minutes dans un four chauffé défavorise le développement des bruches.

Lutte chimique en plein champs contre la bruche en visant les adultes et les œufs.

Cl. Ravageurs du Colza (exemple : la grosse altise ou Altise d'Hiver du colza *Psylliodes chrysocephala* Linnaeus, 1758)

Le colza est une culture assez sensible aux ravageurs. Il est donc essentiel de les repérer tout au long du cycle pour éviter les dégâts. Les principaux ravageurs du colza sont les altises, les charançons et les méligèthes. La figure (23) résume les principaux ravageurs de cette culture avec leurs périodes d'apparition en fonction des stades phénologiques de la plante et aussi leurs seuils d'intervention.

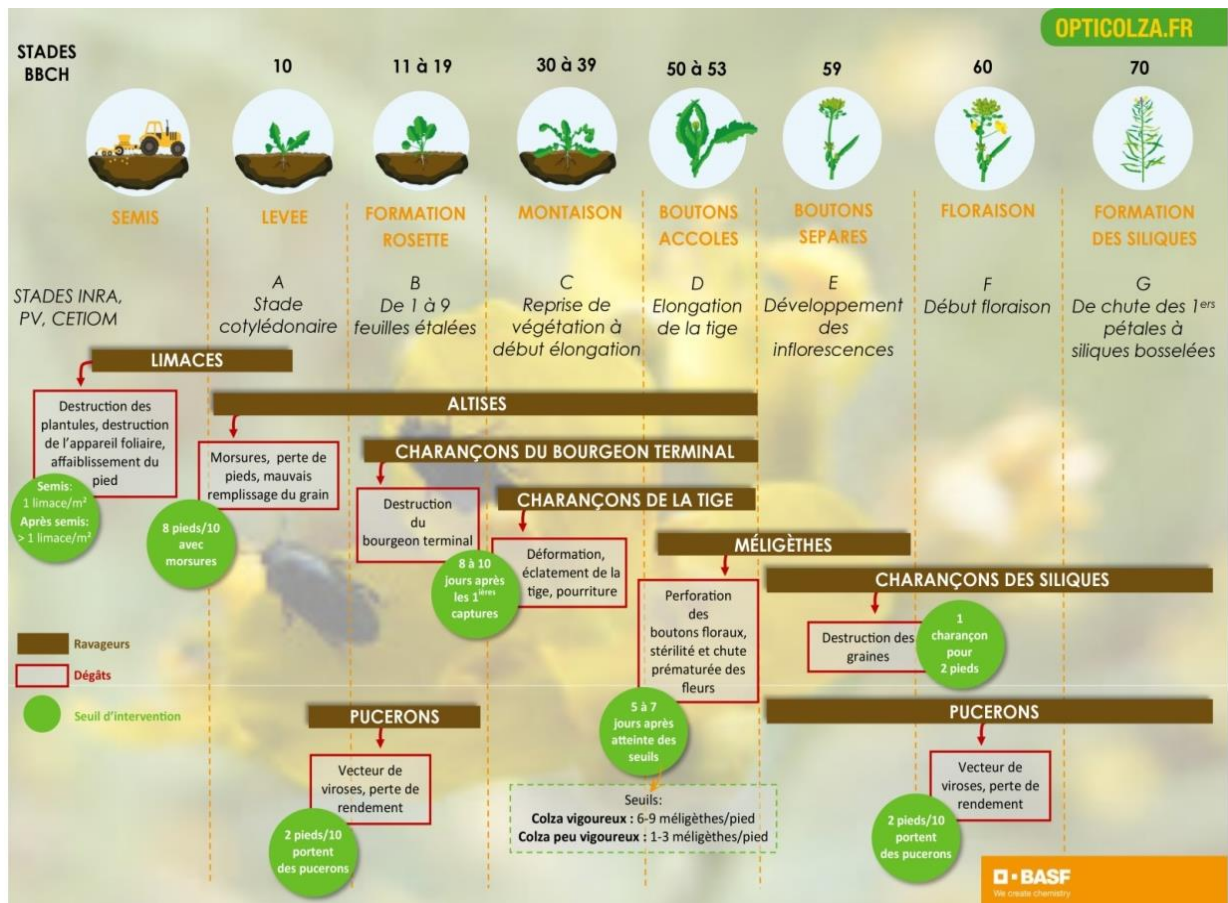


Figure 23: Différents ravageurs de colza en fonction du stade phénologique

➤ Systématique

Embranchement
Classe
Ordre
Famille
Genre
Espèce

Arthropodes
Insecte
Coléoptère
Chrysomelidae
Psylliodes Latreille, 1829
Psylliodes chrysocephala (Linnaeus, 1758)

➤ Description et biologie

L'adulte est un coléoptère noir de 3,5 à 5 mm de long, avec des pattes postérieures sauteuses bien développées. Les larves de cet insecte sont blanches avec 3 paires de pattes ; mesurant de 1,5 à 8 mm. Elle présente une tête bien développée de couleur brune à noire, une plaque pigmentée à l'extrémité postérieure et des plaques pigmentées tout le long du corps (Figure 24).



Figure 24: Adulte et larve de grosse altise

Les œufs sont pondus à l'automne par paquets dans des cavités du sol à proximité du collet des colzas. La ponte est optimale entre 4 et 12 °C et inexistante en dessous de 2 °C. La période de ponte est très variable et peut s'étaler jusqu'au printemps notamment lorsque l'automne a été froid et que les femelles n'ont pas pu pondre. En laboratoire, une femelle peut pondre jusqu'à 1000 œufs.

Après l'éclosion des œufs, à la fin de l'automne, les larves se dirigent vers les colzas et pénètrent dans les plantes par les pétioles des feuilles. Elles s'alimentent alors en creusant des galeries dans les pétioles. Elles peuvent changer de feuilles pour se diriger vers des feuilles plus jeunes. Dans certains cas, elles pénètrent dans le cœur de la plante au cours de l'hiver. Elles passent par 3 stades larvaires et stoppent leur croissance quand les températures sont inférieures à 7 °C.

Au cours du printemps, à la fin de leur développement, elles vont sortir de la plante pour entrer en nymphose au niveau du sol. Adulte A la fin du printemps, les adultes émergent du sol et se réfugient dans les haies ou les végétations denses des bords de culture pour passer l'été. Durant cette période, ils stoppent leur développement (diapause). Leur activité est arrêtée. Au milieu de l'été, ils reprennent partiellement leur activité dans les sites d'estivation. Ce n'est que fin août – début septembre qu'ils se dispersent sur de grande distance à la recherche de colza. Ce vol de dispersion est déclenché par un réchauffement (température supérieure à 20 °C) à la suite d'une chute de température. Après le vol, les adultes sont beaucoup moins mobiles et deviennent nocturnes. En effet, en atteignant leur maturité sexuelle, leurs muscles des ailes s'atrophient. Ils se nourrissent des cotylédons et des feuilles de colza. La

reproduction a lieu au début de l'automne. Les femelles épuisées meurent en moyenne entre 4 et 6 semaines après la ponte (figure 25).

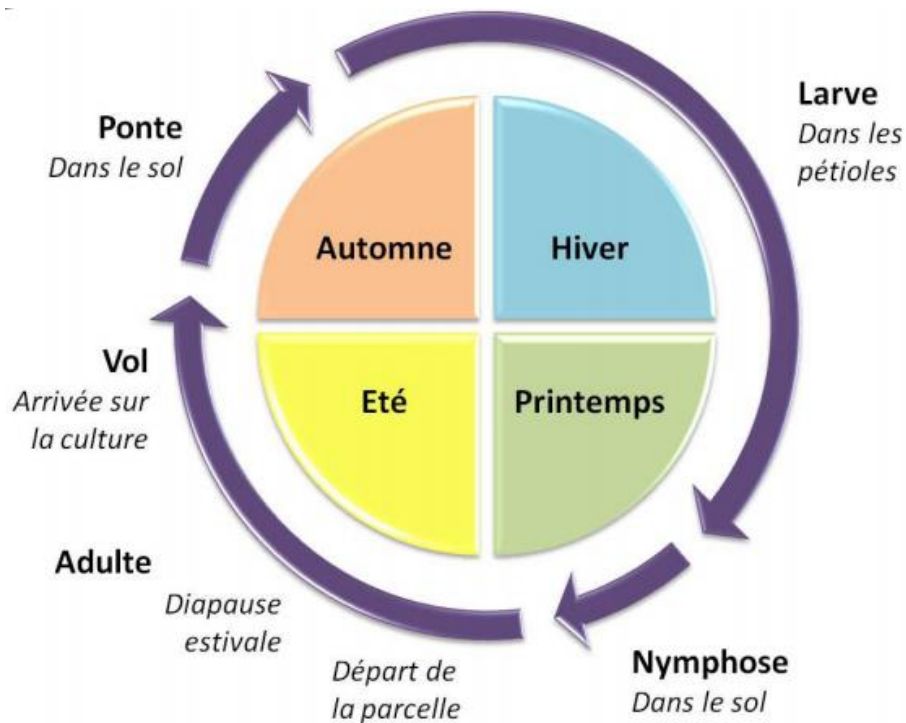


Figure 25: Cycle biologique de la grosse l'altise

➤ Plantes hôtes

Les plantes-hôtes de cette altise sont les crucifères sauvages ou cultivées comme le colza (*Brassica napus*) ou le navet (*Brassica rapa*).

➤ Dégâts

- Retards de développement des plants atteints et par conséquent le rendement.
- Si plus d'un quart de la surface foliaire est détruite par des morsures entre la levée et le stade 3 feuilles, il y a un risque de non compensation par la culture (figure 26) ;
- Les larves pénètrent dans les pétioles des feuilles de colza et les minent durant l'automne et l'hiver. Dans certains cas, elles peuvent rejoindre le cœur de la plante et détruire le bourgeon terminal.
- La plante est fragilisée et reste naine avec un port buissonnant. Dans les cas les plus extrêmes, la plante meurt.

- Le colza est sensible aux attaques d'adultes de la levée jusqu'au stade 3 feuilles inclus.



Figure 26: Dégâts de morsures d'altises d'hiver adultes sur le feuillage du colza

➤ Moyens de lutte

- L'inspection régulière des parcelles, et l'utilisation des pièges chromatiques jaunes sur lesquels les adultes viendront s'engluer, pour avoir une idée sur la période de vol et même on l'utilise comme moyen de lutte pour réduire le nombre des adultes dans le champ ;
- Binage pendant la saison peut éliminer les œufs déposés en pleine terre et perturber la ponte.
- Des traitements naturels en pulvérisations peuvent accompagner la lutte biologique et agir comme répulsif.
- Pratiquer la rotation des cultures : on conseille de ne pas cultiver des brassicacées pendant plusieurs années de suite sur la même parcelle ;
- En cas d'infestation importante, des traitements chimiques sont indispensables et qui sont tous des pyréthrinoïdes de synthèse à appliquer entre les stades BBCH 09 (levée) et BBCH 13 (3 feuilles) ou entre les stades BBCH 10 (cotylédons étalés) et BBCH 13 (3 feuilles).

1.1.2.2. Principaux insectes ravageurs des cultures maraîchères et industrielles

Sur ce type de cultures, on trouve plusieurs ravageurs qui peuvent engendrer des dégâts et des pertes considérables. Voici quelques exemples :

- Mouche des fruits,
- Mouches mineuses,
- Des papillons noctuelles,
- Pucerons
- Thrips
- Aleurodes
- Mineuse des feuilles *Tuta absoluta* ... etc.

1.1.2.2.1. Insectes ravageurs de la tomate (étude d'exemples)

A/. Mouche des fruits *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi, 1923)

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Diptère
Famille	Tephritidae Newman, 1834
Genre	<i>Neoceratitis</i> Hendel, 1927
Espèce	<i>Neoceratitis cyanescens</i> (Bezzi, 1923)

➤ **Description et biologie**

Les adultes de la mouche de la tomate sont facilement reconnaissables par le dessin caractéristique des bandes brunes de leurs ailes et par le scutellum entièrement noir dans sa moitié apicale. Elle est caractérisée aussi par ses yeux rouges et scutum présentant deux taches rondes noires avec un abdomen alterné des bandes rouges et roses. Il y a absence de peigne sur le tibia médian des mâles (figure 27).



Figure 27: *Neoceratitis cyanescens* mâle (gauche) et femelle (droite)

Les accouplements commencent 48 heures après l'émergence, et peuvent avoir lieu du matin jusqu'au milieu de l'après-midi, avec un maximum de fréquence en milieu de journée. Les mâles attirent les femelles en émettant une phéromone sexuelle active à courte distance. La ponte commence 4 à 6 jours après l'accouplement. À l'aide de leur oviscapte pointu, les femelles déposent leurs œufs sous l'épiderme du fruit-hôte, à quelques millimètres de profondeur. L'activité de ponte a lieu habituellement l'après-midi, avec un maximum entre 16 et 17 h. Les œufs éclosent après 3 à 4 jours d'incubation. Les larves s'enfoncent alors dans la pulpe du fruit où le cycle larvaire, qui comprend trois stades, dure de 7 à 11 jours. En fin de développement, les asticots quittent le fruit d'une brusque détente pour s'enfoncer à faible profondeur dans le sol, où s'effectue la nymphose. Le stade pupa dure de 2 à 15 jours. Ainsi, en fonction des conditions climatiques, le cycle complet s'étale sur 26 à 35 jours.

➤ Plantes hôtes

Cet insecte est inféodé aux plantes de la famille des solanacées. Elle préfère la tomate tout particulièrement, mais aussi aubergine, le piment, poivron, tomate arbuste, et aussi des solanacées sauvages.

➤ Dégâts

Les attaques commencent sur les petites tomates, une dizaine de jours après floraison, lorsque le diamètre des fruits atteint 2 cm. Le taux d'attaque augmente ensuite rapidement et atteint un maximum environ 3 semaines après floraison. Par la suite, les fruits plus âgés peuvent encore être piqués, quoique plus faiblement.

Les fruits affectés présentent des ponctuations correspondant aux piqûres des adultes ; ils sont généralement bien visibles (figure 28). Parallèlement au développement et aux

dégâts liés à l'activité des asticots, les fruits sont colonisés par divers bioagresseurs pathogènes ou opportunistes qui entraînent progressivement leur pourriture (figure 29).



Figure 28: Symptômes d'attaques de *Neoceratitis cyanescens* sur fruit de tomate

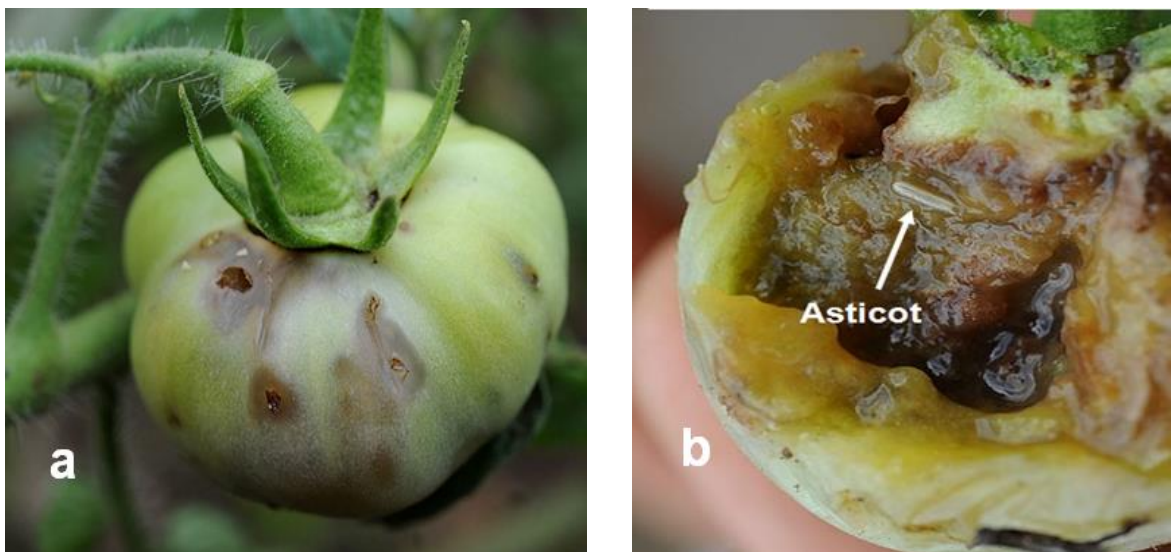


Figure 29: Envahissement des organismes opportunistes après attaque de *Neoceratitis cyanescens*, a : début d'une pourriture interne sur tomate vert, b : une larve (asticot) à l'intérieur d'un fruit pourri

➤ Moyens de lutte

- Les méthodes de lutte couramment pratiquées reposent encore sur l'utilisation d'insecticides pendant la période de sensibilité des fruits.
- Installation des pièges adoptés pour la surveillance de la période de vol de ces mouches ;
- Réalisation d'un contrôle visuel dès le début de la période de sensibilité des fruits, afin de déclencher les traitements à l'apparition des premières attaques ;
- Destruction des fruits piqués ou les enterrer afin de limiter la multiplication des populations ;
- On éliminera également les diverses plantes-hôtes réservoirs qui peuvent se trouver à proximité des parcelles de production ;
- L'utilisation des auxiliaires comme le parasitoïde larvaire, *Psytalia insignipennis* (Granger).

B/. Les papillons de nuit (noctuelles) (Exemple : *Helicoverpa armigera* Hübner, 1808)

Les organes aériens de la tomate sont susceptibles d'être dévorés par le stade chenille de plusieurs Lépidoptères plus ou moins polyphages. Ces insectes appartiennent à diverses familles, en particulier aux Noctuidés. Parmi celles-ci, citons *Autographa gamma* (L.) *Chrysodeixis chalcites*, *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Lacanobia oleracea* (L.) et *Spodoptera exigua* (Hübner).

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lépidoptère
Famille	Noctuidae Latreille, 1809
Genre	<i>Helicoverpa</i> Hardwick, 1965
Espèce	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)

➤ Description et Biologie

Les femelles adultes de *H. armigera* sont des papillons robustes, orangé brunâtre, mesurant environ 18 à 19 mm et d'une envergure de 40 mm. Elles sont plus grandes que les mâles qui présentent une coloration gris-vert. Les ailes antérieures sont

bordées par une ligne de taches noires et les postérieures des deux sexes sont de couleur crème, avec une bande marron foncé le long de la bordure externe (figure 30).

Les œufs sont généralement sphériques avec la base aplatie, d'environ 0,5 mm de diamètre. Ils sont d'abord blanc jaunâtre brillant, pour devenir marron juste avant l'éclosion. Les jeunes chenilles sont blanches jaunâtres à marrons rougeâtres avec des taches foncées. La tête des stades plus âgés est tachetée. Leur corps est marqué de trois larges bandes foncées et de nombreuses lignes ondulées plus claires. Leur couleur est extrêmement variable, et peut être verte, jaune paille, noir ou rosâtre, voire marron rougeâtre (figure 31). En fin de développement, elles mesurent entre 30 et 40 mm de long. La nymphose a lieu dans le sol avec des individus qui mesurent entre 14 et 18 mm de long et qui ont la surface du corps lisse et marron.



Figure 30: Femelle de *H. armigera*



Figure 31: Chenille de *H. armigera*

Cette noctuelle passe, en général, par six stades larvaires, mais on peut en observer cinq ou sept dans certaines circonstances. À la fin de l'été, les nymphes entrent en diapause et reprennent leur activité lorsque la température du sol dépasse 18 °C. La longévité des adultes dépend énormément de la disponibilité et de la qualité du nectar ou d'une nourriture équivalente. Les œufs sont déposés séparément sur les jeunes pousses, près des bourgeons, sur les fleurs, les fruits ou les feuilles avec une fécondité entre 500 et 3 000 œufs..

Les chenilles sont souvent agressives et cannibales et se caractérisent par un déplacement en arpentant. Dans les régions chaudes, l'espèce reste active durant toute l'année, avec de nombreuses générations se chevauchant, c'est-à-dire on peut trouver plusieurs stades larvaires au même temps. Les adultes volent la nuit et au crépuscule

où ils se nourrissent de nectar ou de gouttes d'eau provenant de leurs plantes hôtes (figure 32).

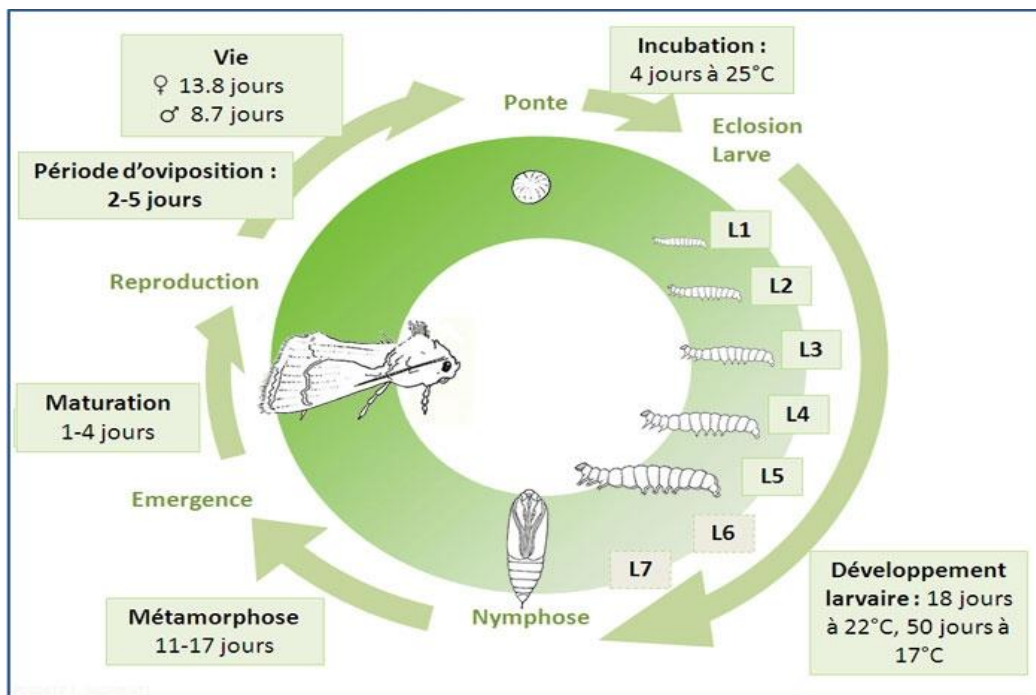


Figure 32: Cycle de développement de *H. armigera*

➤ Plantes hôtes

Elle peut toucher la tomate, le haricot, le coton, le maïs, l'artichaut et le tabac

➤ Dégâts

Le stade infestant qui fait les ravages est le stade chenille.

Cette noctuelle s'attaque aux organes reproductifs, par exemples les boutons et les capitules des fleurs, les capsules, les baies et les inflorescences (Maïs), et elle occasionne une chute précoce des fleurs

Les petites chenilles creusent des petits trous tandis que les grosses chenilles font des grands points d'entrées qui facilitent l'accès aux pathogènes causant ainsi la pourriture des fruits. Chez les légumineuses, les fleurs sont attaquées et les gousses sont trouées (figure 33).



Figure 33: Dégâts des chenilles de *H. armigera* sur fruits de tomate

➤ **Moyens de lutte**

- Installer des toiles *insect-proof* aux ouvertures des abris (cas des serres);
- Utiliser des voiles pour constituer une barrière physique et empêcher les pontes ;
- Mettre en œuvre des pièges à phéromones à l'extérieur de l'abri pour détecter la présence des papillons ;
- Enlever et détruire les débris végétaux et les résidus de culture ;
- Employer des auxiliaires ou des biopesticides ;
- Raisonner la protection chimique, en particulier si vous utilisez des auxiliaires ou des biopesticides.

C/. La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lépidoptère
Famille	Gelechiidae Stainton, 1854
Genre	<i>Tuta</i> Kieffer & Jörgensen, 1910
Espèce	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick, 1917)

➤ Description et biologie

L'adulte (*Tuta absoluta*) est gris-marron et présente des antennes filiformes, alternant des segments clairs et foncés et des palpes labiaux courbés. Des points noirs sont apparents sur les ailes antérieures. Les adultes sont actifs la nuit et se cachent entre les feuilles pendant la journée (figure 34).

Les œufs sont petits et de forme elliptique, de couleur crème puis il devient jaune. Il mesure 0,36 cm de long et 0,22 cm de large. L'éclosion des œufs prend 4 à 6 jours. Les jeunes larves sont de couleur crème avec une tête de couleur foncée. Lorsqu'elles se développent, les larves deviennent vertes et légèrement rose durant leur dernier stade larvaire.



Figure 34: Adulte de *Tuta absoluta*

C'est un lépidoptère multivoltine (10-12 générations/an) qui présente un potentiel de reproduction élevé et un cycle de vie qui dure entre 24 et 76 jours en fonction des conditions environnementales.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

La durée de vie des adultes est de 10 à 15 jours pour les femelles et de 6 à 7 jours pour les mâles. La femelle pond ses œufs sur les feuilles, mais aussi parfois sur les tiges et les sépales. Les œufs sont pondus isolément de manière à être bien répartis dans les cultures. Chaque femelle pond entre environ 40 et 50 œufs, et parfois jusqu'à 260 œufs. Leur éclosion s'effectue au bout de 4 à 9 jours après la ponte. Quatre stades larvaires se succédant. Les larves creusent des galeries sur les organes aériens de la tomate. Le stade chrysalide se déroule soit à l'intérieur des galeries, soit à la surface de l'hôte, soit sur le sol. La nymphose dure de 10 à 12 jours (figure 35).

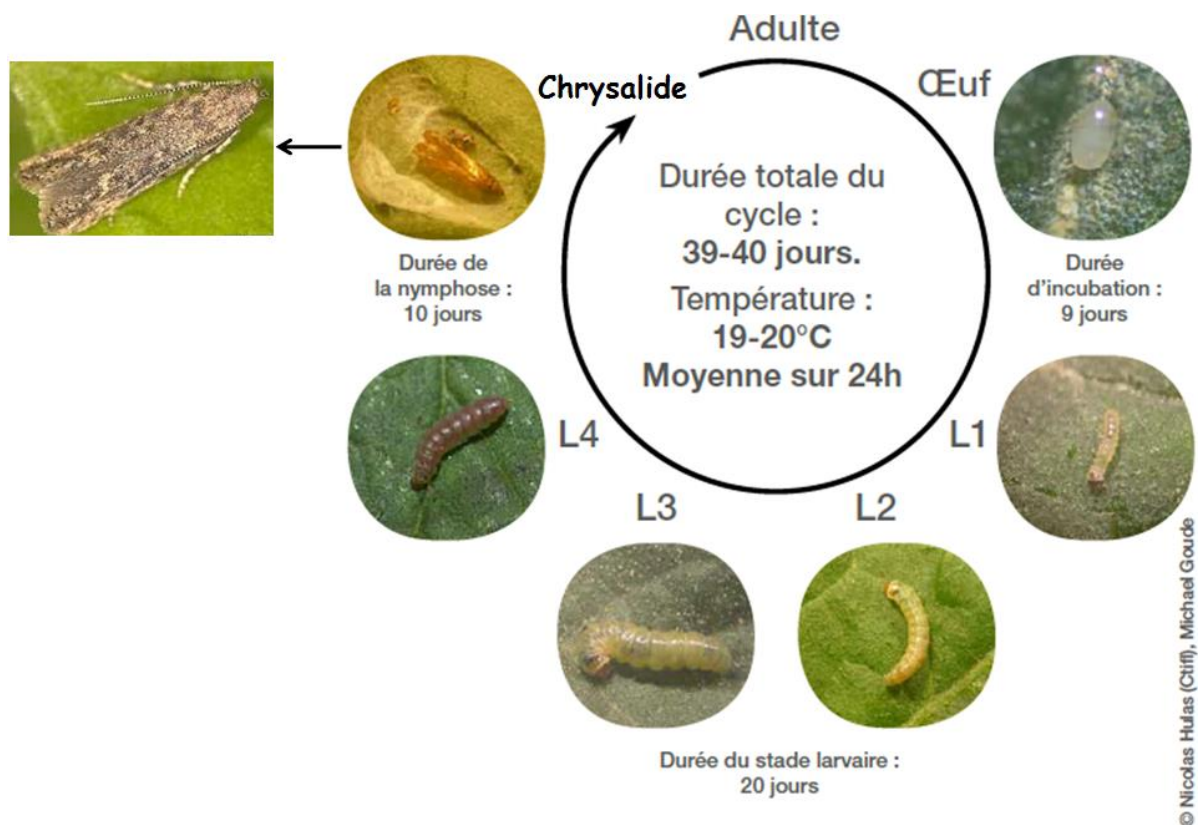


Figure 35: Cycle de développement de la mineuse de tomate *Tuta absoluta*

➤ Plantes hôtes :

L'hôte principale de *T. absoluta* est la tomate, mais il peut aussi s'attaquer à l'occasion diverses autres espèces de Solanacées cultivées (aubergine, pépino - *Solanum muricatum*, piment, pomme de terre) et sauvages (*Datura stramonium*, *D. ferox*, *Lycium chilense*, *Lycopersicon hirsutum*, *Nicotiana glauca*, *Solanum lyratum*, *S. nigrum*, *S. elaeagnofolium*, *S. puberulum*...).

➤ Dégâts

Toutes les parties de la tomate sont attaquées, à l'exception des racines; et les dégâts peuvent atteindre 100% de perte.

Il convient de ne pas confondre les dégâts des mouches agromyzidés (mines foliaires) avec ceux produits par *Tuta absoluta* (lépidoptère, Géléchiidés) dont les mines sur feuilles sont blanchâtres et plus larges que celles des mouches mineuses (figure 36).

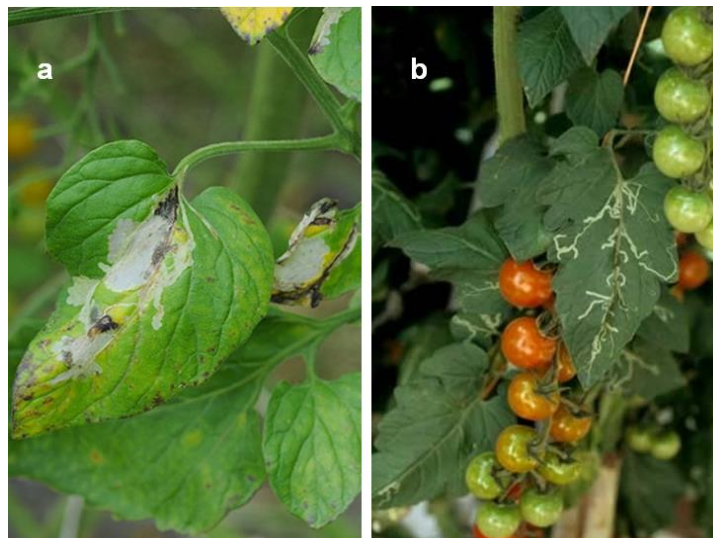


Figure 36: Deux types de mines sur feuilles de tomate. **a** : mines de *Tuta absoluta* ;
b : mines de la mouche *Agromyza*

Les dommages qui sont causées par la formation de ces mines au sein du mésophylle par l'alimentation des larves, affectent la capacité photosynthétique de la plante, en abaissant par conséquent le rendement de la tomate (figure 37).



Figure 37: Une chenille de *Tuta absoluta* dévore le mésophylle de la feuille

Les fruits peuvent être attaqués dès qu'ils seront formés et aussi à la maturation, et les galeries formées sur ces derniers peuvent être envahies par les microbes pathogènes secondaires menant à la pourriture des fruits (figure 38).



Figure 38: Attaques sur fruit vert et mûr

➤ Moyens de lutte

- Éliminer les feuilles, les tiges et les fruits parasités, et les brûler rapidement. Il en sera de même pour les plants ou les plantes trop attaqués ;
- Effeuillez régulièrement les plantes parasitées et éliminer les feuilles ;
- Ne pas laisser les débris végétaux parasités en tas sur le sol dans les serres ou les tunnels, ou à proximité, ce qui permet à ce ravageur de se maintenir localement ;
- Les fruits tombés au sol doivent être ramassés et détruits ;
- Obturer les ouvrants et ouvertures des serres et des tunnels afin d'empêcher les adultes en provenance de l'extérieur de pénétrer. Installer des filets *insect-proof* ;
- En fin de culture, sortir rapidement les résidus de culture et les brûler ;
- Sous serres, une désinfection du sol peut être envisagée afin de détruire les pupes, surtout en cas de monoculture de tomates. En plein champ, un travail du sol contribuera à diminuer leur nombre ;
- Éliminer les plantes adventices susceptibles d'héberger *T. absoluta* (sous abris, plein champ et abords) ;

- Mettre en place des pièges à phéromones (pièges à eau, de type Delta, de type McPhail), afin soit de détecter précocement cet insecte ravageur et d'évaluer le risque potentiel pour la culture, soit de réduire la population présente ;
- Plusieurs insectes auxiliaires ont été signalés comme plus ou moins efficaces à l'égard de ce lépidoptère : *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus caliginosus*, *Trichogramma pretosium*, *Trichogramma* sp, *Pseudoapanteles dignus*, *Dineulophus phthorimaeae*, *Cornua* sp., *Podisus nigrispinus*

D/. les aleurodes « mouches blanches »

Deux aleurodes plutôt polyphages sont dommageables sur tomate : *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1956) ou « aleurode des serres » et *Bemisia tabaci* (Gennadius).

➤ **Systématique**

La systématique de ces deux espèces d'aleurodes est la suivante

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Sternorrhyncha
Famille	Aleyrodidae Westwood, 1840
Sous famille	Aleyrodinae Westwood, 1840

➤ **Description et Biologie (exemple étudié : *Trialeurodes vaporariorum*)**

Les ailes des adultes nouvellement émergés sont claires mais se recouvrent avec le temps d'une cire blanche. Après l'accouplement et la ponte, les œufs (0,23 x 0,1mm) sont transparents à jaune crème pâle au début, puis deviennent bruns noirs. Après l'éclosion, 4 stades larvaires se succèdent. Le dernier stade larvaire est ovale, plat et presque transparent, puis au fur et à mesure devient opaque et forme ce qu'on appelle le puparium avec de longues soies dressées caractéristiques de cire (figure 39).



Figure 39: Puparium et adultes de l'aleurode des serres émergés

Après leur émergence, les adultes peuvent voler en quelques heures et commencer à se nourrir en perçant les feuilles et en suçant la sève des plantes, ce qu'ils continueront à faire pour le reste de leur vie. Au cours des premiers jours, les adultes passent des vieilles feuilles aux feuilles plus jeunes sur la même plante ou sur une plante différente. Par la suite, ils passent la plupart de leur temps sur la face inférieure des feuilles les plus hautes, mais volent lorsqu'ils sont dérangés. La femelle vit 5 à 8 jours et se différencie du mâle par sa taille. Elle pond des œufs d'une manière hasard sur la surface des feuilles. Le cycle de vie dure 30 jours à 22 °C sur tomate (figure 40). *T. vaporariorum* peut se reproduire par parthénogenèse, donnant naissance à une descendance exclusivement mâle.

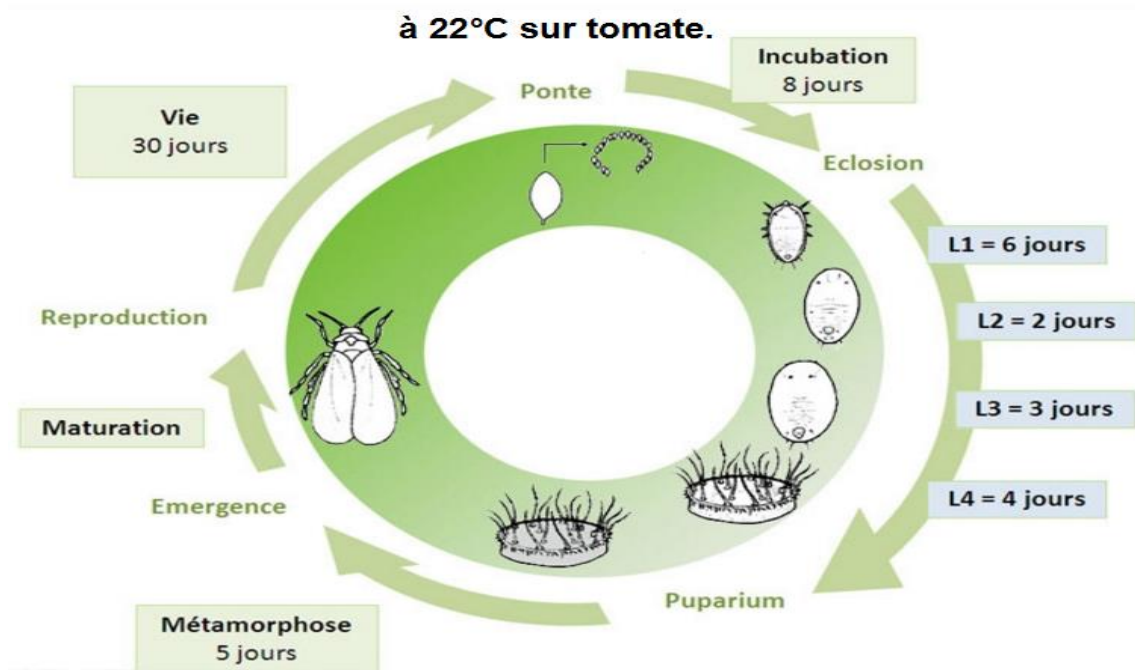


Figure 40: Cycle de vie des aleurodes sur tomate

➤ Plantes hôtes

C'est une espèce polyphage, voici quelques espèces hôtes de cet insecte :

Manioc (*Manihot esculenta* Crantz), coton (*Gossipum barbadense* L.), haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), huacatay (*Tagetes minuta* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), lantana (*Lantana camara* L.), pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), le tournesol (*Helianthus annuus* L.), la féverole (*Vicia faba* L.) et une large gamme d'hôtes de plantes ornementales, y compris des espèces de géranium (*Pelargonium graveolens* L'Her.), de poinsettias (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) *Fuchsia* spp., *Gerbera* spp., *Pelargonium* spp., *Solanum* spp., *Chrysanthemum* spp. et *Primula* spp

➤ Dégâts

Comme pour les pucerons, les nombreuses piqûres et succions alimentaires occasionnées par les aleurodes présents sur le feuillage provoquent un ralentissement du développement des plantes.

Du miellat⁶ est aussi produit en grande quantité ; il est colonisé par la suite par de la fumagine⁷ couvrant la surface des organes aériens de la tomate, à l'origine de jaunissements et d'altérations foliaires. En plus de réduire la photosynthèse et la respiration foliaire, la fumagine souille les fruits et perturbe leur coloration, les rendant impropres à la commercialisation (figure 41).

Vecteurs : ils peuvent transmettre de nombreux et redoutables virus, plus de 111 (parmi eux le Virus de la chlorose de la tomate (ToCV) et Virus des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (TYLCV) (Figure 42).



Figure 41: Miellat secreté par une larve d'aleurode, et des fruits couverts par la fumagine (champignon sous forme de poudre noire)

⁶ Excrément liquide, riche en sucres, qu'ils projettent sur la plante ;

⁷ Due à des champignons saprophytes de couleur noire qui se développent sur le miellat recouvrant les feuilles en diminuant ainsi la photosynthèse.



Figure 42: Pieds de tomate touché par une maladie virale transmise par des aleurodes (virus de feuilles jaunes en cuillère de tomate TYLVC)

➤ Moyens de lutte

Plusieurs méthodes de protection sont préconisées pour contrôler le développement des aleurodes sur la tomate

- Traiter les plantes avant arrachage en présence de populations élevées de ravageurs ;
- Contrôler la qualité sanitaire des plants avant et durant leur introduction dans l'abri ;
- Produire les plants dans un abri insect-proof ;
- Installer des toiles insect-proof aux ouvertures des abris ;
- Désherber la serre et ses abords ;
- Détecter les premiers ravageurs grâce aux panneaux jaunes englués posés au-dessus de la culture dès l'introduction des plants ;
- Utiliser des auxiliaires tels que les insectes *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* (ces deux insectes sont surtout efficaces sur *Trialeurodes vaporariorum*), *Eretmocerus mundus* (essentiellement efficace sur *Bemisia tabaci*) et *Macrolophus caliginosus* et les champignons *Paecilomyces fumosoroseus* et *Verticillium lecanii* ;
- Raisonner la protection chimique.

1.1.2.2. Ravageurs de pomme de terre (étude d'exemples)

En Algérie, nous avons principalement:

- **Taupins** (*Agriotes*) (Coléoptère)
- **Teigne** (*Phthorimea operculella*) (Lépidoptère)

A/. Taupins (*Agriotes*)

Ce ravageur a été abordé dans la partie des ravageurs des cereales, donc dans cette partie on va montrer seulement dégâts sur pomme de terre (figure 43).

Les espèces les plus couramment rencontrées appartiennent au genre *Agriotes* avec des espèces à cycle long (*A. obscurus*, *A. sputator* et *A. lineatus*) et une à cycle court (*A. sordidus*).

Le cycle évolutif s'étale sur 4-5 ans sauf *Agriotes sordidus* dont la larve peut se développer en une année.

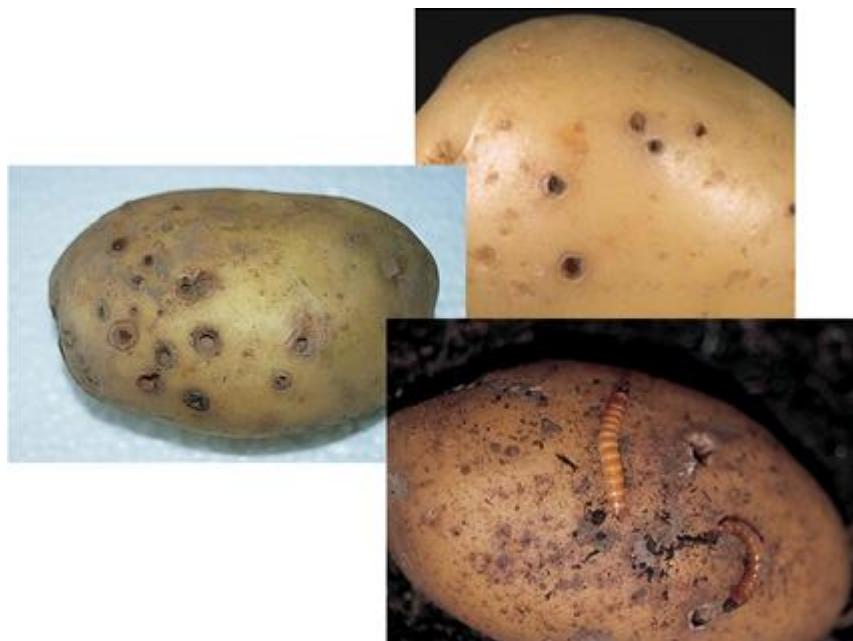


Figure 43: Dégâts sur tubercules de pomme de terre provoqués par des larves des taupins

B/. Teigne de pomme de terre *Phthorimaea operculella* Zeller, 1873

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lépidoptère
Famille	Gelechiidae Stainton, 1854
Genre	<i>Phthorimaea</i> Meyrick, 1902
Espèce	<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller, 1873)

➤ **Description et biologie**

La teigne de la pomme de terre est un parasite important dans les régions chaudes notamment sur le pourtour méditerranéen.

L'adulte est un petit papillon gris de 10-16 mm d'envergure, avec des ailes frangées (figure 44).

La larve du premier stade mesure environ 1 mm de long; et la larve du quatrième stade atteint 9–13 mm. La couleur dépend du régime alimentaire : dans les tubercules, les larves sont violettes blanchâtres et sur les feuilles de pomme de terre violettes à vertes.



Figure 44: Adulte de la teigne de pomme de terre *Phthorimaea operculella*

Cet insecte peut accomplir 10 à 12 générations par année à une température moyenne de 30°C.

L'espèce est donc multivoltine, produisant des générations qui se chevauchent (c'est-à-dire que tous les stades de développement se trouvent ensemble en même temps dans les champs ou les magasins de pommes de terre). Après la récolte, les larves peuvent potentiellement survivre dans les pommes de terre spontanées, tandis que les œufs et les chrysalides peuvent survivre dans le sol, les piles de pommes de terre jetées ou même à l'intérieur des installations de stockage de pomme de terre.

On peut trouver les œufs et les chrysalides de cet insecte dans les fissures des murs des magasins de pommes de terre même après que les pommes de terre ont été consommées ou vendues. Dans des conditions favorables, les femelles adultes pondent jusqu'à 200 œufs, soit individuellement, soit en petits groupes, principalement sur la face inférieure des feuilles de leurs plantes hôtes, sur des tubercules de pomme de terre ou sur le sol. Les larves L4 complètement développées quittent généralement le milieu d'alimentation et tissent un cocon soyeux sur l'épiderme ou les débris végétaux. Sporadiquement, la nymphose se produit à l'intérieur des tubercules.

➤ **Plantes hôtes**

Ce petit papillon est un ravageur oligophage (c'est-à-dire un insecte se nourrissant d'une gamme restreinte de plantes) des cultures maraîchères qui appartient principalement à la famille des solanacées. La pomme de terre, la tomate et le tabac sont les principaux hôtes ; cependant, le ravageur attaque également l'aubergine, le poivron, la groseille du Cap et la betterave sucrière de la famille des chénopodiacées. De plus, des espèces sauvages de la famille des solanacées, y compris des mauvaises herbes importantes ; par exemple, la morelle noire.

➤ **Dégâts**

- Sur feuillage : dégâts sur les feuilles et les pétioles par perforations et création de mines pouvant affaiblir les plantes et leur capacité photosynthétique;
- Sur tubercule : les chenilles creusent des galeries dans les tubercules, tapissées de fil de soie et les excréments noirâtres sont rejetés vers l'extérieur. D'autres pathogènes peuvent s'installer dans ces galeries et entraîner des pourritures de tubercules (figure 45).



Figure 45: Dégâts de la teigne sur tubercule de pomme de terre

➤ **Moyens de lutte**

- Destruction des tubercules contaminés,
- Rotations longues,
- Éviter les sols soufflés, crevassés ; favorables aux pontes dans les tubercules,
- Récolte précoce,
- Désinfection des locaux,
- Traitements insecticides en végétation ou avant conservation.

1.1.2.3. Principaux insectes ravageurs des arbres fruitiers (Etude d'exemples)

1.1.2.3.1. Ravageurs des agrumes

En Algérie, les principaux insectes ravageurs des agrumes sont généralement : les pucerons, les cochenilles, les aleurodes, la cécidomyie, la mineuse des agrumes, les thrips et la cicadelle verte.

A/. Pucerons :

on trouve plusieurs espèces qui peuvent endommager les agrumes, mais les plus repondues sont : *Aphis spiraecola* (Patch, 1914), *Aphis gossypii* (Glover, 1877), *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907), *Myzus persicae* (Sulzer, 1776).

- **Etude de cas : *Aphis spiraecola* (Patch, 1914)**

Cette espèce est l'une des pucerons le plus dommageables en agriculture mondiale. Elle infeste gravement les agrumes dans la méditerranée et en Algérie.

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Sternorrhyncha
Famille	<i>Aphididae</i> Latreille, 1802
Genre	<u><i>Aphis</i> Linnaeus, 1758</u>
Espèce	<i>Aphis spiraecola</i> (Patch, 1914)

➤ **Description et biologie**

Appelé encore puceron vert de l'oranger, les individus aptères d'environ 2 mm de longueur ont la même couleur que les jeunes feuilles d'agrumes, à l'exception des pattes et des cornicules qui sont foncées, de teinte brunâtre à brun noir. Les aphides ailées sont de couleur brun foncé à noir, sauf l'abdomen qui reste habituellement verdâtre. Les cornicules sombres qui vont en s'effilant et les antennes courtes permettent une distinction assez juste, mais pour confirmation, on peut vérifier le nombre des soies caudales et la longueur des soies fémorales (figure 46).

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

L'espèce *A. spiraecola* était autrefois appelée *Aphis citricola*. Cette espèce peut être confondue avec *Aphis pomi* d'un point de vue morphologique. Elle présente des phénomènes de résistances aux insecticides

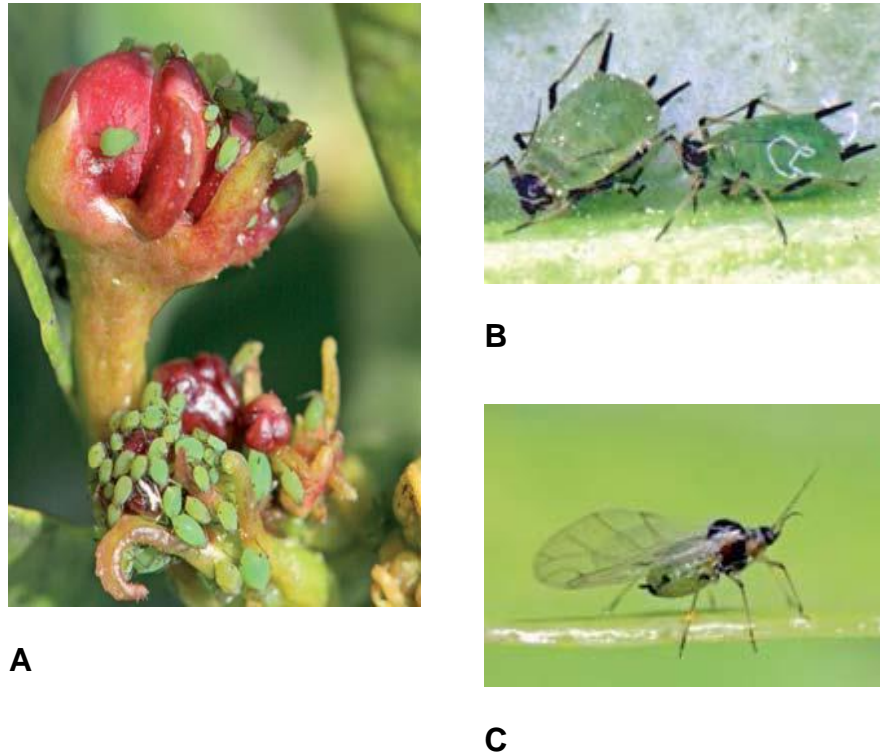


Figure 46: Individus aptères (A, B) et ailés (C) d'*Aphis spiraecola* sur citronnier

Concernant son cycle de développement, cette espèce est comme la plupart des autres pucerons ont une génération sexuée et d'autres parthénogénétiques (cycle complet ou dit Holocyclique), mais dans certaines regions, son cycle est incomplet ou dit anholocyclique, car l'espèce perd totalement ou partiellement la possibilité de se reproduire par la voie sexuée. elle se multiplie par parthénogenèse toute l'année, et cela dans les régions où les températures hivernales sont douces, donc l'espèce n'a pas besoin de s'hiverner en œufs fécondé. Donc en résumé, c'est une espèce Anholocyclique en Europe, holocyclique dioécique⁸ ailleurs dans le monde.

➤ Plantes hôtes

Très polyphage avec plusieurs espèces dans plus de 20 familles différentes, mais spécialement : *Caprifoliaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae* et *Rutaceae*,

⁸ Le cycle annuel complet se déroule sur deux hôtes différents d'un point de vue botanique (un hôte primaire et un hôte secondaire).

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Apiaceae, et de nombreuses plantes d'ornement. Le genre *Citrus* est l'hôte le plus préférable pour cette espèce de puceron.

Dans certains pays, comme les États-Unis et le Brésil, son hôte primaire est *Spiraea.*, alors que dans d'autres, on trouve le *Citrus* ; comme le cas du Japon.

➤ Dégâts

Les dégâts sont importants car le puceron colonise les jeunes pousses, les bourgeons, les fleurs, les jeunes plants et inhibe leurs développements. Les attaques printanières sont les plus pénalisantes. Les feuilles s'enroulent fortement (figure 47). Pendant la période de floraison, l'attaque provoque la chute des fleurs. En plus de ces dégâts directs, Il favorise l'installation de la fumagine sur son miellat ce qui diminue la photosynthèse et par conséquence diminution du rendement et aussi la qualité du produit (Figure 48).

A. spiraecola est le ravageur le plus redouté des vergers d'agrumes. Il est vecteur de nombreux virus : virus de la tristeza sur Citrus (CTV), celui de la mosaïque du concombre (CMV) ou le virus Y de la pomme de terre (PVY)



Figure 47: Symptômes d'attaque d'*Aphis spiraecola* sur citronnier



Figure 48: Fumagine sur feuille d'agrumes

➤ Moyens de lutte

La méthode de lutte doit tenir compte des différents types de dégâts occasionnés par les pucerons, car son importance peut être liée directement à la taille des populations des pucerons sur l'organe touché (dégâts directs), ou bien sur l'installation des espèces

vectrices des maladies virales ; dans ce cas la méthode adoptée et le seuil d'intervention ne seront pas les mêmes.

Dans le cas des dégâts directs, on cherchera à protéger les stades sensibles de la plante, en empêchant les populations d'atteindre des effectifs où elles sont susceptibles de faire des dégâts réellement quantifiables. Dans le cas des maladies virales, on cherchera à limiter au maximum l'introduction de virus dans une parcelle indemne par les pucerons ailés qui y atterrissent, puis leur dissémination secondaire par des pucerons produits sur place.

On trouve plusieurs moyens de lutter contre les pucerons en général, le plus efficace est la lutte chimique qui doit être spécifique et raisonnée avec alternance des matières actives différentes pour s'échapper au phénomène de la résistance qui est connu chez les pucerons.

On trouve aussi les moyens cultureux par l'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes, cette méthode est conçue pour lutter contre les virus ou aux pucerons qui sont leurs vecteurs.

L'utilisation des auxiliaires aussi s'avère efficace en agriculture biologique et raisonnée, par l'utilisation des Aphidiinae (Micro-hyménoptère ; Braconidés), et aussi des prédateurs comme la coccinelle.

B/. Cochenilles

On peut classer les cochenilles en trois catégories : **les cochenilles farineuses** comme *Pseudococcus longispinus* (famille des Pseudococcidae), **les cochenilles à bouclier**, comme le pou rouge de Californie *Aonidiella aurantii*, la cochenille noire, la cochenille virgule ...etc (famille des Diaspididae) et **les cochenilles à carapace** comme la cochenille **H** *Saissetia oleae*, *Coccus pseudomagnoliarum* (famille des Coccidae). Ces deux dernières catégories, sont souvent regroupées sous le terme de cochenille à coque. Ce sont des grandes familles de la superfamille des Coccoidea, à l'ordre des hémiptères et au sous-ordre des Sternorrhyncha

- **Etude de cas : Pou rouge de Californie *Aonidiella aurantii* Maskell, 1879**

- **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Sternorrhyncha
Super-famille	<i>Coccoidea</i>
Famille	<i>Diaspididae</i> Targioni-Tozzetti, 1868
Genre	<i>Aonidiella</i> Berlese & Leonardi, 1896
Espèce	<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell, 1879)

- **Description et biologie**

La femelle présente un bouclier circulaire de 1,8 mm de diamètre, de couleur brun-rouge. Son corps, dont la couleur se confond avec celle du bouclier, se laisse deviner sous ce dernier. Le bouclier larvaire du mâle, ovale, plus foncé que celui de la femelle, mesure 0,8 à 1,2 mm. L'adulte, ailé (1 paire d'ailes), est de couleur jaunâtre avec une bande caractéristique sur le dos (figure 49)..

La larve jaunâtre qui mesure 0,2 mm de long est d'abord mobile, puis se fixe. Elle prend alors une forme circulaire et sécrète son bouclier

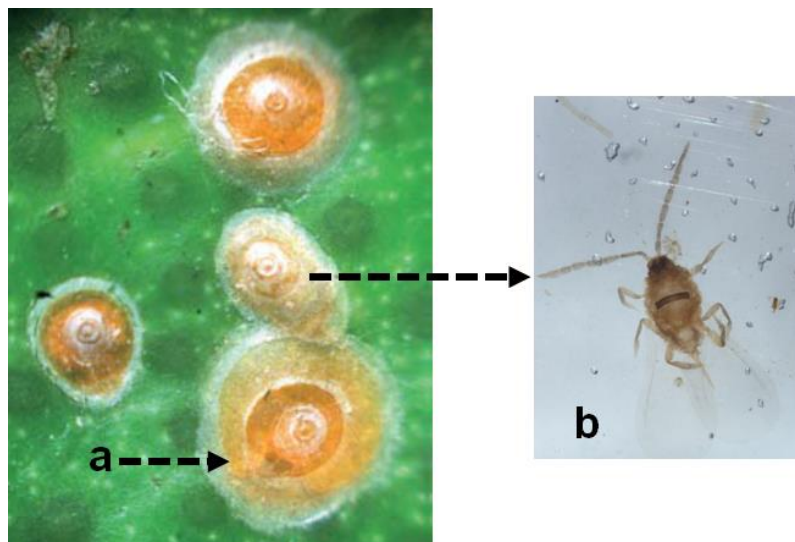


Figure 49: *Aonidiella aurantii*. a : Femelle ; b : Mâle

Selon les conditions climatiques, le cycle biologique compte 3 à 4 générations par an. La cochenille passe l'hiver sous forme de L1 et L2. Au printemps, les femelles fécondées ayant passé l'hiver donnent des L1 qui assurent une dispersion larvaire. À la fin du printemps, le vol de mâles qui fécondent les femelles. En été, une deuxième

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

dispersion larvaire et le vol de mâles puis en automne une troisième dispersion et le vol de mâles. Une quatrième génération peut avoir lieu avant l'hiver.

➤ **Plantes hôtes :**

C'est une espèce polyphage, elle peut toucher les agrumes, l'amandier, la vigne, le poirier, le prunier, le jujubier (*Zizyphus* sp.), le caroubier (*Ceratonia* sp.) et le rosier (*Rosa* sp.)

➤ **Dégâts**

Il cause de graves dommages et déprécie fortement en quantité et en qualité les productions des arbres dans les pays où il est présent. De plus, c'est un ravageur particulièrement difficile à combattre, car il est très polyphage et il se localise sur toutes les parties de l'arbre (figure 50 ; 51). S'il n'est pas combattu efficacement, il est capable d'entraîner le dessèchement complet des arbres contaminés de deux à trois années.

Il affaiblit l'organe colonisé et la plante elle-même par ponction de sève, provoquant ensuite des déformations par l'action toxique de la salive. Les branches souffrent de dessèchement et de crevasses corticales, les feuilles jaunissent et tombent, les fruits se trouvent incrustés de cochenilles dont il est très difficile de se débarrasser par brossage en station de



Figure 50: *Aonidiella aurantii* sur orange



Figure 51: *Aonidiella aurantii* sur feuille d'agrumes

➤ Moyens de lutte

En plus de la lutte chimique comme tout les bioagresseurs, des études approfondies ont été faites pour lutter biologiquement contre cette cochenille par l'utilisation des parasitoides (Hymenopteres) comme *Aphytis melinus* DeBach, 1959 et *A. chrysomphali* Mercet, 1912 (Hymenoptera, Aphelinidae), et des prédateurs comme *Rhyzobius lophantae* Blaisdell, 1892 , *Chilocorus* sp. (Coleoptera, Coccinellidae).

Cl. La mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton (1856)

Cet insecte est un micro-lépidoptère⁹ originaire du sud-est asiatique. Il a été observé pour la première fois en Algérie, dans les régions Ouest notamment à Misserghin et à Mohammadia (Wilaya de Mascara).

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lépidoptère
Famille	Gracillariidae Stainton, 1854
Genre	<i>Phyllocnistis</i> Zeller, 1848
Espèce	<i>Phyllocnistis citrella</i> Stainton, 1856

➤ Description et biologie

L'adulte est un petit papillon, d'environ 2 à 2,5mm de long et de 4 à 5mm d'envergure, de couleur blanc argentée, dont les ailes antérieures portent 4 bandes ou stries colorées de marron à noire avec une tache noire sombre à l'extrémité et les ailes postérieures sont très minces de couleur blanchâtre. Ces deux paires d'ailes sont fringuées de petits poils minuscules. Le corps de couleur blanche est couvert en totalité par les deux paires d'ailes quand il est en position de repos. Il possède des antennes longues et filiformes (figure 52).

Les adultes de *P.citrella* hivernent et apparaissent dans les plantations généralement tôt au printemps. Ils sont actifs du crépuscule à l'aube et leur accouplement survient surtout au crépuscule. Il peut intervenir entre 14 et 24heures après l'émergence des adultes. Cet insecte présente trois à quatre générations par an.

⁹ Micro-lépidoptère est un papillon dont l'envergure est inférieure à 2cm.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

La fécondité de la femelle est plus de 50 œufs tout au long de sa vie. Ces œufs sont pondus isolément ou groupées de 2 à 3 éléments sur les deux faces de la feuille, sur les jeunes pousses.

Après l'éclosion des œufs, les larves pénètrent immédiatement sous la cuticule et se nourrissent à partir des cellules qu'elles perforent grâce à leurs crochets mandibulaires.

Durant son cycle de développement, *Phyllocnistis citrella* passe par quatre stades larvaires.



Figure 52: Adulte de *Phyllocnistis citrella*

➤ **Plantes hôtes :**

La mineuse des agrumes s'attaque essentiellement aux Citrus (oranger, mandarinier, citronnier, etc.), mais peut aussi se retrouver sur certaines plantes comme des légumineuses, la vigne ou des fleurs comme chez le jasmin

➤ **Dégâts**

C'est la forme larvaire qui provoque les dégâts, en se nourrissant du parenchyme des feuilles et forment des galeries visibles à l'œil et qui vont impacter par conséquent la réalisation de la photosynthèse par les arbres (figure 53).

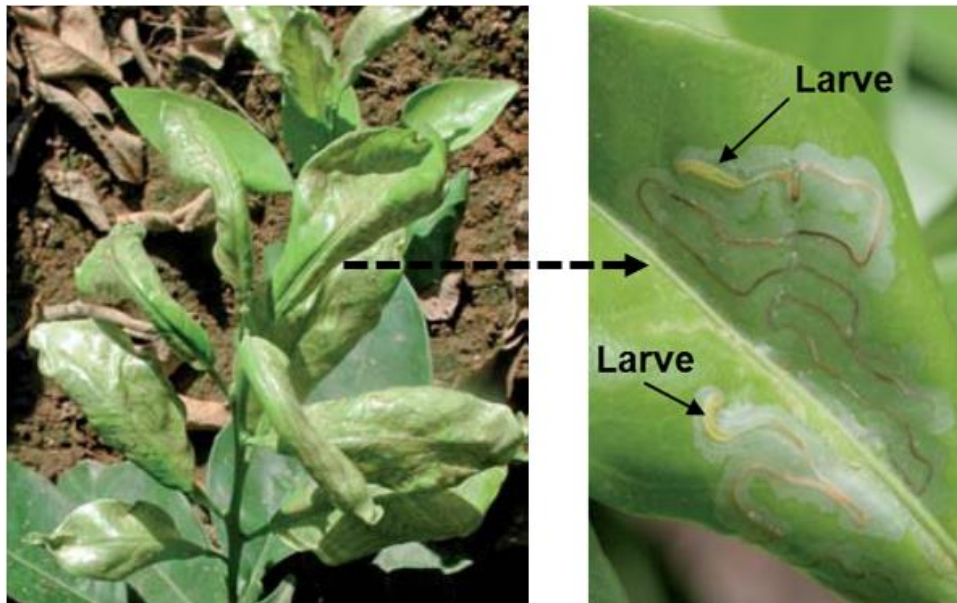


Figure 53: Jeune pousse d'agrume attaquée et déformée par les larves de *Phyllocnistis citrella*

➤ **Moyens de lutte**

Lutte préventive :

- Le désherbage et la suppression des jeunes pousses au démarrage de la végétation et la fertilisation équilibrée sont parmi les moyens agrotechniques efficaces pour lutter contre cet insecte..
- Aux USA, ils ont utilisé une autre méthode, qui consiste à provoquer la sortie de nouvelles pousses dites « poussées libres », qui seront contaminées par l'insecte puis supprimées avant chacune des trois poussées de sève de l'année.

Lutte chimique : par un traitement localisé et dirigé sur les pousses d'été et d'automne.

Lutte biologique ; en utilisant des parasitoïdes:

le tableau (2) résume l'ensemble des parasitoïdes de *P. citrella* recensés dans différents pays de la région méditerranéenne.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Tableau 2: Principaux parasitoïdes de *P. citrella* présents dans différents pays de la région méditerranéenne

Espèce	Origine	Présence sur <i>P. citrella</i>	Introduction
Eulophidae			
<i>Apotetrastichus postmarginalis</i> (Boucek, 1971)	EUR	Si	-
<i>Apotetrastichus sericothorax</i> (Szelényi, 1973)	EUR	Si	-
<i>Asecodes delucchii</i> (Boucek, 1971)	EUR	Si	-
<i>Asecodes erxias</i> (Walker, 1848)	EUR, AMN	Si	-
<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker, 1839)	EUR, ASIE, AMN	Es, Isr	-
<i>Cirrospilus brevis</i> Zhu, LaSalle et et Huang 2002	ASIE	-	E
<i>Cirrospilus diallus</i> (Walker, 1838)	EUR	It, Si,	-
<i>Cirrospilus ingenuus quadristriatus</i> (Subba Rao et Ramamani, 1966)	ASIE	-	Es, Isr, Ma, AUS, USA
<i>Cirrospilus brevis</i> Zhu, LaSalle et et Huang 2002 (= near <i>lyncus</i>)	EUR	E	-
<i>Cirrospilus pictus</i> (Nees, 1834)	EUR	Al, Es, It, Ma, Si	AMN
<i>Cirrospilus vittatus</i> Walker, 1838	EUR	Al, Es, It, Si	-
<i>Citrostichus phyllocnistoides</i> (Narayanan, 1960)	ASIE	Asie	Es, Gr, Isr, Ma, AUS
<i>Closterocerus cinctipennis</i> (Ashmead, 1888)	AMN	AMN	It
<i>Closterocerus formosus</i> (Westwood, 1833)	EUR, ASIE, AMN	Es, Gr, Isr, It, Jo, Si, Tq	Es, Gr, Isr, It, Jo, Si, Sy, Tq
<i>Diglyphus isaea</i> (Walker, 1838)	EUR, ASIE, AMN, AFR	Es	-
<i>Galeopsomyia fausta</i> (LaSalle 1997)	AMS	AMS	Es
<i>Pnigalio agraulis mediterraneus</i> (Ferrière et Delucchi, 1957)	EUR	Al, Si	-
<i>Pnigalio pectinicornis</i> (Linnaeus, 1758)	EUR	Al, Es	-
<i>Pnigalio soemnius</i> (Walker 1839)	EUR	Si	-
<i>Quadrastichus citrella</i> (Reina et La Salle)	Thaïlande	-	Es, Is, Ma, Si
<i>Ratzburgiola incompleta</i> Boucek	EUR	Isr, Si, Tq	-
<i>Semiela cher petiolatus</i> (Girault, 1915)	AUS	Al, Es, Gr, It, Ma, Tu	Al, Es, Ma, Si, Tu
<i>Sympiesis gregori</i> (Boucek)	EUR	Es	-
<i>Sympiesis notata</i> (Zetterstedt, 1838)	EUR	Es	-
<i>Zaomomentedon brevipetiolatus</i> (Kamijo, 1990)	AUS, ASIE	Isr	-
Encyrtidae			
	AUS, ASIE	Asie	Al, Es, Gr, It, Isr, Ma, Si, Tu AUS, AMN, AMS
<i>Ageniaspis citricola</i> (Logvinovskaya, 1983)			

Pays. Al : Algérie, Es : Espagne, Gr : Grèce, Isr : Israël, It : Italie, Jo : Jordanie, Si : Sicile, Sy : Syrie, Ma : Maroc ; Tu : Tunisie ; Tq : Turquie. Région. AFR : Afrique, ASIE, AMN : Amérique du Nord, AMS : Amérique du Sud, AUS : Australie, EUR : Europe. En gras : espèces exotiques introduites dans le Bassin méditerranéen.

D/. La mouche méditerranéenne des fruits *ceratitis capitata* (Wiedmanin ,1824)

Cet insecte de l'ordre des diptères, est largement dispersé en région Méditerranée où sa biologie est particulièrement liée à la présence de fruits sucrés.

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Diptera
Famille	Tephritidae Newman, 1834
Genre	<i>Ceratit</i> s MacLeay, 1829
Espèce	<i>Ceratit</i> s <i>capitata</i> (Wiedemann, 1824)

➤ **Description et biologie**

L'adulte mesure 4 à 5 mm avec un thorax noir, à pruinosités dessinant des bandes argentées ou grises et un abdomen élargi à bandes transversales alternées de grises et roses. La paire antérieure des soies orbitales mâles est de couleur noire et ressemblant à un cerf-volant (ou en pelle). Le Scutellum à bande transversale, sinueuse claire près du bord antérieur. Les trois taches du scutellum de couleur noire uniforme sont soudées entre eux dont celui du milieu est développée avec une bande jaune ondulée parcourant la base du scutellum. L'abdomen est alterné des bandes jaunes et roses. Les ailes sont claires sans bande foncée à l'extrémité de la nervure médiane (figure 54).



Figure 54: Femelle de *Ceratit*s *capitata*

Le développement des œufs, des larves et des adultes est influencé par la température de l'air; et le développement des pupes dépend de la température du sol. Dans les deux cas, il existe une température minimale en dessous de laquelle aucun développement mesurable n'a lieu. Ces seuils sont de 9,7 °C dans le sol et de 17 °C dans l'air.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Les mouches adultes récemment émergées du sol, se nourrissent de substances sucrées présentes sur les arbres fruitiers qui proviennent parfois du miellat secreté par les hémiptères. Les femelles ont en outre besoin de protéines afin de réaliser leur maturation sexuelle, dont la durée est assez courte (4 à 10 jours). Les mâles se rassemblent en groupes sur les plantes d'où ils émettent ensemble une phéromone sexuelle attirant les femelles. Peu après l'accouplement débute la ponte qui est fortement influencée par l'intensité lumineuse et a lieu de préférence dans une zone ombragée. Les femelles déposent leurs oeufs par petits paquets (3 à 7) sous l'épiderme du fruit-hôte, à 2-5 mm de profondeur. Après la ponte, la femelle dépose autour du point de piqûre une phéromone de marquage. La fécondité totale est d'environ 400-600 oeufs en conditions favorables. Les oeufs éclosent après 2 à 5 jours. Les larves s'enfoncent alors dans la pulpe du fruit, où le cycle larvaire, qui comprend trois stades, dure de 9 à 15 jours. En fin de développement, les asticots quittent le fruit pour s'enfoncer à faible profondeur dans le sol, où s'effectue la nymphose. Celle-ci s'effectue pendant une durée variable selon les conditions climatiques (10-11 jours en été et 18-20 jours en automne pour l'Europe). En conditions de température favorable, le cycle de développement complet dure d'une quinzaine à une vingtaine de jours (respectivement à 32 et 26 °C).

Le nombre de génération diffère d'une région à une autre et en fonction des conditions climatiques. Il peut atteindre 12 à 13 générations par ans dans certains pays comme à Honolulu (USA) et 2 à 3 générations dans d'autres comme dans la région parisienne. En Algérie, certains chercheurs ont compté jusqu'à 6 générations (figure 55).

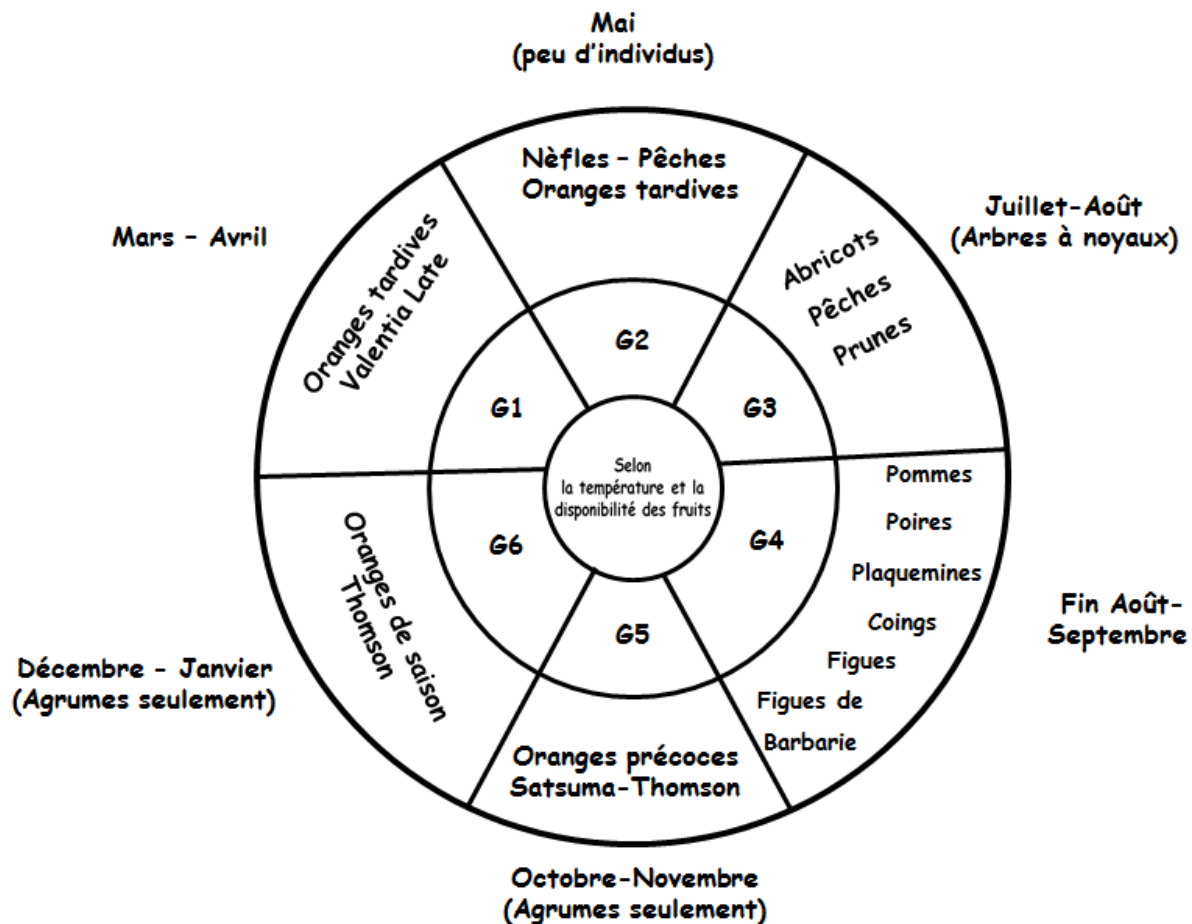


Figure 55: Cycle de développement de la cératite en Algérie en fonction des mois

➤ **Plantes hôtes**

La mouche méditerranéenne des fruits est un insecte très polyphage et exploite toutes les ressources alimentaires. Elle peut ravager un nombre important des plantes et arbres à noyaux et à pépins, la figure (54) montre la liste de ses hôtes.

➤ **Dégâts**

Les dommages causés par la cératite sont des piqûres de pontes de la femelle qui donnent un mauvais état de présentation aux fruits d'agrumes, et des galeries dans les fruits engendrés par les larves et qui entraînent la pourriture des fruits. En outre, ces galeries et ces piqûres constituent une voie de pénétration à des champignons et des bactéries qui sont responsables de la décomposition et la chute prématurée des fruits (figure 56).

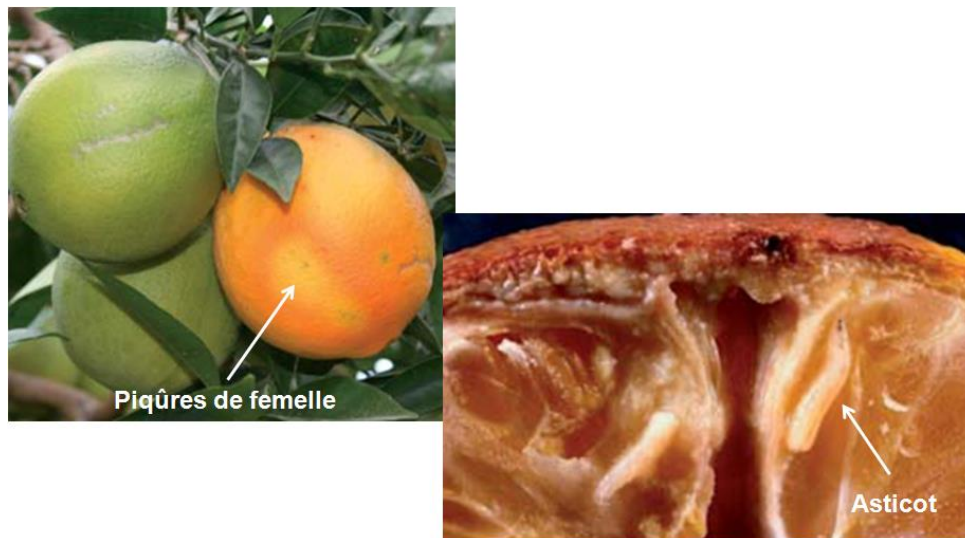


Figure 56: Dégâts de la cératite sur fruit d'agrumes

➤ Moyens de lutte

Lutte préventive

- Eviter de mettre en place des cultures hôtes ou variétés à maturité chevauchante. Il est également conseillé d'éviter la présence d'autres plantes hôtes dans les vergers agrumicoles à savoir les néfliers, les bigaradiers, les figuiers de Barbarie.
- Ramassage des fruits non commercialisables ainsi que ceux infestés sur et sous les arbres avant la sortie des larves des fruits.

Lutte biologique

L'utilisation des ennemis naturels qui s'attaquent aux larves âgées et jeunes pupes qui se trouvent dans le sol. Parmi ces ennemis on trouve des parasitoïdes comme *Opius concolor*, *Opius incisi*, *Opius kraisi* qui ont pu atténuer l'effectif de la population du ravageur. D'autres parasitoïdes comme *Diachasmimorpha tryoni* et *Fopius arisanus* ont été utilisés en Australie, Hawaï et dans le sud et le centre de l'Amérique et qui ont prouvé une efficacité satisfaisante.

Lutte biotechnique

- Utilisation des attractifs sexuels mélangés avec des insecticides. Ces attractifs attirent les mâles et les tuent par contact. En visant sélectivement les mâles, le sexe ratio de la population est perturbé et diminue ainsi le nombre des œufs fécondés ;

- Confusion sexuelle qui consiste à diffuser dans l'atmosphère du verger des quantités importantes de phéromones sexuelles de synthèse pour la désorientation des mâles et empêcher ainsi la rencontre des deux sexes ;
- Piégeage massif par l'utilisation des pièges McPhail appâtés avec des attractifs alimentaires et des chimio-stérilisants réduit significativement l'infestation. Ce type de piège se compose d'une base en forme d'entonnoir inversé couvert par une cloche transparente. À l'intérieur de la partie supérieure de la cloche se trouve un distributeur central de phéromone. Les pièges sont utilisés en combinaison avec les diffuseurs de phéromone spécifiques (capsules). Les insectes pénètrent dans le piège par l'ouverture de l'entonnoir inversé, en réponse à la phéromone qui pend dans la partie supérieure de la cloche. Une fois à l'intérieur du piège, les insectes restent attirés par l'odeur de la phéromone et par la lumière pénétrant dans la partie supérieure transparente. Épuisés, ils finissent par tomber et se noyer dans la solution d'eau savonneuse du fond de l'entonnoir. Cette technique permet de réduire aussi bien la densité de la population que le taux d'infestation des fruits sous certaines conditions climatiques (température, pluviométrie.) (figure 57) ;
- La Technique de l'Insecte Stérile (**TIS**) qui consiste à traiter les pupes mâles de la cératite avec de faibles doses d'irradiations (rayons Gamma) qui sont capables de stériliser l'insecte. Après l'élevage de masse puis la stérilisation de ces pupes, vient l'étape de la dispersion d'un nombre important dans l'environnement de ces derniers, afin d'impliquer une forte probabilité d'accouplement entre mâles stériles et femelles sauvages de la cératite et par conséquent une production des œufs non fécondés.

Lutte chimique : c'est le dernier recours pour protéger l'environnement de ses inconvénients.

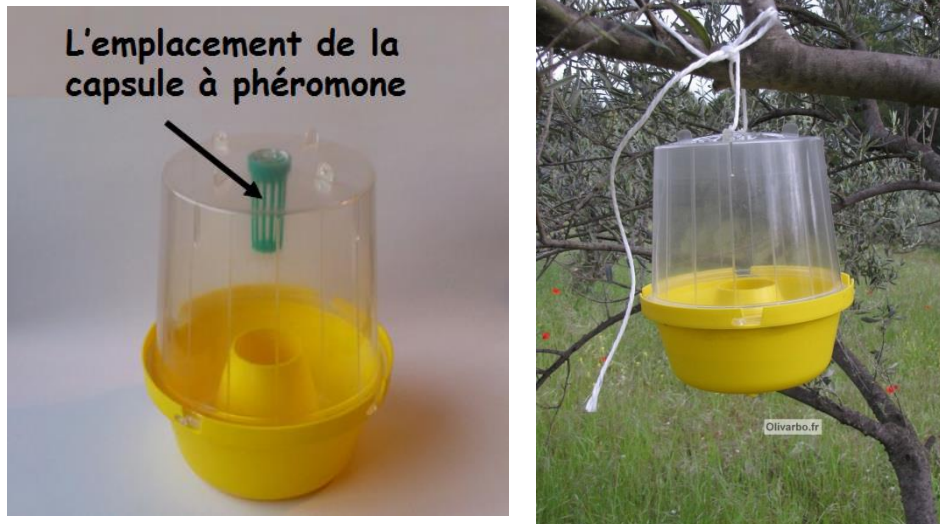


Figure 57: Piège McPhail pour la capture des mouches

1.1.2.3.2. Ravageurs de l'olivier

l'olivier est arbre résistant et rustique, mais malgré ça on trouve des insectes ravageurs qui lui attaquent et provoquent des dégâts considérables, comme la mouche d'olivier, la teigne d'olivier, le charançon d'olivier et les thrips. Le plus redoutable parmi eux est la mouche *Bactrocera oleae*.

❖ **Etude d'un cas: Mouche d'olivier *Bactrocera (Dacus) oleae* (Rossi, 1790)**

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Diptera
Famille	Tephritidae Newman, 1834
Genre	<i>Bactrocera (Dacus)</i>
Espèce	<i>Bactrocera (Dacus) oleae</i> (Rossi, 1790)

➤ **Description et biologie**

L'adulte mesure 4 à 5 mm de long, son thorax est noir et se termine par un triangle blanc crème. Les pattes sont orangées. L'abdomen est également orange avec des taches noires. Les ailes sont transparentes, avec un point noir à leur extrémité, caractéristique de l'espèce. Le mâle et la femelle ont la même taille. La femelle possède seulement un abdomen un peu plus large et un ovipositeur de ponte à l'extrémité de celui-ci (figure 58).



Figure 58: Femelle de *Bactrocera oleae*

La mouche de l'olive est un insecte holométabole qui se caractérise par la présence de trois stades très différenciés « larve, puppe et mouche adulte ». La puppe passe l'hiver dans le sol ou dans les olives adultes et donne un imago qui émerge au mois de mai et juin. La femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs dès son accouplement dans les olives les plus attractives, à raison d'un œuf par fruit, et donne naissance à la première génération. La larve se développe aux dépens de la pulpe de l'olive puis elle se pupifie à l'intérieur du fruit pour donner un adulte. Quand l'automne arrive, et la larve termine son développement et que l'olive devient très mûre, la larve tombe au sol et se nymphose. Cette puppe est assez tolérante au froid (T° minimale létale autour de 0°C) et aux produits de traitements. Il peut réaliser 4 à 5 générations entre le début de l'été jusqu'à la fin du mois d'octobre.

Une génération dure entre 25 et 30 jours en été, depuis la ponte de l'œuf jusqu'à la maturité sexuelle des femelles adultes. Cette durée de développement augmente en automne.

➤ **Plantes hôtes**

Cet insecte ne se développe que sur l'olivier et sa forme sauvage, l'oléastre.

➤ **Dégâts** (figure 59).

- Une dégradation de la chair de l'olive par les larves ce qui provoque une augmentation du taux d'acidité et de l'indice de peroxyde de l'huile produite ;
- Les olives atteintes chutent prématurément ;
- Une diminution du rendement en huile.



Figure 59: Dégât d'attaque de *Bactrocera oleae* sur olive

➤ **Moyens de lutte**

Comme méthode préventive, on trouve le travail du sol en hiver et le passage régulier de griffes visant à retourner les cinq premiers centimètres de sol, sous les arbres où on trouve généralement les pupes de cet insecte, afin d'exposer ces dernières à l'humidité, au gel éventuel, ou aux prédateurs présents au sol comme les arachnides, les fourmis, les staphylins ...etc.

Il est intéressant de repérer la période du vol de cet insecte afin de choisir le bon moment de traitement; Pour cela, on utilise ces pièges:

- Des pièges chromatiques et sexuel ; c'est une plaque jaune engluée avec une capsule de phéromone spécifique de la mouche de l'olive (1 à 3 /ha),
- Des pièges de type « Dacus Stick »

En curative et dès l'apparition des premières mouches dans les pièges, on utilise un insecticide biologique qui s'appelle Synéis Appât, qui contient une molécule insecticide « le Spinosad » et des substances attractives pour la mouche de l'olive. Il faut pulvériser la bouillie de ce produit en grosses gouttelettes. Ces dernières lorsqu'elles

sont déposées sur le feuillage jouent alors le rôle de micro-piège pour les mouches de cet insecte.

Comme lutte biologique, on peut utiliser des insectes parasitoïdes tel que *Psytalia lounsburyi* et *Psytalia humilis* (Hymenoptera : Opiinae).

1.1.2.3.3. Ravageurs des rosacées :

1.1.2.3.3.1. Cas de pommier et poirier (à pépins) (étude d'exemples)

Les insectes ravageurs qui s'attaquent à ce type d'arbres font partie généralement de l'ordre des hémiptères (pucerons, cochenilles) et des lépidoptères (le carpocapse, la tordeuse). Le plus redoutable parmi ces ravageurs est le carpocapse *Cydia pomonella* (Linnaeus), mais il existe d'autres aussi comme le pou de san-José (cochenille).

A/. Le carpocapse *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758)

➤ Systématique

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lepidoptera
Famille	Tortricidae Latreille, 1802
Genre	<i>Cydia</i> Hübner, 1825
Espèce	<i>Cydia pomonella</i> (Linnaeus, 1758)

➤ Description et biologie

Le carpocapse des pommes et des poires est un ravageur redoutable pour les vergers des rosacées. C'est un micro-lépidoptère de 18 mm d'envergure dont la larve qui cause les dégâts sur fruits (figure 60).

Les ailes antérieures de l'adulte sont striées de fines lignes sombres et présentent une tache ovale brune bordée de deux liserés brillants à leur extrémité. Les ailes postérieures sont, quant à elles, colorées en brun cuivré. Son œuf mesure environ 1.3 mm de diamètre, en forme de lentille. Avec une couleur grise après sa ponte qui devient comme un point noir avant l'éclosion. La larve mesure 1.4 mm après l'éclosion, de couleur blanchâtre et devient rose au fur et à mesure.



Figure 60: Adulte de *Cydia pomonella* sur pommier

Cinq à douze jours après l'accouplement, la femelle dépose ses œufs (100 à 200 œufs) sur l'arbre et ceci au crépuscule ; à une température supérieure à 15 °C et une hygrométrie supérieure à 60%.

Après l'éclosion, la larve se balade 1 à 2 jours en cherchant un site d'entrée dans le fruit. Cette durée diminue en cas de forte chaleur.

Après la pénétration dans le fruit, la larve creuse une galerie en spirale, d'abord juste sous la surface du fruit, puis s'oriente vers la zone des pépins. Elle complète son développement larvaire dans le fruit en passant par 5 stades larvaires pendant 20 à 30 jours.

Ensuite, la larve quitte le fruit et cherche un abri pour tisser son cocon. En fonction des conditions climatiques, elle pourra alors soit se nymphoser directement, conduisant à une nouvelle génération dans la même saison sans hibernation ou diapause, soit entrer en diapause pour passer l'hiver sous forme de cocon larvaire (figure 61).

Cette forme de diapause qui caractérise le cycle évolutif du carpocapse se poursuit quelques mois jusqu'à ce que les conditions climatiques deviennent favorables pour la transformation de la chenille en chrysalide (nymphe), pour donner des adultes qui vont assurer à leur tour la première génération de l'année.

Cette première génération se déroule entre début mai et fin juin, la seconde entre début juillet et 15 août. La troisième, incomplète, commence la deuxième quinzaine d'août et la presque totalité des larves L5 qui en sont issues entrent en diapause avant la récolte.

Certains individus non touchés par la diapause peuvent engendrer une quatrième génération sans importance pour la culture.



Figure 61: Larve adulte formant un cocon d'hivernation

➤ **Plantes hôtes**

On le retrouve également sur noyer, cognassier, occasionnellement sur abricotier et prunier. Cet insecte s'attaque aux fuits à pépins et à noyaux.

➤ **Dégâts**

Les dégâts sont causés par les chenilles de cet insecte. Ils sont généralement de deux types sur pommier et poirier :

- De légères morsures superficielles, faites par les jeunes chenilles au moment de leur stade baladeur qui dure deux jours environ. Ces attaques bien remarquables sur les fruits verts se cicatrisent et forment des taches liégeuses ;
- Des galeries en spirale, orientées vers les pépins et encombrées de déjections larvaires, résultant des dommages provoqués par le mâchage des chenilles (figure 62). Les fruits ainsi rongés peuvent avorter lorsque l'attaque intervient juste après la floraison, tomber précocement (caractéristique du carpocapse), ou mûrir prématurément lorsque l'attaque est plus tardive.



Figure 62: Dégât du carpocapse de pomme sur fruit

➤ **Moyen de lutte**

- On peut lutter preventivement par la détection des premiers vols des adultes en utilisant des pièges d'attraction avec phéromone et cela, afin de choisir le bon moment de traitement contre les adultes et surtout contre les œufs, par l'utilisation des insecticides pour tuer les adultes ou bien des ovicides contre les œufs ;
- Élimination du bois de taille et le ramassage des fruits tombés
- Mettre en place des pièges à larve (placer des bandes de carton ondulé de dix à vingt centimètres de hauteur autour des troncs, à au moins vingt centimètres du sol (1 mètre de hauteur en général), qui vont servir de refuge aux larves et que vous pourrez détruire (figure 63) ;
- Utilisation des produits biologiques à base de virus (Granulovirus) ou des bactéries comme la *Bacillus thuringiensis*. Cette méthode est efficace contre le stade baladeur de carpocapse c'est-à-dire avant d'entrer dans le fruit, et quand la larve prend la première morsure et ingère le virus ou la bactérie qui se trouve sur le fruit.



Figure 63: Carton ondulé sur tronc de pommier

B/. Pou de San-José *Diaspidiotus perniciosus* (Comstock, 1881)

Le pou de San José *Diaspidiotus perniciosus* est une cochenille qui peut affecter plusieurs espèces végétales. C'est un ravageur de quarantaine dont le contrôle est donc obligatoire.

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Sternorrhyncha
Super-famille	<i>Coccoidea</i>
Famille	<i>Diaspididae</i> Targioni-Tozzetti, 1868
Genre	<i>Diaspidiotus</i> Berlese , 1896
Espèce	<i>Diaspidiotus perniciosus</i> (Comstock, 1881)

➤ **Description et biologie**

C'est une cochenille à bouclier où on trouve la femelle cachée et fixée sur la plante. La couleur de ce bouclier est grise à noire et son diamètre environ 2mm. Le mâle est, comme la plupart des autres cochenilles, rare et difficile à détecter sans piégeage.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

La larve du premier stade larvaire est jaune et mobile, mais une fois fixée sur le site nourricier, elle perd ses pattes et secrète son bouclier qui est blanc au début puis devient gris foncé puis noir au dernier stade larvaire.

La première mue de la larve se déroule au bout de quelques jours seulement. C'est à partir de deuxième stade larvaire quand on peut distinguer les larves mâles et femelles et cela par la forme de bouclier dont il est circulaire chez la femelle, alors qu'il est allongé chez le mâle. En suit, deux autres mues se déroulent pour transformer les larves non matures en femelles adultes et matures. Le cycle généralement dur entre 20 et 30 jours à des températures comprises entre 30 et 31°C . Les mâles éclosent et sortent de leurs boucliers et deviennent ailés avec une paire d'ailes.

Après l'accouplement, et comme la femelle est vivipare, elle produit des larves tous les jours pendant 6 à 8 semaines (400 larves aux moyennes).

Le nombre de générations est entre 2 et 4 par an.

➤ **Plantes hôtes**

Poirier, Pommier, Pêcher, Prunier, Abricotier

➤ **Dagâts**

Cet insecte est un piqueur suceur de sève, et il touche les rameaux et les branches et quand son nombre augmente, il migre vers les feuilles, les pousses terminales et les fruits. Il entraîne des déformations des organes touchés avec les toxines injectées. On peut observer aussi des encroutements sur les rameaux et les branches touchés.

Dans les 24 h suivant la fixation d'une jeune larve, on observe un halo rouge-violet se forme autour du bouclier, sur les fruits jaunes, ou clair sur les fruits rouges. Elle infeste l'ensemble de l'épiderme de fruit et dans certaines situations seulement la cavité pédonculaire. Une forte infestation provoque l'arrêt de la croissance des fruits et des pertes de rendement en quantité et en qualité (figure 64).



Figure 64: Pou de San José sur pomme

➤ **Moyens de lutte**

Comme mesures préventive :

- Éliminer les branches et rameaux infectés ;
- Les traitements d'hiver réduit le maximum des formes hivernantes ;
- Éliminer les débris de taille et les bruler ;
- Traiter dès l'apparition de la première génération.

La lutte chimique se fait par des traitements d'hiver à base d'huiles minérale (blanche) suivis par l'application d'insecticides homologués au printemps et en été.

On peut utiliser des parasitoides (*Aphytis melinus* DeBach, *Prospaltella perniciosi* Tower, 1913) et des prédateurs (*Chilocorus* spp) pour minimiser les dégâts de cet insecte.

1.1.2.3.3.2. Cas de pêchers, pruniers, abricotiers, amandiers (à noyaux) :

- Étude de cas: Capnode du pêcher *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1761)

C'est un insecte redoutable et endommageable pour les arbres à noyaux

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coleoptera
Famille	Buprestidae Leach, 1815
Genre	<i>Capnodis</i> Eschscholtz, 1829
Espèce	<i>Capnodis tenebrionis</i> (Linnaeus, 1761)

➤ **Description et biologie**

C'est un coléoptère de 16 à 26 mm de long. Les mâles ne dépassent pas 20 mm. La tête est large, enfoncée et cachée par un thorax massif tacheté. Le corps est gris-noir trapu rétréci vers l'arrière. La dureté des élytres est remarquable. Les femelles représentent 90 % des individus de la population. Il présente un vol typique, lourd et bruyant. Concernant la larve, elle est de grande taille et de couleur blanche, et de 60 à 65 mm de long vers la fin de son développement. Ses pièces buccales broyeuses sont facilement visibles. Elle se caractérise par des segments abdominaux aplatis et bien distincts. La tête est profondément encastrée dans le prothorax qui est beaucoup plus large que l'abdomen (larve marteau) (Figure 65).



Figure 65: Adulte et larve marteau de *Capnodis tenebrionis*

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Ce ravageur hiverne sous forme larvaire dans les racines ou d'adulte caché sous divers abris dans le verger ou dans d'autres sites proche. Il présente une génération.

Les premiers adultes émergent dès la fin du mois de mai, et l'accouplement et la ponte débutent peu de temps après et se poursuit durant tout l'été. Elle se termine généralement fin septembre.

La fécondité des femelles peut atteindre une centaine d'œufs, qui seront déposés sur le sol dans un rayon de 60 cm autour du tronc et parfois sur l'écorce de l'arbre au niveau du collet. L'incubation de ces œufs peut durer de 7 à 45 jours en fonction des conditions climatiques. Elles résistent bien aux températures élevées de l'été mais mal à un excès d'humidité du sol.

Les larves s'enfoncent dans le sol après leurs éclosions et pénètrent dans les racines qui se situent entre 10 à 25 cm de profondeur.

Le stade larvaire dure généralement de 11 à 23 mois, au cours desquels la larve passe par 4 stades avant de se nymphoser dans une loge de 3 cm de long creusée sous l'écorce. La nymphose n'excède pas un mois. Le cycle biologique de l'insecte étant long, tous les stades de développement de l'insecte se retrouvent durant tout l'été avec un chevauchement de générations. Ainsi, des larves de tailles différentes peuvent s'observer dans les racines d'un même arbre (figure 66).



Figure 66: Larves et nymphes de *Capnodis tenebrionis*

➤ Plantes hôtes

Les espèces fruitières préférentielles sont en ordre comme suit : Cerisier, Abricotier, Prunier, Pêcher et Amandier.

➤ Dégâts

Les dégâts les plus importants sont occasionnés par les larves qui s'attaquent aux vaisseaux conducteurs de la sève et par conséquent les arbres s'alimentent difficilement et peuvent entraîner la mort de ces derniers. Les larves affaiblissent progressivement l'arbre, en creusent des galeries entre le bois et l'écorce sur les racines et le collet (figure 67).



Figure 67: Galeries provoquées par la larve de capnode

La gravité des dégâts est liée surtout à la vigueur des arbres et au nombre de larves.

Les jeunes vergers sont les plus exposés aux attaques.

Les arbres attaqués présentent un aspect chlorotique de feuillage et des branches dépéris avec une croissance ralentie.

Concernant les dégâts des adultes, ces derniers ne sont pas de nature à mettre la vie du verger en péril. On remarque généralement, comme symptômes, que l'écorce des jeunes rameaux et les feuilles sont rongées. Les pétioles de feuilles ou de feuilles vertes tombées au sol peuvent être une indication aussi de la présence d'adultes. On remarque aussi l'apparition de gommose importante au niveau des troncs et des branches, suite aux attaques des larves (figure 68).

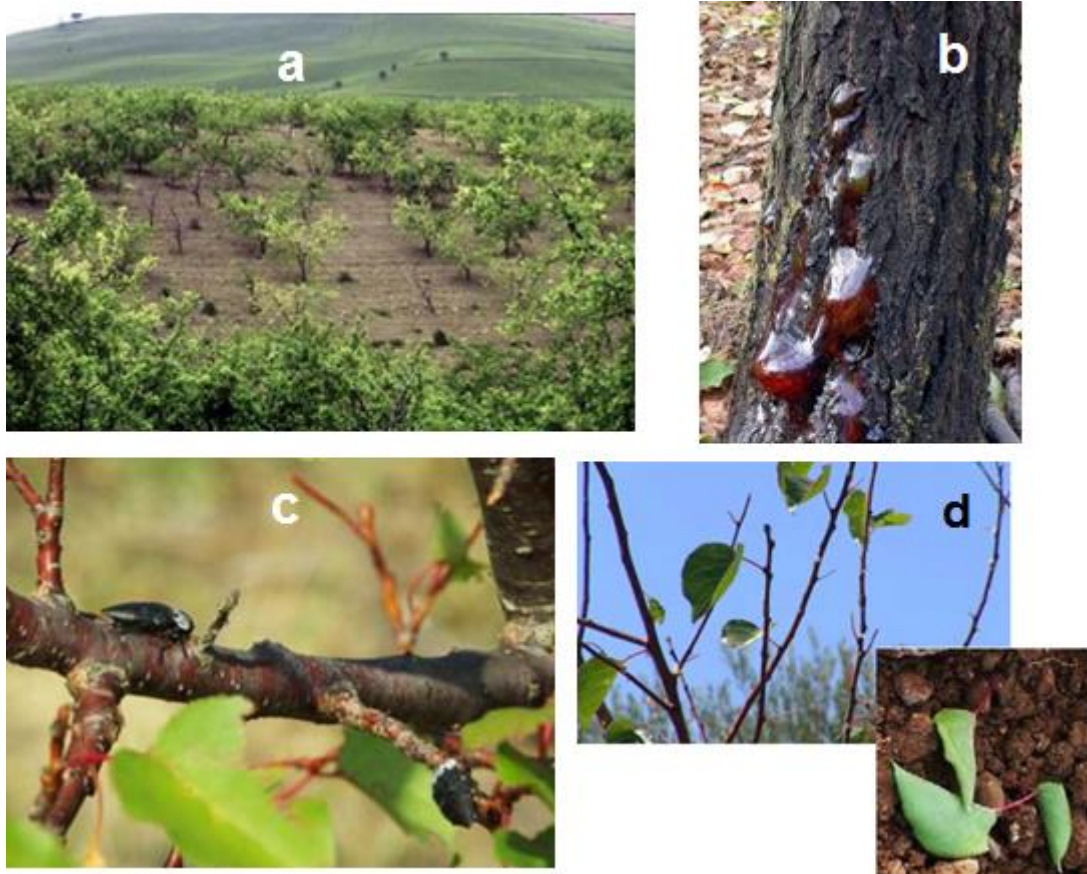


Figure 68: Dégâts de capnode sur arbre, **a** : des arbres coupés, **b** : gommose sur tronc, **c** : adulte sur rameaux, **d** : des rameaux sans feuilles et feuilles tombées au sol

➤ **Moyens de lutte**

Lutte indirecte

Maintenir une bonne vigueur des arbres par des soins culturaux appropriés et par une bonne fertilisation.

Bien irrigué les arbres, car les œufs et les jeunes larves sont sensible à l'humidité, car des dégâts ont été observés dans des vergers moins irrigués ou irrigués avec le système goutte-à-goutte.

Lutte chimique

Pour que la lutte soit efficace, deux traitements sont à envisager :

• **Le premier traitement :**

Il est appliqué au printemps, sur les arbres attaqués seulement. Il consiste à aménager une cuvette de 75 cm autour du tronc et de la traiter en épandant un insecticide en poudre approprié et de l'enfouir par un binage suivi d'un arrosage avec 15 à 20 litres d'eau, afin de s'assurer que le produit soit bien dissous et pénétré dans le sol.

- **Le deuxième traitement :**

Préconiser 1 mois et demi après le premier traitement. Mais dans ce cas, le traitement concerne tous les arbres du même verger où l'attaque est observée. Il consiste à un traitement insecticide du collet et du tronc et aussi 50 cm de sol pour tuer les femelles pondueuses et les jeunes larves avant de leur pénétration en profondeur sous l'écorce du tronc et du collet.

- **Traitement du feuillage :** Dirigé contre le capnode adulte et limite les dégâts sur feuille et jeunes pousses

Capnodage : Technique basée sur le ramassage manuel des insectes adultes sur l'arbre et le sol.

1.1.2.3.4. Ravageurs des vignobles (Eude de cas)

La vigne est une culture comme toute autre plante, sensible à un nombre non négligeable d'insecte ravageur. On cite parmi eux, des micro-lépidoptères (Eudémis, Cochylys, Eulia), des hémiptères (pucerons, la cicadelle de la flavescence dorée, la cicadelle **des grillures, cochenilles**), et des Diptères (**Drosophiles**).

A/La tordeuse des grappes Eudémis : *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775)

C'est un ravageur très redoutable sur vigne de la région méditerranéenne. Il est réglementé aux plusieurs pays dans le monde comme ravageur de quarantaine.

- **Systématique .**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lepidoptera
Famille	Tortricidae Latreille, 1802
Genre	<i>Lobesia</i> Guenée, 1845
Espèce	<i>Lobesia botrana</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)

- **Description et biologie**

L'adulte est un papillon minuscule dont l'envergure est comprise entre 10 et 13 mm. Sa tête et son thorax sont de couleur blanche et ses ailes antérieures de couleur brune blanchâtre ornées de motif complexe brun et gris violacé et d'une bande médiane brune foncé et frangées de poils vert olive.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Les œufs ont la forme de lentille et sont pondus isolés, puis collés sur la surface de la baie. Environ 3 jours avant l'éclosion, la capsule céphalique de la jeune larve, ainsi que ses mandibules sont observables par transparence : il s'agit du stade tête noire.

Les chenilles ont une tête et un thorax jaune brun. Leur taille avant nymphose est inférieure à 2.5 cm.

On trouve chez les femelles une pigmentation ventrale brune, alors que chez le mâle l'abdomen étant plus clair.

L. botrana présente habituellement trois générations par an, et parfois une quatrième dans certaines régions.

Le démarrage du cycle en saison a lieu au début du printemps lors du débourrement, avec l'émergence des adultes issus des chrysalides hivernantes de fin mars à mi-avril. Ce début de **1^{er} vol** se caractérise par le phénomène de protandrie¹⁰. Ce décalage temporel, (entre l'apparition des mâles et femelles), peut durer de deux jours à une semaine selon les régions.

Des mœurs crépusculaires, l'eudémis peut cependant s'activer en pleine journée par temps couvert. On voit aisément le papillon voleter en zigzag rapide au-dessus du feuillage.

L'accouplement a lieu dès le coucher du soleil. Les femelles fécondées pondent après 48h en fin de journée, si les températures et l'humidité sont favorables. La ponte a lieu sur les bractéoles des boutons floraux et sur la base de ces derniers (figure 69a). La fécondité de chaque femelle se situe entre 50 et 80 œufs.

L'incubation des œufs dure de sept jours à 18°C à onze jours à 15°C.

Après l'éclosion, la jeune chenille (stade baladeur) perfore un bouton floral puis les voisins qu'elle agglomère en tissant un fil soyeux pour former le « glomérule » (figure 69b-c). Cette sorte de nid grossira au fur et à mesure du grossissement de la chenille qui passera par cinq stades larvaires successifs protégés à l'intérieur du glomérule. C'est un caractère aisément repérable et symptomatique de l'attaque. Après le dernier stade larvaire, la chenille cherche un lieu de nymphose qui est généralement soit dans les anfractuosités de l'écorce, ou dans la grappe, ou sur le bord inférieur des feuilles ou dans le sol, mais le site le plus préférable par ces chenilles est le bord inférieur des

¹⁰ **Protandrie** : l'apparition des mâles avant les femelles

feuilles. La nymphose dure généralement une semaine à une dizaine de jours selon les conditions pour donner des adultes de deuxième génération.

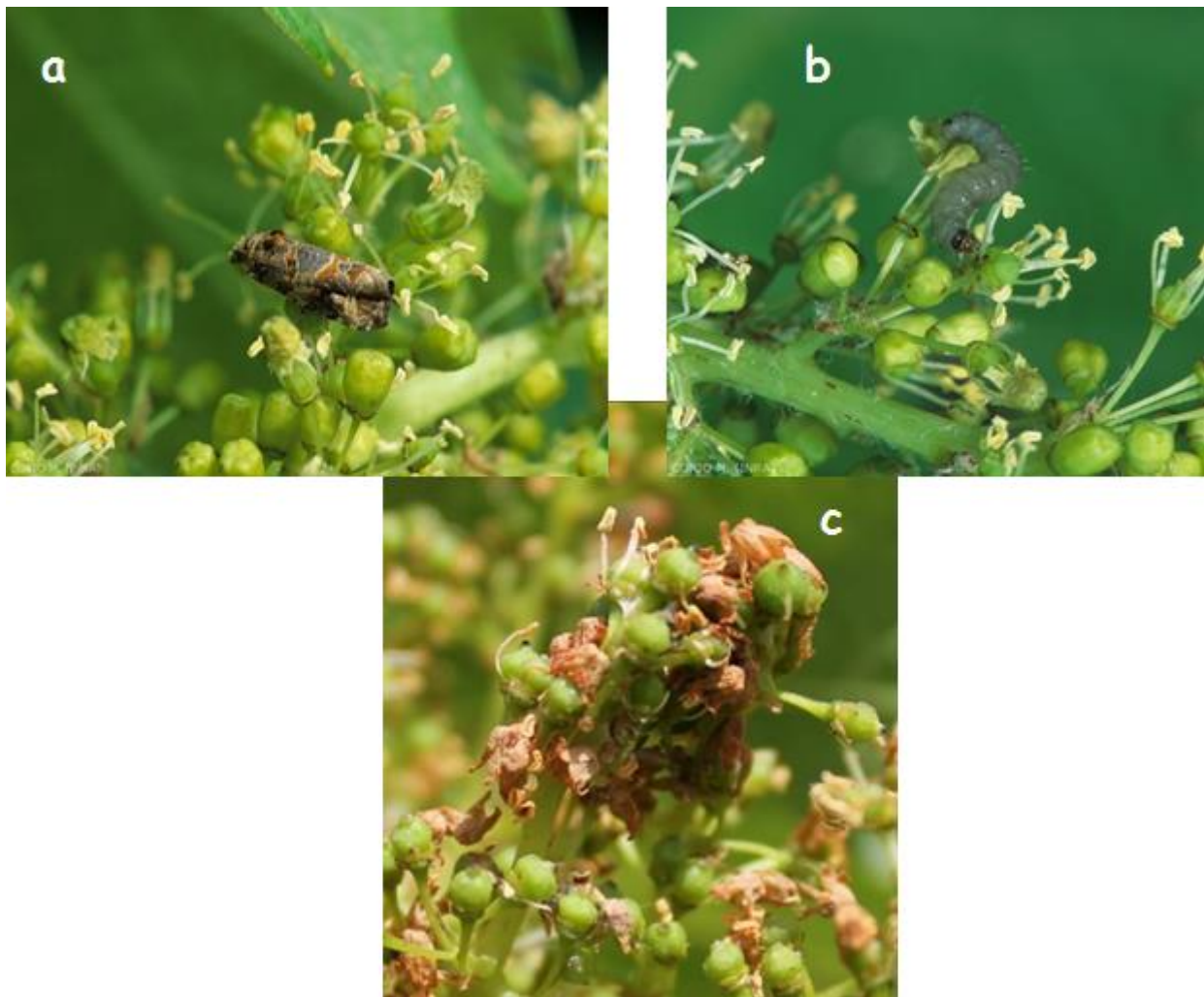


Figure 69: Eudémis de la vigne , **a** : Adulte du 1er vol sur une inflorescence, **b** : Une chenille de 1ère génération, **c** : une glomérule

Le deuxième vol débute habituellement fin juin au début de juillet et qui s'échelonne sur trois à cinq semaines. On observe dans cette génération, une synchronisation au stade phénologique "baies à la taille de petits pois". Les adultes s'accouplent et les femelles pondent leurs œufs de 2^{ème} génération isolément sur les baies vertes en cours de formation. Après l'éclosion et le stade baladeur, la chenille perce une baie pour y former une galerie sous l'épiderme. Elle pourra s'attaquer aux baies voisines formant ainsi un foyer de 3 à 5 baies, souvent appelé « perforation ». Ces perforations vont faciliter l'installation de *Botrytis cinerea* et d'autres types de champignons sur les baies. La nymphose s'effectue préférentiellement sur le bord inférieur des feuilles. Elle dure 5 à 7 jours pour donner naissance aux papillons de 3^{ème} génération.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Au début de la véraison, vers fin juillet ou la première quinzaine d'août, apparaissent les papillons de 3^{ème} génération. Les œufs sont pondus sur les raisins (figure 70). Après l'éclosion, les chenilles vont perforer les baies mures dont la sensibilité est importante à l'installation des champignons comme *Botrytis cinerea*. Au mois de septembre, les chenilles se nymphosent sous l'écorce des cepes ou dans des anfractuosités des achalas et donnent des chrysalides diapausantes capables de passer l'hiver (figure 71).

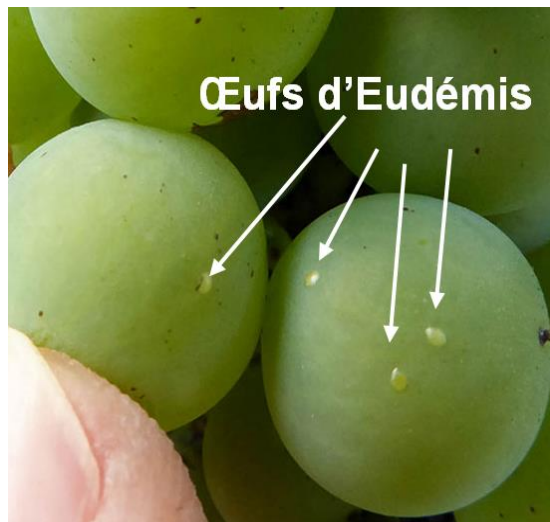


Figure 70: Des œufs d'Eudémis sur baies de vigne

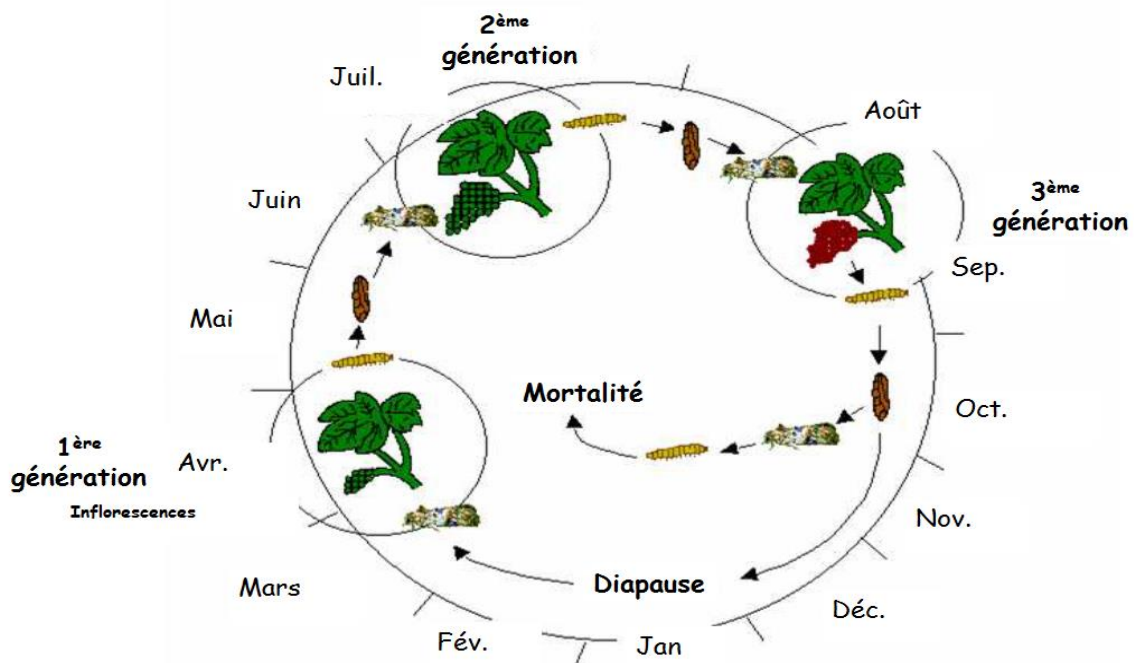


Figure 71: Cycle de développement de l'Eudémis de la vigne

➤ Plantes hôtes

C'est une espèce polyphage capable de s'alimenter sur différentes plantes appartenant à différentes familles, citant quelques exemples : Kiwi, Néflier commun, Olivier, Prunier mirabelle, Poirier, Grenadier, Framboisier, Romarin, Luzerne, Chèvrefeuille commun...etc.

➤ Dégâts

Nuisibilité directe

Elle correspond à la perte quantitative de récolte due principalement à l'activité larvaire qui détruit les fleurs et les baies par morsures. À la première génération, lorsque le nombre de glomérules reste limité à deux par grappe, le poids de la récolte n'est généralement pas affecté. Cependant, pour des cépages sensibles à la coulure, comme le Merlot, il est indispensable d'intervenir chimiquement à ce seuil de deux glomérules par grappe.

Nuisibilité indirecte

Il s'agit généralement de l'activité des chenilles des générations estivales dans l'installation et la propagation des pourritures grises sur les baies, et donc la destruction de la récolte indirectement (figure 72).

La création des voies d'entrer pour d'autres maladies fongiques comme la pourriture noire à *Aspergillus*, et aussi les drosophiles (mouches) peuvent profiter des blessures de la baie pour s'installer et pondre leurs œufs à l'intérieur et provoquent par conséquent la pourriture acide.



Figure 72: Dégâts sur baies de vigne par la tordeuse des grappes Eudémis

➤ Moyens de lutte

- ✓ Piéger les adultes pour estimer la phase du cycle de l'insecte : avec des pièges à phéromones qui attirent les mâles. La mise en place des pièges doit se faire dès le début présumé de vols, ceux-ci doivent être examinés 2 à 3 fois par semaine.
- ✓ Évaluer le nombre des glomérules par 100 grappes afin, de déterminer le seuil d'intervention par génération. Dans la première génération, le seuil d'intervention est 30 à 70 glomérules/100 grappes, alors que dans la deuxième et la troisième génération où les dégâts sont importants et la présence des chenilles dans les grappes peut engendrer d'autres types de maladies secondaires comme la pourriture grise, le seuil est de 5 glomérules/100 grappes dans la deuxième génération et 3 glomérules dans la troisième génération pour lancer un traitement chimique.
- ✓ Mettre en place la confusion sexuelle si possible, par l'utilisation d'un nombre important de diffuseurs de phéromones par unité de surface pour désorienter les mâles et de les empêcher de repérer les femelles. Le nombre de diffuseurs recommandé est de 50 par hectare, à raison d'un diffuseur par 20 m². Cette opération s'effectue juste avant le **1^{er} vol** ; fin mars début avril, c'est-à-dire parfois avant l'apparition des premières feuilles. Afin d'éviter l'apparition des zones sans phéromone dans le vignoble, en raison du vent par exemple, la densité des diffuseurs est renforcée en bordure de parcelle (figure 73).

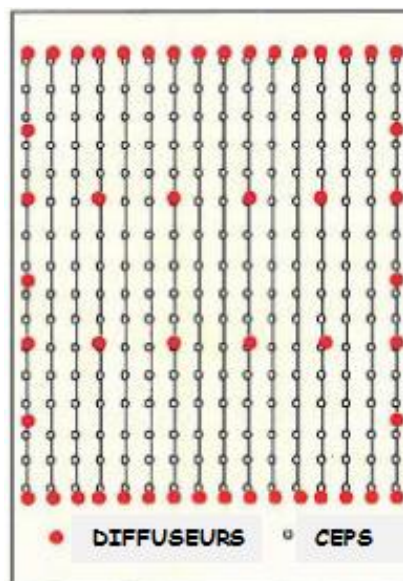


Figure 73: Répartition des diffuseurs de phéromone dans une parcelle de vigne

- ✓ Utilisation des ennemis naturels comme les parasitoïdes : les trichogrammes contre les œufs, et des ichneumons contre les chenilles (*Campoplex capitator*, *Exochus tibialis*) et des diptères comme *Phytomyptera* sp contre les chenilles aussi. On peut utiliser aussi des prédateurs comme les punaises (*Orius* sp.) et des araignées (Salticidae).

B/. Cicadelle de la flavescence dorée *Scaphoideus titanus* Ball, 1932

Cet insecte est une espèce ampélophage, c'est-à-dire qui s'attaque à la vigne.

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Hémiptère
Sous ordre	Cicadomorpha
Famille	Cicadellidae
Genre	<i>Scaphoideus</i> Uhler, 1889
Espèce	<i>Scaphoideus titanus</i> Ball, 1932

➤ **Description et biologie**

La taille des larves de *Scaphoideus titanus* varie en moyenne de 1,5 mm (à l'éclosion) à 5,5 mm pour le dernier stade larvaire. La coloration des individus s'assombrit avec le développement larvaire, passant du blanc hyalin au brun avec des taches plus foncées. Deux points noirs latéraux situés à l'extrémité de l'abdomen sont caractéristiques des larves de cet insecte.

Le mâle est plus petit que la femelle (5 à 6 mm et 6.5 à 7.5 mm respectivement). Les ailes antérieures sont brunâtres et tachetés de noir. On trouve un dimorphisme sexuel entre la femelle et le mâle au niveau de la tête, et plus précisément au passage du vertex à la face où on trouve 3 bandes transversales sombres chez la femelle alors que chez le mâle on trouve qu'une seule (figure 74).



Figure 74: Adulte de *Scaphoideus titanus*

Les larves se localisent principalement à la face inférieure des jeunes feuilles de la base des ceps et sur les gourmands. *S. titanus* s'alimente préférentiellement du contenu du phloème mais peut aussi se nourrir du xylème, ou du parenchyme et excrète une grande quantité de miellat. Les exuvies, très reconnaissables, restent attachées à la face inférieure des feuilles.

Ce ravageur est univoltin (une génération / an), qui hiverne à l'état œuf. Durant l'été, les femelles gravides insèrent leurs œufs en groupe de huit à dix, à l'aide de leur ovipositeur court et incurvé, dans l'écorce des bois de vigne de deux ans, en particulier au niveau des craquelures longitudinales de l'écorce. Les froids hivernaux sont nécessaires à la levée de la diapause des œufs qui éclosent au printemps, habituellement dans les dix premiers jours de mai et parfois fin de ce même mois, selon les régions. Il présente cinq stades larvaires aptères qui se succèdent tous les dix jours environ en conditions naturelles. Il faut compter six à huit semaines entre les premières éclosions et l'apparition des premiers adultes ailés vers le milieu du mois de juillet. Mais la période d'éclosion est étalée sur plusieurs semaines, et elle peut se prolonger jusqu'au début de juillet. Plusieurs stades larvaires sont donc présents et peuvent coexister en juillet avec les adultes. Les adultes mâles apparaissent avant les femelles et qui sont très actives en août et septembre (période de ponte) (figure 75).

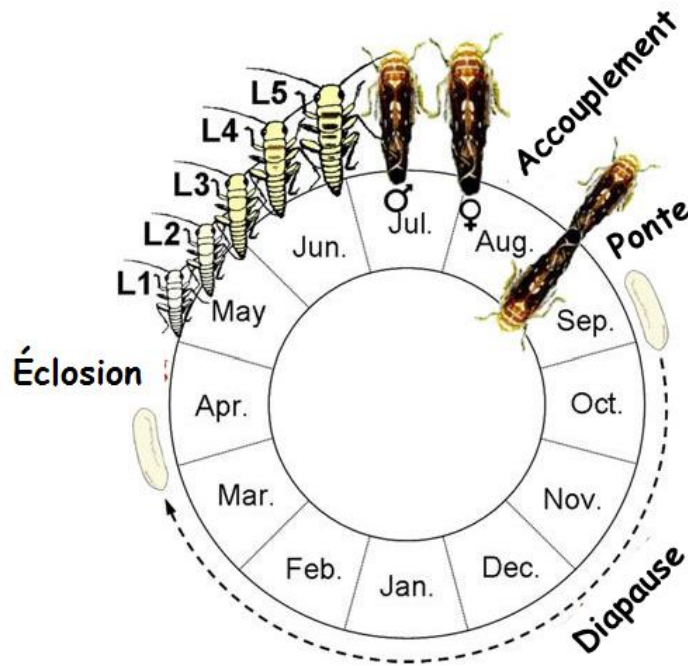


Figure 75: Cycle de développement de *Scaphoideus titanus*

➤ **Plantes hôtes :**

cet insecte a été capturé dans diverses espèces végétales herbacées ou ligneuses, et cela dans sa région d'origine qui est le nord d'Amérique, mais dans la plupart des pays du monde, il a été observé en association étroite au genre *Vitis* que ce soit cultivé ou sauvage. En Europe, *S. titanus* est inféodé à la vigne cultivée *Vitis vinifera*

➤ **Dégâts**

Nuisibilité directe

La cicadelle *S. titanus* ne cause aucun dégât direct au feuillage sur lequel elle se nourrit, sauf en cas de surpopulation extrême, jamais rencontrée en conditions naturelles.

L'espèce n'est donc pas considérée comme préoccupante et elle est souvent méconnue ou négligée dans les vignobles indemnes de flavescence dorée. L'importance réelle de ses populations est sous-estimée lorsque la maladie se déclare.

Nuisibilité indirecte

L'insecte est dangereux en tant que vecteur des phytoplasmes responsables de la flavescence dorée (figure 76). Un repas d'acquisition peut suffire pour rendre un

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

individu infectieux pour le reste de sa vie. Son régime ampélophage expose donc à la contamination, toutes les variétés de vignes sur lesquelles il se nourrit après cette acquisition.

Les plantes touchées par cette phytoplasme ont comme symptômes :

- Dessèchement de l'inflorescence et avortement à la nouaison ;
- Flétrissement des baies, mauvaise maturation ;
- Baisse de la photosynthèse dans le feuillage décoloré, mauvaise formation des réserves, défaut partiel ou complet de l'aouûtement des bois de l'année, absence des bourgeons pour la taille de l'hiver suivant ;
- Parfois mortalité des plants malades.



Figure 76: Symptômes de la flavescence dorée sur vigne

➤ Moyens de lutte

- En raison de la grande efficacité de la transmission de la maladie par la cicadelle, il n'y a pas de seuil d'intervention pour lutter contre ce ravageur. Donc il suffit de capturer un individu dans la parcelle pour déclencher la lutte car la maladie transmise est une maladie à quarantaine ;
- Élimination des réservoirs de phytoplasme comme les souches malades, des bois de la taille, des vignes abandonnées et de repousses de vignes sauvages qui peuvent jouer le rôle d'un site de refuge aussi pour l'insecte vecteur ;

- Destruction des œufs avec un traitement d'hiver et aussi durant le mois de mars avec un traitement ovicide. Ensuite, un traitement insecticide contre les larves nouvellement écloses pour détruire les larves qui ont acquis le phytoplasme pendant leurs premiers repas. Un traitement chimique aussi est nécessaire contre les formes migrantes en mois de juin et même avant, en raison de l'échelonnement et la coexistence des différents stades de développement même avant le mois de juin.

1.1.2.4. Principaux insectes ravageurs des arbres forestiers (Étude d'exemples)

Les essences forestières existantes en Algérie sont beaucoup et diversifiées. Elles sont représentées principalement par : le pin d'Alep, pin maritime, chêne-liège, chêne zéen, Chêne vert, Chêne afarès, cèdre de l'Atlas, genévrier de Phénicie et le thuya.

Ces espèces sont attaquées comme les autres arbres cultivés par des insectes ravageurs dangereux qui peuvent parfois tuer et détruire les forêts.

On peut regrouper ces ravageurs en :

- Défoliateurs ;
- Perceurs du bois ;
- Les scolytes.

Ces ravageurs sont dans la plupart des cas des coléoptères et des lépidoptères, et parfois des hyménoptères.

Les défoliateurs sont généralement des lépidoptères (papillons de nuit) comme La chenille processionnaire du pin « *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller », Bombyx disparate « *Lymantria dispar* Linneaus » et Le Satellite « *Eupsilia transversa* Hufnagel ».

Alors que les perceurs de bois, nous avons comme exemple: Le longicorne asiatique « *Anoplophora glabripennis* Motschulsky », Agrile du chêne *Agrilus biguttatus* (Fabricius), grande saperde du peuplier « *Saperda carcharias* Linneaus », Callidie de l'épicéa « *Tetropium castaneum* Linneaus». Le groupe des scolytes contient plusieurs espèces, citant : Typographe européen de l'épinette « *Ips typographus* Linneaus», Hylésine noir du pin « *Hylastes ater* Paykull» et *Scolytus intricatus* Ratzeburg...etc.

La liste de ces ravageurs n'est pas exhaustive, on trouve aussi les piqueurs suceurs de sève mais leurs dégâts sont négligeables par rapport à ces groupes suscités.

A/. Processionnaire du pin « *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775)

Cet insecte constitue le principal fléau des pins.

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lepidoptera
Famille	Notodontidae Stephens, 1829
Genre	<i>Thaumetopoea</i> Hübner, 1820
Espèce	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)

➤ **Description et biologie**

L'insecte est un papillon dont son envergure est de 30 à 40 mm chez le mâle et 35 à 50 mm chez la femelle. Les antennes de cette dernière sont filiformes alors que chez le mâle sont pectinées. Le dernier segment abdominal chez la femelle est recouvert d'une touffe de grosse écailles. La couleur des ailes antérieures est grise cendrée alors que les postérieures sont blanches bordées de gris avec une tache sombre dans la région anale.

Les œufs sont pondus en masses cylindriques typiques qui mesurent 25 40 mm de large. Elles sont couvertes par la femelle d'écailles d'une couleur grise-brune qui ressemble aux branches. Les larves passent par cinq stades de développement, et qui sont identifiées principalement par la largeur de la capsule céphalique de la larve. À partir de la deuxième mue (3^{ème} stade larvaire), les larves prennent leur apparence typique avec les plaques de poils urticants dorsaux rougeâtres sur chaque segment du corps. Les soies pleurales varient de blanc à jaune foncé, tandis que les soies dorsales vont du jaune à l'orange terne. La largeur de la capsule céphalique du 3^{ème} stade larvaire varie entre 1,3 et 1,6 mm. Au 4^{ème} stade, la largeur de la capsule céphalique atteint 2,3-2,6 mm, alors que au 5^{ème} stade, cela peut être doublé (jusqu'à 5 mm). La longueur de la larve de dernier stade est environ 40 mm (figure 77).



Figure 77: Œufs, chenilles et adultes de la processionnaire de pin

T. pityocampa présente une génération de développement avec une activité importante durant la saison hivernale, contrairement aux autres défoliateurs. Cependant, le cycle de vie peut s'étendre jusqu'à deux ans dans des parties spécifiques de son aire de répartition (par exemple les montagnes de Corse), et on peut les retrouver aussi pendant l'été, dans certains pays comme le Portugal sur le pin maritime.

En général, le cycle de vie de ce ravageur se compose de deux phases, une aérienne (œuf, chenille et adulte) et une hypogée¹¹ (la chrysalide). Selon les conditions environnementales, les femelles pondent environ 150 à 350 œufs en lots disposés en hélicoïde sur des aiguilles ou des brindilles à la périphérie de la couronne, qu'ils recouvrent ensuite d'écaillles.

Les œufs éclosent 30 à 45 jours plus tard, les jeunes larves forant une ouverture très distinctive dans le chorion de l'œuf.

¹¹ Sous terrain

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Immédiatement après l'éclosion, les larves commencent à construire des nids en soie qui deviennent progressivement plus grandes et plus épaisses jusqu'au 4^{ème} stade, moment où elles construisent leur **nids d'hiver** définitive qui se situe à l'extrémité des branches dans la partie supérieure de la cime. À partir du 3^{ème} stade, les larves développent des soies urticantes qu'elles libèrent activement lorsqu'elles sont dérangées, provoquant de graves réactions allergiques chez l'homme et d'autres vertébrés. Pour les stades ultérieurs, chaque nid en soie peut contenir des agrégats de plusieurs centaines d'individus (figure 78).



Figure 78: Un nid de *T. pityocampa* sur pin d'Alep

Les larves du 5^{ème} stade quittent les arbres dans une procession typique en file indienne à la recherche d'un site approprié (par exemple, zones ouvertes, lisières de forêt) pour se nymphoser dans le sol. Cette opération de procession et d'enfouissement est guidée le plus souvent par une chenille femelle entre le mois de février et mai, et ne se déroule pas que lorsque la température du sol est comprise entre 10 et 22°C (figure 79).



Figure 79: Phénomène de procession et d'enfouissement de *T. pityocampa*

Après l'enfouissement de la colonie à quelques centimètres sous terre (5 à 20 cm), les chenilles se transforment en chrysalides. Cette dernière entre en diapause obligatoire, qui est interrompue un mois avant l'émergence des adultes. Cependant, une certaine proportion de nymphes peut ne pas produire d'adultes l'année de la nymphose, et vivre une diapause prolongée qui peut se prolonger sur plusieurs années (diapause prolongée). Après l'émergence des adultes vers la fin du mois de juillet et début d'août, la femelle pond ses œufs fin août et l'éclosion aura lieu le mois de septembre.

➤ **Plantes hôtes**

Les arbres préférés de cet insecte sont les espèces de pins comme (pin d'Alep, pin maritime, pin noir ...etc), et le cèdre de l'Atlas, le cèdre du Liban, sapin de Douglas et le sapin du Colorado.

➤ **Dégâts**

La défoliation causée par *T. pityocampa* altère considérablement la vitalité des arbres hôtes, affectant à la fois leur croissance et leur sensibilité aux autres insectes xylophages secondaires comme les scolytes (Figure 80) .

Les soies urticantes que les larves développent à partir du 3^{ème} stade induisent diverses réactions allergiques telles que des irritations cutanées, des conjonctivites, des congestions respiratoires et de l'asthme chez l'homme et l'animal. Ces effets se produisent non seulement lorsque les chenilles sont présentes, mais aussi durant l'été suivant, en raison de la persistance de soies allergisantes dans les restes de nids d'hiver.

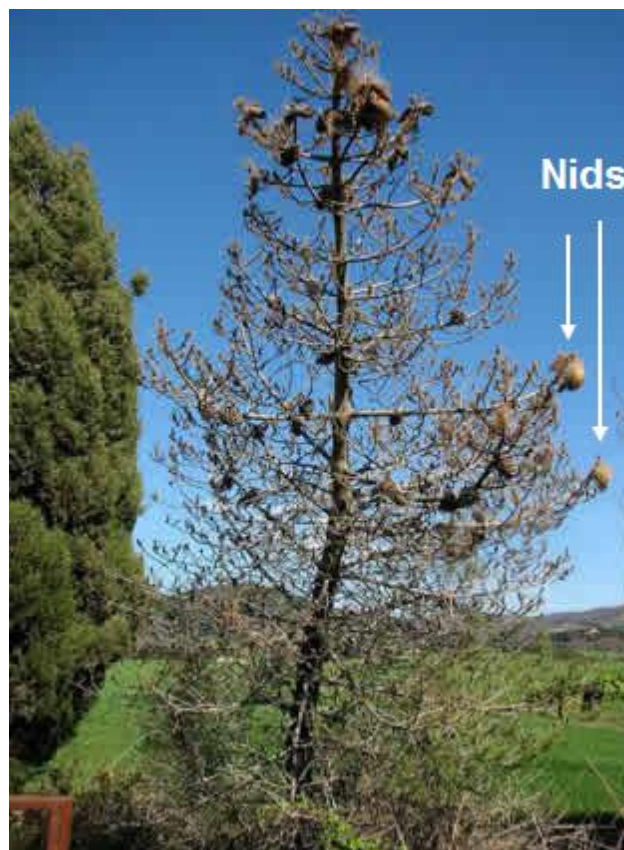


Figure 80: Arbre complètement défolié par la processionnaire de pin

➤ **Moyens de lutte**

- *Mesures écologiques* : en améliorant la biodiversité des peuplements (feuillus), c'est-à-dire d'éviter de créer des forêts à une seule espèce afin de freiner la propagation de l'insecte et de favoriser le cortège parasitaire ;
- *Traitement phytosanitaire biologique* : en appliquant un traitement avec un insecticide biologique à base de *Bacillus thuringiensis* (bactérie aux propriétés entomopathogènes). Elle doit être utilisée en septembre plus précisément entre l'éclosion et la formation des nids d'hiver ;
- *Lutte mécanique* : en coupant et brûlant les branches porteuses de pontes, pré-nids et nids, mais cette méthode est recommandées sur des petites superficies et avec des arbres qui ne dépassent pas 2.5 m de hauteur ;

- *Piégeage par confusion sexuelle*, en utilisant un nombre important de pièges à phéromone et de capturer aussi le maximum des mâles par ces pièges pour minimiser la chance de l'accouplement ;
- *Traitement phytosanitaire chimique*, essentiellement par le diflubenzuron qui est efficace contre tous les stades de développement.

B/. La spongieuse ou Bombyx disparate *Lymantria dispar* (Linneaus, 1758)

Ce ravageur est un papillon défoliateurs des arbres forestiers comme la processionnaire du pin.

➤ **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Lepidoptera
Famille	Erebidae Leach, 1815
Sous famille	Lymantriinae Hampson, 1893
Genre	<i>Lymantria</i> Hübner, 1819
Espèce	<i>Lymantria dispar</i> (Linneaus, 1758)

➤ **Description et biologie**

L'adulte est un papillon de nuit, avec une envergure de 35 à 40 mm chez les mâles et 55 à 70 mm chez les femelles. La couleur des adultes est brune chez les mâles alors que les femelles sont principalement blanches.

Les ailes antérieures se caractérisent par la présence d'une marque sombre en croissant.

Les œufs sont déposés en masse et recouvert par de poils havane qui proviennent du corps de la femelle. Après leur exposition au soleil, ils prennent une couleur blanche. La fécondité de la femelle est entre 100 à 1000 œufs (figure 81a).

La chenille de premier et de troisième stade larvaire ont une couleur noire avec des longs poils, tandis que celle de deuxième stade est brune avec des courts poils. Les autres stades larvaires qui restent sont semblables avec une couleur grise pâle à grise foncée, avec des mouchetures jaunes, et de longs poils foncés ou dorés. Le dos de ces stades présente deux rangées de tubercules sur leurs dos; dont les cinq premières

paires sont généralement de couleur bleue et les six paires qui restent sont rouges, mais parfois on les trouve toutes bleues (figure 81b).

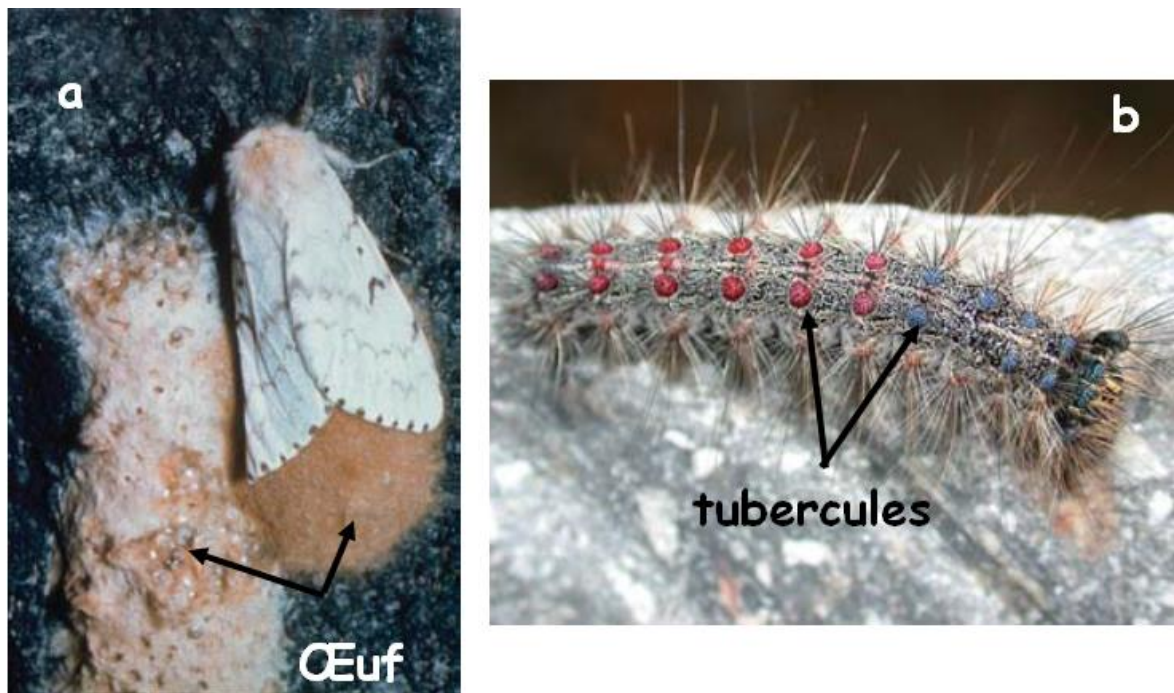


Figure 81: Bombyx disparate, **a** : Femelle de L. dispar dépose ses œufs ; **b** : Chenille de L. dispar avec des tubercules bien visibles sur le dos en couleur bleue et rouge

Le Bombyx disparate ne présente qu'une génération par an. Dans la région méditerranéenne, les adultes apparaissent en juin-juillet. Après l'accouplement, la femelle dépose ses œufs sur l'écorce des troncs.

Ces œufs restent neuf mois en diapause où on assiste à un développement embryonnaire larvaire mais ce dernier entre en diapause obligatoire jusqu'au printemps suivant.

L'éclosion a lieu en mars-avril. Les chenilles, qui seules s'alimentent, se développent en deux mois environ et passent par cinq stades larvaires, voire six pour certaines femelles.

Durant la nymphose, les chrysalides brunes et glabres demeurent accrochées au tronc dans un fil de soie très lâche ; cette phase dure deux à trois semaines. En juin-juillet, les mâles apparaissent les premiers ; ils volent à la recherche des femelles qui vont émettre une phéromone spécifique pour attirer leurs congénères. La ponte est déposée

peu de temps après l'accouplement sur les troncs ou les branches et plus rarement dans les anfractuosités des rochers ou dans les vieux murs (figure 82).

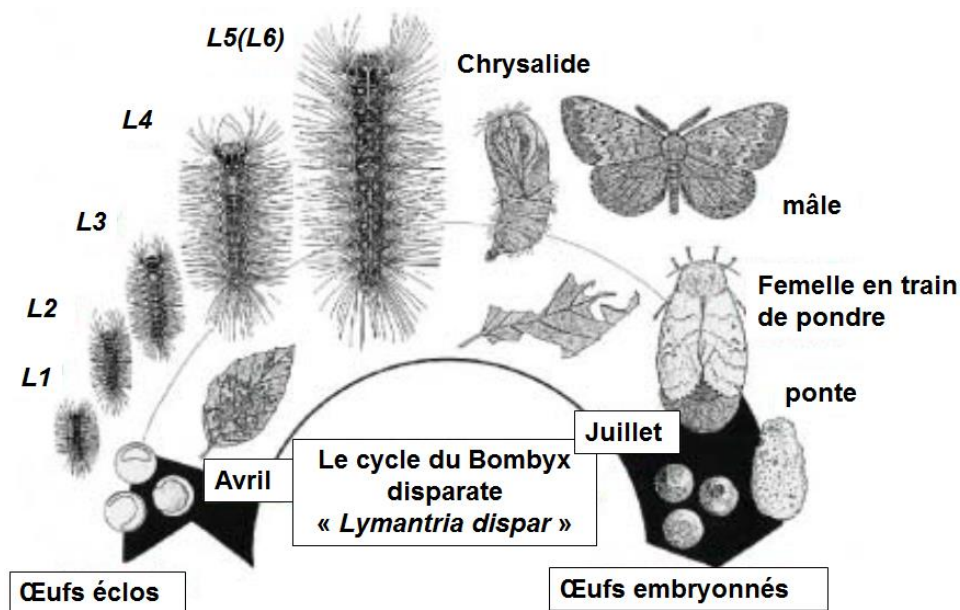


Figure 82: Cycle d développement de *Lymantria dispar*

➤ Plantes hôtes

Lymantria dispar est le plus important ravageur des forêts de chênes de tout l'Hémisphère nord.

Il peut s'attaquer aussi aux certains conifères et des plantes du sous-bois.

Voici une liste de certains hôtes de cet insecte :

Quercus (hôte principal), *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Crataegus*, *Fagus*, *Malus*, *Populus*, *Prunus*, *Salix*, *Tilia*, *Latrix*, *Pecia*, *Pinus sylvestris*

➤ Dégâts (figure 83)

- Défoliation des arbres touchés par les larves de ce ravageur;
- Réduction de la productivité du bois et du liège ;
- Les défoliations totales et successives peuvent cependant constituer un facteur d'affaiblissement favorisant la colonisation par des parasites de faiblesse ;



Figure 83: Feuilles de chêne consommées et des arbres détruits par les chenilles de *L. dispar*

➤ **Moyens de lutte**

- Traitement chimique par des inhibiteurs de synthèse de la chitine (diflubenzuron et autres) ;
- Utilisation des auxiliaires comme *Calosoma sycophanta*, qui est un coléoptère prédateur des chrysalides et des larves âgées, ou des parasitoïdes des œufs comme *Ooencyrtus kuvanae* et *Anastatus disparis* (Hyménoptères) ;
- Utilisation de la bactérie *Bacillus thuringiensis* contre les chenilles ;
- Pièges à phéromone et lutte par confusion sexuelle.

C/. Typographe européen de l'épinette *Ips typographus* (Linnaeus, 1758)

Ce ravageur s'attaque aux arbres affaiblis physiologiquement, blessés, couchés par le vent, tombés récemment ou surâgés.

➤ **Systematique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coléoptère
Famille	Curculionidae Latreille, 1802
Sous famille	Scolytinae Latreille, 1804
Genre	<i>Ips</i> De Geer, 1775
Espèce	<i>Ips typographus</i> Linnaeus, 1758

➤ Description et biologie

C'est un coléoptère de petite taille, cylindrique, rougeâtre, brun foncé ou complètement noir mesurant 4,2 à 5,5 mm de longueur. Le front et les côtés du corps sont couverts de longs poils jaunâtres. Chez les deux sexes, chaque côté de la déclivité élytrale est armé de quatre épines; la 3^{ème} épine est distinctement capitée et plus grande que les autres. Toutefois, chez le mâle, la tête de la 3^{ème} épine est plus forte que chez la femelle, et la pubescence sur le pronotum est plus éparsée (figure 84) .

Les œufs sont de couleur jaunâtre blanc alors que les larves et la nymphe sont blanches. La larve dépourvue des pattes et vit dans le bois.

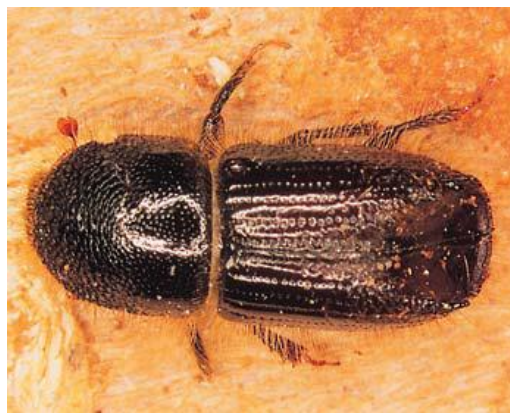


Figure 84: Adulte d' *I. typographus*

Le mâle d'*Ips typographus* colonise initialement un arbre hôte en aménageant une loge nuptiale et attire ses congénères à l'aide de phéromones d'agrégation. C'est une espèce polygame, dans laquelle un mâle s'accouple généralement avec deux à trois femelles et parfois quatre.

La femelle dépose jusqu'à 80 œufs dans des niches à œufs creusées à côté de la galerie mère. Les larves creusent des galeries perpendiculaires à ce tunnel maternel, et la métamorphose a lieu dans une chambre au fond de la galerie larvaire.

Après le développement des larves et des pupes, les coléoptères ténéraux (c'est-à-dire les couvains adultes fraîchement enfermés dans le processus de sclérotisation de la cuticule avant l'émergence de leur arbre hôte natal) se nourrissent de tissu de phloème jusqu'à la maturation et émergent ensuite pour coloniser de nouveaux hôtes.

Ce ravageur présente généralement deux générations par an mais au cours des années chaudes avec des étés chauds, certaines populations d'*I. typographus*, en

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

particulier en Europe centrale à basse altitude, ont le potentiel d'établir jusqu'à trois générations par an, entraînant un essaimage au printemps et en été. Les individus qui se développent à l'automne ne quittent généralement l'arbre qu'au printemps suivant. Les coléoptères hivernants évitent le phloème humide et se reposent dans de petites cavités creusées dans l'écorce. Certains individus plus âgés peuvent quitter les arbres et passer l'hiver dans la litière (figure 85).

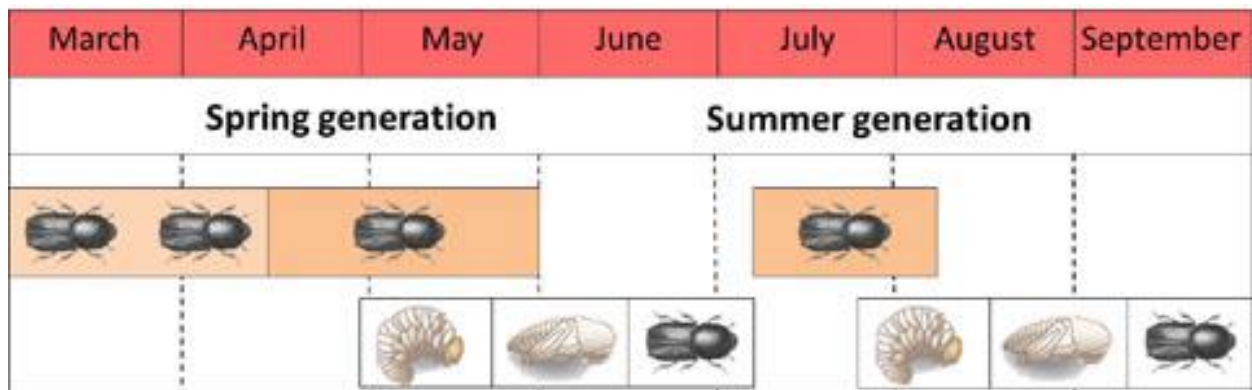


Figure 85: Cycle de vie typographique européen de l'épinette *I. typographus*

➤ Plantes hôtes

Ce ravageur préfère les arbres à écorce épaisse (épaisseur minimale de 2,5 mm, épaisseur optimale de 5,0 mm). L'hôte principal est le genre *Picea*, mais aussi il s'attaque au genre *Abies*, *Larix* et *Pinus*.

➤ Dégâts (figure 86)

- Les aiguilles des arbres touchés virent au vert jaunâtre puis au brun rouge et tombent après quelques semaines suite aux galeries larvaires et la destruction du tissu conducteur (phloème) ;
- Accumulation de sciure brun-rouge dans les anfractuosités de l'écorce, l'apparition de nombreux trous de sortie circulaires d'environ 2 à 3 mm de diamètre et la formation de petits bouchons de résine sur l'écorce ;
- Transmission des champignons pathogènes par les adultes comme *Ceratocystis polonica* (Siemaszko) qui peuvent tuer les jeunes arbres et réduisent la qualité commerciale du bois.

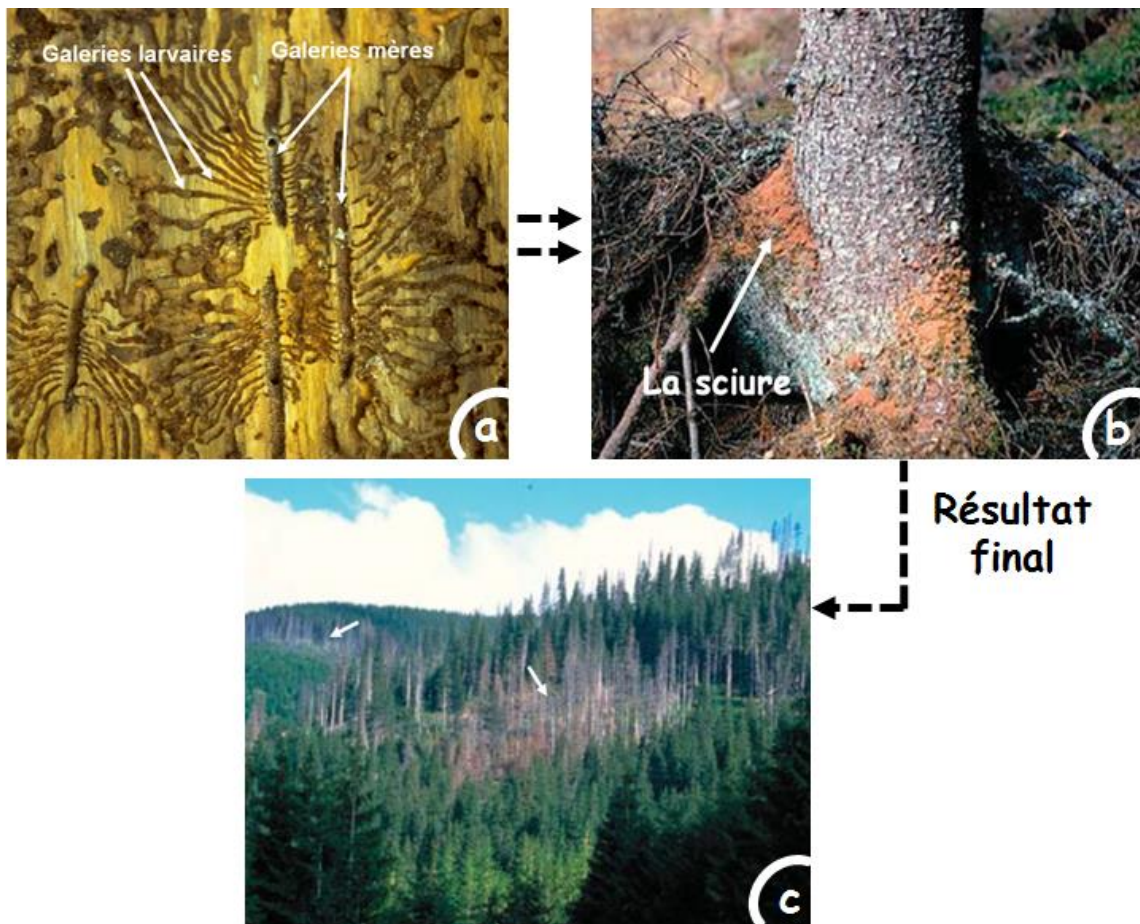


Figure 86: Dégâts d'*I. typographus*. **a:** Galeries sous l'écorce; **b:** Sciure à la base d'un arbre infesté; **c:** Peuplement décimé.

➤ Moyens de lutte

Cet insecte provoque des dégâts sur les arbres quand ils sont affaiblis, c'est-à-dire selon l'état physiologique de l'arbre, et aussi quand le nombre des individus de l'insecte est important par conséquent l'arbre résiste mal. Donc pour lutter contre ce ravageur on doit suivre les étapes suivantes :

- La vidange hors forêt des produits d'exploitation qui doit s'effectuer impérativement dans des délais stricts ne permettant pas le déroulement complet du cycle des scolytes. Ces produits doivent être stockés à une distance suffisante (au moins 5 km) des massifs forestiers, ou entrer rapidement dans le processus de transformation, car les scolytes peuvent se cacher et se reproduire dans ces bois coupés.
- Curativement en réduisant les populations de typographe par l'élimination complète des branches ou des arbres atteints, suivie rapidement de leur incinération pourra freiner ou stopper la propagation de ces ravageurs.

- Dans certains cas, l'installation de pièges à phéromones pour éliminer les scolytes adultes peut être efficace en diminuant sensiblement la population de ravageurs.

D/. Agrile du chêne *Agrilus biguttatus* Fabricius, 1777

- **Systématique**

Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecte
Ordre	Coléoptère
Famille	Buprestidés Leach, 1815
Genre	<i>Agrilus</i> Curtis 1825
Espèce	<i>Agrilus biguttatus</i> (Fabricius, 1777)

- **Description et biologie**

L'adulte est un coléoptère cylindrique mesurant 8 à 13 mm de long. Il se caractérise par une couleur métallique qui peut être verte-dorée, verte, verte-bleue ou même bleue à violette. Les élytres sont étroits et ornés chacun d'un point blanc subapical près de la suture. Le front est large, aplati, faiblement déprimé. Le pronotum est une fois et demie plus long que large (figure 87a).

La larve, se caractérise par une forme dite "larve en marteau" ou "tête de marteau" (élargissement du prothorax) mesurant entre 25 à 30 mm au stade final. Elle présente aussi deux petits appendices à l'extrémité caudale caractéristique du genre (figure 87b).



Figure 87: Adulte de *Agrilus biguttatus*(a) et sa larve prête à se nymphoser (b)

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Après l'émergence des adultes et l'accouplement entre le mois d'avril jusqu'au mois de juillet, la femelle dépose ses oeufs dans les anfractuosités de l'écorce du tronc ou des grosses branches durant le mois de juin et juillet, et cela en paquet de cinq à six oeufs.

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans l'écorce en créant une galerie sinueuse très fine qui s'élargit avec l'augmentation de la taille de la larve et qui devient typiquement zigzagante.

La larve en fin de développement creuse une logette de nymphose dans l'épaisseur du rhytidome. La nymphose intervient selon les régions et les conditions climatiques au printemps de l'année qui suit la ponte ou à partir de l'hiver suivant, soit près de 18 à 22 mois après la ponte.

Les adultes émergent de l'hôte par des trous de sortie en « D » mesurant approximativement 2,5 mm sur 3,0 mm ; ces trous se rencontrent depuis le niveau du sol jusqu'à 10 m de hauteur (portion inférieure du houppier) (figure 88).



Figure 88: Trou de sortie de l'adulte d'*A. biguttatus* en forme de D

➤ **Plantes hôtes**

Le genre *Quercus* est son hôte principal, mais il peut s'attaquer également au *Fagus* et *Castanea*.

➤ **Dégâts**

Les dégâts sont généralement des galeries larvaires qui peuvent causer l'annélation de l'hôte et par conséquent le dépérissement de rameaux et de branches, le brunissement

et l'éclaircissement du feuillage dans le houppier et la formation de pousses adventives le long de la tige, et même la mort de l'hôte en cas d'infestation grave.

Ces dégâts deviennent plus graves quand l'arbre est stressé, par exemple une période de sécheresse.

➤ **Moyens de lutte**

On ne trouve pas beaucoup de moyens de lutte contre cet insecte dans la littérature. On peut utiliser des hyménoptères parasitoïdes comme *Spathius curvicaudus* (Ratzeburg), *S. lignarius* Ratzeburg, *S. radzayanus* Ratzeburg, *Atanycolus neesii* Marshall, *Ephialtes imperator* (Kriechbein, 1854), et *Deuteroxorides elevator* (Panzer, 1799).

Les oiseaux, comme le pic, jouent un rôle important aussi dans la réduction du nombre des larves, surtout durant la période hivernale

1.2. Les acridiens (criquets)

1.2.1. Caractères morphologiques généraux

Ils font partie de l'ordre des orthoptères qui se divise à son tour en deux sous ordres : les Caelifères et les Ensifères (figure 89 et 90).

Dans cette partie, on réserve le terme "**criquet**" pour désigner les acridiens et qui font partie du sous ordre des Caelifères.

La taille des acridiens varie de 7 mm pour les plus petits, à 12 cm, avec une envergure alaire de 23 cm pour les plus grands. Ils se distinguent des sauterelles (Ensifères) par trois caractères morphologiques importants :

- Les antennes, courtes et formées d'un petit nombre d'articles,
- L'organe de ponte, composé de valves robustes et courtes,
- L'absence d'appareil stridulatoire sur les élytres analogue à celui des grillons



Figure 89: Un criquet (Caelifère)

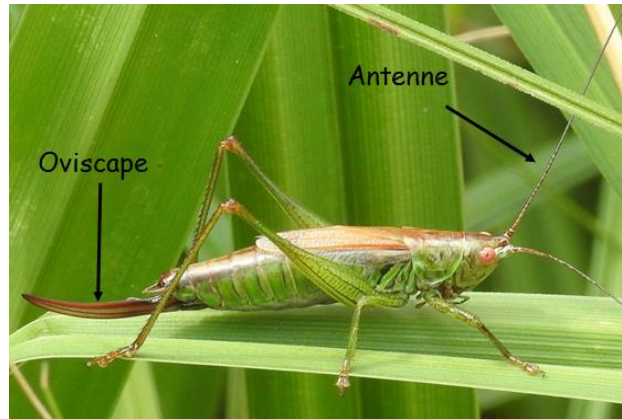


Figure 90: Une sauterelle (Ensifère)

Le plus grand nombre des acridiens, déclarés nuisibles à l'agriculture, ils se trouvent localiser sur le continent Africain, dont 17 espèces en Afrique du Nord.

Ce groupe d'insecte vit habituellement dans la végétation naturelle, comme des espèces inoffensives et cela en phase dite « **solitaire** » mais parfois, il subit un changement morphologique et comportemental sous l'effet de certaines conditions climatiques où son nombre augmente brusquement et devient dangereux pour les cultures et ce changement se transmet aussi à la descendance, on appelle cette phase « **grégaire** ». Les espèces qui possèdent ce caractère on les appelle **les locustes**. Donc en simplifiant, il suffit de rassembler des individus d'une même espèce grégariapte pour observer des changements immédiats sur les individus et leurs descendances. À l'inverse, l'isolement des grégaires aboutit rapidement à la différenciation de solitaires dans la descendance.

Il existe également d'autres facteurs qui interviennent dans l'expression de ce phénomène phasaire, en renforçant ou en réduisant les effets du choc densitaire :

- La photopériode ;
- La température ;
- La sécheresse ;
- La pauvreté de l'alimentation ;
- La teneur de l'air en gaz carbonique ;
- La salinité du sol.

1.2.1.1. Quelques exemples de criquets ravageurs de cultures

Le fléau acridien par excellence est le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk.) qui se trouve pratiquement dans tout le Sahara Algérien.

En plus de ce criquet, deux autres acridiens ravageurs majeurs, *Dociostaurus maroccanus* (Thunb.) et *Locusta migratoria* (L.) sont susceptibles d'occasionner des dégâts considérables sur les cultures, les pâturages et les ressources forestières en Algérie.

N.B. : La ponte de ces acridiens se fait dans le sol (figure 91).



Figure 91: Ponte d'une femelle dans le sol

A/. Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

➤ **Desription et mophologie**

La taille des mâles est comprise entre 60 et 75 mm de long, alors que les femelles entre 70 et 90 mm. Cette espèce possède un tubercule prosternal qui est visible, placé sur la face ventrale, entre la base des pattes antérieures ; et qui est présent chez le criquet pèlerin et absent chez le criquet migrateur) (figure 92). Les ailes sont transparentes, jaune pâle, rosâtres ou rougeâtres et ne présentent aucune tache ou de croissant brun ou noirâtre.

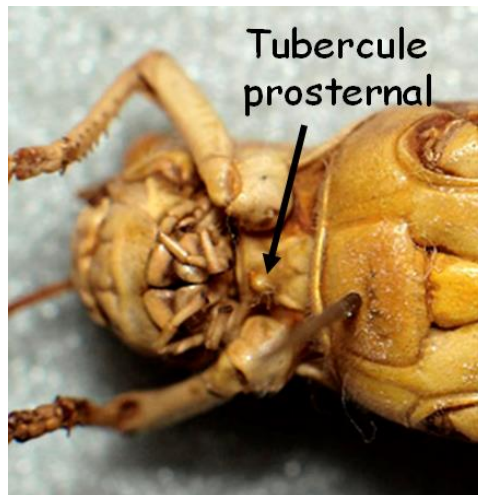


Figure 92: Tubercule prosternal chez le criquet pèlerin

Le criquet pèlerin n'est pas dangereux pour les cultures dans sa forme solitaire, par contre il est redoutable dans sa forme grégaire à cause de sa voracité, de la mobilité de ses populations, du nombre considérable d'individus constituant un essaim. Le seuil densitaire au-delà duquel s'effectue la transformation phasaire est de 250 à 500 ailés/ha et de 0,5 à 5 larves / m² (figure 93).



Figure 93: Des larves de criquet pèlerin en phase grégaire

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

La distinction entre les individus solitaires et grégaires se fait généralement par la taille des ailes entre les mâles et les femelles des deux catégories, et aussi par la couleur des individus qui est généralement brune, grise ou beige chez les femelles solitaires et faiblement jaunes chez les mâles mature. Alors que les grégaires sont d'abord roses quand ils sont immatures, puis deviennent jaunes au moment de la reproduction. Les larves sont vertes ou brunes quand elles sont solitaires tandis que les grégaires sont uniformément jaunes avec de très fortes maculatures (taches) noires (figure 94). On compte 5 à 6 stades larvaires chez les solitaires et 5 chez les grégaires. Ce ravageur développe 2 à 3 générations par an avec un arrêt facultatif à l'état imaginal pendant les périodes sèches. la femelle pond 2 à 3 fois plus d'œufs en phase grégaire et qui restent en incubation pendant une dizaine de jours à 2 mois selon la température et l'humidité du sol.

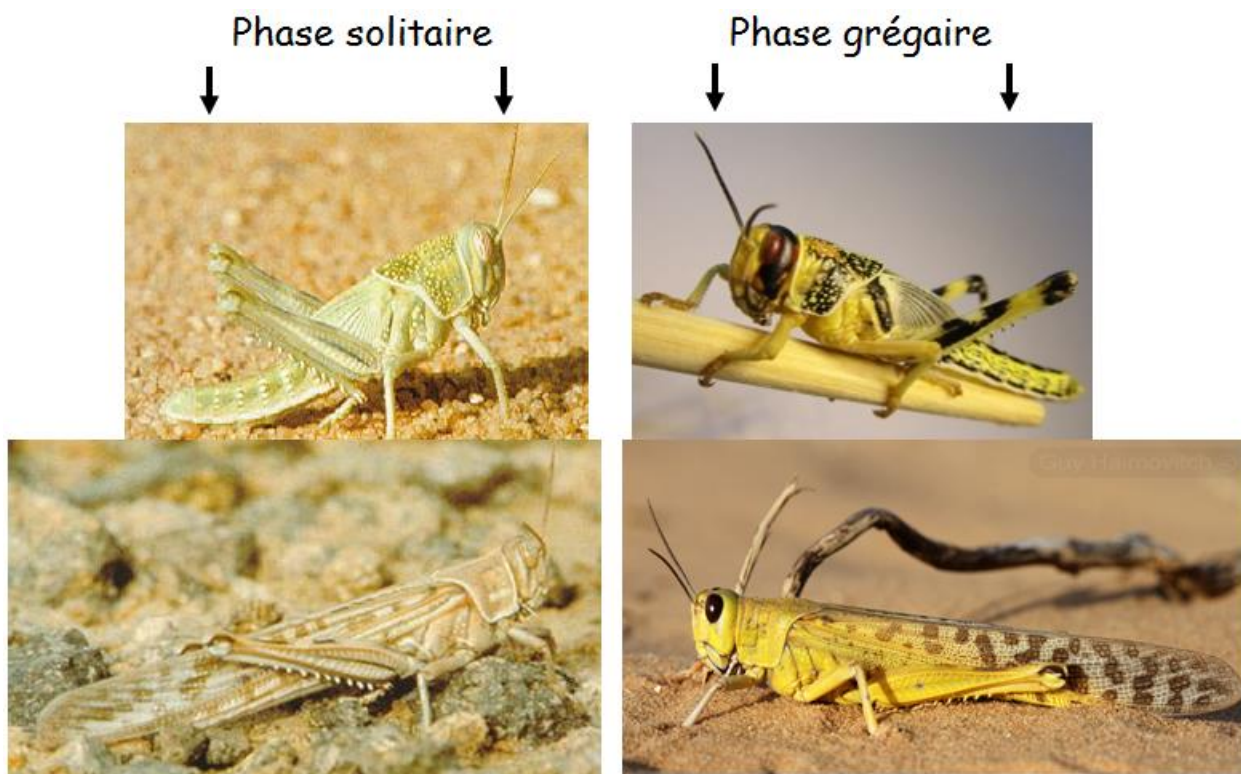


Figure 94: Les deux phases du criquet pèlerin, solitaire et grégaire chez la larve et l'adulte

B/. Le Criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758)

➤ **Description et mophologie**

La taille des mâles est comprise entre 42 et 55 mm de long, alors que les femelles entre 54 et 72 mm, avec l'absence du tubercule prosternal. Les ailes sont entièrement transparentes.

En phase solitaire, les imagos sont généralement verts en saison humide ou bruns plus ou moins parsemés de taches noires, jaunes ou brunes généralement en saison sèche. En phase grégaire, les imagos possèdent une coloration jaune, avec une forte maculature noire (figure 95).

Les larves grégaires sont jaunes, fortement maculées de noir .

Les larves du criquet migrateur solitaires sont vertes ou brunes comme les adultes



Figure 95: Criquet migrateur *Locusta migratoria* **a** : en phase solitaire ; **b** : phase grégaire

Cette espèce présente une variation morphologique importante plus ou moins liée à sa répartition géographique. À cette raison, on trouve de nombreuses sous-espèces dont la différenciation morphologique entre elles est difficile; il faut donc tenir compte de l'origine géographique du spécimen récolté. Les sous espèces sont :

- la sous-espèce *burmana* Ramme, 1951
- la sous-espèce *capito* Saussure, 1884
- la sous-espèce *cinerascens* Fabricius, 1781
- la sous-espèce *manilensis* Meyen, 1835

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

- la sous-espèce *migratoria* Linnaeus, 1758
- la sous-espèce *migratorioides* Reiche et Fairmaire, 1849

En Algérie, et dans les zones littorales et les plaines de l'Atlas tellien, ainsi qu'au sud de l'Atlas Saharien, on trouve la sous-espèce *cinerascens*.

Ce ravageur recherche la chaleur (optimum thermique autour de 20-25°C), des milieux moyennement humides (optimum pluviométrique de 50 à 100 mm/mois) et colonise des steppes ou des savanes à faible couvert ligneux. C'est un graminivore assez strict qui, en période d'invasion, peut occasionner des dégâts considérables aux cultures céréalières et même aux plantations.

En région tempérée, le criquet migrateur résiste aux conditions rigoureuses de l'hiver en développant une diapause embryonnaire. On compte alors 1 à 2 générations par an. Cet arrêt obligatoire de développement ne se retrouve pas chez les sous-espèces subtropicales ou tropicales comme *Locusta migratoria migratorioides* qui se reproduit en continu au prix de déplacements sur plusieurs centaines de kilomètres pour se maintenir dans des conditions écologiques convenables pour sa survie. Au cours de l'année, l'acridien accomplit 3 à 5 générations dans des aires écologiques saisonnièrement complémentaires. La succession des états biologiques est alors très rapide en saison chaude et humide.

Il peut passer d'une forme solitaire à une forme grégaire dès que la densité dépasse 2000 ailés/hectare en zones subtropicales.

On compte 5 à 7 stades larvaires chez les solitaires et 5 chez les grégaires. Ces derniers se développent plus lentement et accomplissent un nombre de générations inférieur à celui des solitaires

C/. Le criquet marocain *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815)

➤ Description et morphologie

Cette espèce présente une taille moyenne, la longueur du corps chez le mâle est de 1,65 à 2,85 cm, alors que chez la femelle varie de 2,05 à 3,80 cm. La coloration du corps est gris jaunâtre avec des taches plus sombres, grises ou jaune pâle. Il présente un signe sous forme de crois blanchâtre sur la partie supérieure du pronotum et trois taches sombres sur les fémurs postérieurs, alors que le tibia est souvent rougeâtre (figure 96).



Figure 96: Adulte de criquet marocain

Cet insecte se rencontre de juin à septembre sur le pourtour méditerranéen dans la garrigue, maquis, zones sablonneuses et sèches.

En Algérie, ce ravageur étant spécifique aux régions des hauts plateaux où la pluviométrie est comprise entre 250 et 400 mm/an et du fait de sa polyphagie, il peut s'attaquer aux céréales, aux cultures maraîchères et à l'arboriculture fruitière. Le cycle de vie de cette espèce est de 1 an (univoltine). Les femelles pondent une trentaine d'œufs contenus dans 2 ou 3 oothèques dans le sol. Ils éclosent en avril-mai, et l'état adulte est atteint au bout de 50 jours vers fin mai ou juin. Leur nombre peut devenir très important selon les conditions climatiques. En phase grégaire, ils vivent en bandes ou forment des essaims qui peuvent alors causer des dégâts importants.

Le danger de ce criquet marocain, vient du fait que l'espèce est vit d'une façon permanente sur la bordure du Sahara, jusque sur les Hauts-Plateaux, c'est-à-dire il n'est pas comme les deux espèces précédentes qui viennent des autres pays d'Afrique.

Les foyers grégarigènes de criquet marocain en Algérie sont définis et répertoriés par l'Institut National de la Protection des Végétaux. Il se trouve dans les Wilayas de Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saïda, Mascara, Tiaret, Chlef, Tissemsilt, Médéa, Djelfa, M'Sila, Bordj Bou Arreridj, Sétif et Batna.

1.2.2. Dégâts dus aux acridiens et moyens de lutte

1.2.2.1. Dégâts

Les dégâts infligés par les acridiens aux cultures et aux pâturages sont dus à leur état grégaire (figure 97 et 98). Ils sont de diverses natures :

- Prélèvement alimentaire sur les feuilles, les fleurs, les fruits, les semences, les jeunes écorces, les repousses, les plantules ;
- Blessures des plantes consécutives aux morsures. Elles ont deux conséquences :
 - ❖ Ouvrir une voie d'infection aux parasites et aux maladies végétales,
 - ❖ Créer une lésion (section des vaisseaux appauvrissant la plante en sève) entraînant une destruction des tissus 5 à 10 fois plus importante que la prise de nourriture elle-même.
- Rupture des branches sous le poids des ailés posés en grand nombre,
- Souillure des surfaces foliaires par les déjections déposées. La photosynthèse en est perturbée



Figure 97: Cricquet marocain sur céréales



Figure 98: Une invasion d'un essaim de criquets pèlerins

1.2.2.2. Moyens de lutte

Lutte préventive

Elle reste essentiellement fondée pour les locustes, sur la surveillance des aires grégarigènes, en dehors des zones de culture, de façon à intervenir précocement et efficacement sur les premières concentrations de criquets et éviter une invasion généralisée.

- Dans les aires grégarigènes de *L. migratoria*, le renforcement des réseaux de surveillance par l'utilisation des satellites écologiques et météorologiques permettrait de fournir des indications rapides sur les sites potentiellement favorables du criquet. Par ailleurs, dans le cadre d'une optique opérationnelle, la biomodélisation gérée par voie informatique, permet de prévoir 70 % des macro-événements acridiens ;
- La lutte écologique, qui est une des formes de la lutte préventive, a pour but de rompre la synchronisation entre le cycle biologique de l'acridien et son environnement, tout en ayant une connaissance approfondie du tempérament écologique de l'espèce.
- Entretien des champs par un désherbage et un binage soignés, ainsi qu'un drainage accéléré des plaines, dans les zones grégarigènes au Niger et au Mali ;
- La destruction des oothèques par labour, la destruction des adultes et des jeunes larves par abattage, ainsi que le ramassage et écrasement des insectes à l'aube, lorsqu'ils sont peu actifs.

Les insectes et les acridiens ravageurs des cultures

Les ennemis naturels

- L'utilisation des oiseaux prédateurs des criquets, tels que les mouettes, les huppes, les corneilles et les corbeaux. En Afrique orientale, un total de 1093 individus a été trouvé dans un même sujet du marabout, contre 309 et 73 criquets consommés par la cigogne blanche et l'aigle respectivement
- L'utilisation des nématodes prédateurs, protozoaires et des insectes parasitoïdes des œufs et des larves...etc.(Tableau 3).

Tableau 3: Parasitoïdes, prédateurs et parasite de criquet

Insectes	Parasitoïdes des oothèques	Hyménoptères Scelionidae (Steedman, 1988) Diptères (Steedman, 1988) Diptères Nemestrinidae (Steedman, 1988)	<i>Scelio sudanensis</i> <i>Scelio remaudieri</i> <i>Systoechus somali</i> <i>Cymectus costatus</i>
	Parasites et parasitoïdes des larves et des adultes	Diptères Sarcophagidae (Prior et Greathead, 1989 ; Steedman, 1988) Diptères (Roerich, 1951a) Diptères Brachycères (Musso <i>et al.</i> , 1978)	<i>Blaesoxipha filippivi</i> <i>Blaesoxipha locustae</i> <i>Gesnerioïdes lineata</i> <i>Acridomyia sacharoui</i> <i>Asilius sp</i>
Arachnides	Prédateurs des larves et des adultes	Acariens Thrombidiidae (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994)	<i>Thrombidium parasitica</i>
Nématodes		Mermitidae (Condon et Gordon, 1977; Odindo, 1991 ; Prior et Greathead, 1989 ; Roerich, 1951a; Van Sambeek et Wiesner, 1999)	<i>Steinenema sp</i> <i>Heterorabditis sp</i> <i>Heterorhabditis megidis</i> <i>Steinemema feltiae</i> <i>Mermis nigrescens</i>
Protozoaires Gregarina		-	<i>Gregarina acridiorum</i> (Lepesme, 1939 ; Keith et Kevan, 1992) <i>Gregarina gamhami</i> (Corbel, 1964)
Protozoaires Amibes		-	<i>Malamoeba locustae</i> (Keith et Kevan, 1992)
Protozoaires Microsporida		Nosematidae	<i>Nosema locustae</i>

- On peut utiliser également des champignons entomopathogène du genre *Beauveria*, *Metarhizium*, *Aspergillus*, *Verticillium*, *Sorospora* et *Entomophaga*.

L'utilisation des plantes acridifuges ou acridicides, en premier lieu les neems *Azadirachta indica* et *Melia volkensii*, qui sont une source abondante d'inhibiteurs de croissance pour les insectes. Elles contiennent de l'azadirachtines, qui interviennent dans la régulation neuroendocrinienne des hormones de croissance et de métamorphose.

Lutte chimique

C'est le moyen le plus efficace et le plus important en terme de surface traitée et de possibilités matérielles, financières et humaines mises en œuvre. Il faut une stratégie adaptée à chaque espèce cible pour l'atteindre à une étape de grande vulnérabilité.

La logique de la situation antiacridienne dépend de la situation :

- En présence de petites pullulations de dimensions réduites, des traitements terrestres sont effectués en couverture totale en utilisant des insecticides chimiques ou biologiques, rémanents ou non, n'affectant que les larves, s'il n'y a pas d'ailés, ou affectant les larves et les ailés si les deux états biologiques sont mélangés ;
- En présence de grosses pullulations de grandes dimensions, les traitements aériens sont à privilégier (avions ou hélicoptères) en barrières espacées d'au moins 700 m, en utilisant des insecticides chimiques ou biologiques à action rapide (quand ils existent), rémanents sur 2 ou 3 semaines, affectant les larves et les ailés et indirectement les champs de ponte, si les cibles sont constituées par des bandes larvaires mobiles.

Chapitre 2 : Les nématodes ravageurs des cultures

Les nématodes phytophages, à l'inverse des nématodes zooparasites connus depuis toujours, sont passés longtemps inaperçus, et le sont souvent encore, en raison de leur taille microscopique et du fait qu'ils se trouvent toujours cachés dans le sol ou à l'intérieur des tissus végétaux. On a souvent couvert l'ignorance de leur présence par le terme général de « fatigue des sols ».

Les problèmes phytosanitaires causés par ces ravageurs ont une incidence économique très importante à l'échelle mondiale, car ils s'attaquent aussi bien aux grandes cultures qu'aux cultures maraîchères, florales et fruitières. En Europe, ils sont responsables des dégâts atteignant 10% de la production céréalière et entraînent des diminutions de récoltes de 20 à 30% dans les vergers d'agrumes méditerranéens. Les dommages qu'ils provoquent aux USA représentent annuellement 6 milliards de dollars. Dans les régions tropicales et tempérées chaudes, très favorables à leur développement, ils constituent l'un des principaux ennemis des plantations et cultures de Caféier, Cotonnier, Bananier, Ananas, Maïs, Sorgho, etc., bases principales du développement de ces pays. Les espèces les plus répandues et causant les plus gros dégâts dans le monde appartiennent au genre *Meloidogyne* (Anguillule ou de nématode à galles des racines).

Les nématodes appartiennent à :

- ❖ L'embranchement des némathelminthes (vers ronds, cylindriques et allongés sans aucune segmentation).
- ❖ Classe des Nématodes ; (nema= cheveu ;(fin) ; tode= semblable)

Il existe deux S/Classe :

- S/Cl 1 : *Phasmida* (Chitwood, 1933), ou *Secernentea* (Chitwood, 1940),
- S/Cl 2 : *Aphasmida* (Chitwood, 1933), ou *Adenophora* (Chitwood, 1940),

Les critères séparant les deux S/Classe sont :

- La présence ou l'absence des organes sensoriels les Phasmides
- Les Amphides organes sensoriels sont plus développés chez les *Secernentea* que chez les *Adenophora*
- L'organe excréteur plus différencié chez les *Adenophora*

❖ Ordre de :

- *Tylenchida*
- *Dorylaimida*

Ces ordres se distinguent par des critères morphologiques et anatomiques représentés sur la figure qui suit :

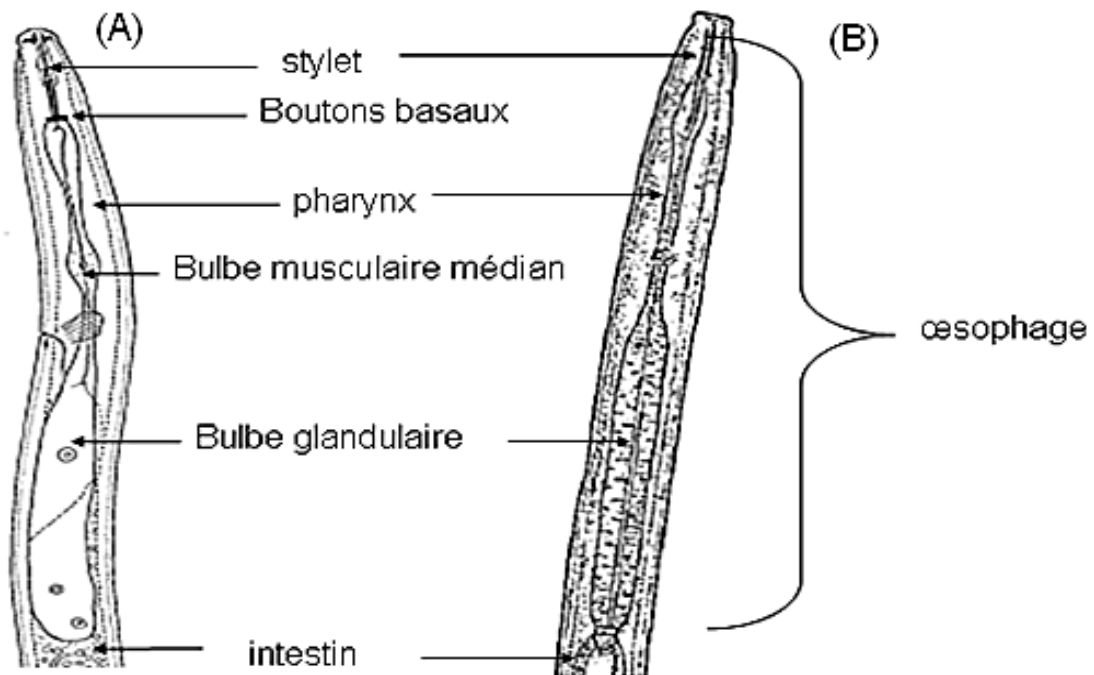


Figure 99: Différence entre les Tylenchida (A) et Dorylaimida (B)

2.1. Morphologie et anatomie des nématodes

2.1.1. Morphologie

Les nématodes présentent des variations considérables en ce qui concerne leurs structures internes et externes. Malgré cette complexité structurelle, certaines structures principales de base sont communes.

Ils sont en général filiformes et non segmentés et effilés aux deux extrémités et circulaire en coupe transversale. La taille de ces nématodes phytophages varie de 0.2 mm (*Paratylenchus nanus* Cobb, 1923) à 11mm (*Paralongidorus maximus* Butschli, 1874), mais la moyenne est de 1mm de long et 0.01 à 0.05 de diamètre.

Chez plusieurs espèces, la forme et les caractères des larves sont semblables à ceux des adultes (*Anguina tritici* Steinbuch, 1799 ; *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857), mais chez d'autres l'aspect du corps de l'adulte devient différent de celui des larves. La

Les nématodes ravageurs des cultures

forme filiforme disparaît donc et le nématode devient plus ou moins globuleux (piriforme, citriforme, réniforme ou sphérique) ; cas des femelles des genres suivants (*Meloidogyne*, *Heterodera*, *Nacobus*, *Rotylenchulus* et *Tylenchulus*) (figure 100).

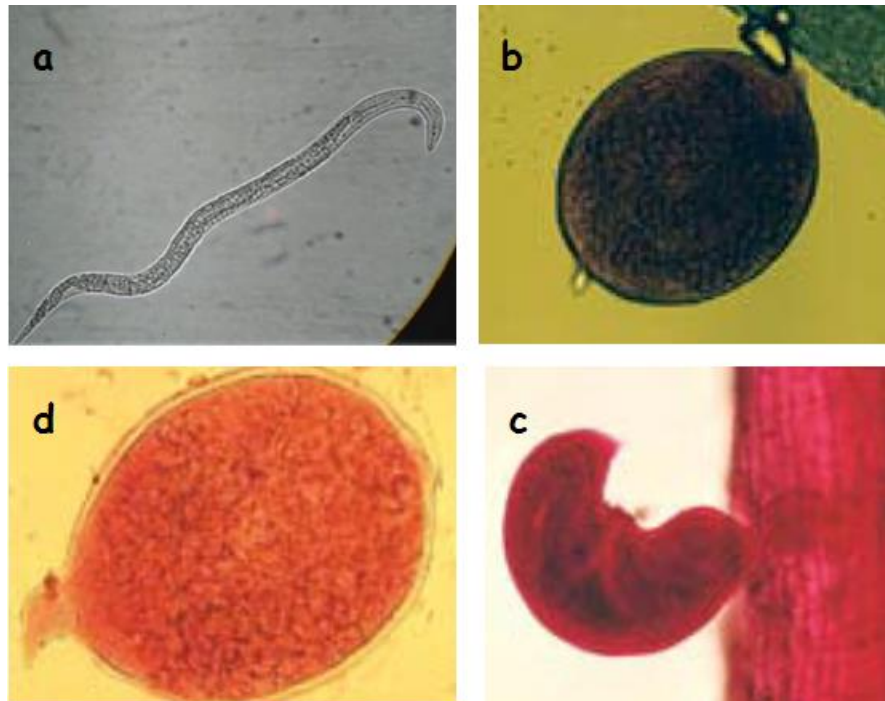


Figure 100: Quelques formes existantes chez les nématodes phytophages. **a** : filiforme ; **b** : citriforme ; **c** : réniforme ; **d** : sphérique

2.1.2. Différentes parties du corps des nématodes

Le corps du nématode ne présente pas une division bien définie des différentes parties. Toutefois une subdivision acceptable transversale est donnée (figure 101):

- La tête : partie antérieure renferme la bouche, la cavité buccale avec le stylet
- Le cou : région entre la tête et la base de l'œsophage
- La queue : de l'ouverture anale à l'extrémité postérieure du corps.
- Le tronc : entre le cou et la queue.

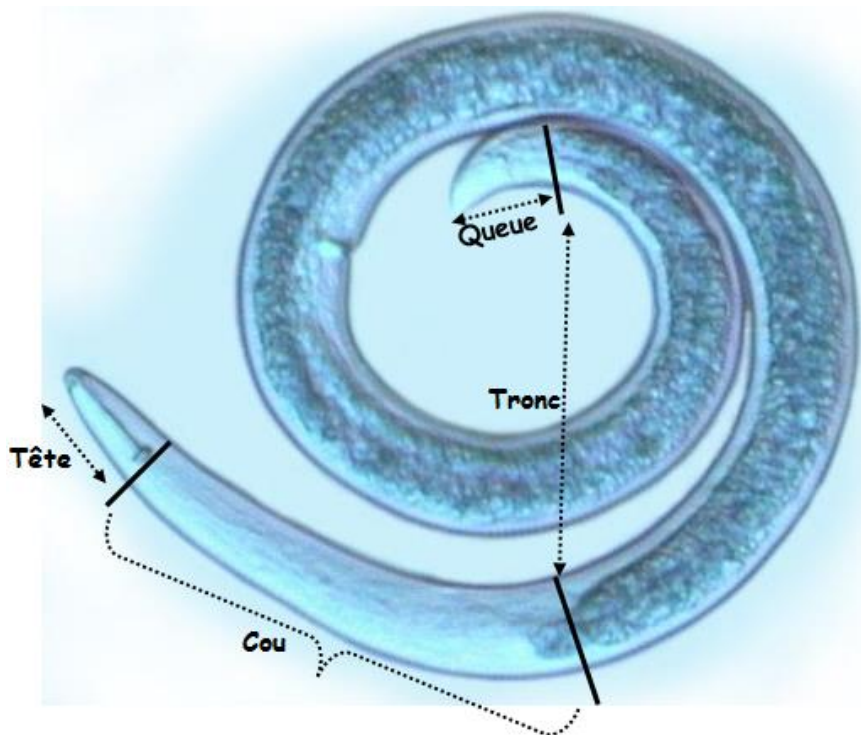


Figure 101: Différentes parties du corps d'un nématode phytophage

Longitudinalement le corps est divisé en quatre régions : dorsale, ventrale et latérale droite et gauche.

Comme le nématode présente une section circulaire, pour l'orienter on détermine généralement la région ventrale ; pour cela on se base sur l'habitus du nématode au repos (courbure en forme de croissant où orienté ventralement) (figure 102), ou par les ouvertures des orifices du corps du nématode qui sont positionnées ventralement à savoir:

- ❖ L'ouverture de l'orifice anale (chez tous les stades);
- ❖ L'ouverture de pore excréteur;
- ❖ L'ouverture de l'orifice génital chez la femelle (vulve).

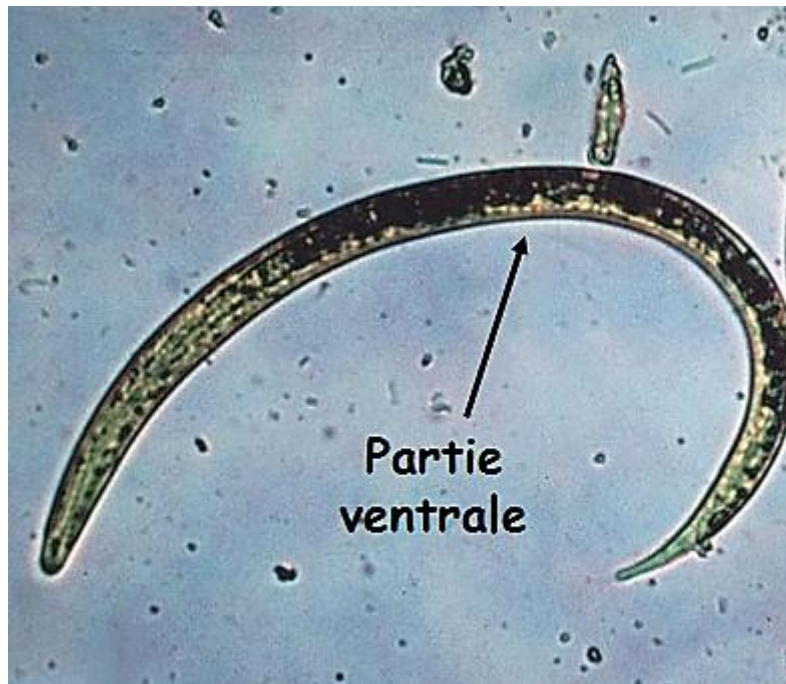


Figure 102: Nématode phytophage au repos

2.1.3. Anatomie des nématodes

2.1.3.1. Tube digestif

Le système digestif des nématodes consiste en un simple tube qui s'ouvre antérieurement par la bouche représentant une invagination qu'on l'appelle le Stomodeum et postérieurement par une autre invagination appelée Proctodeum.

- a. **Stomodeum** : il comprend la bouche et ses lèvres, la cavité buccale avec son stylet et l'œsophage (figure 103)..
 - **La bouche et les lèvres**: représente la tête du nématode avec 6 lèvres, qui peuvent être réduites par fusion partielle à 3 ou totale à un anneau entourant la bouche;
 - **La cavité buccale**: elle est pourvue d'un stylet à structure cuticulaire durcie, analogue à une aiguille hypodermique. Ce stylet permet aux nématodes phytoparasites de perforer les parois des cellules et d'en prélever le contenu dont ils se nourrissent. Parfois on trouve des boutons basaux avec le stylet et parfois non, selon les espèces ;

- **Œsophage** : la partie antérieure de l'œsophage est plus ou moins cylindrique; elle est divisée en un procorpus et un métacorpus aussi appelé bulbe médian ou bulbe musculaire. Ce bulbe médian contient une valve sur laquelle s'insèrent des muscles; il fonctionne comme une pompe qui aspire les aliments à travers le stylet et les refoule dans l'intestin. Après le bulbe musculaire vient l'isthme qui est une partie qui relie le bulbe musculaire au bulbe basal piriforme appelé aussi bulbe glandulaire. Ce bulbe contient trois glandes, une dorsale et deux sub-ventrales. La glande dorsale sécrète une salive.

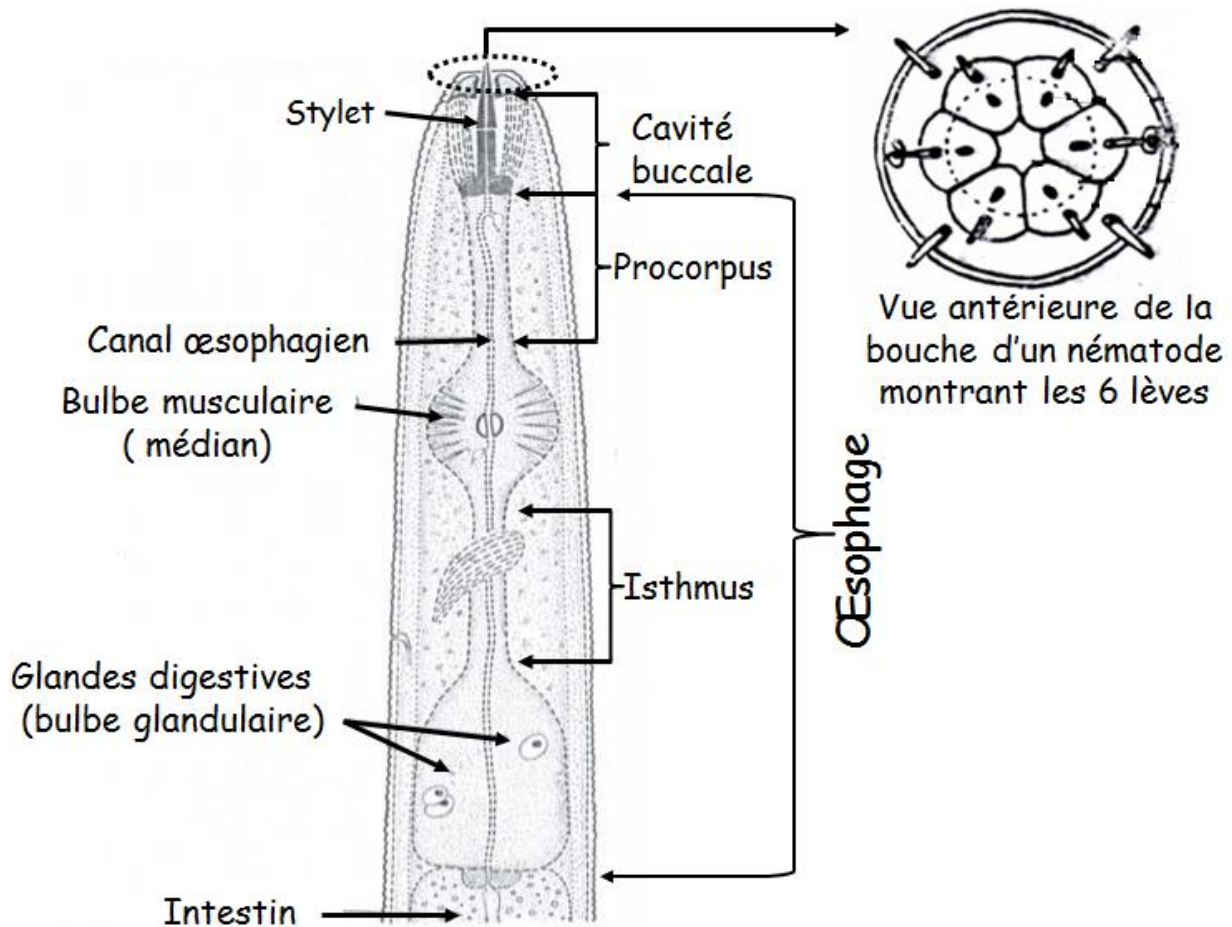


Figure 103: Différentes parties de l'œsophage et la bouche d'un nématode phytophage

b. Intestin : C'est un simple tube à paroi formée d'une assise de cellules épithéliales. Il sert d'organe de réserve. On distingue trois parties :

- Une antérieure ventriculaire
- Une moyenne affilée
- Une postérieure rectale

L'intestin présente des pH différents qui ont un rôle dans la digestion. La digestion est facilitée par un certain nombre d'enzymes (phosphatases, amylases, pectinases et invertases).

c. Proctodeum : ou rectum est une invagination de la cuticule ou s'ouvre des glandes rectales chez de nombreux nématodes. Chez la femelle le proctodeum est un simple tube avant l'anus. Alors que chez le mâle le système reproducteur s'ouvre dans le proctodeum et forme le cloaque qui contient les spicules et d'autres structures copulateurs (bursa caudale et gubernaculum).

2.1.3.2. Appareil reproducteur

L'appareil reproducteur mâle est représenté par : un testicule, vésicule séminale, spermiducte ou canal déférent, organes annexes (spicule, bursa caudale).

Alors que l'appareil reproducteur femelle par un ovaire (monodelphique) ou deux (didelphique), un oviducte, spermathèque, utérus, vagin qui s'ouvre par l'orifice génital (vulve).

En fonction du nombre et de l'emplacement des ovaires en relation avec la position de la vulve, nous distinguons plusieurs types d'appareil reproducteur : Monodelphique prodelphique (vulve postérieure) ou opisthodelphique (vulve antérieure) et le didelphique amphidelphique (vulve à 50%) ou prodelphique (vulve postérieure) (figure 104).

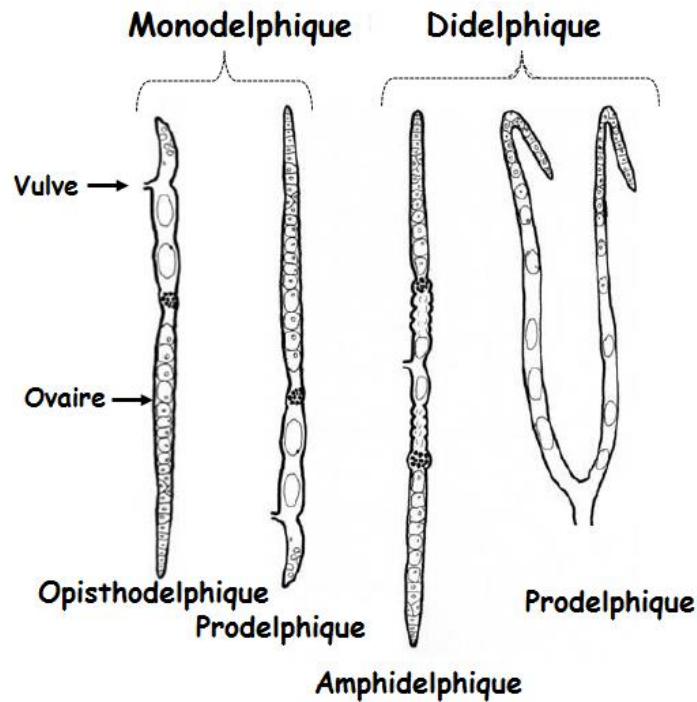


Figure 104: Différents types d'appareil reproducteur chez la femelle des nématodes

2.1.3.3. Appareil excréteur

Il assure la fonction d'excrétion, il est réduit dans sa forme. Il existe deux types d'appareil excréteur chez les nématodes (figure 105) :

- le type tubulaire: comprend 2 longs canaux passant dans les cordes hypodermiques latérales. Ils sont connectés entre eux antérieurement par un canal transversal relié au pore excréteur.
- le type glandulaire: comprend une large cellule située dans la cavité pseudocoelomique (glande ventrale) connecté au pore excréteur par un canal terminé par une ampoule.

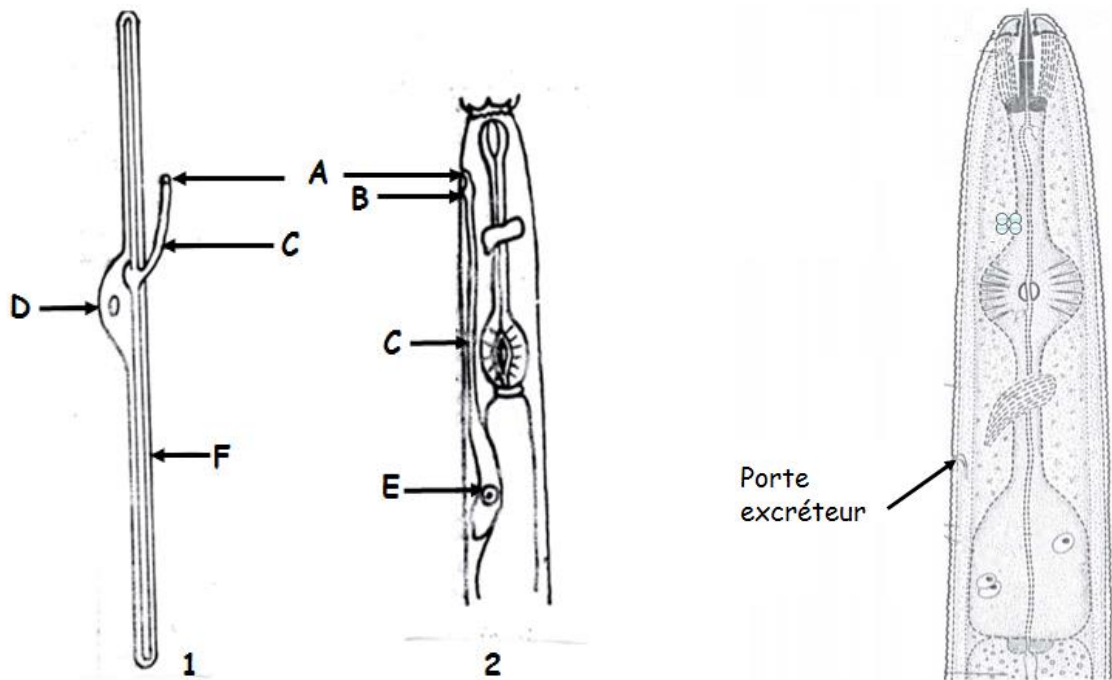


Figure 105: Types d'appareil excréteur chez les nématodes; Tibulaire (1) et glandulaire (2). A: pore excréteur; B: ampoule; C: tube excréteur; D: rénette; E: glande ventral; F: tube latéral

2.1.3.4. Système nerveux

On distingue un système nerveux central composé de ganglions nerveux, d'un anneau nerveux, d'une corde neurale ventrale et d'une corde neurale dorsale. L'anneau nerveux est la structure la plus facilement distinguable, il entoure l'œsophage juste en arrière du bulbe médian (figure 106). De cet anneau nerveux sort vert l'avant, six branches nerveuses pour les organes péribuccaux en relation avec les organes sensoriels céphaliques qui sont les 16 papilles (6 internes, 6 externes et 4 céphaliques) rangées en cercle, et une paire latérale d'amphides, et il émet aussi en arrière, deux nerfs qui suivent les lignes dorsale et ventrale jusqu'à l'extrémité du corps, où ils émettent des branches destinées aux organes sensoriels caudaux (les phasmides) et ceux associés à la reproduction (figure 107).

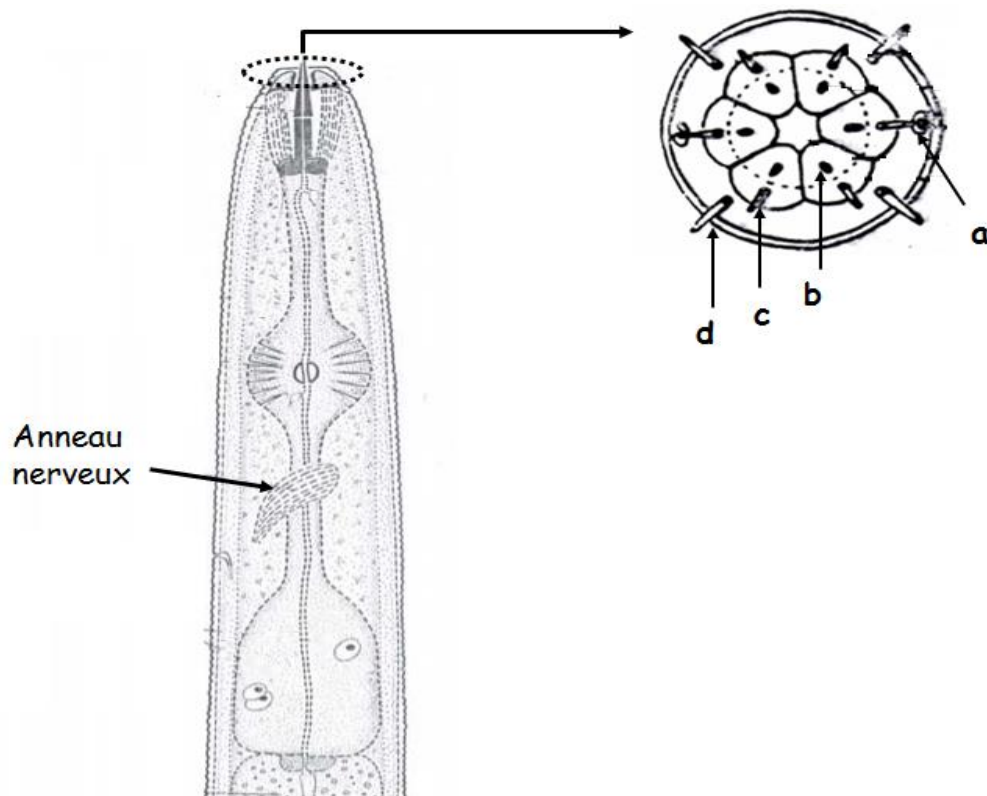


Figure 106: Emplacement de l'anneau nerveux et les papilles sensoriels
a: amphide; b: papille interne; c: papille externe; d: papille céphalique

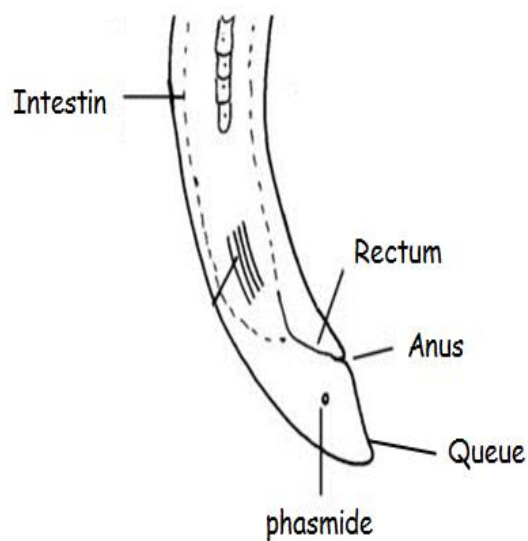


Figure 107: Emplacement des phasmides sur la queue des nématodes phytoparasites

2.2. Biologie des nématodes

2.2.1. Cycle biologique des nématodes

Les nématodes sont des animaux qui respirent. Leur corps est constitué de 75 % d'eau. Ce sont en fait des animaux aquatiques. Ils vivent dans le film d'eau existant à la surface des particules de sol. La granulométrie du sol, la température, le pH, etc.. Influencent la répartition et l'abondance des différentes espèces. Certains ne survivent pas à une inondation prolongée alors que d'autres sont inféodés aux rizières inondées. On trouve des genres prolifèrent dans les sols sableux alors que d'autres préfèrent les sols argileux.

La reproduction des nématodes phytoparasites se fait selon deux principaux modes:

- Amphimixie ou reproduction sexuée : la femelle est fécondée par le mâle;
- Parthénogénèse : les œufs se développent sans fécondation.

Et parfois on trouve aussi chez certains nématodes le mode hermaphrodite.

Les œufs sont pondus dans le sol, dans les racines, dans une enveloppe gélatineuse appelée masse d'œufs, ou bien conservés dans le corps de la femelle qui s'enkyste après sa mort (cas des nématodes à kystes).

L'œuf subit une série de divisions cellulaires, aboutissant au juvénile de premier stade. Toujours dans l'œuf, celui-ci subit une première mue donnant le juvénile de 2^{ème} stade, mais Il peut y avoir des exceptions où la première mue se déroule hors de l'œuf (après éclosion) ; cas de certaines espèces de *Dorylaimida* (*Xiphinema index*). Donc c'est le 2^{ème} stade larvaire (rarement le 1^{er} stade) qui déchire la coque et en émerge. Ce juvénile de second stade est souvent appelé stade infestant car la plupart du temps, il reste à ce stade jusqu'à ce qu'il trouve la racine d'une plante vivante sur laquelle il commence à se nourrir.

Il subit alors trois autres mues successives pour enfin se transformer en adulte mâle ou femelle (La mue concerne aussi les différentes ouvertures ; la cavité buccale, le pore excréteur et le pore anal). La différenciation sexuelle se fait généralement à partir de la 3^{ème} et 4^{ème} mue. Les mâles restent toujours vermiformes, alors que la femelle change sa forme chez certaines espèces et reste filiforme chez d'autres. Elle continue à se

nourrir pour la ponte des œufs alors que les mâles de certaines espèces cessent de s'alimenter dès qu'ils atteignent le stade adulte, ceci est fonction du mode de reproduction (figure 108).

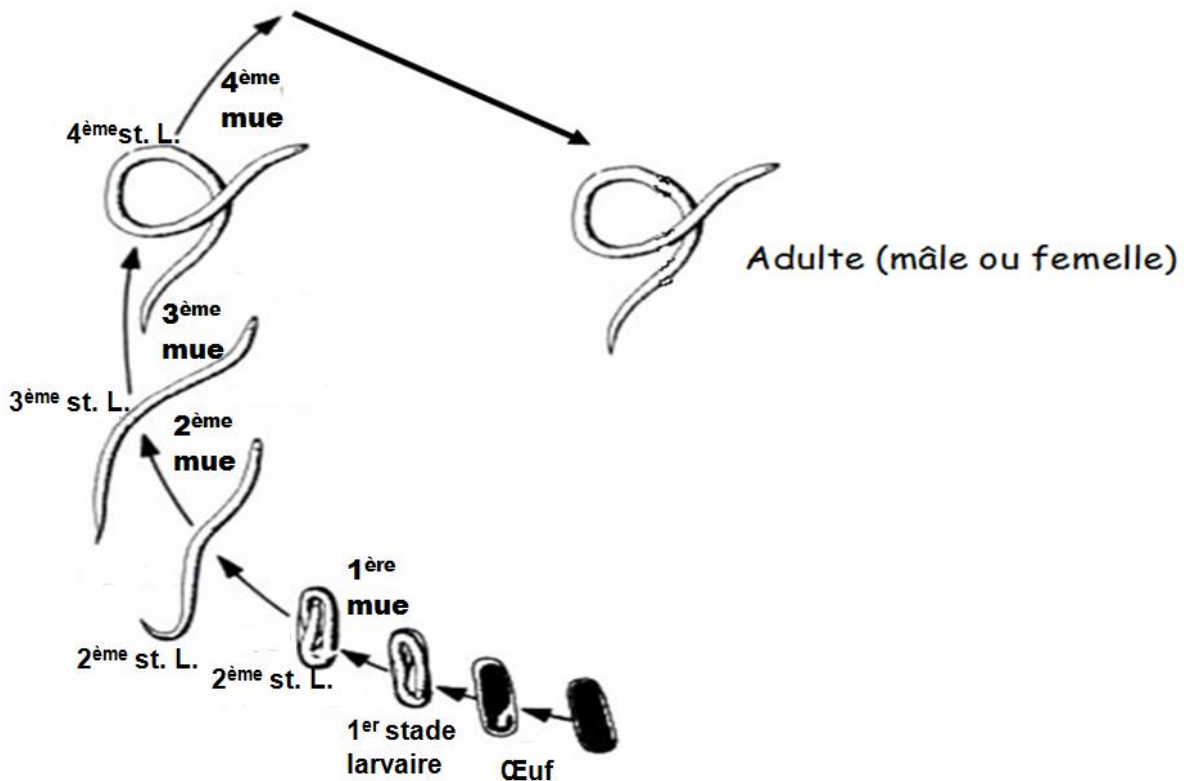


Figure 108: Cycle de développement d'un nématode libre

2.2.2. Les mues.

La mue se produit quatre fois chez les nématodes. Elle est contrôlée par certains stimuli affectant les cellules neuro-sécrétrices pour initier la mue. Chez *Paratylenchus nanus*, les exsudats racinaires représentent le stimulus pour la mue du 4^{ème} stade larvaire. Pour les nématodes endoparasites le stimulus est l'augmentation de la taille du nématode.

Les récepteurs des hormones de mue élaborées par les glandes sont des structures cuticulaires et hypodermales. Sous ses actions, l'hypoderme va s'épaissir sous l'action de l'accumulation des ribosomes qui contiennent des acides nucléiques et des protéines ; puis une partie de la couche corticale externe va se former à la surface de l'hypoderme à la base de l'ancienne cuticule. Après cette formation, la nouvelle et l'ancienne cuticule de même dimension se séparent. Chez certaines espèces les

couches internes de l'ancienne cuticule se résorbent, puis la nouvelle cuticule décrit des circonvolutions puis la mue se produit, seule la couche corticale externe de l'ancienne cuticule est dégagée. La cuticule du nématode peut muer en une seule pièce où la partie antérieure se dégage séparément de la partie postérieure comme une cape.

2.2.3. Les formes de conservation des nématodes

En milieu défavorable (dessiccation, absence d'hôte, basse température ...), les nématodes pour assurer leur survie se conservent sous différentes formes :

- Des larves en diapause ou quiescence, lorsque les conditions redeviennent favorables, ces larves reprennent leurs activités, c'est le phénomène de reviviscence. Cet état caractérise le 2^{ème} et le 3^{ème} stade larvaire de *Anguina tritici* ; le 4^{ème} stade larvaire de *Ditylenchus dipsaci*.

Les larves à l'état quiescent ont un tégument plus épais, qui résulte parfois de conservation de la mue précédente.

- L'anhydrobiose, est une forme de conservation observée chez les larves de certaines espèces telles que les larves (L2) de *Meloidogyne* en milieu sec.
- L'enkystement qui se rencontre chez les nématodes à kystes du genre

Heterodera et *Globodera*. Une fois la femelle fécondée, cette dernière commence à pondre, une petite quantité d'œufs est expulsée à l'extérieur dans une masse gélatineuse, alors que la totalité des œufs se développent dans le corps de la femelle. De ce fait, cette dernière meurt, le tégument (cuticule) qui était blanc et fragile se durcit après oxydation des polyphénols du tégument et devient brun foncé, formant une coque protectrice pour la partie de la ponte demeurée dans le corps de la mère. Ce kyste est capable de protéger les œufs pendant de nombreuses années, il peut résister longtemps au froid, à la sécheresse et à l'asphyxie (figure 109).

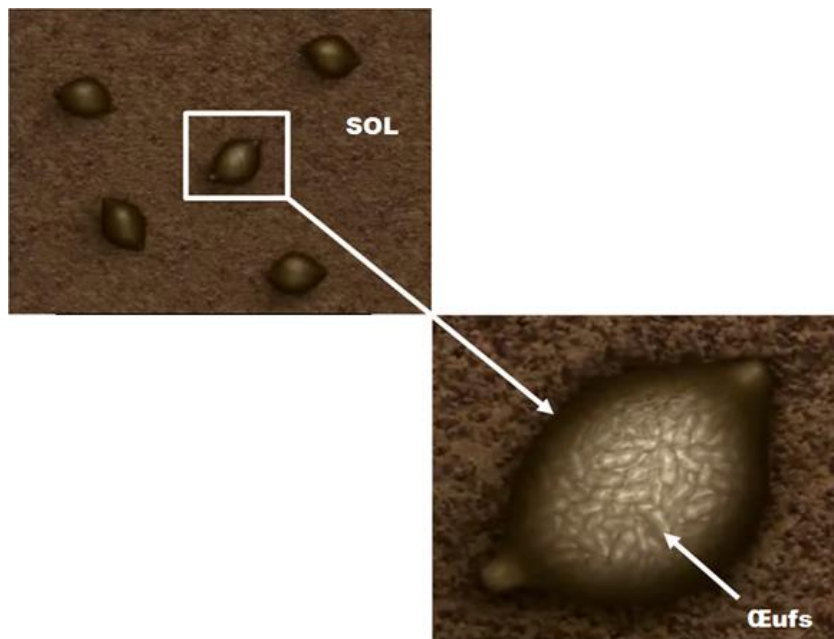


Figure 109: Kystes du genre *Heterodera*

➤ Le sac gélatineux, qui protège les œufs comme chez les *Meloidogyne*, *Heterodera* et *Tylenchulus semipenetrans* (Cobb, 1913), finit par devenir une enveloppe protectrice rigide jouant un rôle identique à celui du kyste bien qu'il soit de nature différente (figure 110).

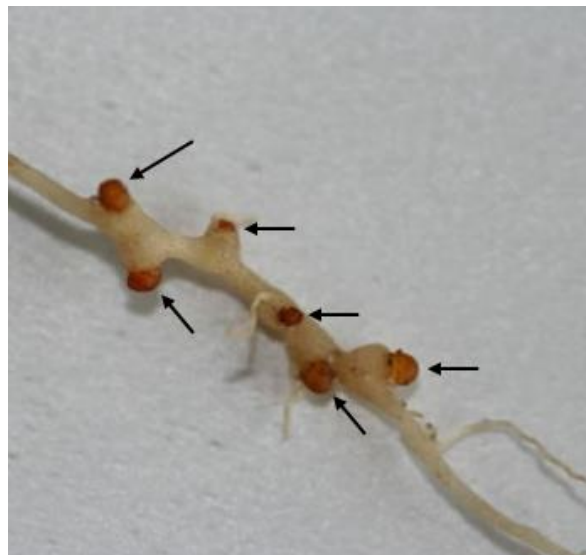


Figure 110: Amas d'œufs (sacs gélatineux) de *Meloidogyne chitwoodi* sur racines de tomate

2.2.4. Les cycles de développement

Le cycle de développement d'un organisme est l'histoire complète de sa vie et de ses transformations à partir d'un stade quelconque et jusqu'à la réapparition de ce même stade (par exemple de l'œuf au nouvel œuf de la génération suivante).

Le détail des cycles de développement des nématodes phytoparasites diffère d'un genre à l'autre et même d'une espèce à l'autre. Cette différence peut être entraînée par la multiplicité des sols, des climats et des écosystèmes dans lesquels ils vivent et par la plante hôte également.

Selon leur comportement alimentaire et leur mobilité, on peut subdiviser les nématodes en quatre groupes : les endoparasites migrants, les endoparasites sédentaires, les ectoparasites, et les semi-endoparasites.

2.2.4.1. Les nématodes endoparasites

Ce sont des nématodes qui pénètrent totalement dans les tissus de la plante. On trouve ceux qui sont endoparasites migrants des parties aériennes et d'autres migrants aussi mais des parties souterraines, comme on trouve également des endoparasites mais sédentaires (plus de détails seront abordés dans la partie : Principaux groupes de nématodes ravageurs des cultures et des arbres).

2.2.4.1.1. Les endoparasites migrants des parties aériennes :

Ils pénètrent à travers les racines, puis ils se déplacent vers les parties aériennes de la plante (feuilles, tiges, fleurs). Ce type de nématode reste toujours filiforme et il ne change pas sa forme ; donc tous les stades de développement sont mobiles à l'exception des œufs. Après l'accouplement, la femelle pond ses œufs à l'intérieur de la plante, et il peut y avoir le déplacement des larves vers la partie sous terrainne (exemple : *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857)

2.2.4.1.2. Les endoparasites sédentaires des racines

Les nématodes endoparasites sédentaires sont capables d'envahir les tissus végétaux dès l'éclosion du second stade juvénile – stade infestant vermiforme. Ils se déplacent dans le sol à la recherche des racines d'une plante hôte, traversent les tissus végétaux afin de trouver un site nourricier. Une fois le site trouvé, le juvénile s'y établit de manière

permanente jusqu'à la fin de son cycle de développement en femelle adulte. Au fur et à mesure de son développement, son corps arrondi prend une forme sphérique, de citron, de rein ou ovoïde. Le nématode s'alimente sur un très petit nombre de cellules, régulées par le nématode lui-même à l'aide de substances de croissance. Certaines espèces (nématodes à kystes et nématodes à galles) conduisent à la formation de cellules géantes à l'intérieur des racines de la plante hôte.

Les mâles demeurent filiformes, se nourrissant à la surface des racines pour quelques jours, pendant lesquels ils peuvent ou non féconder les femelles avant de migrer à nouveau dans le sol pour y mourir.

Les femelles de nématodes endoparasites sédentaires produisent généralement un très grand nombre d'œufs, qui demeurent à l'intérieur de leurs corps (exp : nématodes à kystes – *Heterodera* spp.) ou s'accumulent dans des masses d'œufs (exp. nématodes à galles – *Meloidogyne* spp.) rattachées à leurs corps.

2.2.4.1.3. Les endoparasites migrants des parties sous terraines

Dans cette catégorie, les nématodes traversent les tissus végétaux de cellule en cellule, ou peuvent quitter les tissus végétaux à la recherche de nouvelles sources alimentaires. Au cours de leur migration et de leur alimentation, ces nématodes pondent des œufs soit à l'intérieur du cortex racinaire soit dans le sol environnant les racines. Les cellules endommagées sécrètent des toxines qui peuvent tuer les cellules adjacentes, conduisant à la formation de petites taches ou de lésions nécrotiques (exp. : nématode des lésions des racines *Pratylenchus* sp.). Des champignons et des bactéries, agents de pourriture secondaire des racines, sont souvent associés aux déplacements et aux points d'entrée créés par les nématodes endoparasites migrants.

2.2.4.2. Les nématodes semi- endoparasites

Dans ce groupe, on n'a pas trouvé, dans la littérature, des nématodes semi-endoparasites migrants. Les espèces de ce groupe sont migratrices au début de leur cycle puis ils deviennent sédentaires donc ils perdent la capacité se déplacer.

Ils se fixent en un point de la racine. Seule une partie du corps, la tête, pénètre dans la racine, le reste du corps restant à l'extérieur. Les stades juvéniles, la femelle jeune et le mâle sont filiformes, et seule la partie postérieure de la femelle mûre qui se renfle après certains temps, donc elle devient immobile. Après l'accouplement, la ponte se fait dans le sol et les œufs sont pondus agglomérés dans une substance gélatineuse sécrétée par la femelle. On trouve l'exemple de *Rotylenchus reniformis* Linford and Oliveira, 1940 et *Tylenchulus semipenetrans* (plus de détails seront abordés dans la partie : Principaux groupes de nématodes ravageurs des cultures et des arbres).

2.2.4.3. Les nématodes ectoparasites

Les nématodes ectoparasites s'alimentent de manière externe, à la surface des plantes, généralement sur les poils absorbants ou le tissu cortical externe des racines. On les retrouve souvent en très grand nombre sans que cela soit un problème. Cependant, ils peuvent occasionner de sérieux dommages aux plantes souffrant de stress d'origine biotique ou abiotique (e.g. attaque fongique ou faible disponibilité en eau). La ponte des œufs se fait dans le sol.

Il est également bien reconnu que certains nématodes ectoparasites sont des agents importants de transmissions de virus aux plantes (*Xiphinema* spp.; *Longidorus* spp.; *Trichodorus* et *Paratrichodorus* spp.) (plus de détail sera abordé dans la partie : Principaux groupes de nématodes ravageurs des cultures et des arbres)..

2.2.5. Les nématodes vecteurs de maladies

Les nématodes phytoparasites sont des piqueurs suceurs de sève ; c'est-à-dire le risque d'être vecteurs directs de maladies virales ou bactériennes existe.

La majorité de ce type de nématodes appartiennent à l'ordre des *Dorylaimida*. Ce sont de redoutables nématodes en particulier pour la vigne. L'espèce *Xiphinema index* (Thorne & Allen, 1950) est vectrice du virus qui provoque la maladie du court noué ou la dégénérescence infectieuse de la vigne. L'espèce *Longidorus elongatus* (De Man, 1876) transmet le « Raspberry ring spot » et le « Tomato black-ring ».

Le genre *Trichodorus* de petite taille que les deux précitées transmet le virus du groupe « Ratlle » aux cultures notamment la pomme de terre.

Pour ces nématodes, les virus sont localisés au niveau de la partie antérieure du tube digestif.

Chez *Xiphinema*, les particules virales se développent au niveau de l'odontophore (partie basale du stylet), de l'œsophage et du bulbe.

Chez *Longidorus*, les virus sont localisés au niveau de la gaine du stylet. Alors que chez les *Trichodorus*, ils se développent sur la paroi muqueuse du bulbe.

La transmission des particules virales se fait lors de la prise de nourriture à l'aide de leur stylet. Après la mue le nématode perd son pouvoir infectieux. Il peut se recontaminer en se nourrissant sur un hôte malade.

2.2.6. Conditions de développement et du maintien des nématodes dans le sol

Tout organisme, y compris les nématodes, est soumis à des actions simultanées des différents facteurs biotiques et abiotiques qui déterminent sa présence ou son absence dans un milieu donné. Ces facteurs influencent également son cycle de développement et les dégâts qui peut les engendrer sur une culture donnée.

2.2.6.1. Les facteurs abiotiques :

- **Humidité**

Les nématodes sont actifs dans les sols humides. Le taux préférable par ces bioagresseurs est 40 à 60% de saturation. Ils se déplacent dans les sols grâce aux films d'eau qui entourent les particules, mais dans les sols secs, ils deviennent inactifs et peuvent mourir par dessiccation.

Cependant, les sols saturés en eau inhibent le déplacement des nématodes et l'éclosion des œufs à cause du manque d'oxygène, ce qui peut induire également une forme de quiescence des larves.

- **Texture du sol**

La nature du sol influence aussi l'activité des nématodes. Les sols les plus légers, bien aérés et pauvres en matières organiques sont très favorables à leur développement et leur pullulation.

Les sols légers sablonneux, sont généralement très favorables à une large population de nématodes comme les nématodes à kystes (*Globodera*, *Heterodera*), à galles (*Meloidogyne*) que les sols lourds (argileux) à cause du taux de rétention d'eau différent dans les deux types de sol et également la température de sol (un sol sablonneux est plus chaud qu'un sol argileux).

- **Températures**

C'est un facteur climatique important, il affecte divers aspects biologiques du nématode à savoir ses déplacements dans le sol et la plante, la durée de son cycle de développement, sa fécondité, la fertilité des œufs et sa survie.

La température optimale des nématodes est rangée entre 15 et 30°C. Certaines espèces sont inactives à des basses températures (entre 5 et 15°C) et de hautes températures (entre 30 et 40°C). Elles entrent en diapause. Au-delà de ses limites (< à 5°C et > à 40°C), les températures deviennent létales pour les nématodes.

Selon leur besoin en températures, on distingue deux groupes ;

- Les nématodes cryophiles, dont les températures optimales se situent entre 15 et 20°C.
- Les nématodes thermophiles, dont les températures optimales se situent entre 20 et 30°C.

2.2.6.2. Facteurs biotiques

- **Amendements organiques**

Au cours de la décomposition de la matière organique, une libération de certains acides gras volatils aura lieu et qui sont toxiques et réduisent les populations des nématodes dans le sol. Ces acides gras sont généralement l'acide acétique et l'acide butyrique.

L'amendement organique favorise également le bon développement de la plante hôte, c'est-à-dire l'apparition des plantes vigoureuses et qui supportent ainsi mieux les attaques de nématodes.

La matière organique favorise aussi le développement des microorganismes antagonistes dans le sol et qui peuvent être utile en réduisant le nombre des nématodes.

- **Plantes**

La présence ou l'absence d'une plante hôte dans le sol joue un rôle important dans le taux d'infestation des parcelles. En son absence, l'infestation diminue considérablement en six mois. Sa réinstallation fait remonter très rapidement l'infestation notamment en présence d'hôte sensible.

Elle affecte la durée du cycle de développement du nématode. Elle contrôle la fécondité, soit en l'augmentant cas d'une plante sensible; soit en la réduisant cas d'un hôte résistant.

Chez les nématodes à kyste (*Heterodera* et *Globodera*), les exsudats racinaires stimulent et intensifient l'éclosion des œufs, alors que chez les nématodes à galles (*Meloidogyne*), aucun effet similaire n'a été enregistré.

Par ailleurs, d'autres plantes présentent des exsudats très toxiques comme le genre *Tagete* (*Tagete patula* et *Tagete minuta*) vis-à-vis des nématodes à galles et d'autres espèces tels que *Pratylenchus* sp. et *Rotylenchus* sp.

2.3. Dégâts et symptômes

En fait, les attaques de nématodes ne sont généralement pas spécifiques et peuvent facilement être confondues avec des symptômes d'origine abiotique ou biotique. Par exemple, les symptômes de chlorose peuvent être dus à une déficience en azote mais aussi à la présence de nématodes, de la même manière une faible croissance peut être causée par un manque de fertilité du sol ou de stress hydrique mais également par la présence de nématodes.

Le plus souvent les attaques de nématodes ne se traduisent que par une diminution de végétation. Cet état n'est souvent décelable que lorsque la multiplication du parasite atteint un degré élevé dans le sol. Ceci se produit dans le cas de monoculture annuelle fréquente et continue dans la même parcelle. Dans le champ on voit des zones où la

végétation est moins dense et les plantes plus petites, réparties en taches d'inégale importance.

On peut classer les symptômes en deux types, ceux qui apparaissent sur les parties aériennes, et d'autres sur les parties souterraines

2.3.1. Symptômes sur les parties aériennes (figure 111)

Les symptômes sur les parties aériennes se divisent en deux catégories : ceux qui sont causés par des nématodes des parties aériennes qui attaquent le feuillage et ceux qui sont causés par des nématodes du sol attaquant les racines.

2.3.1.1. Symptômes causés par les nématodes des parties aériennes

- Nécrose du parenchyme foliaire qui se traduit par un rougissement ou brunissement (cas d'*Aphelenchoides*) ;
- Les attaques de *Ditylenchus dipsaci* sur liliacées, entraînant des symptômes typiques de torsion, gonflement ou déformation des feuilles et des tiges ;
- Formation de galles, ou gonflement anormal des grains (e.g. *Anguina tritici*) ou des feuilles (e.g. *Cynipanguina*) ;
- Nécrose interne de la tige, association avec un anneau rouge (*Bursaphelenchus cocophilus* Cobb) ;
- Nécrose de l'inflorescence ;
- Chlorose/brunissement des feuilles (aiguilles de pins), possible mort de l'arbre (*Bursaphelenchus xylophilus* Steiner and Buhner).

2.3.1.2. Symptômes causés par les nématodes des racines

- Retards de croissance et une végétation faible et rabougrie qui se manifestent sous forme de taches au milieu d'une culture d'apparence normale (cas de *Globedera* et *heterodera*). En cas de forte attaque: * le feuillage de la base se fane et se propage le long de la tige, * les feuilles supérieures s'enroulent, se décolorent (palissent)
- Chlorose ou toute autre coloration anormale du feuillage ;
- Croissance inégale et réduite ;
- Feuillage fin et peu fourni ;

Les nématodes ravageurs des cultures

- Symptômes liés au stress hydrique comme flétrissement de la plante ou enroulement des feuilles ;
- Mort de plantes pérennes ou ligneuses avec peu ou pas de nouvelles feuilles ;
- Réduction de la taille des fruits et des graines ;
- Des entre nœuds raccourcis dans les ceps de vigne ; (dû à une infection virale transmise par le nématode *Xiphinima index*). Cette maladie virale s'appelle la maladie de court noué de type « Ring spot » dont les symptômes primaires sont constitués par des taches annulaires sur les feuilles ;
- Faiblesse des récoltes.

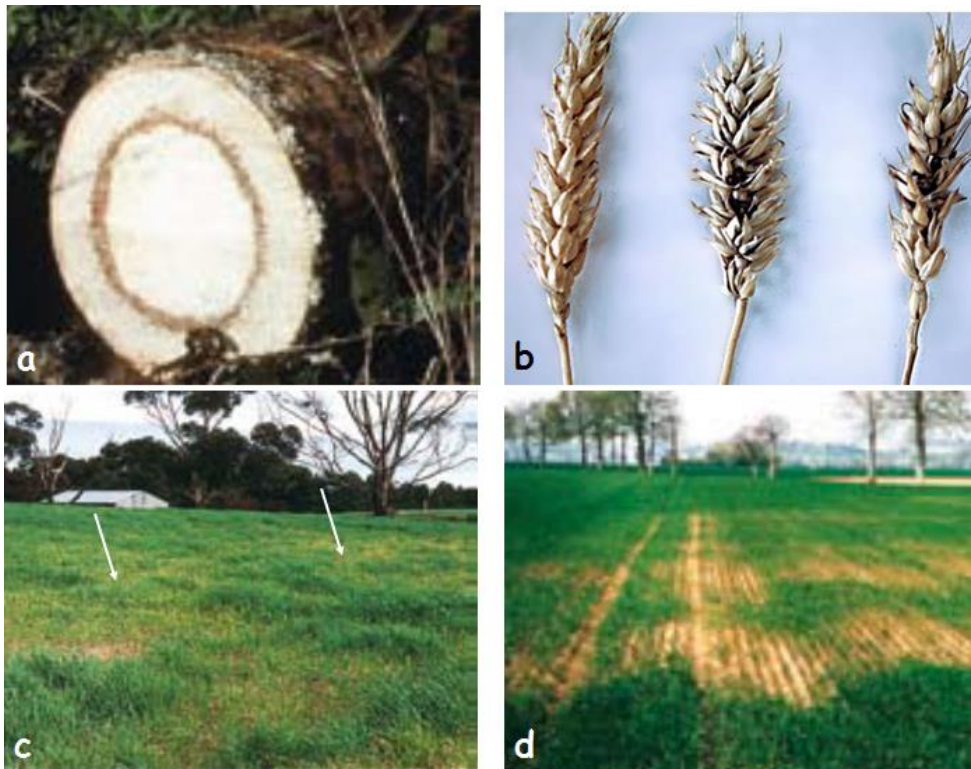


Figure 111: Symptômes d'attaque des nématodes sur des parties aériennes. **a** : Symptôme de l'anneau rouge causé par *Bursaphelenchus cocophilus* ; **b** : Symptômes d'*Anguina tritici* sur épis de blé (épi de gauche sain, épis de droite atteints) ; **c** : Chlorose en taches et défaut de croissance des feuilles basses de blé en présence *Heterodera* spp ; **d** : Réduction du tallage et distribution en taches sur blé attaqué par le nématode agent de lésions (*Pratylenchus neglectus* Rensch, 1924).

2.3.2. Symptômes sur parties souterraines (figure 112)

- Nécroses des écailles du bulbe d'oignon, des brunissements concentriques (maladie annulaire du bulbe) provoquée par *Ditylenchus dipsaci* ;
- Dégâts de *D. destructor* (Thorne ;1945) espèce voisine de *Ditylenchus dipsaci*, sur tubercule de pomme de terre. Elle provoque des nécroses très étendue sur le tubercule, qui s'aggrave au cours de stockage et aboutissent à une pourriture molle recouverte par une peau durcit et craquelée. Aucun symptôme n'est observé au cours de la végétation ;
- Le genre *Meloidogyne*, les symptômes essentiels de leurs attaques se traduisent par la formation de galles sur les racines. Ces dernières peuvent être de petites tailles visibles sur les radicelles ou grosses envahissant tout le système racinaire;
- Présence de kystes ou de 'perles' sur les racines ;
- Ramification anormalement des racines de pomme de terre et prennent un aspect buissonnant dû aux nématodes à kyste, Les tubercules sont petits, peu nombreux. La récolte est faible, parfois inférieure au poids des semences utilisées ;
- Des lésions sur les racines qui apparaissent extérieurement sous forme de petites lésions de couleur rouge violacée foncée provoquées par *Pratylenchus*. Ces lésions peuvent s'élargir jusqu'à former des zones nécrosées de couleur noir violacé qui s'étendent généralement à l'ensemble du cortex ;
- Outre les dommages directs, (les lésions et nécroses), les nématodes créent des conditions propices pour que des champignons parasites secondaires envahissent les racines tel est le cas pour *Fusarium* spp., et *Rhizoctonia* spp. ;

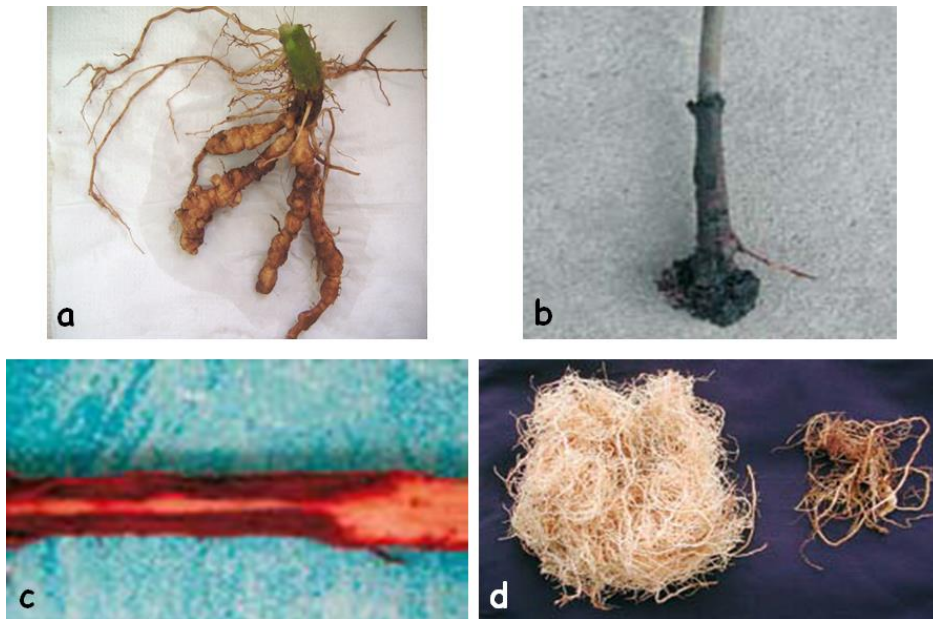


Figure 112:Symptômes d'attaque des nématodes sur des parties souterraines. **a** : Galle racinaire sur tomate provoquée par *Meloidogyne* ; **b** : Sévère dépérissement racinaire sur plantule d'olivier provoqué par *Pratylenchus* spp.; **c** : Lésions racinaires provoqués par *Radopholus similis* Cobb 1893; **d** : Nécroses et réduction de la biomasse racinaire de patate douce en présence de *Scutellonema bradys* Steiner & LeHew, 1933

2.4. Distribution géographique des nématodes phytophages

On ne peut pas citer la répartition géographique de toutes les espèces à la fois et par région, en raison de la diversité importante des nématodes et qui sont généralement des êtres cosmopolites.

2.4.1. Répartition géographique dans le monde

Le tableau 4 montre quelques espèces dangereuses qui ont une incidence sur les cultures stratégiques.

Tableau 4: Répartition mondiale de quelques nématodes phytoparasites

Espèces	Répartition géographique
<i>Anguina tritici</i> Steinbuch, 1799	régions tempérées : Chine, Europe de l'est, Inde, Afrique du nord, Ouest Asiatique
<i>Aphelenchoides</i>	
<i>A. arachidis</i> Boss 1977	Tropicale : Afrique de l'ouest
<i>A. besseyi</i> Christie 1942	Tropicale : régions productrices de riz
<i>A. fragariae</i> Ritzema. Bos, 1891	Tempérée : Europe, Amérique du nord, Japon
<i>Ditylenchus</i>	
<i>D. africanus</i> Wendt, Swart, Vrain et Webster, 1995	Subtropicale : Afrique du sud
<i>D. angustus</i> Buther, 1913	Tropicale : Bangladesh, Inde, Birmanie, Vietnam
<i>D. dipsaci</i> (Kühn, 1857) Filipjev, 1936	Europe, Amérique du nord et du sud, Est de l'Australie
<i>Longidorus elongatus</i> De Man, 1876	Tempérée : Europe, Canada
<i>Meloidogyne</i>	
<i>M. acronea</i> Coetzee, 1956	Tropicale : Afrique du sud
<i>M. africana</i> Whitehead, 1960	Tropicale : Afrique
<i>M. artiellia</i> Franklin, 1961	Méditerranée: Italie, France, Grèce et Espagne, Ouest Asiatique, Israël et Ouest de la Sibérie
<i>M. chitwoodi</i> Golden, O'Bannon, Santo & Finley, 1980	Tempérée: Amérique du nord, Mexique, Afrique du sud, Europe
<i>M. incognita</i> Kofoid & White, 1919	Tropicale: mondiale
<i>M. javanica</i> Treub, 1885	Tropicale: mondiale
<i>Pratylenchus</i>	
<i>P. brachyurus</i> Godfrey ; 1929	Tropicale: mondiale
<i>P. coffeae</i> Zimmerman, 1898	Tropicale: mondiale
<i>P. neglectus</i> Rensch, 1924	Australie, Afrique du nord, USA, Canada
<i>P. penetrans</i> Cobb, 1917	Tempérée: mondiale
<i>P. thornei</i> Sher & Allen, 1953	Australie, Ouest Asiatique, Asie, Afrique du nord, Israël, Mexique, USA
<i>Tylenchulus semipenetrans</i> Cobb, 1913	Subtropicale/tropicale: régions productrices de citrus
<i>Xiphinema</i>	
<i>X. americanum</i> Cobb, 1913	Tempérée/subtropicale: mondiale
<i>X. diversicaudatum</i> micoletzky, 1927	Tempérée: Europe, Amérique du nord, Australie, Nouvelle Zélande
<i>X. index</i> Thome & Allen, 1950	Tempérée: Europe, Amérique du sud, Méditerranée, Afrique du sud, Est de l'Australie

2.4.2. Répartition géographique en Algérie

Peu de travaux ont été réalisés sur les nématodes en Algérie, et la plupart d'entre eux étaient sur les nématodes des céréales, quelques cultures maraichères, l'olivier et une étude trouvée sur la vigne. Le tableau (5) indique la répartition de quelques nématodes recensés dans quelques wilayas de notre pays en fonction du type de culture.

Les nématodes ravageurs des cultures

Tableau 5: Quelques genres de nématodes phytophages trouvés en Algérie en fonction du type de culture

	Djelfa	Batna	Biskra	El-oued	Laghouat	BBA	Sétif	Msila	Ouargla	Touggourt	Adrar	Tindouf	Bechar
<i>Meloidogyne</i>		+(^o)						+(^m)	+(^{m, p})	+(^m)			
<i>Helicotylenchus</i>		+(^o)	+(^o)	+(^o)	+(^o)			+(^{o,m})		+(^m)			
<i>Pratylenchus</i>		+(^o)						+(^{o,m})					
<i>Xiphinema</i>		+(^o)						+(^o)		+(^m)			
<i>Tylenchorhynchus</i>		+(^o)						+(^{o,m})	+(^{m, p})	+(^m)			
<i>Paratylenchus</i>				+(^o)				+(^o)					
<i>Criconema</i>		+(^o)											
<i>Longidorus</i>		+(^o)							+(^{m, p})				
<i>Rotylenchus</i>		+(^o)	+(^o)										
<i>Telotylenchus</i>			+(^o)	+(^o)	+(^o)								
<i>Hemicriconemoides</i>					+(^o)								
<i>Heterodera</i>		+(^c)				+(^c)	+(^c)	+(^c)			+(^c)	+(^c)	+(^c)
<i>Globodera</i>	+(^m)		+(^m)	+(^m)			+(^m)						
<i>Ditylenchus</i>		+(^o)	+(^m)					+(^{o,m})		+(^m)			
<i>Tylenchus</i>								+(^{o,m})		+(^m)			
<i>Pratylenchoides</i>										+(^m)			
<i>Aphelenchoides</i>		+(^o)						+(^{o,m})					
<i>Aphelenchus</i>								+(^{o,m})					
<i>Scutellonema</i>										+(^m)			

m : culture maraichère ; o : olivier ; c : céréales ; p : palmier dattier.

Les nématodes ravageurs des cultures

Tableau 5 suite :

	Boumerdes	Tizi ouzou	Blida	Bouira	Bejaia	Médéa	Tipaza	Ain Defla	Alger
<i>Meloidogyne</i>	+ ^(o, m)	+ ^(o)	+ ^(o, m)	+ ^(o)			+ ^(m)		+ ^(m)
<i>Helicotylenchus</i>	+ ^(o)	+ ^(o)	+ ^(o,v)	+ ^(o)	+ ^(o)	+ ^(v)	+ ^(m,v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Pratylenchus</i>	+ ^(o)	+ ^(o)	+ ^(o,v)	+ ^(o)		+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Xiphinema</i>	+ ^(o)	+ ^(o)	+ ^(o,v)	+ ^(o)		+ ^(v)	+ ^(m,v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Tylenchorhynchus</i>	+ ^(o)		+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(m,v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Paratylenchus</i>			+ ^(o,v)	+ ^(o)		+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Boleodorus</i>					+ ^(o)				
<i>Longidorus</i>			+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Heterodera</i>	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c,v)	+ ^(c)		+ ^(c,v)	+ ^(c,v)	+ ^(c,v)	+ ^(c,v)
<i>Globodera</i>	+ ^(m)		+ ^(m)	+ ^(m)			+ ^(m)	+ ^(m)	+ ^(m)
<i>Ditylenchus</i>			+ ^(m,v)			+ ^(v)	+ ^(m,v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Tylenchus</i>			+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Pratylenchoides</i>			+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Aphelenchoides</i>			+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)
<i>Aphelenchus</i>			+ ^(v)			+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)	+ ^(v)

m : culture maraichère ; o : olivier ; c : céréales ; v : vigne.

Tableau 5 : suite

	Mila	Constantine	Guelma	Oum ElBouaghi	Khenchla	Souk ahras	Tébessa	Skikda
<i>Heterodera</i>	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c)	+ ^(c)	
<i>Globodera</i>	+ ^(m)		+ ^(m)			+ ^(m)	+ ^(m)	+ ^(m)

m : culture maraichère ; c : céréales.

Les nématodes ravageurs des cultures

Tableau 5 : suite

	Tlemcen	Sidi Belabbès	Ain Témouchent	Chlef	Oran	Saida	Tiaret	Mascara	Relizene	Mosta	Naama
<i>Meloidogyne</i>								+(o)	+(o)		
<i>Helicotylenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(o,v)	+(o,v)	+(v)	
<i>Pratylenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(o,v)	+(v)	+(v)	
<i>Xiphinema</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(o,v)	+(v)	
<i>Tylenchorhynchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(o,v)	+(v)	+(v)	
<i>Paratylenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Criconema</i>								+(o)			
<i>Longidorus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Telotylenchus</i>								+(o)			
<i>Gracilacus</i>								+(o)			
<i>Heterodera</i>	+(c)	+(c,v)	+(c,v)	+(v)	+(c,v)	+(c)	+(c)	+(c,v)	+(c,v)	+(c,v)	+(c)
<i>Globodera</i>	+(m)			+(m)			+(m)	+(m)	+(m)	+(m)	
<i>Ditylenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Tylenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Pratylenchoides</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Aphelenchoides</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	
<i>Aphelenchus</i>		+(v)	+(v)	+(v)	+(v)			+(v)	+(v)	+(v)	

m : culture maraichère ; o : olivier ; c : céréales ; v : vigne

2.5. Principaux groupes des nématodes ravageurs des cultures et des arbres.

2.5.1. Les méloïdogynes, nématodes des cultures maraîchères (Endoparasite sédentaire ; ordre des *Tylenchida*)

Les nématodes du genre *Meloidogyne* sont peut-être les plus polyphages et les plus ubiquistes des nématodes phytoparasites. Ils sont présents sous tous les climats mais prolifèrent particulièrement en climat tropical. On trouve plusieurs espèces dans ce genre (voir quelques exemples dans le tableau 4).

Ce sont des endoparasites sédentaires des racines et qu'ils appartiennent à l'ordre de *Tylenchida*. Ils sont caractérisés par leurs symptômes typiques sur les racines « la présence des galles » leur cycle de vie est caractérisé par deux phases :

- **Une phase exophyte**, représentée par les œufs et les larves (L2) présentes dans le sol.
- **Une phase endophyte**, représentée par les stades présents à l'intérieur des racines.

Les larves L2 se déplacent dans le film d'eau qui recouvre les particules du sol à la recherche d'une racine, Elles pénètrent dans celle-ci par la zone d'élongation, là où les cellules sont jeunes (cellules méristématiques) en perçant les parois des cellules à l'aide de leur stylet. Elles migrent vers la zone vasculaire, au voisinage du cylindre central, en détruisant les cellules de l'écorce pour se fixer.

Autour de la tête de la larve se forment des cellules géantes polynucléaires et une hypertrophie des cellules corticales grâce aux substances de croissance contenues dans la glande digestive et qui sont émises pour digérer le contenu cellulaire. Ces déformations constituent les galles caractéristiques d'une attaque de *Meloidogyne*

La présence de ce type de cellules est nécessaire pour que la larve termine son cycle et se reproduit ; elles contiennent les éléments nourrissant le parasite. La larve subit des modifications morphologiques, elle se renfle et après plusieurs mues (3), elle se transforme en mâle ou en femelle. Le mâle filiforme, subit une vraie métamorphose après la dernière mue puis il est libéré dans le sol. La femelle globuleuse, mesure environ un demi-mm de diamètre reste fixée à son site

Les nématodes ravageurs des cultures

nourricier, englobée dans la galle et commence sa ponte dans une masse gélatineuse sécrétée par des glandes rectales. La masse d'œufs ainsi formée fait souvent saillie à la surface des jeunes galles ou peut être enfermée dans une grosse galle. L'éclosion se produit 7 jours après la ponte et les œufs libèrent d'autres larves (L2) qui vont infester d'autres racines ou pénétrer dans la galle maternelle qui devient volumineuse et contient les différents stades du parasite. La durée du cycle est de 20 à 28 jours dépendant de la température et de la sensibilité de l'hôte. Les mâles ne sont pas fonctionnels, la fécondation n'a pas lieu. La reproduction se fait donc selon le mode parthénogénétique (figure 113).

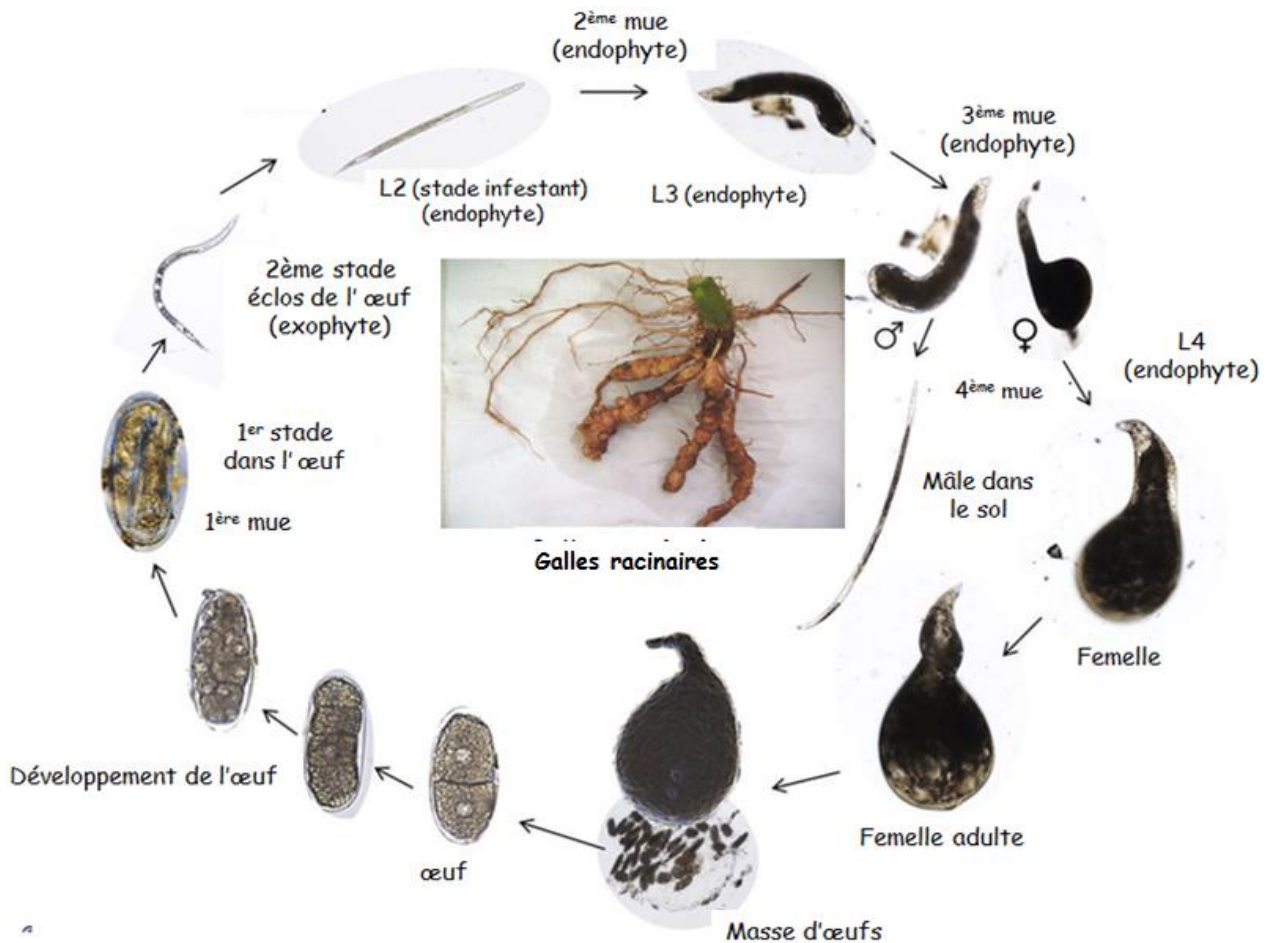


Figure 113: Cycle de développement des Méloïdogyne

Les nématodes ravageurs des cultures

Environ 150 espèces végétales appartenant à des familles diverses sont attaquées par ce nématode. Citons ici l'arachide, de nombreuses plantes maraîchères et le tabac.

2.5.2. Les nématodes des céréales

Les céréales sont attaquées par plusieurs nématodes mais seuls quelques groupes sont endommageable économiquement, tels que les nématodes à kyste de céréales *Heterodera* spp. ; les nématodes des lésions racinaires, *Pratylenchus* spp. ; Les nématodes à galles des racines, *Meloidogyne* spp. ; le nématode des inflorescences *Anguina tritici* et le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*.

Nous allons prendre l'exemple des nématodes à kyste *Heterodera* spp pour le détailler, car c'est le genre le plus répondu et le plus étudié chez les céréales.

Ce genre forme un complexe de plusieurs espèces étroitement apparentées, il comprend entre 70 et 80 espèces réparties sur six groupes d'espèces: *Schachtii*, *Goettingiana*, *Sacchari*, *Humuli*, *Cyperii* et *Avenae*. Ce sont tous des endoparasitaires sédentaires et appartiennent à l'ordre de *Tylenchida*.

Les espèces *Heterodera avenae* (Wollenweber, 1924), *H. latipons* (Franklin, 1969), et *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981), sont les trois principaux nématodes répandus dans les régions productrices de céréales. Elles font partie du groupe « *avenae* ».

Elles présentent une seule génération par saison de culture, et ce, quelle que soit la région géographique. Le cycle de développement présente cinq stades séparés par quatre mues, la première a lieu à l'intérieur de l'œuf d'où émergent les larves migratrices du second stade (L2).

Les larves (L2) envahissent les céréales au niveau de l'apex des racines puis migrent et se fixent près du cylindre central. Elles se nourrissent de substances nutritives des tissus conducteurs où ils provoquent la formation de cellules géantes d'alimentation appelées «syncytium».

Ensuite, ces larves subissent trois mues pour aboutir soit à un mâle filiforme libre soit à une femelle blanche citriforme qui reste fixée à la racine. Ce dimorphisme sexuel

Les nématodes ravageurs des cultures

accentué est d'ailleurs à l'origine du nom donné au genre *Heterodera*. Une fois la fécondation obligatoire est effectuée, la paroi de la femelle durcit et brunit puis elle meurt et se transforme en kyste qui peut renfermer plusieurs centaines d'œufs (les plus larges peuvent contenir jusqu'à 600 larves complètement développées à l'intérieur des œufs). Ce kyste donc est le résultat de la chitinisation du tégument de la femelle morte et constitue ainsi sa forme de survie. Ils se détachent de la racine et tombent dans le sol où ils demeurent viables pendant plusieurs années (figure 114, 115).

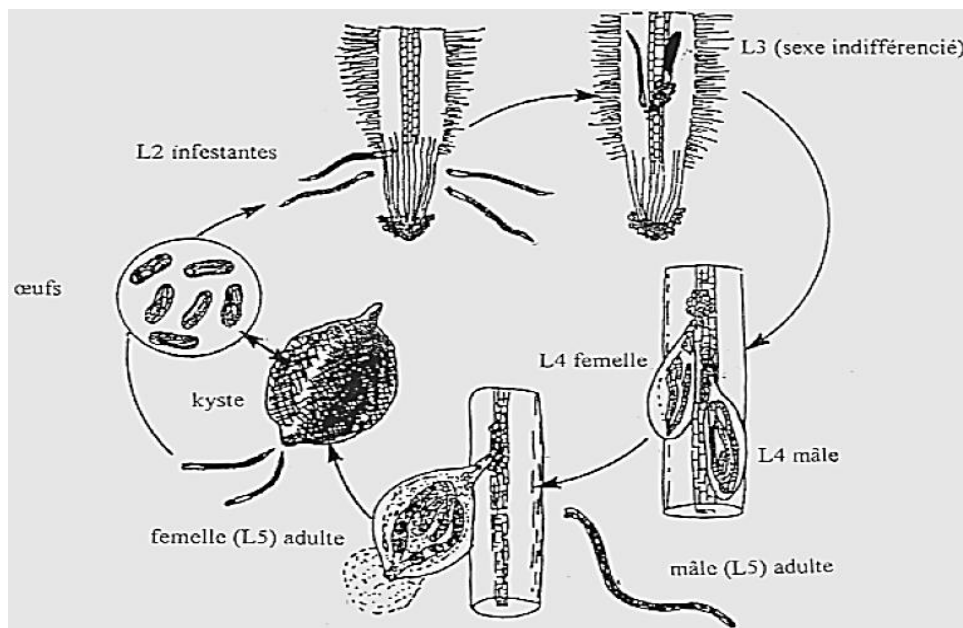


Figure 114: Cycle de développement d'*Heterodera avenae*

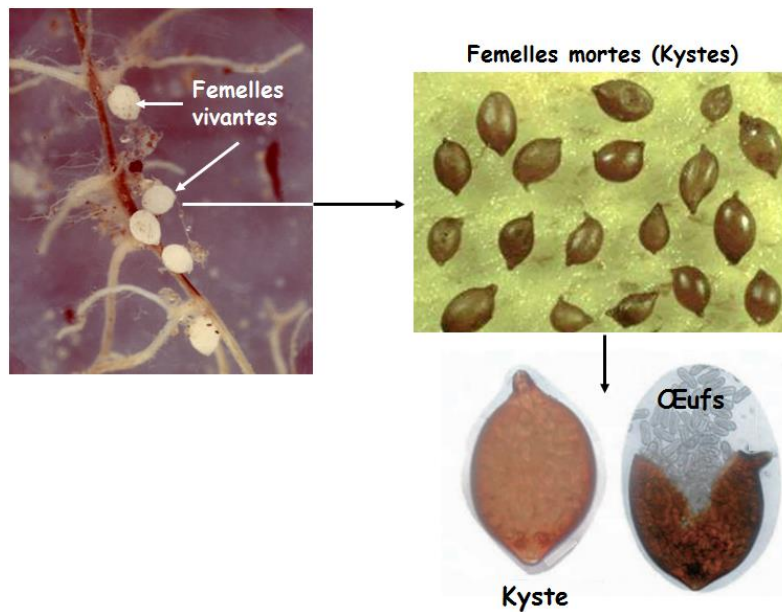


Figure 115: Kystes d' *Heterodera avenae*

L'éclosion des œufs est conditionnée généralement par le taux d'humidité et les conditions thermiques et aussi les exsudats racinaires des plantes hôtes. En Algérie, l'émergence des L2 se déroule en hiver et se coïncide avec les stades phénologiques sensibles des céréales (figure 116).

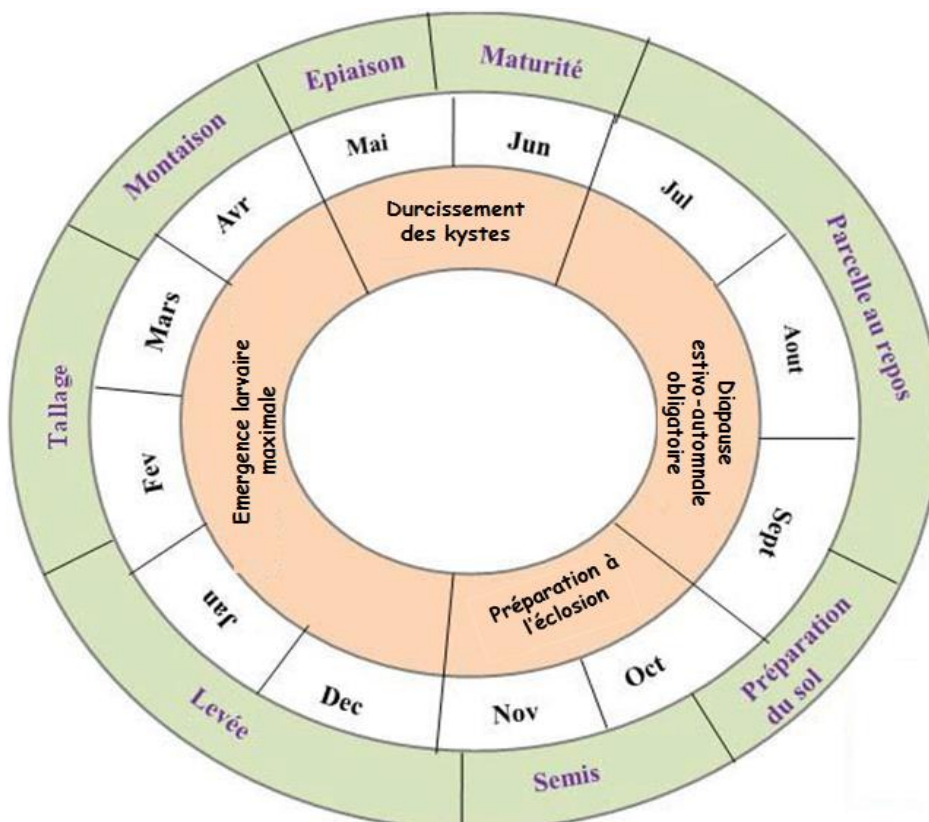


Figure 116: Synchronisation avec le cycle de développement d' *Heterodera avenae* et sa plante hôte

2.5.3. Les nématodes des légumineuses

Parmi les nématodes des légumineuses, on trouve les nématodes à kystes (*Heterodera* spp.), les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp), les nématodes de lésion de la racine (*Pratylenchus* spp.) et la plus dangereuse c'est le nématode à tige et des bulbes *Ditylenchus dipsaci*. Ce dernier appelé également nématode des parties aériennes. C'est un nématode endoparasite obligatoire présent dans les tiges et les feuilles des plantes infestées. Il est considéré en Algérie et au niveau mondial comme facteur limitant du développement des cultures légumineuses et en particulier la fève. Il appartient à l'ordre des *Tylenchida* et la famille des *Anguinidae*.

D. dipsaci est polyphage, ses plantes hôtes sont les graminées, les cultures maraîchères, les légumineuses, les liliacées (représentent leurs hôtes spécifiques) et les plantes spontanées. Ces nématodes se développent sur les parties aériennes (tiges et feuilles) d'où leur nom commun « Anguillules des tiges ». La pénétration de ce nématode se fait par les stomates, son développement puis sa multiplication se déroule dans les espaces intercellulaires des parenchymes. Plusieurs générations se succèdent dans les tissus de la plante et se chevauchent rapidement. Le cycle dure 3 semaines à environ 20°C et d'une longévité de 45 à 73 jours, où la femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs. Les sexes sont séparés et la fécondation est obligatoire. Le développement passe par 4 stades larvaires séparés par des mues. La première s'effectue dans l'œuf. Le stade infestant de ce nématode est celui de L4. Son comportement dans ses plantes hôtes est le même (figure 117).

Le développement des nématodes est très influencé par les conditions climatiques, l'humidité relative et en particulier par la température pour la reproduction dans le sol et dans leurs hôtes. L'humidité permet de réguler l'activité du nématode, elle agit sur l'activité des larves. L'excès d'humidité entraîne une asphyxie des nématodes. Dans un sol ayant un taux d'humidité de 40% à 60%, les larves sont actives et ont une bonne croissance. Quand les conditions sont défavorables, les juvéniles entrent en quiescence (le stade L4 est bien adapté à cet état de conservation).

Plusieurs générations se succèdent durant l'année et les populations accroissent leurs effectifs rapidement.

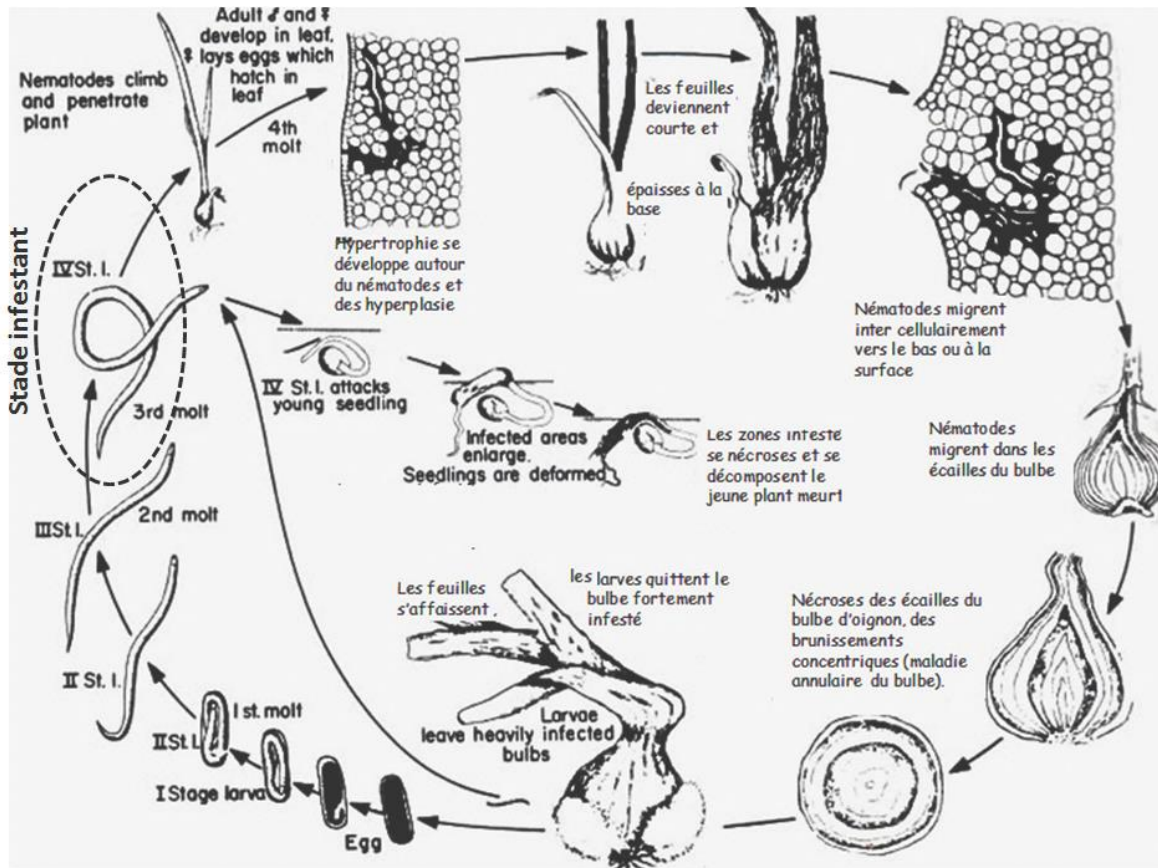


Figure 117: Cycle de développement de *Ditylenchus dipsaci* dans l'oignon (son hôte spécifique)

Ce nématode peut persister de nombreuses années en l'absence de plantes-hôtes (jusqu'à dix ans de survie) sous forme de larve dans les graines, la plante ou le sol. Cette persistance est plus importante dans les sols lourds et les sols crayeux que dans les sols sableux. Les eaux d'irrigation et le travail du sol avec outils et des machines contaminées sont aussi des sources de dissémination de l'inoculum.

En général, *D. dipsaci* provoque des gonflements et des déformations des tissus caulinaires ou bien des lésions qui virent au marron rougeâtre puis noir.

Les plantes sont ainsi chétives (croissance terminale stoppée), tordues et épaissies. D'autres symptômes peuvent survenir (virement et éclatement des gousses, nécrose des pétioles et feuilles). Les semences infestées sont plus sombres, plus petites et peuvent avoir des petites taches répandues sur toute leur surface. En cas de forte attaque il y a un noircissement et éclatement des téguments de la semence ; la graine est plus petite et mal formée (figure 118).

En général les dégâts ne sont visibles qu'à partir de la floraison, bien que des symptômes puissent apparaître plus tôt si la croissance est lente. Le nématode quitte la plante lorsque les tissus se nécrosent.



Figure 118: Symptômes d'attaque de *D. dipsaci* sur féverole

Selon la directive européenne 2000/29 CE, *Ditylenchus dipsaci* est considéré comme organisme de quarantaine sur semences, bulbes et végétaux du genre *Allium*, bulbes et cornes de certaines fleurs ornementales destinées à la plantation (dont crocus, narcisses, tulipes...), et semences de *Medicago sativa* L., luzerne cultivée.

2.5.4. Les nématodes de la pomme de terre

La pomme de terre peut héberger, comme de nombreuses autres plantes, de nombreux types de nématodes ; endoparasites sédentaires comme le cas des nématodes à galles *Meloidogyne* spp. (minimum six espèces) et les nématodes à kyste du genre *Globodera* spp. (généralement deux espèces), et des nématodes ectoparasites comme *Trichodorus* et *Paratrichodorus* spp. qui peuvent transmettre le virus du rattle du tabac (Tobacco rattle virus ou TRV). On trouve aussi des nématodes endoparasites migrants des racines et des parties aériennes comme *Pratylenchus* spp. et *Ditylenchus* spp. respectivement.

Dans cette partie, nous allons aborder les nématodes à kyste *Globodera* spp. pour les détailler.

Les nématodes ravageurs des cultures

Les espèces de nématodes à kystes, *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959 et *Globodera pallida* Stone, 1973, sont par excellence des ravageurs de pomme de terre dans diverses régions du globe.

Ces nématodes sont des vers endoparasites sédentaires dont la forme de conservation (les kystes) est capable de survivre dans le sol pendant de nombreuses années (jusqu'à 10 voire 20 ans, selon le climat) et constitue un mode efficace de dissémination.

Dans le cas des parcelles fortement contaminées, les femelles adultes peuvent être visibles à l'œil nu pendant la végétation sous forme de petites boules (kystes) de très petite taille (0,5 à 1 mm) attachées aux racines de la plante (figure 119).

Selon l'espèce de nématode, la couleur de ces kystes est :

- D'abord jaune pâle puis jaune doré chez *Globodera rostochiensis*,
- Blanche chez *Globodera pallida* avant de devenir brune.

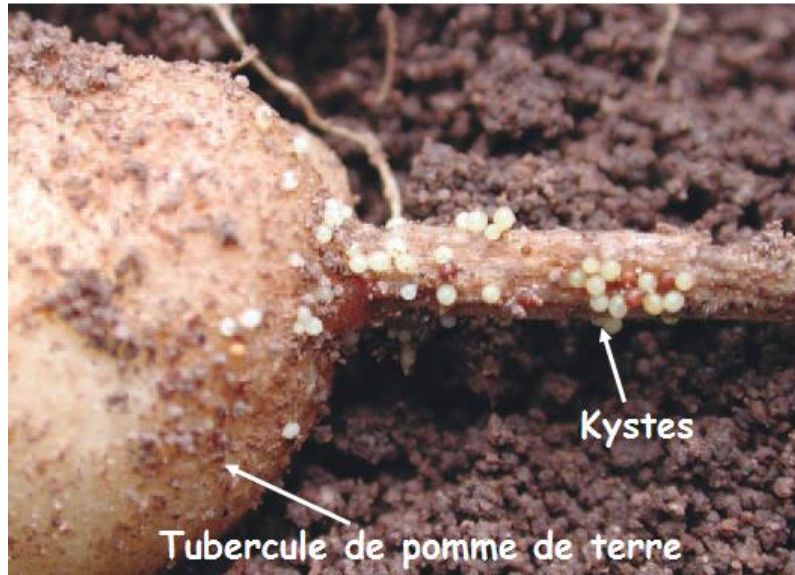


Figure 119: Femelles, de *G. pallida* sur pomme de terre (celles de *G. rostochiensis* sont plutôt jaunes)

Ce genre est caractérisé par un dimorphisme sexuel très prononcé au stade adulte. Les mâles sont filiformes allongés de 1 mm de longueur environ et leur queue est courte et effilée portant les organes copulateurs. Par contre les femelles sont de

Les nématodes ravageurs des cultures

forme sphérique, remplies d'œufs avec un cou qui fait saillie et qui contient l'œsophage et les glandes associées (figure 120)

Les formes juvéniles de deuxième stade sont vermiformes de 0,44 à 0,47 mm de longueur environ. Leur bouche est munie d'un puissant stylet pour traverser les parois cellulaires et leur queue est effilée.

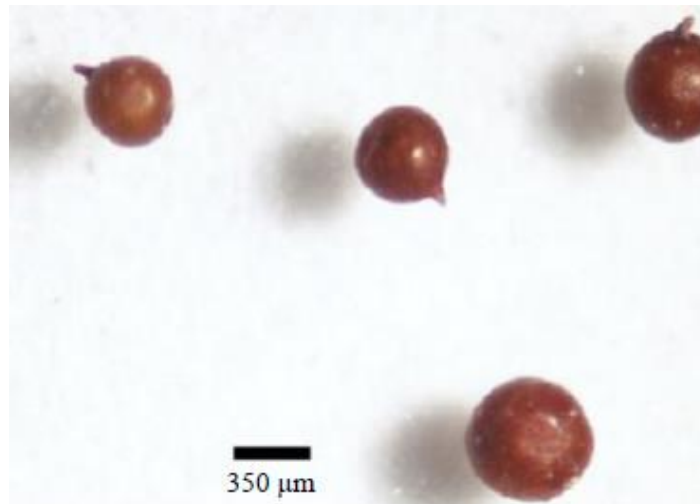


Figure 120: Nématodes à kystes de pomme de terre

Sous l'effet des exsudats racinaires de la plante hôte, et dans des conditions optimales de température et d'humidité, les larves de deuxième stade L2 (stade infestant) quittent les kystes et se déplacent dans le sol humide à la recherche de racelles d'un hôte favorable à la pénétration. A l'aide du stylet buccal, les larves percent l'écorce de la racine près de la coiffe et y pénètrent. Elles progressent par la suite parallèlement au cylindre central où elles induisent la formation de cellules géantes appelées « Syncytium » dont elles se nourrissent et finissent par s'immobiliser. A ce stade le nématode se sédentarise.

Les larves de deuxième stade se développent dans cet endroit et passent par les stades larvaires L3 et L4 pour devenir un adulte mâle ou femelle.

Le dernier stade de développement est le stade adulte qui correspond à la libération des mâles dans le sol et au gonflement et l'émergence des femelles à l'extérieur de la racine (mais y restent attachées avec le cou) sous forme de petites boules

Les nématodes ravageurs des cultures

blanches. Elles sont ensuite fertilisées par les mâles adultes qui se trouvent dans le sol.

Après l'accouplement, les mâles meurent et les femelles demeurent sur la racine pendant que les œufs se développent dans leur intérieur. Quand les femelles sont totalement développées elles meurent ; leur peau durcit, et se transforme en une enveloppe protectrice (le kyste) autour des œufs à l'intérieur. A ce moment, les kystes se détachent de la surface de la racine et se retrouvent libres dans le sol (figure 121).

Une durée de 38 à 48 jours (dépendant de la température du sol) est nécessaire pour accomplir le cycle. Dans les régions froides (comme la France), il n'y a qu'une seule génération par an, correspondant à une culture de la plante hôte. Toutefois, dans les régions plus chaudes comme l'Algérie, où l'on pratique souvent deux cultures de pomme de terre la même année, il y'a au moins deux générations.

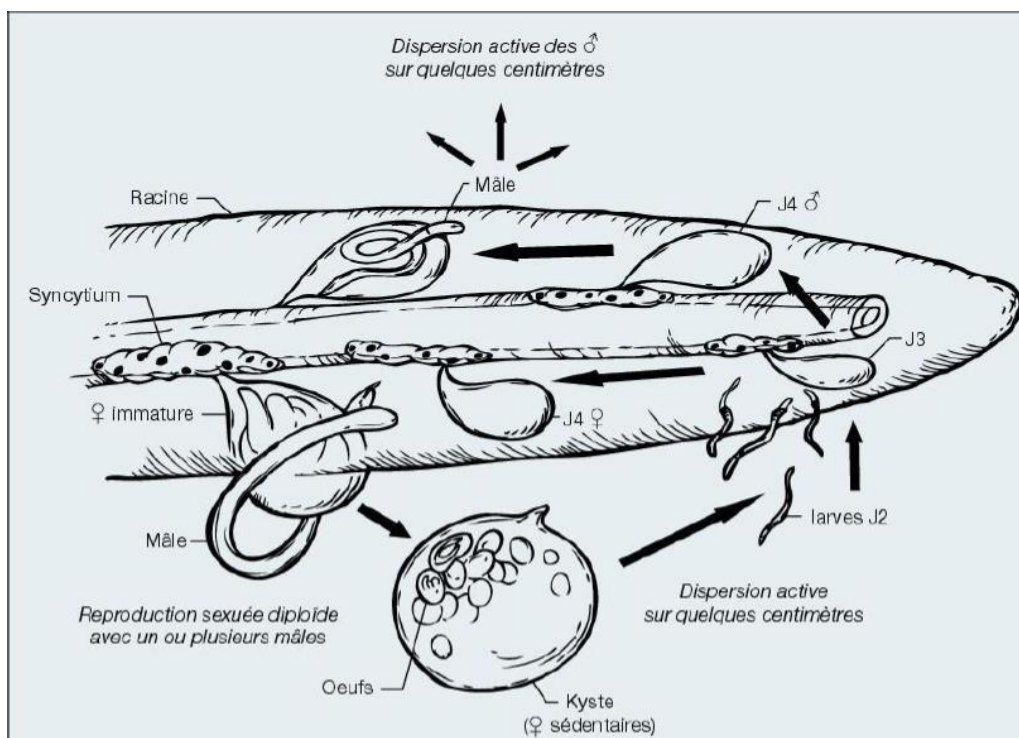


Figure 121: Cycle biologique de *Globodera* spp

2.5.5. Les nématodes des arbres fruitiers et de la vigne

Les arbres fruitiers, comme les autres plantes cultivées, sont attaqués par certains nombres de nématodes dangereux qui peuvent affecter la production et même la survie de l'arbre si leur nombre devient important.

Nous avons principalement l'espèce *Pratylenchus penetrans* (Cobb) qui peut parasiter plusieurs types d'arbres, citant : pommier, abricotier, cerisier, nectarinier, pêcher, poirier, prunier. On trouve aussi l'espèce *Tylenchulus semipenetrans* sur agrumes, et l'espèce *Xiphinima index* sur vigne.

- ***Pratylenchus penetrans* (endoparasite migrateur des racines ; ordre des Tylenchida)**

Le genre de ce nématode est appelé « nématode des lésions des racines ». Il provoque des lésions du cortex mais n'atteignant pas le cylindre central de la racine.

Les arbres atteints sont rabougris et ils produisent mal et parfois meurent s'il s'agit des jeunes arbres.

Les systèmes racinaires gravement infectés manquent de racines fines et fasciculées ou peuvent avoir des touffes de racines nécrotiques ressemblant à un balai. La reproduction est bisexuée. La femelle pond des œufs isolés dans l'hôte. Le 2^{ème} stade larvaire émerge de l'œuf, envahit les racines et commence à s'alimenter puis trois mues s'enchainent pour que les adultes apparaissent (mâles ou femelles). La durée du cycle varie de 30 à 86 jours en fonction de la température. Tous les stades du parasite peuvent infester les racines de l'hôte, si ces dernières sont détruites, ils les quittent pour envahir d'autres saines (figure 122).

Pratylenchus spp. peut compléter trois à six générations dans les racines durant une saison de production.

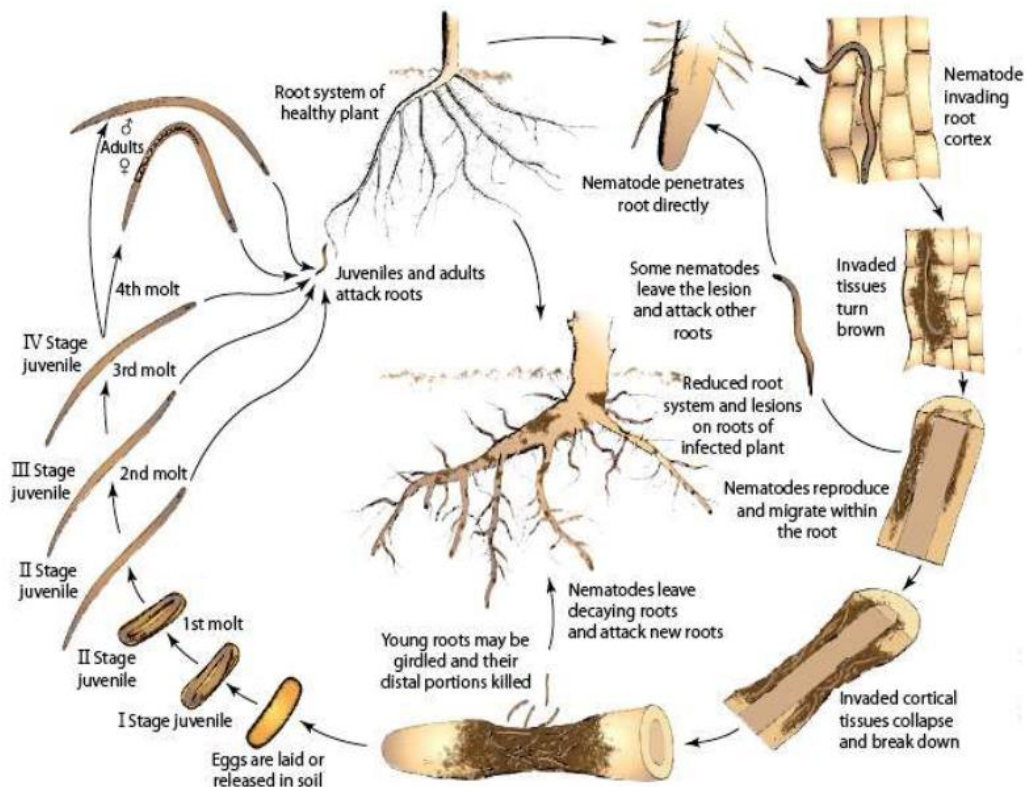


Figure 122: Cycle biologique et dégâts sur racines de *Pratylenchus* spp. sur racines

- ***Tylenchulus semipenetrans* (Cobb, 1913) (nématode semi-endoparasite).**

Il s'agit d'une espèce cosmopolite, elle se développe habituellement sur les agrumes, mais plus particulièrement sur citrus. Elle peut également s'attaquer au figuier et olivier mais de très faibles infestations sont signalées.

Vu la nature de parasitisme de ce parasite, la ponte se fait dans le sol. Les œufs sont pondus agglomérés dans un sac gélatineux sécrété par la femelle. Ces œufs éclosent peu de temps après dans le sol.

On peut distinguer les larves mâles et femelles à partir du 2^{ème} stade larvaire (L2). Les mâles acquièrent en une semaine la maturité sexuelle, en vivant en ectoparasite sans qu'ils aient accroissement de la taille. Ces derniers se caractérisent par l'absence du stylet mais ils peuvent survivre dans le sol au dépens de leurs réserves (les mâles ont la même taille que les L2). Les larves femelles subissent trois mues vivantes aussi en ectoparasite sur les racines jusqu'au stade jeune femelle. Elle pénètre alors profondément dans les tissus de l'hôte, la partie antérieure atteint le péricycle, elle s'enfle de même que la partie postérieure restée à l'extérieur (figure 123; 124).

Les nématodes ravageurs des cultures

En contact de la tête se forme des cellules nourricières qui permettent au parasite de s'alimenter pour pondre des œufs. Le nombre d'œufs pondus par une femelle varie de 75 à 1000 œufs. La durée du cycle de vie est de 6 à 8 semaines, elle est fonction de la température. Les températures inférieures à 15 °C entraînent une quiescence des larves, celles comprises entre 20 et 30°C sont favorables au développement du parasite.

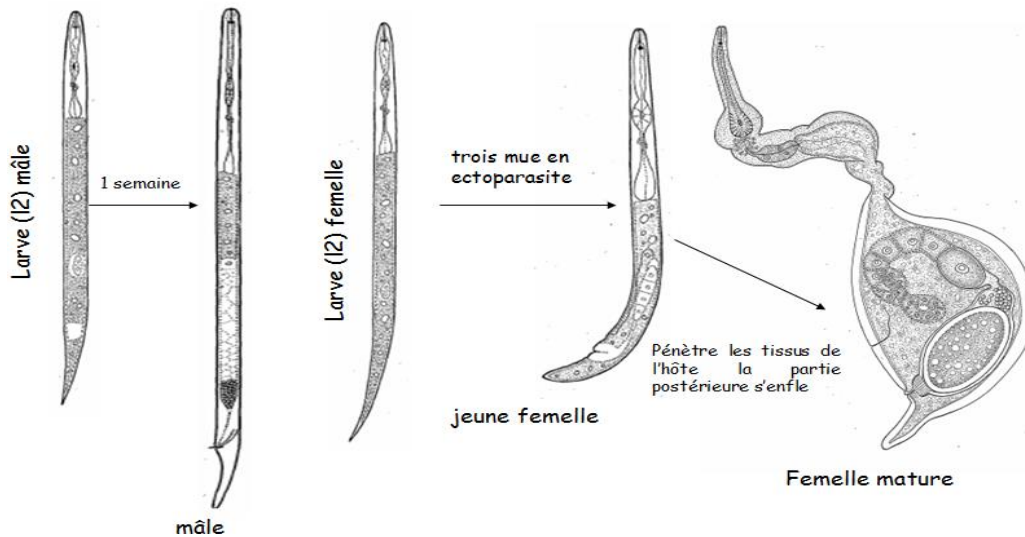


Figure 123: Les différents stades de développements de *T. semipenetrans*

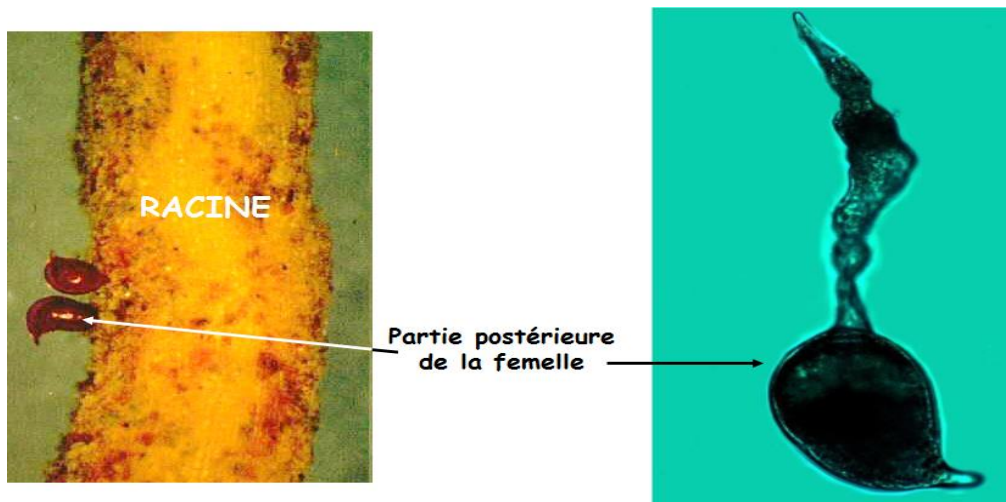


Figure 124: Femelles de *T. semipenetrans* sur racine d'agrumes

:

- ***Xiphinema* spp. (nématode ectoparasite ; ordre des *Dorylaimida*)**

Ce genre de nématode est appelé le « nématode poignard » à cause de leur long stylet. Ils vivent dans la rhizosphère de la vigne. Ils se nourrissent en piquant les radicelles avec le stylet. Ils sont dangereux par la transmission de viroses à leur hôte.

Ce sont des nématodes de grande taille, la longueur de l'adulte peut aller jusqu'à 3 mm. Leur cycle de développement est simple, présente 5 stades filiformes séparés par 4 mues, **la 1^{ère} se déroule hors de l'œuf** (figure 125). Les œufs sont pondus dans le sol, de ces derniers émergent des larves du 1^{er} stade (L1). Ces larves se rassemblent au voisinage des coiffes des radicelles qu'elles peuvent altérer notablement en entraînant une formation de galles unilatérales à l'extrémité des radicelles.

Ces larves se développent tout en s'y nourrissant, subissent les 3 autres mues pour aboutir à un adulte mâle ou femelle.

La fécondation est obligatoire, après accouplement la femelle pond des œufs isolés dans le sol (20 à 30 œufs en moyenne) ; la plupart du temps en avril-mai, parfois plus tard, dans le sol, généralement à proximité de la plante-hôte

La femelle adulte peut vivre 5 ans et même survivre 3 ans en absence de plantes hôtes.

Le cycle de développement de ce parasite est long (1 à 2 ans).

L'espèce *Xiphinema index* transmet le virus de la maladie de court-nouée chez la vigne qui se caractérise par un blanchiment non homogène du limbe.

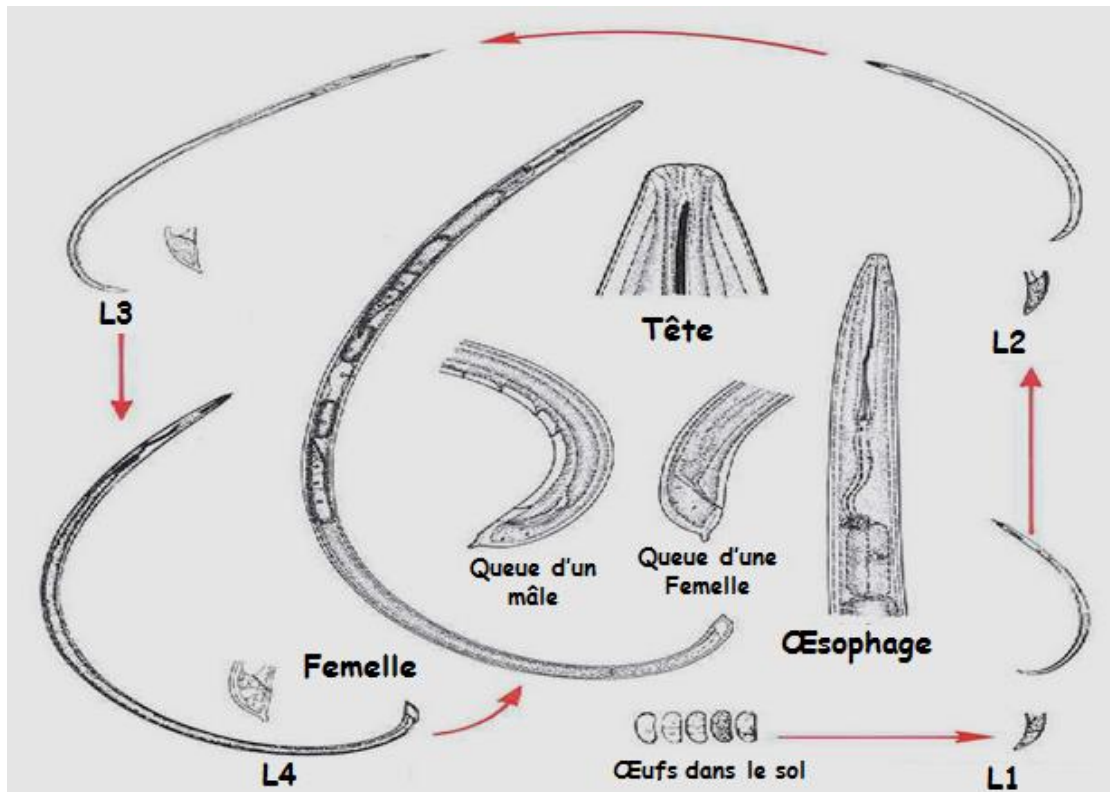


Figure 125: Cycle de vie typique d'un nématode *Xiphinema* sp. , avec des caractéristiques détaillées des différents stades

2.5.6. Les nématodes des arbres forestiers

Les essences forestières sont aussi exposées aux différents types de nématodes parasites comme chez les arbres fruitiers tant au niveau des pépinières ou sur des arbres âgés. Des études menées sur ces bio-agresseurs sur pépinières ont montré la présence de plusieurs espèces de différentes catégories, sur différentes espèces d'arbres mais leur potentiel de causer des dommages importants et affecter la croissance des semis n'a pas été entièrement étudié. Citant *Hoplolaimus cronatus* Cobb, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filip. & Stek. et *P. penetrans* (Cobb) Chitwood and Oteifa, *Meloidodera floridensis* Chitwood, Hannon, and Esser, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *M. incognita* (Kofoid and White) Chitwood, , *Belonolaimus* sp., *Longidorus americanus* Handoo, *Tylenchorhynchus claytoni* Steiner, *T. ewingi* Hopper, *Xiphinema bakeri* Williams, *Paratrichodorus minor* (Colbran) Siddiqi, *Helicotylenchus nannus* Steiner, *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) sur des espèces de pins, de *Cornus florida* L., *Quercus* spp., *Pseudotsuga menziesii*, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg. *Picea stchensis* (Bong.) Carr. *Picea glauca* (Moench) Voss et de palmier.

Les nématodes ravageurs des cultures

Nous avons trouvé également dans la littérature, une espèce dangereuse qui touche les conifères (à l'exception des Thuyans), mais son hôte préféré est le pin, il s'agit de *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhrer, 1934), dont nous présenterons dans cette partie.

- **Le nématode du pin *Bursaphelenchus xylophilus* (endoparasite migrateur des parties aériennes)**

Ce nématode se déplace grâce à un coléoptère longicorne du genre *Monochamus* qui permet la transmission des nématodes d'un arbre contaminé à un arbre sain (figure 126).



Figure 126: *Monochamus galloprovincialis*, vecteur du nématode du pin en Europe

Ce nématode se développe à travers quatre mues (c.-à-d. quatre stades larvaires L1, L2, L3, L4 et adulte) et se reproduit dans les tissus ligneux tant que la nourriture est disponible. Lorsque les conditions sont défavorables (c'est-à-dire que la nourriture devient limitante), *B. xylophilus* se transforme en larve dauer¹² spécialisée du troisième stade (DL3). Lorsqu'il est stimulé par la présence du coléoptère vecteur (larves xylophages), le DL3 mue pour devenir la larve de dispersion du quatrième stade (DL4) en préparation pour monter à bord du vecteur en se fixant dans les trachées des nymphes de l'insecte. Les adultes de l'insecte émergent du bois l'année

¹² Un stade de développement alternatif des vers nématodes, plus résistant aux conditions dégradées de l'environnement.

Les nématodes ravageurs des cultures

suiuante et se dispersent dans les peuplements tout en consommant l'écorce de jeunes rameaux d'arbres saints. C'est pendant cette phase, dite de maturation sexuelle, qu'ils inoculent les nématodes dans les arbres (figure 127).

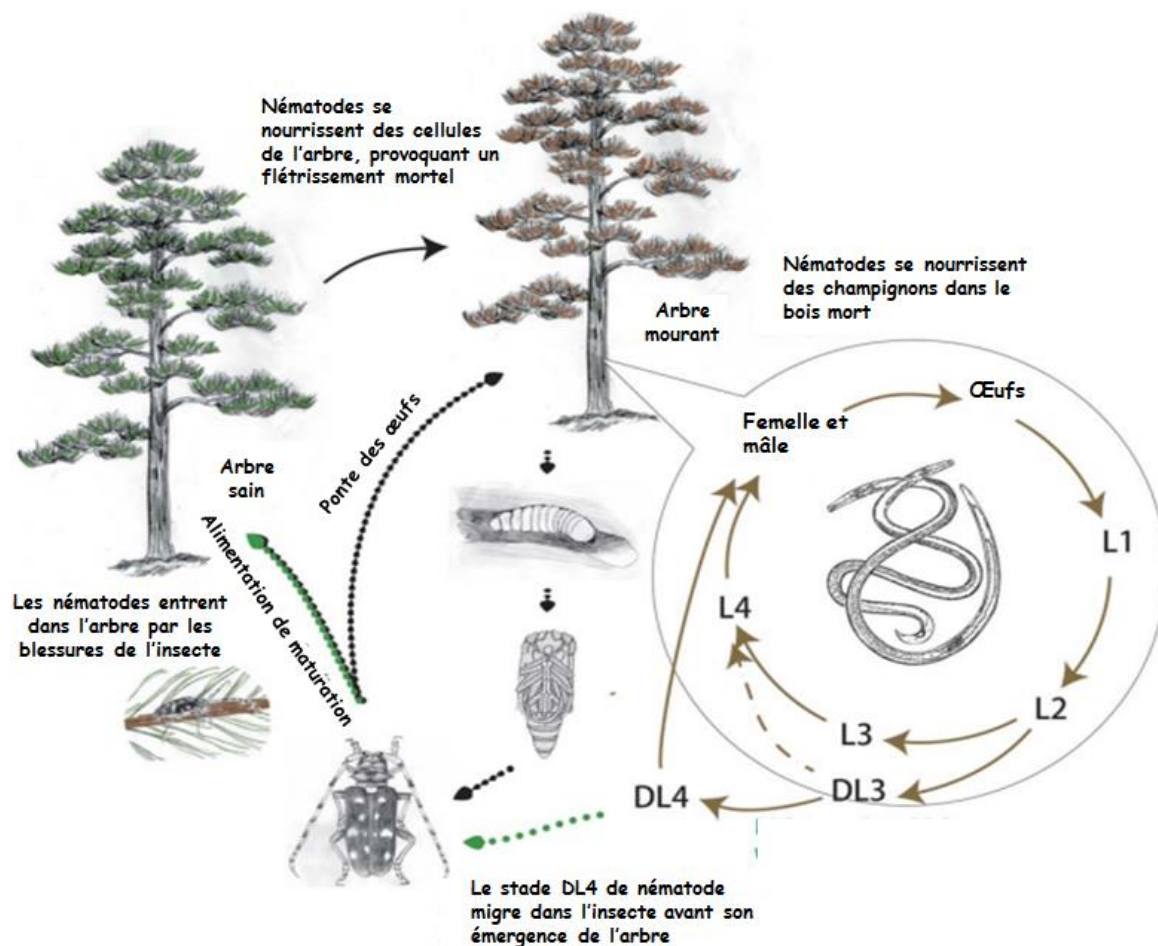


Figure 127: Cycle de vie du nématode *B. xylophilus*

Après l'accouplement, les femelles sont attirées par les arbres affaiblis, notamment ceux atteints par les nématodes, mais aussi les troncs récemment abattus sur lesquels elles pondent. Une génération par an est habituelle mais le développement peut prendre deux ans lorsque le climat n'est pas favorable.

Le vol de l'insecte correspond donc à la phase de dispersion et d'inoculation du nématode. Comme les adultes de *Monochamus* vivent plusieurs semaines, ils sont capables d'effectuer des vols de plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres, en réalisant probablement des repas fréquents sur plusieurs arbres. Les blessures correspondantes sont autant de portes d'entrée pour le nématode qui quitte les trachées pour pénétrer dans l'aubier. Comme l'insecte se nourrit de l'écorce

Les nématodes ravageurs des cultures

des pousses de 1 à 3 ans, les nématodes se développent principalement au niveau des houppiers.

Chaque femelle de nématode peut pondre une cinquantaine d'œufs et le cycle peut ne durer que de 4 à 10 jours lorsque les conditions sont favorables.

Dans ce cas, les nématodes peuvent coloniser en quelques semaines les vaisseaux d'une grande partie du houppier, qui peut au final contenir plusieurs millions d'individus. Cette colonisation entraîne des cavitations multiples puis la mort de l'arbre, 30 à 50 jours après l'inoculation. Ce dernier est dès lors susceptible d'être attaqué par des insectes sous corticaux (scolytes, *Monochamus*, etc...).

La multiplication des nématodes, dans l'arbre, provoque progressivement la rupture du transport de l'eau dans le xylème ce qui se traduit par un jaunissement puis un flétrissement généralisé des aiguilles. L'arbre meurt rapidement tout en étant attaqué par les insectes sous corticaux (figure 128).



Figure 128: Dégâts de nématode du pin

Chapitre 3: Complexes nématodes – autres organismes phytopathogènes (nématodes vecteurs de maladies)

Dans ce chapitre, nous allons présenter le rôle des nématodes phytoparasites dans l'installation des différents types de maladies fongiques, bactériennes et virales sur la plantes cultivés.

D'une manière générale, les nématodes peuvent favoriser ces interactions par :

- La production des infections nécrotiques ;
- La modification de la physiologie de l'hôte, surtout par les blessures causées par les nématodes qui vont prédisposer les tissus de l'hôte à l'invasion et au développement des agents pathogènes en les rendant plus sensibles.
- Transmission de la maladie directement par leurs stylets.

Nous allons résumer ces interactions dans des tableaux qui présenteront des exemples de nématodes et les maladies transmises par ces derniers en citant leur rôle dans cette infection.

3.1. Complexe nématodes - champignons

Le nématode dans cette interaction joue un rôle secondaire et indirect dans l'installation de ce type de maladie (tableau 6).

Tableau 6: Interaction nématodes-champignons

Nématodes	Plantes	Champignons	Rôle du nématode
<i>Meloidogyne spp.</i> <i>Tylenchorhynchus claytoni</i> <i>Heterodera goettingiana</i> <i>Pratylenchus penetrans</i>	Tomate Tabac Petit pois Luzerne	<i>Fusarium oxysporum</i> (Fusariose)	Les nématodes favorisent l'installation des maladies cryptogamiques par les blessures qu'ils provoquent sur le végétal
<i>Pratylenchus penetrans</i> <i>Pratylenchus minyus</i> <i>Heterodera rostenchiensis</i> <i>Meloidogyne</i>	Menthe Menthe p. de terre tomate	<i>Verticillium albastrum</i> (verticilliose)	
<i>Meloidogyne</i> <i>Meloidogyne</i>	Tabac soja	<i>Phytophthora</i>	
<i>Heterodera schachtii</i> <i>Meloidogyne spp.</i>	Betterave tomate	<i>Rhizoctonia solani</i>	
<i>Meloidogyne spp.</i>	poivrière	<i>Phytium completens</i> <i>p. splendens</i>	
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	p.de terre	<i>Phoma exigua</i>	
<i>Pratylenchus penetrans</i>	Celeri	<i>Trichoderma viridis</i>	

3.2. Complexes nématodes – bactéries

Dans cette catégorie d'interaction, le rôle du nématode varie en fonction de l'espèce, parfois une transmission directe et parfois indirecte par les blessures (tableau 7).

Tableau 7: Interaction nématodes-bactéries

Nématodes	Plantes	Maladies	bactéries	Rôle du nématode
<i>Anguina tritici</i>	Blé	Nielle du blé	<i>Corynebacterium tritici</i>	Vecteur essentiel
<i>Aphelenchoides ritzema</i>	Fraisier	Maladie du chou fleur	<i>Corynebacterium fasciens</i>	Vecteur essentiel
<i>Meloidogyne incognita</i> <i>M. acrita</i>	Tabac	Fletrissement de Granville	<i>Pseudomonas caryophylli</i>	blessure
<i>Meloidogyne</i>	Oeillet	Fletrissement	<i>Pseudomonas caryophylli</i>	blessure
<i>Meloidogyne</i>	Luzerne	Fletrissement Bactérien	<i>Corynebacterium insidiosum</i>	blessure
<i>Helicotylenchus nanus</i>	oeillet	Fletrissement	<i>Pseudomonas caryophylli</i>	blessure

3.3. Complexe nématodes – virus

Le nématode dans cette interaction est un vecteur essentiel des maladies virales (tableau 8).

Tableau 8: Interaction nématodes-virus

nématodes	plantes	virus
<i>Longidorus elongatus</i>	cerisier	Tomato black-ring
<i>Xiphinema index</i>	Vigne	Court- noué de la vigne, Dégénérescence infectieuse de la vigne
<i>Trichodorus pachydermus</i>	Pomme de terre	Rattle

Chapitre 4 : Lutte contre les nématodes phytoparasites

4.1. Lutte préventive

4.1.1. Méthodes prophylactiques

Comme première ligne de front dans la lutte contre les nématodes, la prévention demeure une méthode importante et efficace d'intervention. Plusieurs mesures contribuent à limiter la dispersion faite par les producteurs sur leur propre ferme ou ailleurs :

- ❖ Utilisation de matériel végétal certifié (semence et plants);
- ❖ Emploi de milieu de croissance sans sol pour les cultures en serre;
- ❖ Un nettoyage de la machinerie agricole souillée de sol avant d'entrer dans un autre champ;
- ❖ Un bon emploi de l'eau d'irrigation, en récupérant les excès d'eau dans un bassin de sédimentation et en pompant l'eau près de la surface de l'étang;
- ❖ Contrôle du mouvement des animaux d'un champ infesté à un autre non infesté;

4.1.2. Méthodes culturales

- ❖ Les rotations culturales adéquates réduisent les populations de nématodes ;
- ❖ Utilisation des plantes nématicides en rotation peut avoir le même effet ;
- ❖ Un labour profond en période très sèche peut provoquer la dessiccation d'environ 60 à 70 % de nématodes ;
- ❖ Utilisation des variétés résistantes ;
- ❖ Utilisation des plantes pièges avant d'installer la culture, peut attirer et réduire la densité des nématodes dans la parcelle, puis on arrache ces plantes et les incinérées ;
- ❖ Amendements organiques qui réduisent les populations de nématodes dans le sol durant leur décomposition. Ceci en dégageant des acides gras volatils toxiques pour les nématodes comme, l'acide acétique et l'acide butyrique ;
- ❖ Elimination des mauvaises herbes comme plante-hôte;
- ❖ Compostage des fumiers avant de les épandre au champ ;

Lutte contre les nématodes phytoparasites

- ❖ Modification de la date de semis qui peut avoir un rôle sur la synchronisation du stade infestant et le stade phénologique convenable de la plante.

4.2. Lutte biologique

La lutte biologique consiste à réduire les populations de nématodes grâce à l'action des microorganismes vivants, qui se produit naturellement ou par la manipulation de l'environnement ou l'introduction d'antagonistes

❖ Champignons antagonistes des nématodes

• Champignons prédateurs

Ce type de champignon se caractérise par la présence des organes spécialisés dits pièges pour capturer les nématodes qui passent juste à côté de lui.

Leur structure morphologique varie d'un champignon à l'autre. Certains forment des filets ou des boutons adhésifs d'autres possèdent des branches adhésives ou des anneaux constricteurs (figure 129).

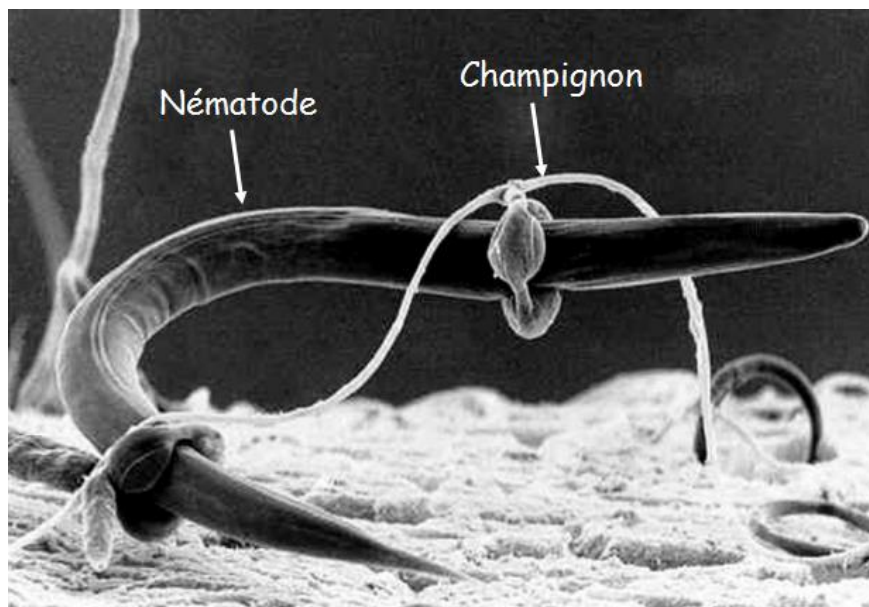


Figure 129: Un nématode capturé par les anneaux de constriction du champignon prédateur *Arthrobotrys dactyloides*. (Les cellules annulaires gonflent et finissent par resserrer le corps du nématode, puis germent pour produire des hyphes invasives qui pénètrent dans le corps vivant du nématode. Le champignon se développe ensuite à travers le corps de l'hôte, digérant le contenu)

• Champignons parasites

Ils infectent les nématodes par l'utilisation des spores adhésives et des zoospores qui s'attachent à la surface des nématodes. Ils se nourrissent de son contenu et le remplacent éventuellement par leurs spores. On trouve aussi des champignons qui parasitent les œufs.

Dans cette catégorie de parasite, on trouve ceux qui sont endoparasites obligatoires et d'autres facultatifs. Obligatoire comme le cas du champignon *Nematophthora gynophila* qui parasite les femelles d'*H. avenae*, et qui ne peut pas se proliférer dans le sol en absence de ce nématode à kyste. Tandis que les endoparasites facultatifs, sont capables de proliférer dans la rhizosphère même en absence des nématodes hôtes. Leurs filaments pénètrent dans les œufs en perforant la coque puis détruisent les embryons. Ils s'attaquent aussi bien aux œufs du genre *Meloidogyne* qu'à ceux du genre *Heterodera*. A titre d'exemple : *Verticillium chlamydosporium*, *Paecilomyces lilacinus*, *Fusarium oxysporum* et *Acremonium strictum*...etc (figure 130).



Figure 130: Le champignon *Paecilomyces lilacinus* parasitant des œufs de *Meloidogyne* sp.

❖ Les Bactéries antagonistes des nématodes

Une seule bactérie parasite les nématodes, *Pasteuria penetrans*, est étudiée de façon approfondie par les nématologistes. Ses endospores, disséminées dans le sol, se fixent sur la cuticule des nématodes quand ceux-ci les effleurent en se déplaçant dans la terre.

En général, les nématodes parasités parviennent à pénétrer dans les racines de la plante-hôte et les endospores fixées ne commencent à germer que 8 jours plus tard (figure 131).

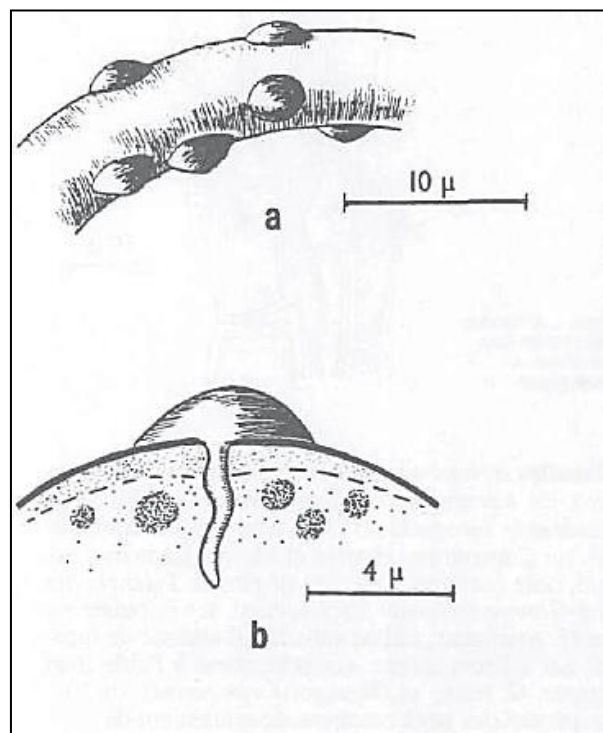


Figure 131: *Pasteuria penetrans* sur un nématode. **a** : spores bactériennes collées sur la cuticule du nématode ; **b** : filament germinatif perforant la cuticule et l'enfonçant dans le corps de l'hôte

❖ Utilisation des nématodes prédateurs de la famille des *Heterorhabditidae* et *Steinernematidae*.

4.3. Lutte physique

Il existe deux moyens de lutte physique :

- La solarisation (augmentation de la température du sol, en surface, par bâchage) (figure 132).
- L'inondation (les nématodes meurent par asphyxie).

Ce sont deux moyens très peu utilisés pour des raisons pratiques (manque d'ensoleillement, utilisation des parcelles difficile après inondation, coût).



Figure 132: Solarisation en plein champ et sous abri

4.4. Lutte génétique

La résistance génétique est la stratégie la plus favorable dans la lutte contre les nématodes à cause de son effet non destructeur de l'environnement.

Les plantes résistantes sont généralement des variétés d'une espèce sensible aux nématodes qui vont attirer les nématodes des couches profondes grâce à leurs exsudats racinaires puis les bloquer à l'intérieur de la racine par une réaction d'hypersensibilité (mort rapide et localisée des cellules végétales autour du nématode due à l'expression d'un gène de résistance) (figure 133). Cette réaction peut être précoce (empêche la migration des larves jusqu'au cylindre central de la racine, le privant ainsi de nourriture) ou tardive (empêche le développement du site nourricier indispensable au développement des nématodes). Citant l'exemple chez les solanacées, un gène dénommé *Mi-1* responsable de la résistance contre le nématode à galles *Meloidogyne* excepté *M. hapla*.

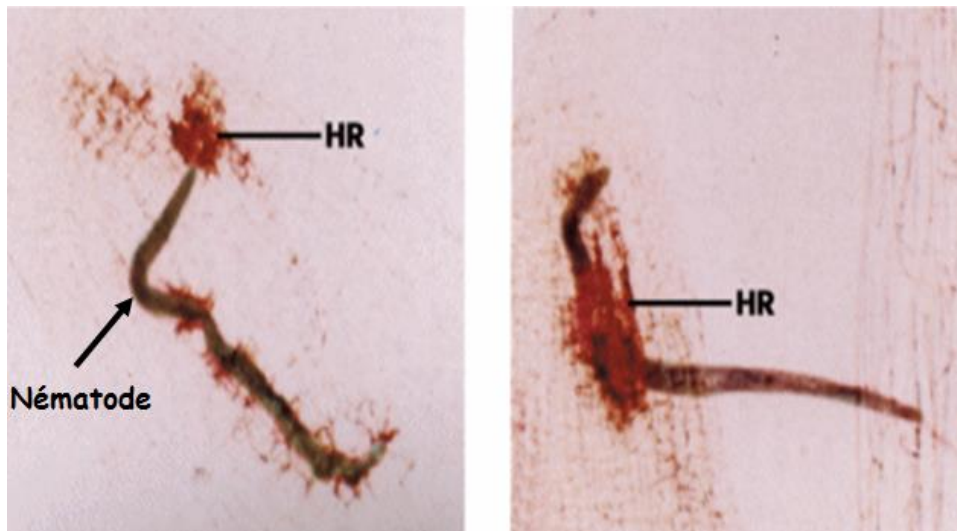


Figure 133: Hypersensibilité (HR) d'une plante contre un nématode

4.5. Lutte chimique

L'emploi des nématicides demeure le moyen le plus utilisé, le plus efficace mais aussi le plus coûteux. L'utilisation de ces produits comporte plusieurs inconvénients ; bon nombre d'entre eux sont toxiques pour l'homme et l'environnement, ils sont peu ou pas spécifiques et bouleversent l'équilibre biologique du sol et demandent parfois du matériel spécifique. Dans certains pays, ils sont utilisés en dernier recours, lorsque les autres méthodes proposées ne suffisent plus à limiter efficacement les dégâts des nématodes.

Les produits utilisés jusqu'à présent sont des nématicides chimiques bromés ou chlorés (fumigants) ou des produits phosphorés, extrêmement toxiques, polluants et d'application difficile et pas toujours efficaces. De plus, ne traitant que les 20 à 30 premiers cm de sol, ils ne détruisent pas les nématodes des couches profondes qui remontent et attaquent la culture suivante, nécessitant des traitements répétés (figure 134).

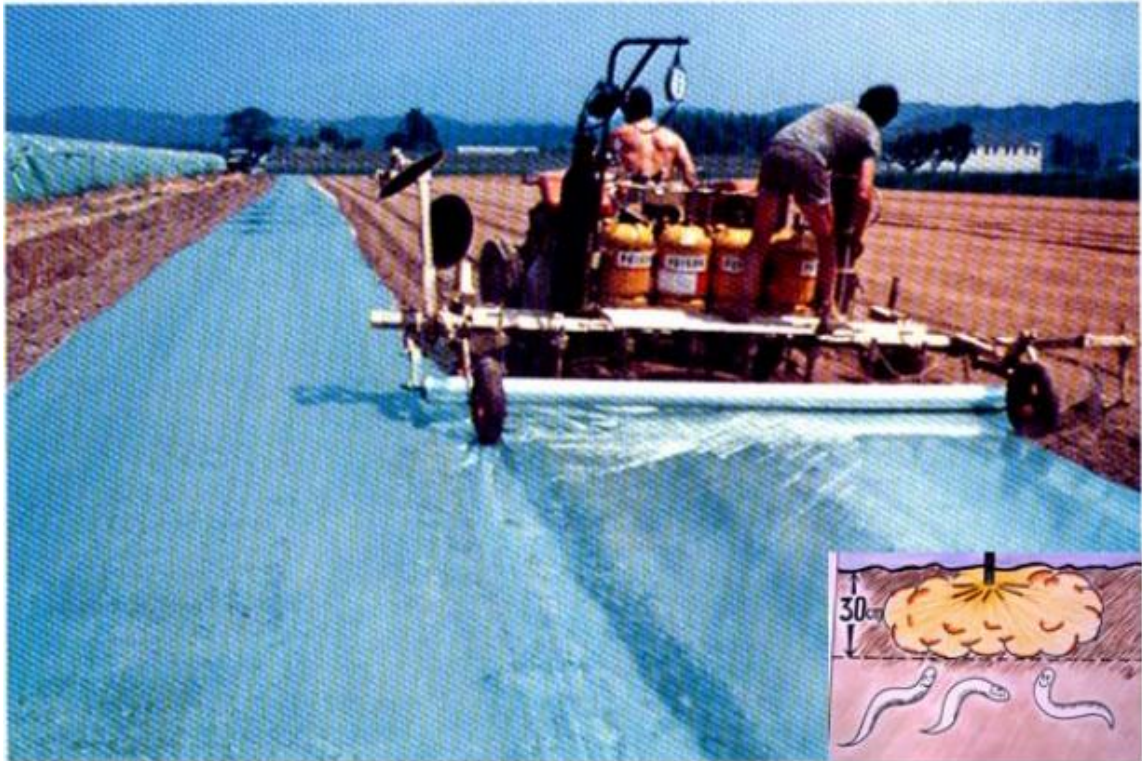


Figure 134: Désinfection chimique au moyen de fumigants nématocides

Références bibliographiques

- AL-KHATEEB, N., RAIES, A., GAZAL, K., SHAMSEEN, F., & KATTAB, S. (1999). Etude du dynamisme de la mineuse des feuilles d'agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton et l'activité de ses parasitoïdes. *Journal Arabe de Protection des Plantes*, 17(2).
- ALLAL-BENFEKIH, L. (2006). *Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien*. Thèse de Doctorat, INA El Harrach- Alger.
- ARNÓ, J., ROSA GABARRA, I., & CABRILS, E. (2011). Lutte contre *Tuta absoluta*, un nouveau ravageur qui envahit l'Europe. *ENDURE, Formation en Lutte Intégrée*(5). www.endure-network.eu
- ASSABAH, M. (2011). *Evolution du peuplement aphidien et de ses ennemis naturels sur une culture de blé dur (var. Vitron) dans la station de Oued Smar (El Harrach – Alger)*. Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach- Alger.
- AUXIMORE. (2014). Optimiser le contrôle biologique des bioagresseurs en système de grande culture (Altise). Retrieved 12/02/2021, from https://arena-auximore.fr/wp-content/uploads/2014/12/ALTISE_WEB.pdf
- BALACHOWSKY, A. (1966). *Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. Lépidoptères* (Vol. 1, T2). Masson, Paris.
- BASF. (2019). BASF France SAS division Agro . Distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels, consulter le mois de février 2021 sur site web: <https://www.agro.basf.fr/fr/>
- BÉLAIR, G. (2005). Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine. *Phytoprotection*, 86(1), 65-69. <https://doi.org/10.7202/011717ar>.
- BENASSY, C. (1986). *Citrus scale insects: Integrated pest control in citrus groves*. Paper presented at the Proc Experts' Meet, Comm Eur Communities, Acireale, Italy : 27-39.
- BERKANI, A., MOUATS, A., & DRIDI, B. (1996). Observations sur la dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae) en Algérie. *Fruits*, 51(6), 417-424. Consulté à l'adresse <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/35550>.
- BICHE, M. (2012). *Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels*. Alger: INPV.
- BIO-ENLIGNE. (28 décembre 2018). Pou ou cochenille de San José: biologie, symptômes et traitements. Consulter le 19 Février, 2022, sur <https://www.bio-enligne.com/homoptere/506-pou-saint-jose.html>
- BOUALEM, M. (2009). *Etude bioécologique de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillariidae) et de son complexe parasitaire dans la région de Mostaganem*. Thèse de doctorat, université de Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- BOUDON-PADIEU, E., ESMENJAUD, D., KREITER, S., ROEHRICH, R., SFORZA, R., STÖCKEL, J., & VAN HELDEN, M. (2000). *Les ravageurs de la vigne*. Ed. Féret, Bordeaux (France), 231p.
- BOUMARAF SAADI, I. (2008). *Analyse des semences de fève (*Vicia faba*) infestées par *Ditylenchus dipsaci* (Nématoda: Anguinidae) et recherche d'une méthode de lutte contre ce nématode*. Mémoire de magistère, Ensa, El harrache, Alger.
- BOUNACEUR, F., SAFIDDINE, F., ABEDELLI, M., NEBIH-HADJ SADDOK, D., & BISSAAD, F. Z. (2011). Contribution to the knowledge of nematodes genera in northern vineyards of Algeria. *Annals of Biological Research*, 2(3), 297-306.
- CAYROL, J.-C., DJIAN-CAPORALINO, C., & PANCHAUD-MATTEI, E. (1992). La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Courrier de la cellule environnement INRA*, 17(17), 31-44.

- CHAFAA, S., BACHIR, A. S., ACHI, M. B., & Asma. (2014). Inventaire et dynamique globale du peuplement des nématodes phytoparasites (Nematoda: Secernentea) de l'olivier (*Olea europaea*) dans une région aride du Nord-Est de l'Algérie. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(3), 3637-3645.
- CHARMILLOT, P. J., & HÖHN, H. (2020). Carpocapse des pommes et des poires *Cydia pomonella* L. Fiche 101 élaboré par Agroscope RAC et FAW Wädenswil, 3p.
- CHOUIBANI, M., OUIZBOUBEN, A., & KAACK, H. (2003). *Protection intégrée des agrumes*: Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Technique et de la Répression des Fraudes en coopération avec la GTZ (Projet Contrôle Phytosanitaire), 15p.
- CIANCIO, A., & MUKERJI, K. G. (2009). *Integrated Management of plants pests and diseases: Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*: Springer Science+Business Media B.V.
- CIRAD. (2007). Les criquets ravageurs. Retrieved 02 mars, 2022, from: <http://locust.cirad.fr/index.htm>
- COYNE, D. L., NICOL, J., CLAUDIUS-COLE, B., & QUÉNÉHERVÉ, P. (2010). *Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire*: Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin.
- CRAM, M. M., & FRAEDRICH, S. W. (2012). Nematode damage and management in North American forest nurseries. *Tree Planters' Notes*, 55(1), 27-35.
- DAANE, K. M., JOHNSON, M. W., SIME, K., PICKETT, C. H., WANG, X.-G., NADEL, H., ...HOELMER, K. A. (2011). Biological controls investigated to aid management of olive fruit fly in California. *California Agriculture*, 65(1), 21-28.
- DE GUIRAN, G., & NETSCHER, C. (1970). Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites de cultures tropicales. *cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 11, 151-185.
- DE MEYER, M., & FREIDBERG, A. (2012). Taxonomic revision of the fruit fly genus *Neoceratitis* Hendel (Diptera: Tephritidae). *Zootaxa*, 3223, 24-39.
- DJEBROUNE, A. (2019). *Etude de la bioécologie des nématodes à kystes du genre Globodera inféodés à la culture de la pomme de terre*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach - Alger.
- DJIAN-CAPORALINO, C., VÉDIE, H., & ARRUFAT, A. (2009). Gestion des nématodes à galles: lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. *Phytoma*, 624, 21-25.
- DOLEŽAL, P., & SEHNAL, F. (2007). Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*, 131(3), 165-173.
- DUVAUCHELLE, S. (2013). Nématodes des pommes de terre, tour d'horizon à ras du sol: Fruits et légumes. *Phytoma-La Défense des végétaux* (660), 12-18.
- EL-OUARD, R. (1997). *La mineuse des feuilles des agrumes (Phyllocnistis citrella) au Maroc. Ampleur de problème et gestion de situation*. Paper presented at the: Séminaire International sur la Mineuse des feuilles des agrumes, INRAA, Blida 16-17 Décembre 1996.
- EL IRAQUI-EL HOUSSAINI, S. (2010). Le capnode noir des rosacées à noyau: Histoire d'une lutte à améliorer. *Agriculture du Maghreb*, 44, 84-85.
- EPPO. (2022). *Thaumetopoea pityocampa*. EPPO datasheets on pests recommended for regulationw. Retrieved 23 février, 2022, from <https://gd.eppo.int>
- FÄHNDRICH, S., VOGLER, U., & KÖLLIKER, U. (2011). Vers fils de fer (taupins): possibilités de régulation. Fiche technique. Retrieved 23/05/2021, from Extension Gemüsebau, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil <http://www.paq->

[ch.ch/fileadmin/Fichiers_PAG/pdf/Groupes de travail/Vers fil de fer/1303217360_D rahtwurm f Maerz 2011.pdf](http://ch.ch/fileadmin/Fichiers_PAG/pdf/Groupes_de_travail/Vers_fil_de_fer/1303217360_D_rahtwurm_f_Maerz_2011.pdf)

- FATIHA-RIGHI, A., RIGHI, K., BOUNGAB, K., & MOKABLI, A. (2019). Étude de l'infestation des céréales par les nématodes à kyste «*Heterodera* spp.» et distribution des espèces en cause dans l'Ouest de l'Algérie. *Cahiers Agricultures*, 28, 17.
- FELICIJAN, M., NOVAK, M., KRAŠEVEC, N., & URBANEK KRAJNC, A. (2015). Antioxydant defences of Norway spruce bark against bark beetles and its associated blue-stain fungus. *Agricultura (Slovenia)*, 12(1/2), 9-18.
- FILIPPI, J. B. (2003). *Une architecture logicielle pour la multi-modélisation et la simulation à évènements discrets de systèmes naturels complexes*. Thèse de Doctorat, Université de Corse; Université Pascal Paoli.
- FREDON Lorraine. (s.d.). Classeur technique "Protéger ses végétaux: les bons réflexes. Consulté le 25/10/2020 sur site web : <https://www.fredon-lorraine.com/fr/classeur-protection-integreee.html>.
- GAMARRA, H., CARHUAPOMA, P., MUJICA, N., KREUZE, J., & KROSCHER, J. (2016). Vegetable Pests / Greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood 1956). In J. M. Kroschel, N.; Carhuapoma, P.; Sporleder, M. (Ed.), *Pest distribution and risk atlas for Africa. Pest Distribution and Risk Atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates*. Lima (Peru): International Potato Center on behalf of RTB. livre en ligne consulté le 11/03/2022 sur : <https://cipotato.org/riskatlasforafrica/trialeurodes-vaporariorum/>.
- GARCÍA-LARA, S., & SALDIVAR, S. O. S. (2016). Insect Pests. *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 432-436).
- GARCIA-MARÍ, F. (2009). *Guía De Campo Plagas De Cítricos Y Sus Enemigos Naturales*.: M.V. Phytoma-España S.L. (Phytoma-España).
- GNONHOURI, P. G., & ADIKO, A. (2005). Aperçu sur les nématodes phytoparasites en Côte d'Ivoire. *BIOTERRE, Rev. Inter. Sci. de la Vie et de la Terre*, 5(1), 36-44.
- HADDADI, F. (2015). *Les nématodes à kyste Heterodera spp. des céréales en Algérie: Études sur la distribution, les espèces, les pathotypes et les antagonistes*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach - Alger.
- HAMANI- AOUDJIT, S. (2019). *Bioécologie et biocontrôle de la bruche de la fève Bruchus rufimanus (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae) dans la région de Bouira*. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- HAMIMINA, M. (2007). *Protection Raisonnée contre les ravageurs des Arbres Fruitiers, les ravageurs des arbres fruitiers: la carpocapse des pommes et des poires*. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 158p.
- HEPPNER, J. B. (1993). Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, in Florida (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). *Tropical Lepidoptera*, 4, 49-64.
- HOLMAN, J. (2009). *Host plant catalog of aphids, Palaearctic Region*.,(Springer: The Netherlands): Springer Science and Business Media B.V. 1216 pp.
- HULLÉ, M., CHAUBET, B., TURPEAU, E., & SIMON, J. C. (2020). Encyclop'Aphid: a website on aphids and their natural enemies. *Entomologia generalis*: doi:10.1127/entomologia/2019/0867.
- HYPP. (2022). Encyclopédie en protection des plantes. consulter le 12 mars, 2022, sur http://ephytia.inra.fr/fr/P/114/Hypp_encyclopedie_en_protection_des_plantes
- INPN. (2022). Site utilisé pour la taxonomie de toutes les espèces dans ce document. Consulter le 25 Février, 2022, sur <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>
- INPV. (2017). Capnode des arbres fruitiers à noyaux (pp. 12). Constantine: SRPV.

- INPV. (2021). Le ver blanc des céréales : comment y faire face ? Consulter le 16/01/2021, sur <https://www.inpv.edu.dz/questions-du-terrain/le-ver-blanc-des-cereales-comment-y-faire-face/>
- KIKUCHI, T., COTTON, J. A., DALZELL, J. J., HASEGAWA, K., KANZAKI, N., MCVEIGH, P., . . . COCK, P. J. (2011). Genomic insights into the origin of parasitism in the emerging plant pathogen *Bursaphelenchus xylophilus*. *PLoS pathogens*, 7(9), e1002219.
- KIMOTO, T. T. M., DUTHIE-HOLT, M., & DUMOUCHEL, L. (2006). *Guide des insectes forestiers exotiques*: Agence canadienne d'inspection des aliments, 128p.
- KNAPP, ALBRIGO, L. G., BROWNING, H. W., BULLOCK, R. C., HEPPNER, J. B., HALL, D. G., HOY, M.A., NGUYEN, R., PEÑA, J.E., & STANSLY, P. A. (1995). Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current Status in Florida- 1994. Fla. Coop. Ext. Ser. IFAS : 35. University of Florida, Gainesville, 26 p.
- KNAPP, PEÑA, J., STANSLY, P., HEPPNER, J., & YANG, Y. (1993). Citrus leafminer, a new pest of citrus in Florida. *Citrus Industry*, 74(10), 42-43.
- KOPPERT. (2022). Mineuse de la tomate : *Tuta absoluta*. Consulter le 10 mars, 2022, sur <https://www.koppert.fr/defis/chenilles/mineuse-de-la-tomate/>
- KROSCHER, J., SPORLEDER, M., & CARHUAPOMA, P. (2016). Potato Pests / Potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller 1873). In J. M. Kroschel, N.; Carhuapoma, P.; Sporleder, M. (Ed.), *Pest distribution and risk atlas for Africa. Pest Distribution and Risk Atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates*. Lima (Peru): International Potato Center on behalf of RTB. livre en ligne consulté le 11/03/2022 sur : <https://cipotato.org/riskatlasforafrica/phthorimaea-operculella/>
- KUMARI, S. (2017). Morphological and molecular characterizations of cereal cyst nematode *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 from the Czech Republic. *Journal of integrative agriculture*, 16(3), 532-539.
- LEBLANC, C., BRIGITTE DUVAL, JULIE BRAULT, MATHIEU NEAU, & JULIEN SAGUEZ. (2020). Criocère des céréales. from RAP (réseau d'avertissements phytosanitaires)
- LETAILLEUR, F. (2012). Reconnaissance des ravageurs des cultures (pp. 33). Rennes cedex, France: Chambres d'agriculture de Bretagne.
- LOUNICI, M. (2018). *Contribution à l'étude des communautés de nématodes inféodées à la culture de l'olivier (Olea europaea. L)*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger.
- LOUSSERT, R. (1989). *Les agrumes: production* (Technique et Documentation - Lavoisier ed. Vol. 2). Paris.
- MESBAH, A. (2002). *Contribution à l'étude de l'écobiologie et de la physiologie de la nutrition de Geotrogus deserticola (Blanchard), insecte coléoptère ravageur des céréales en Algérie*. (Mémoire de Magistère), Université des sciences de la technologie Houari boumediene – Alger.
- MEZANI, S. (2011). *Bioécologie de la bruche de la fève Bruchus rufimanus Boh. (Coleoptera: Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fèves différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou)*. Mémoire de magistère, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. (s.d.). *Chenilles défoliatrices du printemps; extrait du Publication 310F :Lutte intégrée contre les ennemis du pommier*. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/spcater.htm>.
- MZE HASSANI, I. (2017). *Études écologiques des mouches des fruits (diptera tephritidae) nuisibles aux cultures fruitières aux Comores*. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion. NNT: 2017LARE0001. tel-01761238.

- OUANOUI, F., & IGHILI, H. (1988). Inventaire des nématodes phytophages sur cultures maraichères et sur palmier dattier dans la région de Ouargla. *Ann. In. Nat. Agro. El-Harrach*, 12, 184-201.
- OUKIL, S. (1995). *Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité génétique chez la Mouche Méditerranéenne des Fruits: Ceratitis capitata Wiedemann (Diptère, Trypetidae)* Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille 3.
- PRATISSOLI, D., LIMA, V. L., PIROVANI, V. D., & LIMA, W. L. (2015). Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. *Horticultura brasileira*, 33, 101-105.
- PROFERT. (2021). Le vers blanc. consulter le 15/01/2021, sur [http://profert.dz/fr/index.php/2017/11/02/le-vers-blanc/#lightbox\[gallery_image_1\]/0](http://profert.dz/fr/index.php/2017/11/02/le-vers-blanc/#lightbox[gallery_image_1]/0)
- PROFERT. (2022). Pou de San José. Retrieved 19 Février, 2022, from <http://profert.dz/fr/index.php/portfolio-items/le-pou-de-san-jose/>
- PROT, J.-C. (1984). Les nématodes parasites des cultures maraichères: Cahiers ORSTOM, United States Agency for International Development Regional Food Crop Protection Projet 625.0928, Dakar - B.P. 49 - Sénégal, 29p.
- PROT, J. C. (1984). Introduction à la nématologie: Office de recherche scientifique et Technique Outre-Mer, Centre de Dakar-Hann, Sénégal.
- RIBA, G., & SILVY, C. (1989). *Combattre les ravageurs des cultures; enjeux et perspectives*. Ed. INRA, Paris.
- RICCI, B., FRANCK, P., TOUBON, J.-F., BOUVIER, J.-C., SAUPHANOR, B., & LAVIGNE, C. (2009). The influence of landscape on insect pest dynamics: a case study in southeastern France. *Landscape Ecology*, 24(3), 337-349. doi: 10.1007/s10980-008-9308-6
- RIVOAL, R., & BOURDON, P. (2005). Sélection du ray-grass d'Italie pour la résistance au nématode à kyste des céréales (*Heterodera avenae*). *Fourrages*, 184, 557-566.
- ROBERT, C., & RUCK, L. (2021). Gestion en cours de campagne des larves de grosses altises. consulter le 09 mars, 2022, sur <https://www.terresinovia.fr/-/surveillance-et-lutte-contre-les-larves-de-grosses-altises>
- SAADI, H. (2013). *Contribution à l'étude de la résistance variétés locales de Vicia faba L au nématode de Ditylenchus dipsaci dans la région de Biskra*. Mémoire de magistère, Université Mohamed khider, Biskra.
- SCHEBECK, M., HANSEN, E. M., SCHOPF, A., RAGLAND, G. J., STAUFFER, C., & BENTZ, B. J. (2017). Diapause and overwintering of two spruce bark beetle species. *Physiological entomology*, 42(3), 200-210.
- Simon, H., Richard, F., Bellanger, M., Denimal, D., Goubert, C., & Jeuffrault, E. (1994). *La protection des cultures*. Paris Lavoisier- Tec & Doc.
- SMAHA, D., MOKRINI, F., İMREN, M., MOKABLI, A., & DABABAT, A. A. (2019). Morphological and molecular identification of cyst nematode species (*Heterodera* spp.) in Algerian cereal fields. *Journal of Plant Protection Research*, 59(3), 400-411.
- STIRLING, G. R., NICOL, J., & REAY, F. (1999). *Advisory services for nematode pests*. Rural Industries Research & Development Corp.
- SUDARBO. (2010). Pêche et nectarine: santé de plantes; Capnode. Fiches techniques de la Chambre d'agriculture d'Occitanie: 30-31
- SYNGENTA FRANCE. (2020, 05/28). Taupins. consulter le 02/11/2020, sur <https://www.syngenta.fr/traitements/taupins>
- TEBIB, M. (2006). *Infestation de quelques régions du littoral centre par les nématodes à galles*. Thèse de Doctorat, Institut National d'Agronomie- El-Harrache- Alger.
- VILLEMANT, C. (2003). Le Bombyx disparate en corse. *Insectes*, 130(3), 5-10.

- WERMELINGER, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest ecology and management*, 202(1-3), 67-82.
- WERMELINGER, B., EPPER, C., KENIS, M., GHOSH, S., & HOLDENRIEDER, O. (2012). Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. *Journal of Applied Entomology*, 136(3), 212-224.
- ZHANG, A., O'LEARY, C., & QUARLES, W. (1994). Chinese IPM for citrus leafminer. *The IPM practitioner: the newsletter of integrated pest management*, 16(8), 10-13.