

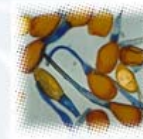
Autres Publications de l'Auteur
منشورات أخرى للمؤلف
Other Publications of the Author

Bouzid NASRAOUI

**Principales Maladies Fongiques
des Céréales et des Légumineuses en Tunisie**
أهم الأمراض الفطرية للحبوب والبقوليات في تونس
Main Fungal Diseases of Cereals and Legumes in Tunisia

- Nasraoui B., 2000 - Introduction à la phyto-mycologie: Morphologie, biologie et systématique appliquée aux champignons phytopathogènes. Centre de Publication Universitaire, Tunisie, 185 p.
- Nasraoui B., 2000 - Principales maladies fongiques des céréales en Tunisie. Main Fungal Diseases of Cereals in Tunisia. أهم الأمراض الفطرية للحبوب في تونس. Centre de Publication Universitaire, 145 p, Tunisie.
- Nasraoui B., 2002 - Principales maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Tunisie. Main Fungal Diseases of Food Legumes in Tunisia. أهم الأمراض الفطرية للبقوليات الغذائية في تونس. Centre de Publication Universitaire, 97 p, Tunisie.
- Nasraoui B. & Lepoivre P., 2003 - Les champignons phytopathogènes. Pages 111-143, IN. Phytopathologie, Ouvrage collectif sous la direction de P. Lepoivre. De Boeck Université, Eds., 427 p, Belgique.
- Nasraoui B., 2006 - Les champignons parasites des plantes cultivées (avec version anglaise sur CD). Centre de Publication Universitaire, 456 p, Tunisie.

Principales Maladies Fongiques des Céréales et des Légumineuses en Tunisie



Bouzid NASRAOUI
بوزيد نصرأوي

(Avec Système Expert d'Identification des Maladies sur CD)
(مع نظام خبير لتشخيص الأمراض على قرص ليزري)
(With Expert System for Disease Identification on CD)

Principales Maladies Fongiques des Céréales et des Légumineuses en Tunisie

Bouzid NASRAOUI
Professeur de Phytopathologie
à l'École Supérieure d'Agriculture du Kef

(Avec Système Expert d'Identification des Maladies sur CD)

Centre de Publication Universitaire
2008

A

Tous les membres de ma petite famille : mon épouse et nos enfants

et

Tous les membres de ma grande famille, en particulier ma mère et mon père.

Prof. Bouzid NASRAOUI : Né en 1957 à Thala (Tunisie) - Bachelier Maths.Sciences en 1976 - Diplômé Ingénieur Agronome en 1980 (Institut National Agronomique de Tunisie) - Diplômé Ingénieur Agronome Spécialisé (Protection des Cultures) en 1983 (Institut National Agronomique de Tunisie) - Diplômé du D.E.A. (Physiologie Végétale) en 1984 (Faculté des Sciences de Tunis) - Diplômé Docteur d'Etat (Phytopathologie) en 1992 (Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique) - Professeur de Phytopathologie (Phytopathologie) depuis 2000 - Décoré en 2003 de l'Ordre National du Mérite (Chevalier) dans le domaine de l'Education et des Sciences - De 1994 à 2000 et depuis 2003 : Directeur de l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef (Tunisie).

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous les membres de ma famille de leur sacrifice et leur patience au cours de la réalisation de ce livre.

Je remercie de même tous mes collègues enseignants et chercheurs de leur soutien et leur encouragement pour l'élaboration du présent document.

Mes remerciements vont aussi à Mr. Najmeddine BEN-MAAOUIA qui a mis en place l'application informatique du système expert.

Je remercie également Mr. Hasnaoui ZAIDI, Directeur Général de la Protection et du Contrôle de la Qualité des Produits Agricoles, d'avoir aimablement accepté d'écrire la préface du présent livre.

En fin, c'est un agréable devoir pour moi de remercier le Centre de Publication Universitaire, en Particulier son Directeur Général Prof. Habib BOUCHRIHA, qui a accepté de publier ce livre en plus de quatre autres auparavant.

L'Auteur

PRÉFACE

"Les champignons inféodés aux céréales et aux légumineuses", voilà donc le sujet que l'auteur, en l'occurrence Prof. Bouzid NASRAOUI, a bien voulu traiter (en trois langues) dans cet ouvrage à caractère scientifique certes, mais aussi technique et d'une portée pratique indéniable.

Qu'il soit enseignant ou chercheur, technicien ou vulgarisateur, expérimenté ou même débutant, l'utilisateur de cet ouvrage et surtout du système expert qui l'accompagne, s'y retrouverait aisément en se rapportant directement à la partie qui traite la maladie le concernant : maladies des racines, de la tige, des feuilles, de l'épi, des gousses, etc. Voilà ce qui facilite énormément le travail du technicien phytosanitaire en hâte d'identifier le mal pour en préconiser le remède.

Sur le plan agronomique, les légumineuses, au même titre d'ailleurs que d'autres plantes sarclées, sont cultivées en association harmonieuse et réciproquement bénéfique dans le cadre d'un assolement approprié. Le mérite de l'auteur et non le moindre, est d'avoir rassemblé dans le même ouvrage l'étude des champignons inféodés aussi bien aux céréales qu'aux légumineuses, répondant ainsi aux soucis et attentes des techniciens vulgarisateurs du Nord de la Tunisie en particulier. Voilà ce qui dénote, encore une fois, de l'apport du scientifique et sa précieuse contribution à l'essor d'un domaine aussi passionnant que primordial qu'est la Protection des Plantes.

Toutes mes félicitations à l'auteur dont l'amour à la mycologie n'a d'égal que son profond dévouement à faire connaître et faire aimer cette discipline en l'enseignant aux générations présentes et à venir de nos ingénieurs.

Puis-je enfin émettre le souhait que cet ouvrage reçoive toute l'attention et le succès qu'il mérite.

Hasnaoui ZAIDI
Directeur Général de la
Protection et du Contrôle de la Qualité des Produits Agricoles

RÉFÉRENCES

- A.C.T.A., 1990 - Guide pratique de défense des cultures. éd. Carrousel et ACTA, France, 558 p.
- A.C.T.A., *Publié annuellement*: Index phytosanitaire, ACTA, France.
- A. T. P. P., Guide phytosanitaire de la Tunisie / Troisième Edition. ATPP, Tunisie, 283 p.
- Agrios G.N., 2005 - Plant Pathology. 5th Ed., Elsevier Academic Press, Massachusetts, USA, 922 p.
- Alexopoulos C. J., Mims C. W. & Blackwell M., 1996 - Introductory Mycology. 4th Ed., Wiley, New York, 868 p.
- Cavelier M., Maroquin C. & Steyer S., 1992 – Les maladies des céréales / Fiches signalétiques. PCRA, Belgique
- C.I.M.M.Y.T., 1983 - Common Diseases of Small Grain Cereals: A guide to Identification, CIMMYT, Mexico, 141 p.
- G.T.Z., 1994 - La défense des cultures en Afrique du Nord en considérant le cas de la Tunisie. GTZ GmbH, Tunisie, 372 p.
- Holliday P., 1998 - A Dictionary of Plant Pathology. 2nd Ed., Cambridge University Press, UK, 536 p.
- I.C.A.R.D.A., 1993 - Field Manual of Common Faba Bean Diseases in the Nile Valley. ICARDA, Syria, 40 p.
- I.C.A.R.D.A., 1994 - Principaux ravageurs du blé et de l'orge: Guide d'identification au champ. ICARDA, Syrie, 95 p.
- I.C.R.I.S.A.T., 1991 - Field Diagnosis of Chickpea Diseases and their Control. ICRISAT, Information Bulletin N° 28, India, 52 p.
- I.M.I. (& C.M.I.), *Published in series*: Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, CAB, England.

- Kirk P. M., Cannon B. C., David J. C. & Stalpers J. A., 2001 - Dictionary of the Fungi. 9th Ed., CABI Publishing, UK, 655 p.
- Laffont J. M., 1985 - Les maladies des céréales et du maïs. CIBA-GEIGY/AGRI-NATHAN, France, 96 p.
- Lepoivre P., 2003 - Phytopathologie. Editions De Boeck Université, Belgique, 427 p.
- M. A. E. P., 1981 - Field Manual of Common Barley Disease. Bulletin No. 734, Montana, USA, 56 p.
- Mathre D. F., 1987 - Compendium of Barley Diseases. APS Press, Minnesota, USA, 78 p.
- Messiaen C. M., Blancard D., Rouxel F. & Lafon R., 1991 - Les maladies des plantes maraîchères. INRA, France, 552 p.
- Murray T. D., Parry D. W. & Cattlin N. D., 1998 - Diseases of Small Grain Cereal Crops. ISU Press, Iowa, USA, 142 p.
- Nasraoui B., 2000 - Introduction à la phytomycologie: Morphologie, biologie et systématique appliquée aux champignons phytopathogènes. Centre de Publication Universitaire, Tunisie, 185 p.
- Nasraoui B., 2000 - Principales maladies fongiques des céréales en Tunisie. Main Fungal Diseases of Cereals in Tunisia. أهم الأمراض الفطرية للحبوب في تونس. Centre de Publication Universitaire, 145 p, Tunisie.
- Nasraoui B., 2002 - Principales maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Tunisie. Main Fungal Diseases of Food Legumes in Tunisia. أهم الأمراض الفطرية للبقوليات الغذائية بتونس. Centre de Publication Universitaire, 97 p, Tunisie.
- Nasraoui B. & Lepoivre P., 2003 - Les champignons phytopathogènes. Pages 111-143, *IN Phytopathologie*, Ouvrage collectif sous la direction de P. Lepoivre, De Boeck Université, Eds., 427 p, Belgique.
- Nasraoui B., 2006 - Les champignons parasites des plantes cultivées (avec version anglaise sur CD). Centre de Publication Universitaire, 456 p, Tunisie.

- Sayoud R., Ezzahiri B. & Bouznad Z., 1999 - Les maladies des céréales et de légumineuses alimentaires au Maghreb. ITGC, Algérie, 64 p.
- Strange R. N., 2003 - Introduction to Plant Pathology. Wiley, UK, 464 p.
- Sutton B.C., 1980 - The Coelomycètes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. CMI, CAB, England, 696 p.
- Ulloa M. & Hanlin R. T., 2001 - Illustrated Dictionary of Mycology. APS Press, Minnesota, USA, 448 p.
- Wrobel M. & Creber G., 1998 - Elsevier's Dictionary of Fungi and Fungal Plant Diseases. Elsevier, The Netherlands, 400 p.
- Wiese M. V., 1991 - Compendium of Wheat Diseases / Second Edition. APS Press, Minnesota, USA, 112 p.
- Zillinsky F. J., 1983 – Common Diseases of Small Grain Cereals. CIMMYT, Mexico, 141 p.
- الجمعية العربية لوقاية النباتات، 1990: المرشد الوجيز في صفحة.600، CAB، FAO، ASPP، أمراض النباتات.
- إيكاردا، 1983 - الدليل الحقلي لأمراض الفول في وادي النيل. إيكاردا، سوريا، 44 صفحة.
- إيكاردا، 1985 - الدليل الحقلي لأهم آفات القمح والشعير. صفحة.92، إيكاردا، سوريا،

Principales Maladies Fongiques des Céréales et des Légumineuses en Tunisie

Bouzi NASRAOUI
Professeur de Phytopathologie
à l'École Supérieure d'Agriculture du Kef

(Avec Système Expert d'Identification des Maladies sur CD)

Centre de Publication Universitaire
2008

SOMMAIRE

GÉNÉRALITÉS	3
INTRODUCTION	5
LE MONDE FONGIQUE	7
CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES CHAMPIGNONS	11
DÉVELOPPEMENT DES MALADIES FONGIQUES	25
LUTTE CONTRE LES MALADIES FONGIQUES	29
MALADIES FONGIQUES DES CÉRÉALES	35
<i>MALADIES DES RACINES ET DU PIED</i>	37
PIÉTIN-ÉCHAUDAGE DES CÉRÉALES	38
PIÉTIN-VERSE DES CÉRÉALES	40
FUSARIOSES DES CÉRÉALES	42
PIÉTIN-HELMINTHOSPORIOSE DES CÉRÉALES	44
<i>MALADIES DE LA TIGE ET DES FEUILLES</i>	47
TACHES BRONZÉES OU HELMINTHOSPORIOSE DU BLÉ	48
RAYURE RÉTICULÉE OU HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE	50
STRIURE FOLIAIRE OU HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE	52
RHYNCHOSPORIOSE DE L'ORGE	54
OIDIUM DES CÉRÉALES	56
SEPTORIOSE FOLIAIRE DU BLÉ	58
ANTHRACNOSE DU BLÉ	60
ANTHRACNOSE DE L'ORGE	62
ROUILLE DES FEUILLES (OU BRUNE) DU BLÉ	64
ROUILLE JAUNE (OU STRIÉE) DU BLÉ	66
ROUILLE DES TIGES (OU NOIRE) DU BLÉ	68
ROUILLE NAIN (OU BRUNE) DE L'ORGE	70
ROUILLE COURONNÉE DE L'AVOINE	72
CHARBON DES FEUILLES DU BLÉ	74
<i>MALADIES DE L'ÉPI</i>	77
CARIE (COMMUNE) DU BLÉ	78
CHARBON COUVERT DE L'ORGE ET DE L'AVOINE	80
CHARBON NU DES CÉRÉALES	82
CLADOSPORIOSE DU BLÉ	84
MALADIES FONGIQUES DES LÉGUMINEUSES	87
FLÉTRISSEMENT DU POIS CHICHE	88
MILDIOU DE LA FÈVE	90
MILDIOU DU POIS	92
OIDIUM DU POIS	94
TACHES BRUNES (OU CHOCOLAT) DE LA FÈVE	96
ALTERNARIOSE DE LA FÈVE	98

ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DE LA FÈVE	100
ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DU POIS CHICHE	102
ANTHRACNOSE (OU TACHES JAUNES) DU POIS	104
ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DU POIS	106
ANTHRACNOSE (OU JAMBE NOIRE) DU POIS	108
ROUILLE DE LA FÈVE	110
ROUILLE DU POIS CHICHE	112
ROUILLE DU POIS	114

Généralités

INTRODUCTION

Par leur production en grains, en foin et en paille, les céréales et les légumineuses en Tunisie et dans de très nombreux pays du monde, sont à la base de l'alimentation humaine et animale. A l'aube du 21^{ème} siècle, dans notre pays où les superficies réservées aux légumineuses et surtout aux céréales ne peuvent pratiquement plus augmenter, ces grandes cultures sont appelées à être de plus en plus intensifiées. Une telle intensification basée sur l'utilisation des variétés à haut rendement, exigeantes en fertilisation, en eau, en désherbage et en d'autres opérations culturales, permet aux céréales et aux légumineuses d'avoir un bon développement végétatif, ombragé et humide, souvent favorable aux maladies et aux insectes. Parmi les ennemis de ces grandes cultures, les maladies fongiques sont vraisemblablement les plus graves. Leur installation et propagation entraînent des pertes, parfois très importantes, au niveau de la production tant quantitativement que qualitativement. La lutte contre ces maladies fongiques constitue par conséquent l'une des actions incontournables pour accroître la production des grandes cultures dans un contexte d'agriculture moderne. Mais, la recherche et la proposition de méthodes de lutte à utiliser passent, obligatoirement, par l'identification et la caractérisation des champignons responsables grâce à leur morphologie et biologie et par la reconnaissance des maladies grâce aux symptômes qu'elles provoquent chez les plantes infectées. C'est à cet effet que le présent livre a été conçu et élaboré pour faciliter l'identification des maladies fongiques des céréales (blé, orge et avoine) et des légumineuses (fève, pois chiche et pois). En outre, des possibilités de lutte à base de traitement chimique sont proposées pour chacune des maladies étudiées. Les autres moyens de lutte possibles sont signalés d'une façon générale dans un chapitre qui précède la description des maladies. Dans des chapitres antérieurs sont sommairement abordées les caractéristiques des champignons, les grandes lignes de leur classification (avec des exemples de maladies uniquement des céréales et des légumineuses) ainsi que leur développement en tant qu'agents phytopathogènes sur les plantes hôtes.

Dans ce livre, nous avons décrit les symptômes de toutes les maladies que nous avons observées dans le pays pendant plus d'une décennie ainsi que la morphologie de leurs espèces fongiques responsables observées au microscope photonique (généralement au grossissement 40x10, sauf mention spéciale). L'ensemble a été illustré par des photos que nous avons prises, exclusivement en Tunisie, au cours de prospections effectuées durant plusieurs années. Cela n'exclut, cependant, pas l'existence de quelques autres maladies fongiques que nous n'avons peut-être pas eu la possibilité de rencontrer. Les maladies de ces grandes cultures décrites en Tunisie, ne seraient pas très différentes de celles qui sévissent dans des pays à climat semblable. Ceci rendrait le présent livre utile aussi dans la plupart des pays méditerranéens, par exemple.

Par ailleurs, il est important de signaler que, comme le monde fongique est vaste et compliqué et que les démarches des mycologues et phytopathologues sont

souvent différentes, les points de vue des auteurs ne sont pas toujours convergents, en particulier, au niveau de l'appellation et de la systématique récente des champignons. Dans ce livre, nous avons essayé de rapprocher les avis convergents. Mais, dans le cas contraire, nous avons généralement privilégié la nomenclature ainsi que la classification des champignons officiellement utilisée par *International Mycological Institute* (ex-*Commonwealth Mycological Institute*) qui sert comme référence mondiale en mycologie.

LE MONDE FONGIQUE

Le terme **Mycologie** d'origine grecque (*mykes*: champignon + *logos*: discours) signifie «**Science des Champignons**». En latin, le champignon est appelé *fungus* (pluriel *fungi*). En français, le **champignon** est aussi désigné par le terme **espèce fongique**.

Ordinairement, le terme **champignon** désigne des «végétaux» particuliers cultivés ou rencontrés spontanément dans les prairies et les forêts et formés généralement d'un «pied» surmonté par un «chapeau». Certains de ces champignons sont consommés par l'homme alors que d'autres lui sont mortels. Mais, en réalité, ce type de champignons ne représente qu'une partie du monde fongique qui est macroscopique, car il y a aussi les champignons microscopiques extrêmement nombreux et variés, répandus dans la nature. On en connaît, dans la vie quotidienne, surtout ceux qui forment des moisissures sur de la nourriture abandonnée ou de la matière organique morte.

Si l'homme a connu les champignons avant même l'antiquité et les a côtoyés pendant des milliers d'années, ce n'est qu'à partir du 17^{ème} siècle qu'il a commencé à les observer, les étudier et les classer grâce à la découverte du microscope par **Van Leeuwenhoek**. C'est le botaniste italien **Micheli** qui est considéré comme le fondateur de la science de mycologie. Il a publié en 1729 *Nova Plantarum Genera* dans lequel il a consacré une partie aux champignons. Depuis, les connaissances sur le monde fongique ont évolué au fur et à mesure que les techniques d'étude se sont améliorées. Ceci a été réalisé grâce à de grands botanistes et/ou mycologues tels que **Linné**, **Persoon**, **Fries**, **Saccardo**,... Le nombre d'espèces fongiques découvertes depuis lors est devenu si élevé que les mycologues, de nos jours, se spécialisent dans l'étude d'une seule famille, voire d'un seul genre, de champignons.

Actuellement, le nombre d'espèces fongiques dans le monde est estimé (par comparaison avec les autres êtres vivants et par extrapolation) à 1,5 millions, dont moins de 10% seulement sont décrites. Parmi ces espèces connues, environ 10.000 provoquent des maladies sur les végétaux et seulement une cinquantaine est pathogène pour l'homme et une autre cinquantaine est pathogène pour les animaux. Le reste se comporte généralement comme des saprobes ou, moins fréquemment, vit en association avec d'autres organismes vivants.

Depuis le 17^{ème} siècle jusqu'aux années 1960, la mycologie a toujours été considérée comme une branche de la botanique. Ceci découlait de l'ancienne conception de la division du monde vivant en deux règnes eucaryotes: animal et végétal, en plus des procaryotes. Mais, en 1969, **Whittaker** a proposé la division du monde vivant en cinq règnes. Cette division considère les champignons comme formant un règne des **Fungi** indépendant du règne végétal (**Plantae**), car les champignons vivent par absorption et sont **chémotrophes** en obtenant leur énergie à partir de la matière organique et

hétérotrophes en utilisant cette matière organique comme source de carbone pour la synthèse de leurs propres composés organiques, tandis que les végétaux, qui vivent aussi par absorption, sont **phototrophes** en utilisant l'énergie lumineuse et **autotrophes** en synthétisant leurs composés organiques à partir du dioxyde de carbone atmosphérique et les substances minérales dissoutes dans l'eau. Le règne animal (*Animalia*) a été limité aux animaux vivant par ingestion. Le monde des organismes monocellulaires a été divisé en deux règnes: *Monera* formés des procaryotes (bactéries) et *Protista* formés des eucaryotes (protozoaires et algues monocellulaires). A la fin des années 1990, en se basant sur des études et des techniques notamment moléculaires, le règne des *Fungi* a été lui même divisé en deux grands groupes: le groupe des vrai-champignons formé du règne des *Fungi* et le groupe des pseudo-champignons formé de ceux qui étaient auparavant appelés «champignons inférieurs» et qui sont maintenant reclassés soit dans un règne dit *Protozoa*, soit dans un nouveau règne appelé *Chromista*.

Ainsi, les pseudo-champignons qui faisaient auparavant partie des «champignons inférieurs», se divisent actuellement en deux groupes très différents (Figure 1):

- Un groupe de pseudo-champignons dont la morphologie et la biologie sont proches de celles des amibes et qui fait partie du règne des *Protozoa*; ce groupe renferme quatre phylums ou divisions,
- Un autre groupe de pseudo-champignons dont beaucoup de caractéristiques se retrouvent chez les vrai-champignons mais qui font partie du règne des *Chromista*; ce groupe comprend trois phylums.

Les vrai-champignons formaient auparavant la majeure partie des «champignons supérieurs». Actuellement, c'est le véritable règne des champignons ou règne des *Fungi* et renferme quatre phylums, en plus d'un grand groupe hétérogène appelé Champignons Anamorphiques ou Deutéromycètes (Figure 1).

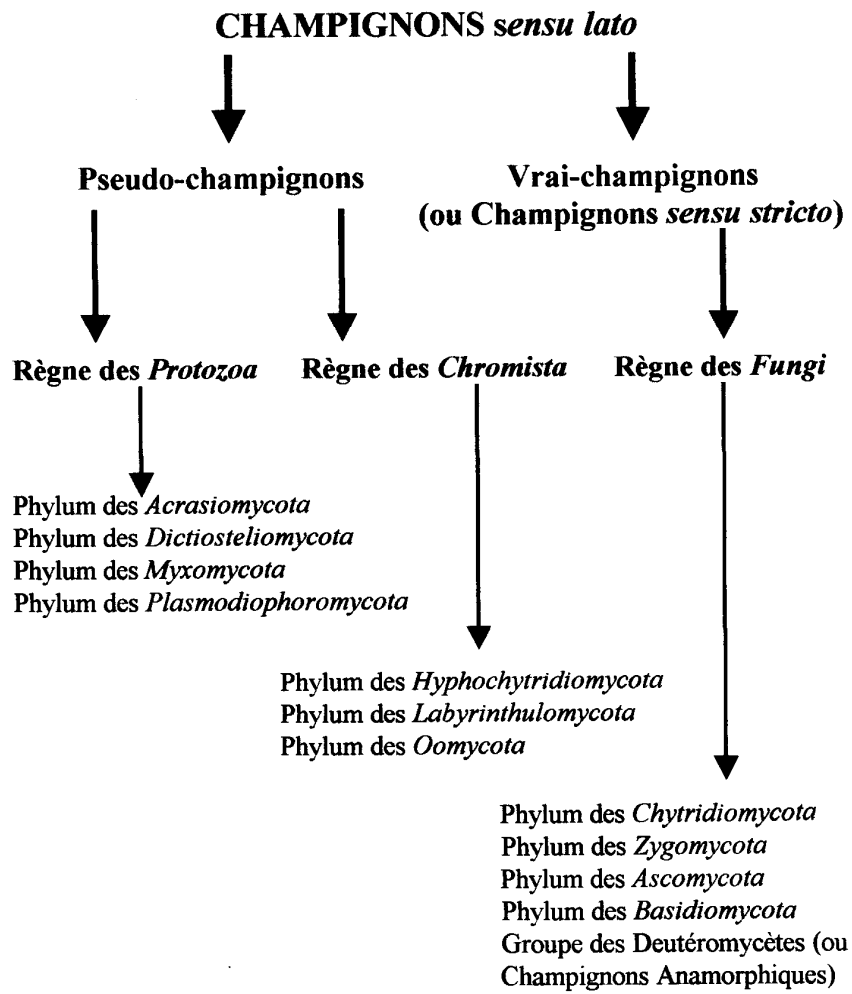


Figure 1: Les grandes lignes de classification du monde fongique.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES CHAMPIGNONS

RÈGNE DES *PROTOZA*

Le règne des *Protozoa* renferme, entre autres, des pseudo-champignons qui sont des micro-organismes unicellulaires, plasmodiaux ou formant des colonies et se nourrissant par phagocytose; les cellules sont dépourvues de parois cellulaires. Ces pseudo-champignons ont été associés, au départ, aux champignons en raison de la ressemblance au niveau des structures sporifères. Quatre phylums de pseudo-champignons sont actuellement retenus, dont le plus important du point de vue phytopathologique est le celui des *Plasmodiophoromycota*, renfermant la classe unique des **Plasmodiophoromycètes**.

Phylum des *Plasmodiophoromycota*

Classe des Plasmodiophoromycètes

Les Plasmodiophoromycètes sont en général des parasites obligatoires intracellulaires d'organes souterrains des plantes. Ils peuvent être des vecteurs de virus phytopathogènes. Ils forment à l'intérieur des cellules hôtes des plasmodes polynucléés nus qui ne sont ni mobiles ni phagotrophiques. Ces plasmodes produisent des spores de conservation qui libèrent, après germination, des **zoospores** qui sont capables de nager dans l'eau et qui sont biflagellées. Cette classe comprend un ordre unique.

Ordre des Plasmodiophorales: Cet ordre renferme deux familles.

Famille des Plasmodiophoracées: Dans cette famille, nombreuses espèces phytopathogènes existent et appartiennent aux genres *Plasmodiophora*, *Polymyxa* et *Spongospora*. Exemple:

- *Polymyxa graminis*: parasite des racines des céréales.

RÈGNE DES *CHROMISTA*

Le règne des *Chromista* renferme, entre autres, des pseudo-champignons unicellulaires ou filamenteux coenocytiques dont les parois sont cellulodiques. Trois phylums de pseudo-champignons sont actuellement retenus; les champignons phytopathogènes existent dans le phylum des *Oomycota* qui renferme une seule classe, celle des **Oomycètes**.

Phylum des Oomycota

Classe des Oomycètes

Les Oomycètes renferment des pseudo-champignons dont la morphologie et la nutrition par absorption sont similaires à celles des vrai-champignons mais qui en sont phylogéniquement éloignés.

Contrairement aux vrai-champignons, les Oomycètes possèdent des mitochondries avec des crêtes tubulaires, un appareil de Golgi avec des cisternes aplaties multiples et des vacuoles denses. Leur paroi cellulaire renferme surtout de la cellulose, mais rarement de la chitine qui est cependant la composante principale des parois des vrai-champignons. La présence de l'hydroxyproline dans les parois de ces pseudo-champignons constitue également un point de différence avec les vrai-champignons. Chez les Oomycètes, la méiose a lieu dans les gamétanges en cours de formation, ce qui rend ces Oomycètes diploïdes durant tout leur cycle végétatif, tandis que les vrai-champignons sont haploïdes, diploïdes et/ou dicaryotiques durant une partie ou la totalité de leur cycle de vie. En outre, le plus important stérol élaboré par les Oomycètes est le fucostérol et non l'ergostérol caractéristique des vrai-champignons.

Le thalle des Oomycètes est unicellulaire ou coenocytique filamenteux. Par reproduction asexuée, les Oomycètes produisent des **zoospores** biflagellées à partir d'un **sporange**. Mais, les sporanges peuvent se comporter aussi, comme des **conidies** et germent directement. Concernant la reproduction sexuée, la plupart des *Oomycota* sont hétérogamétangiques. Le gamétange mâle est l'**anthéridie** et le gamétange femelle est l'**oogone**. La fécondation de l'oogone par l'anthéridie et la méiose aboutissent à la production d'**oospore** qui a une paroi épaisse et résiste aux conditions défavorables. La classe des Oomycètes renferme huit ordres.

Ordre de Péronosporales: Cet ordre contient deux familles.

Famille des Péronosporacées: Nombreuses espèces de cette famille sont parasites de plantes et appartiennent aux genres *Bremia*, *Peronospora*, *Plasmopara* et *Pseudoperonospora*. Exemples:

- *Peronospora pisi*: agent du mildiou du pois,
- *Peronospora viciae*: agent du mildiou de la fève.

Ordre de Pythiales: Cet ordre contient deux familles.

Familles des Pythiacées: Nombreuses espèces de cette famille sont parasites de plantes et appartiennent aux genres *Phytophthora* et *Pythium*. Exemple:

- *Pythium graminicola*: agent de la fonte des semis des céréales.

Ordre des Saprolegniales: Deux familles existent dans cet ordre.

Famille des Saprolegniacées: Le genre le plus connu dans cette famille est le genre *Aphanomyces*. Exemple:

- *Aphanomyces euteiches*: agent du pourridié du pois.

Ordre des Sclérosporales: Cet ordre renferme deux familles.

Famille des Sclérosporacées: Cette famille renferme des parasites de plantes appartenant aux genres *Peronosclerospora* et *Sclerospora*. Exemples:

- *Sclerospora graminicola*: parasite des graminées.

Famille des Verrucalvacées: Quelques espèces phytopathogènes existent dans cette famille et appartiennent au genre *Sclerophthora*. Exemple:

- *Sclerophthora macrospora*: agent du mildiou des céréales.

RÈGNE DES FUNGI

Les *Fungi* sont les vrai-champignons. Ce sont des organismes qui se nourrissent par absorption, ne forment pas de plasmodes, ont leurs parois formées principalement de chitine et glucanes, leurs mitochondries avec des crêtes plates et leurs phases diploïdes généralement courtes. Quatre phylums sont actuellement retenus dans le règne des *Fungi* (en plus du Groupe des Champignons Anamorphiques): *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Chytridiomycota* et *Zygomycota*. Les **Champignons Anamorphiques** (ou **Deutéromycètes**) ne sont pas considérés comme un phylum ou une classe. Ils font partie des *Ascomycota* ou des *Basidiomycota*.

Phylum des *Chytridiomycota*

Classe des Chytridiomycètes

Les *Chytridiomycota* (renfermant la classe unique des **Chytridiomycètes**) sont les seuls vrai-champignons qui produisent des cellules mobiles qui sont des zoospores généralement uniflagellées. Le thalle est unicellulaire ou filamenteux coenocytique. Par leur reproduction asexuée, les Chytridiomycètes libèrent des **zoospores** à partir de **sporanges**. La reproduction sexuée s'effectue généralement par des zoospores jouant le rôle de gamètes et appelées **planogamètes**. Les Chytridiomycètes sont repartis sur cinq ordres.

Ordre des Chytridiales: Cet ordre contient quatre familles.

Famille des Synchytriacées: La famille des Synchytriacées renferme des espèces parasites de plantes appartenant au genre *Synchytrium*. Exemple:

- *Synchytrium phaseoli*: parasite des légumineuses.

Ordre des Spizellomycétales: Trois familles existent dans cet ordre.

Famille des Olpidiacées: Le genre le plus connu dans cette famille est le genre *Olpidium*. Exemple:

- *Olpidium viciae*: agent de la galle verruqueuse de la fève.

Phylum des Zygomycota

Les *Zygomycota* se caractérisent par l'absence de cellules flagellées mobiles et par un thalle généralement filamenteux coenocytique. La reproduction asexuée entraîne la production de **sporangiospores** et rarement de **conidies**. La reproduction sexuée s'effectue en général par isogamétangie. Ce phylum renferme deux classes: classe des **Zygomycètes** renfermant quelques espèces phytopathogènes et classe des **Trichomycètes**.

Phylum des Ascomycota

Les *Ascomycota* forment le plus grand groupe des champignons. Ils sont reconnus par leurs **asques** qui sont des sortes de sacs microscopiques renfermant des spores appelées **ascospores**. Pendant longtemps, les *Ascomycota* ont été divisés en six classes: les **Hémiascomycètes**, les **Plectomycètes**, les **Pyrénomycètes**, les **Discomycètes**, les **Loculoascomycètes** et les **Laboulbénomycètes**. Cette classification basée sur l'absence ou la présence et la nature de l'appareil sporifère renfermant les asques (appelé **ascocarpe** ou **ascome**) est actuellement abandonnée car l'approche phylogénique a montré que certaines de ces classes sont en réalité des groupes hétérogènes. Dans ce livre, une systématique simplifiée et pratique a été synthétisée à partir de plusieurs références. Elle est basée sur l'utilisation du terme « classe » pour les ensembles homogènes d'espèces et le terme « groupe » pour les ensembles hétérogènes d'espèces. Ainsi, nous proposons les huit classes/groupes suivants: **Saccharomycètes**, **Taphrinomycètes**, **Erysiphomycètes**, **Plectomycètes**, **Pyrénomycètes**, **Discomycètes**, **Loculoascomycètes** et **Laboulbénomycètes**. Seuls ces derniers ne renferment pas des phytopathogènes.

Le thalle des *Ascomycota* est unicellulaire ou filamenteux septé. La reproduction asexuée entraîne la production d'une multitude de types de **conidies** chez les anamorphes (stades asexués). La reproduction sexuée se réalise rarement par isogamétangie et généralement par hétérogamétangie. Dans ce dernier cas, la structure mâle, l'**anthéridie**, déverse son contenu dans la structure femelle, l'**ascogone**, par l'intermédiaire du **trichogyne**. Le retard de la caryogamie par rapport à la plasmogamie dans beaucoup de cas, donne une phase dicaryotique caractérisée par la présence de deux noyaux (mâle et femelle) dans la cellule. L'étape ultime est la production d'**asques** contenant des **ascospores**.

Pour être à la fois pratique et rigoureux en tant que phytopathologue, il est possible de continuer à considérer l'absence ou la présence ainsi que la nature des

ascome, mais tout en mettant en relief l'homogénéité (classe) ou l'hétérogénéité (groupe) de l'ensemble en question. Ainsi, cinq grands ensembles d'*Ascomycota* s'individualisent en fonction de leur appareils sporifères:

- **Asques nus**: *Ascomycota* ne possédant pas d'ascome; les asques se forment directement sur le thalle (classes des **Saccharomycètes** et **Taphrinomycètes**),
- **Cléistothèce**: Asques renfermés dans un ascome complètement clos qui s'ouvre à maturité par déhiscence (classe des **Erysiphomycètes**) ou par éclatement (groupe des **Plectomycètes**),
- **Périthèce**: asques contenus dans un ascome plus ou moins clos qui s'ouvre à maturité par un ostiole (groupe des **Pyrénomycètes**),
- **Apothécie**: asques formés dans un ascome qui s'ouvre à maturité en forme de coupe (groupe des **Discomycètes**),
- **Pseudothèce**: asques produits directement dans des locules, sans paroi, formées dans l'ascome (groupe des **Loculoascomycètes**).

Classe des Erysiphomycètes

La classe des Erysiphomycètes se caractérise par des cléistothèces qui s'ouvrent à maturité par déhiscence.

Ordre des Erysiphales: Cet ordre renferme une famille unique.

Famille des Erysiphacées: La plupart des espèces de cette famille sont des agents de l'oïdium (ou blanc) et appartiennent surtout aux genres *Blumeria*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* et *Uncinula*. Les anamorphes des Erysiphacées sont des **Hyphomycètes** appartenant surtout aux genres *Oidiopsis*, *Oidium* et *Ovulariopsis*. Exemples:

- *Blumeria graminis* (anamorphe: *Oidium monilioides*): agent de l'oïdium des céréales.
- *Erysiphe pisi* (anamorphe: *Oidium* sp.): agent de l'oïdium du pois,
- *Erysiphe polygoni* (anamorphe: *Oidium* sp.): agent de l'oïdium de nombreuses espèces végétales y compris les légumineuses,
- *Leveillula taurica* (anamorphe: *Oidiopsis taurica*): agent de l'oïdium de nombreuses espèces végétales y compris les légumineuses.

Groupe des Pyrénomycètes

L'ascome des Pyrénomycètes est généralement du type périthèce.

Ordre des Diaporthales: Les anamorphes relatifs à cet ordre sont variés.

Famille des Magnaporacées: Les espèces de cette famille sont généralement des parasites de racines et appartiennent aux genres *Gaeumannomyces* et *Magnaporthe*. Exemples:

- *Gaeumannomyces graminis* var. *avenae*: agent du piétin-échaudage de l'avoine,
- *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*: agent du piétin-échaudage des céréales,
- *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*: agent du piétin-échaudage du blé.

Ordre des Hypocréales: Les anamorphes de cet ordre sont majoritairement des **Hyphomycètes**.

Famille des Clavicipitacées: Les plus importantes espèces parasites de plantes dans cette famille appartiennent aux genres *Claviceps* et *Epichloë*. Les anamorphes sont des **Hyphomycètes** tels que *Acremonium* et *Sphacelia*. Exemple:

- *Epichloë typhina* (anamorphe: *Acremonium typhinum*): agent de la quenouille des graminées.

Famille des Hypocréacées: Dans cette famille, les parasites de plantes appartiennent surtout aux genres *Gibberella* et *Nectria*. Leurs anamorphes sont des **Hyphomycètes** appartenant à des genres comme *Cylindrocarpon*, *Fusarium* et *Tubercularia*. Exemples:

- *Gibberella avenacea* (anamorphe: *Fusarium avenaceum*): agent de la fonte des semis des céréales,

- *Gibberella fujikuroi* (anamorphe: *Fusarium moniliforme*): agent de la fusariose des céréales,

- *Gibberella intricans* (anamorphe: *Fusarium equiseti*): parasite des plantules des céréales,

- *Gibberella zeae* (anamorphe: *Fusarium graminearum*): agent de la fusariose des graminées,

- *Nectria haematococca* (anamorphe: *Fusarium solani*): agent de la pourriture racinaire de nombreuses espèces végétales, y compris les céréales et les légumineuses.

Ordre des Phyllachorales: Les anamorphes des Phyllachorales sont souvent des **Coelomycètes**.

Famille des Phyllachoracées: Les espèces parasites des plantes dans cette famille appartiennent surtout aux genres *Glomerella* et *Phyllachora*. Exemple:

- *Phyllachora graminis*: agent des taches noires des graminées.

Groupe des Discomycètes

Les Discomycètes forment des ascomes qui, à maturité, s'ouvrent en forme de coupe.

Ordre des Hélotiales: Les anamorphes de cet ordre sont en général des **Hyphomycètes** ou des **Coelomycètes**.

Famille des Dermatécées: Les espèces de cette famille qui sont parasites de plantes appartiennent surtout aux genres *Diplocarpon*, *Mollisia*, et *Pseudopeziza*. Leurs anamorphes sont variés tels que *Marssonina*, *Pseudocercospora* et *Cylindrosporium*. Exemple:

- *Mollisia yallundae* (anamorphe: *Pseudocercospora herpotrichoides*): agent du piétin-verse des céréales.

Famille des Sclerotiniacées: Les espèces parasites de plantes de cette famille appartiennent aux genres *Botryotinia*, *Gloeotinia*, *Monilinia* et *Sclerotinia*. Les anamorphes sont des **Agonomycètes** ou des **Hyphomycètes** et appartiennent aux genres *Botrytis*, *Endoconidium*, *Monilia* et *Sclerotium*. Exemples:

- *Botryotinia fabae* (anamorphe: *Botrytis fabae*): agent des taches brunes de la fève,
- *Gloeotinia granigena*: parasite de semences des graminées.

Groupe des Loculoascomycètes

Le groupe des Loculoascomycètes forme des ascomes de type pseudothécique.

Ordre des Mycosphaerellales: Les anamorphes de cet ordre sont variés.

Famille des Mycosphaerellacées: Cette famille renferme nombreuses espèces parasites de plantes appartenant surtout au genre *Mycosphaerella*. Leurs anamorphes sont dans les genres *Ascochyta*, *Cercoseptoria*, *Cercospora*, *Cercospora*, *Cladosporium*, *Paracercospora*, *Phoma*, *Pseudocercospora*, *Ramularia*, *Septoria*,...

Exemples:

- *Mycosphaerella graminicola* (anamorphe: *Septoria tritici*): agent de la septoriose foliaire du blé,
- *Mycosphaerella pinodes* (anamorphe: *Ascochyta pinodes*): agent de l'anthracnose (brûlure) du pois.

Ordre des Pléosporales: Dans cet ordre, les anamorphes sont variés.

Famille des Leptosphaeriacees: La famille des Leptophaeriacees renferme des phytopathogènes appartenant majoritairement au genre *Leptosphaeria*. Leurs anamorphes sont des **Coelomycètes** dans les genres *Coniothyrium*, *Phoma*, *Septoria* et *Stagonospora*. Exemples:

- *Leptosphaeria avenaria* (anamorphe: *Septoria avenae*): agent de la septoriose de l'avoine,
- *Phaeosphaeria nodorum* (anamorphe: *Stagonospora nodorum*): agent de la « septoriose » des épis du blé.

Famille des Pléosporacées: Cette famille renferme des phytopathogènes dans les genres *Cochliobolus*, *Didymella*, *Pleospora* et *Pyrenophora*. Leurs anamorphes sont dans les genres *Ascochyta*, *Bipolaris*, *Drechslera*, *Phoma* et *Stemphylium*. Exemples:

- *Cochliobolus sativus* (anamorphe: *Bipolaris sorkiniana*): agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Cochliobolus victoriae* (anamorphe: *Bipolaris victoriae*): agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Didymella fabae* (anamorphe: *Ascochyta fabae*): agent de l'anthracnose de la fève,
- *Didymella rabiei* (anamorphe: *Ascochyta rabiei*): agent de l'anthracnose du pois chiche,
- *Pyrenophora chaetomioides* (anamorphes: *Drechslera avenacea*): agent des taches foliaires (helminthosporiose) de l'avoine,
- *Pyrenophora graminea* (anamorphe: *Drechslera graminea*): agent de la striure foliaire (helminthosporiose) de l'orge,
- *Pyrenophora teres* (anamorphe: *Drechslera teres*): agent de la rayure réticulée (helminthosporiose) de l'orge,
- *Pyrenophora tritici-repentis* (anamorphe: *Drechslera tritici-repentis*): agent des taches jaunes ou bronzées (helminthosporiose) du blé.

Phylum des *Basidiomycota*

Les *Basidiomycota* forment un grand groupe de champignons dont les plus connus sont ceux rencontrés dans les prairies et les forêts et qui sont formés d'un « *pied* » surmonté par un « *chapeau* ». Ils se caractérisent par la présence de **basides** produisant extérieurement des spores appelées **basidiospores**. Les basides peuvent être portées par un appareil sporifère appelé **basidiocarpe** (ou **basidiome**). Les basidiomes n'existent pas chez certains *Basidiomycota* tels que les agents des charbons et des rouilles. Les *Basidiomycota* ont longtemps été divisés en trois classes, selon l'absence ou la présence et la nature du cloisonnement de la baside, la formation ou non de téliosporos et la nature de germination des basidiospores. Ces classes sont les **Holobasidiomycètes**, les **Phragmobasidiomycètes** et les **Téliomycètes**. D'autre part, les *Basidiomycota* ont été divisés en deux grands groupes assez hétérogènes: les **Hyménomycètes** dont les basides se forment dans des couches bien déterminées appelées **Hyménium** et les **Gastéromycètes** dont l'hyménium est absent. Ces classifications ont été abandonnées au profit d'une approche plus pragmatique qui a permis de séparer les *Basidiomycota* en trois classes: les **Basidiomycètes**, les **Urédinomycètes** et les **Ustilaginomycètes**, selon l'absence ou la présence et la nature du basidiome ainsi que le mode et le cycle de vie.

Le thalle des *Basidiomycota* est généralement filamenteux septé. La reproduction asexuée chez les *Basidiomycota* se fait par fragmentation, scission ou bourgeonnement, permettant la production de **conidies**. Cette production de conidies est particulièrement rencontrée chez les parasites de plantes agents des charbons et des rouilles. Dans ce dernier cas, les conidies prennent le nom d'**urédospores**. La reproduction sexuée des *Basidiomycota* culmine par la production des **basides** libérant les **basidiospores**. Elle commence après la germination des basidiospores par la fusion cytoplasmique (plasmogamie) d'une **spermatie** avec une **hyphé réceptive** ou de **deux hyphes**. La caryogamie n'a généralement pas lieu immédiatement rendant le thalle dicaryotique jusqu'à la méiose juste avant la formation des nouvelles basides. Le stade baside est précédé par un stade **téliospore** chez les agents des rouilles et des charbons.

Classe des Basidiomycètes

Les Basidiomycètes (au sens strict) forment une grande classe dont une minorité est phytopathogène.

Ordre des Cératobasidiales: L'ordre des Cératobasidiales contient une seule famille, celle des Cératobasidiacées.

Famille des Cératobasidiacées: La famille des Cératobasidiacées renferme certaines espèces phytopathogènes qui appartiennent aux genres *Ceratobasidium* et *Thanatephorus*. Les anamorphes sont des **Agonomycètes** dans le genre *Rhizoctonia*.

Exemple:

- *Ceratobasidium cerealis* (anamorphe: *Rhizoctonia cerealis*): parasite des céréales.

Classe des Urédinomyètes

Cette classe renferme les agents des rouilles des plantes.

Ordre des Urédinales: L'ordre des Urédinales renferme plusieurs familles.

Famille des Pucciniacées: Cette famille renferme des phytopathogènes appartenant surtout aux genres *Gymnosporangium*, *Hemileia*, *Puccinia* et *Uromyces*.

Exemples:

- *Puccinia coronata*: agent de la rouille couronnée de l'avoine (stades 0 et I sur *Rhannus*),

- *Puccinia graminis*: agent de la rouille noire (ou des tiges) du blé (stades 0 et I sur *Berberis*),

- *Puccinia hordei*: agent de la rouille brune (ou naine ou des feuilles) de l'orge (stades 0 et I sur *Ornithogalum*),

- *Puccinia recondita*: agent de la rouille brune (ou des feuilles) du blé (stades 0 et I sur *Anchusa*),

- *Puccinia striiformis*: agent de la rouille jaune ou striée du blé,

- *Uromyces ciceris-arietini*: agent de la rouille du pois chiche,

- *Uromyces pisi-sativi*: agent de la rouille du pois (stades 0 et I sur *Euphorbia*),

- *Uromyces viciae-fabae*: agent de la rouille de la fève.

Classe des Ustilaginomyètes

C'est la classe qui renferme les agents des maladies charbonneuses.

Ordre des Tillétielles: L'ordre des Tillétielles renferme des espèces qui causent essentiellement un type de charbon appelé carie.

Famille des Tillétiacées: Cette famille contient des phytopathogènes appartenant majoritairement au genre *Tilletia*. Exemples:

- *Tilletia controversa*: agent de la carie naine des céréales,

- *Tilletia indica*: agent de la carie de Karnal sur le blé,

- *Tilletia laevis*: agent de la carie commune du blé,

- *Tilletia tritici*: agent de la carie commune du blé.

Ordre des Urocystales: L'ordre des Urocystales renferme des agents de charbons sur feuilles.

Famille des Urocystacées: La famille des Urocystacées contient des phytopathogènes appartenant essentiellement au genre *Urocystis*. Exemples:

- *Urocystis agropyri*: agent du charbon foliaire des céréales.

Ordre des Ustilaginales: L'ordre des Ustilaginales renferme beaucoup d'espèces responsables des maladies du charbon.

Famille des Ustilaginacées: La famille des Ustilaginacées renferme beaucoup d'espèces phytopathogènes appartenant essentiellement aux genres *Moesziomyces*, *Sporisorium* et *Ustilago*. Exemples:

- *Ustilago hypodytes*: agent du charbon des graminées,
- *Ustilago segetum*: agent du charbon couvert de l'orge et de l'avoine,
- *Ustilago segetum* var. *avenae*: agent du charbon nu de l'avoine,
- *Ustilago segetum* var. *nuda*: agent du charbon nu de l'orge,
- *Ustilago segetum* var. *tritici*: agent du charbon nu du blé.

Champignons Anamorphiques

Le terme **Champignons Anamorphiques** (ou Mitosporés) relativement récent a été attribué aux champignons longtemps appelés Champignons Imparfais, *Fungi Imperfecti*, *Deuteromycotina*, Deutéromycètes ou plus anciennement Adélomycètes. Ce sont les vrai-champignons *Ascomycota* et *Basidiomycota* qui sont au stade asexué (anamorphe). Parmi eux, nombreux ont une reproduction sexuée connue et d'autres non. Les Champignons Anamorphiques, qui sont les anamorphes en majorité d'*Ascomycota* et moins fréquemment de *Basidiomycota*, forment un grand groupe hétérogène de champignons dont la classification utilisée depuis longtemps est artificielle. Ils ont été considérés auparavant comme formant un sous-phylum des *Deuteromycotina* divisé en trois classes: les **Agonomycètes**, les **Coelomycètes** et les **Hyphomycètes**. L'approche phylogénique ayant confirmé l'hétérogénéité de ces champignons, le terme *Deuteromycotina* a été abandonné au profit de l'appellation de Champignons Anamorphiques ou Deutéromycètes. Arbitrairement, les anamorphes des levures (*Ascomycota*) et des agents des charbons et des rouilles (*Basidiomycota*) ne font pas partie des Champignons Anamorphiques. Concernant les classes indiquées plus haut, nous préférons utiliser le terme «groupe» qui est plus général au lieu de «classe» qui caractérise un ensemble homogène.

Le thalle des Champignons Anamorphiques est généralement filamenteux septé. Leur reproduction sexuée a été traitée auparavant dans les chapitres consacrés aux *Ascomycota* et aux *Basidiomycota*. Leur reproduction asexuée est un phénomène très fréquent qui permet au champignon concerné de se reproduire activement et de se disséminer rapidement tant que les conditions de l'environnement restent favorables. Les spores produites par reproduction asexuée sont appelées **conidies**. Elles sont produites directement par le thalle préexistant ou par l'intermédiaire de **cellules conidiogènes** portées ou non par des **conidiophores**. Ces conidiophores avec leurs conidies peuvent être libres ou réunis sur/dans une structure conidifère appelée

conidiome. Dans certains cas, le conidiome, comme un conceptacle, enveloppe les conidiophores à l'intérieur: **pycnide**. Dans d'autres cas, les conidiophores sont groupés à la surface du conidiome: **corémie**, **sporodochie** ou **acervule**.

Groupe des Agonomycètes

Les Agonomycètes se caractérisent par l'absence des conidies. Ils se développent uniquement par **multiplication végétative**.

Sous-groupe des Agonomycétales: Les Agonomycétales renferment des phytopathogènes des genres *Rhizoctonia* et *Sclerotium* qui sont des anamorphes d'*Ascomycota* ou de *Basidiomycota*. Exemple:

- *Rhizoctonia cerealis* (téléomorphe: *Ceratobasidium cerealis*): parasite des céréales.

Groupe des Hyphomycètes

Les Hyphomycètes produisent des conidies sur des conidiophores qui sont **libres** ou groupés en **corémies** ou en **sporodochies**.

Sous-groupe des Hyphomycétales: Les Hyphomycétales, appelées aussi Hyphales ou Moniliales, forment la plus grande partie des Hyphomycètes. Elles sont caractérisées par des conidiophores séparés et non organisés. Nombreuses espèces sont des phytopathogènes. Exemples:

- *Acremonium typhinum* (téléomorphe: *Epichloë typhina*): agent de la quenouille des graminées,
- *Alternaria alternata*: agent de l'alternariose de nombreuses espèces végétales y compris les légumineuses,
- *Bipolaris sorokiniana* (téléomorphe: *Cochliobolus sativus*): agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Bipolaris victoriae* (téléomorphe: *Cochliobolus victoriae*): agent du piétin-helminthosporiose des céréales,
- *Botrytis fabae* (téléomorphe: *Botryotinia fabae*): agent des taches brunes de la fève,
- *Cladosporium herbarum*: parasite de faiblesse des céréales,
- *Drechslera avenacea* (téléomorphe: *Pyrenophora chaetomioides*): agent des taches foliaires (helminthosporiose) de l'avoine,
- *Drechslera graminea* (téléomorphe: *Pyrenophora graminea*): agent de la striure foliaire (helminthosporiose) de l'orge,
- *Drechslera teres* (téléomorphe: *Pyrenophora teres*): agent de la rayure réticulée (helminthosporiose) de l'orge,
- *Drechslera tritici-repentis* (téléomorphe: *Pyrenophora tritici-repentis*): agent des taches jaunes ou bronzées (helminthosporiose) du blé,
- *Oidium monilioides* (téléomorphe: *Blumeria graminis*): agent de l'oïdium des céréales,
- *Pseudocercospora herpotrichoides* (téléomorphe: *Mollisia yallundae*): agent du piétin-verse des céréales,
- *Rhynchosporium secalis*: agent de la rhynchosporiose de l'orge,
- *Verticillium albo-atrum*: agent du flétrissement de nombreuses espèces végétales y compris les légumineuses,

- *Verticillium dahliae*: agent du flétrissement de plusieurs espèces végétales y compris les légumineuses.

Sous-groupes des Tuberculariales: Les Tuberculariales sont caractérisées par des conidiophores organisés en **sporodochies**. Plusieurs d'entre elles sont des espèces phytopathogènes. Exemples:

- *Fusarium avenaceum* (téléomorphe: *Gibberella avenacea*): agent de la fonte des semis des céréales,

- *Fusarium culmorum*: agent de la fusariose de beaucoup d'espèces végétales y compris les céréales et les légumineuses,

- *Fusarium equiseti* (téléomorphe: *Gibberella intricans*): parasite des plantules des céréales,

- *Fusarium graminearum* (téléomorphe: *Gibberella zeae*): agent de la fusariose des graminées,

- *Fusarium moniliforme* (téléomorphe: *Gibberella fujikuroi*): agent de la fusariose des céréales,

- *Fusarium oxysporum*: parasite vasculaire d'un grand nombre d'espèces végétales y compris les légumineuses,

- *Fusarium solani* (téléomorphe: *Nectria haematococca*): agent de la pourriture racinaire de nombreuses espèces végétales y compris les céréales et les légumineuses.

Groupe des Coelomycètes

Les Coelomycètes produisent des conidies sur des conidiophores qui sont groupés dans des **acervules** ou enveloppés à l'intérieur des **pycnides**.

Sous-groupes des Sphaeropsidales: Les Sphaeropsidales, appelées aussi Phomales, sont caractérisées par la production de conidies et conidiophores enveloppés dans des pycnides. Nombreuses espèces sont des phytopathogènes. Exemples:

- *Ascochyta avenae*: agent de l'anthracnose de l'avoine,

- *Ascochyta fabae* (téléomorphe: *Didymella fabae*): agent de l'anthracnose de la fève,

- *Ascochyta hordei*: agent de l'anthracnose de l'orge,

- *Ascochyta pinodes* (téléomorphe: *Mycosphaerella pinodes*): agent de l'anthracnose (ou brûlure) du pois,

- *Ascochyta pisi*: agent de l'anthracnose (ou taches jaunes) du pois,

- *Ascochyta rabiei* (téléomorphe: *Didymella rabiei*): agent de l'anthracnose (ou brûlure) du pois chiche,

- *Ascochyta tritici*: agent de l'anthracnose du blé,

- *Phoma pinodella* (téléomorphe: similaire à *Mycosphaerella*): agent de l'anthracnose (jambe noire) du pois,

- *Septoria avenae* (téléomorphe: *Leptosphaeria avenaria*): agent de la septoriose de l'avoine,

- *Septoria tritici* (téléomorphe: *Mycosphaerella graminicola*): agent de la septoriose foliaire du blé,
- *Stagonospora nodorum* (téléomorphe: *Phaeosphaeria nodorum*): agent de la « septoriose » des épis du blé.

DÉVELOPPEMENT DES MALADIES FONGIQUES

LE TRIANGLE DE LA MALADIE

Pour qu'une maladie d'une plante se développe, trois composantes sont nécessaires: la plante et le pathogène doivent se mettre en contact et interagir, et les conditions de l'environnement doivent être favorables. Par ailleurs, chacune de ces trois composantes peut varier considérablement aboutissant à différents degrés de sévérité de la maladie pour une plante et à l'intérieur d'une population de plantes. La plante peut être plus ou moins résistante, sensible, jeune, âgée,... Le pathogène peut être plus ou moins virulent, actif, dormant,... Les conditions de l'environnement peuvent affecter plus ou moins la croissance, la sensibilité et la résistance de la plante hôte, la croissance, la multiplication, le degré de virulence et la dispersion du pathogène,... L'interaction plante hôte, pathogène et environnement est généralement considérée comme formant un triangle appelé «le triangle de la maladie» dont chaque côté représente l'une des trois composantes. La longueur de chaque côté est proportionnelle à l'implication de sa composante dans la sévérité de la maladie. Si les trois composantes de la maladie peuvent être quantifiées, l'aire de ce triangle représenterait le niveau de la maladie dans une plante ou une population de plantes. Si l'une des trois composantes est égale à zéro, il n'y a pas de maladie.

ÉTAPES DE DÉVELOPPEMENT DES MALADIES

Une série d'événements plus ou moins distincts se réalisent et conduisent au développement de la maladie. Cette chaîne d'événements implique les changements chez la plante et chez le pathogène durant une saison et d'une saison à une autre. Ces événements sont le contact, la pénétration, l'infection, la dissémination et la conservation du pathogène.

Contact

Le contact ou pollution (*inoculation* en anglais) se réalise quand un pathogène se met en contact avec une plante. Les propagules du champignon pathogène (spores, sclérotés, fragments mycéliens,...) qui se déposent sur la plante sont appelées **inoculum**.

Un inoculum en conservation provoque une infection primaire. Le contact réalisé à partir de l'infection primaire provoque les infections secondaires. L'inoculum est généralement présent dans les débris de la plante hôte, dans le sol, dans/sur les semences et autres organes de multiplication,... Il peut aussi survivre sur des mauvaises herbes et sur des plantes hôtes secondaires. Il peut être transporté à partir de plantes ou de champs voisins ou à partir de champs éloignés de centaines de kilomètres. Dans la plupart des cas, les propagules du pathogène sont transportées passivement, principalement par l'air, l'eau et les insectes.

Pénétration

Le fragment mycélien ou la spore en germination pénètrent dans la plante directement, par les ouvertures naturelles ou par les blessures.

La pénétration directe est réalisée chez la plupart des champignons. Elle est parfois réalisée par une hyphe fine produite directement par la spore ou le mycélium ou le plus souvent par une pointe de pénétration formée par une appressorie. L'hyphe fine ou la pointe de pénétration perce la cuticule et la paroi cellulaire des plantes par l'intermédiaire de force mécanique associée à une dégradation enzymatique.

Certains champignons pénètrent dans les plantes par les ouvertures naturelles telles que les stomates, les hydathodes et les lenticelles. D'autres peuvent pénétrer par divers types de blessures qui peuvent être fraîches ou anciennes et consistent en un tissu lacéré ou mort. Ces champignons peuvent croître pendant peu de temps sur de tels tissus avant d'attaquer le tissu sain.

Infection

L'infection commence quand le pathogène s'installe dans les cellules ou tissus sensibles de la plante hôte et se procure des éléments nutritifs. Ainsi, le pathogène croit et/ou se multiplie de façon à envahir la plante plus ou moins rapidement. Quand l'infection réussit, les symptômes, qui sont les changements visibles dus à la maladie, apparaissent. Les symptômes changent continuellement, plus ou moins rapidement, à partir de leur apparition jusqu'à la mort complète de plante. La période entre l'inoculation et l'apparition des symptômes est appelée **incubation**. Pendant l'infection, certains champignons pathogènes, dits **nécotrophes**, tuent les cellules et utilisent ensuite leurs contenus, d'autres, dits **biotrophes**, obtiennent leur nourriture à partir de cellules vivantes, sans les tuer. Nombreuses substances telles que des enzymes et des toxines sont libérées par les pathogènes dans les plantes hôtes. Elles affectent l'intégrité structurale et les processus physiologiques des cellules hôtes. Pour réagir aux pathogènes, les plantes hôtes répondent par divers mécanismes de défense, aboutissant à

différents degrés de protection, de la sensibilité à la résistance. Une variété de plante sensible correspond à un pathogène virulent et une variété de plante résistante correspond à un pathogène avirulent.

Dissémination

Pour certaines espèces fongiques, les spores sont éjectées activement puis transportées par le vent. Pour la plupart des champignons, les spores sont passivement transportées par différents vecteurs.

Beaucoup de champignons sont disséminés par les courants d'air qui les transportent à différentes distances en fonction de la turbulence et la vitesse de l'air. Ainsi, certaines spores peuvent être transportées à quelques centaines ou milliers de mètres alors que d'autres à plusieurs kilomètres ou même des centaines de kilomètres.

L'eau est un important facteur de dissémination des spores et des fragments mycéliens. Ces propagules fongiques présentes dans le sol peuvent être transportées par les eaux de pluie ou d'irrigation qui coulent à la surface du sol. Quand les spores sont sur la surface des plantes, elles peuvent être projetées dans toutes les directions par les éclaboussures des eaux de pluie ou d'irrigation par aspersion. Elles peuvent aussi être ramenées en bas par les gouttes des eaux de pluie ou d'irrigation par aspersion quand elles sont suspendues dans l'air.

De nombreux champignons se trouvent dans/sur les semences et organes de multiplication des plantes qui les disséminent. Les animaux, en particulier les insectes, sont aussi des vecteurs de dissémination des propagules. Ainsi, la plupart des champignons pathogènes adhèrent aux corps des animaux qui se déplacent entre les plantes et d'une plante à une autre. Les champignons sont également disséminés par l'homme avec le contact direct et le matériel qu'il utilise en agriculture.

Conservation

Pour surmonter la saison défavorable (hiver ou été) quand les plantes hôtes sont absentes, les pathogènes se conservent principalement sous forme de spores, mais aussi sous forme de fragments mycéliens et de sclérotés. Ils se conservent dans le sol, dans les débris des plantes infectées, dans les semences,... Les spores de dissémination (telles que les conidies) se conservent quelques semaines ou mois tandis que les spores de conservation (oospores, chlamydospores, téliospores,...) peuvent se conserver plusieurs années. Les spores de dissémination sont produites activement par les

champignons durant la saison favorable pour propager la maladie tandis que les spores de conservation sont produites par les champignons pour surmonter la saison défavorable.

LUTTE CONTRE LES MALADIES FONGIQUES

Le développement des méthodes de lutte contre les maladies fongiques accroît la quantité et améliore la qualité de la production des plantes. Les méthodes de lutte varient considérablement d'une maladie à une autre en fonction du pathogène, de la plante hôte, de leur interaction et des conditions de l'environnement. En plus de la quarantaine, ces méthodes peuvent être culturales, biologiques, génétiques, physiques et chimiques. L'intégration de toutes ces méthodes aboutit à la lutte intégrée.

QUARANTAINE

Aucune maladie ne se développe si les plantes et les pathogènes sont gardés loin les uns des autres. Pour éviter l'importation et la propagation des phytopathogènes dans les pays où ils n'existent pas, des lois ont été mises pour réglementer les conditions d'échange dans lesquelles les plantes peuvent être cultivées et transportées entre les pays. Cette réglementation de contrôle est appliquée par l'intermédiaire des services de quarantaine. Ainsi, pour garder à l'extérieur des phytopathogènes étrangers et protéger le pays, il est nécessaire d'interdire l'entrée des plantes, produits de plantes et sol à conditions qu'ils soient certifiés indemnes de maladies. Les objets suspects peuvent être gardés en quarantaine pour observation et analyse.

MÉTHODES DE LUTTE CULTURALE

Les méthodes culturales de lutte contre les maladies concernent toutes les actions culturales qui peuvent créer des conditions défavorables aux pathogènes et favorables aux plantes. Parmi ces actions, la destruction (ramasser ou brûler) des repousses et des hôtes alternatifs qui peuvent former des réservoirs de pathogènes durant la saison où la culture est absente, est une action importante qui réduit le niveau d'inoculum. L'interruption du cycle biologique de certains pathogènes est possible par la destruction de leurs hôtes secondaires comme dans le cas des rouilles.

Les pathogènes transmis par le sol et les débris des plantes hôtes dans le sol peuvent être réduits lorsqu'on cultive des espèces végétales avec une rotation de trois à quatre ans. Une lutte efficace par l'intermédiaire d'une rotation des cultures est donc possible, en particulier contre les pathogènes spécifiques à certains types de plantes hôtes.

Quelques autres opérations culturales sont aussi utilisées pour réduire le niveau d'inoculum. Ainsi, le labour profond retournant les débris d'hôtes infectés après la récolte permet d'enterrer l'inoculum dans le sol et le détruire. D'autre part, en labourant pendant l'été, la haute température du sol due à la chaleur du soleil, inactive beaucoup de champignons transmis par le sol et par conséquent diminue le niveau d'inoculum.

D'autres méthodes permettent aux plantes d'éviter les pathogènes. De telles activités incluent l'utilisation des semences indemnes de pathogènes, le choix des dates et sites de plantation adéquats, l'application d'une fertilisation équilibrée, la plantation de brise-vent, l'utilisation de sols bien drainés, l'application de programmes appropriés de lutte contre les insectes et les mauvaises herbes,... Avec la désinfection des sacs, containers, parois des lieux de stockage et autres outils, les niveaux d'inoculum et les infections qui en résultent peuvent aussi être réduits considérablement. Par exemple, un champ soupçonné d'être infesté, doit être labouré, traité et récolté après les champs non infestés; ceci évite la propagation de l'inoculum par l'intermédiaire du matériel lourd utilisé.

MÉTHODES DE LUTTE BIOLOGIQUE

Les pathogènes peuvent être biologiquement contrôlés par l'utilisation d'autres micro-organismes antagonistes qui se trouvent normalement dans la nature. Ces micro-organismes peuvent détruire totalement ou partiellement des populations de pathogènes. Le mode d'action peut être par parasitisme direct, par concurrence pour la nourriture ou par effet toxique. Pour accroître l'efficacité des micro-organismes antagonistes, l'homme essaie d'introduire de nouvelles populations de ces micro-organismes dans le milieu et/ou apporte des amendements au sol qui stimulent le développement des antagonistes existants.

MÉTHODES DE LUTTE GENETIQUE

Pour induire ou améliorer la résistance dans les plantes hôtes à plusieurs pathogènes, la résistance génétique a été introduite et augmentée à travers le croisement des variétés résistantes. En plus de la génétique conventionnelle en usage depuis longtemps, la technologie du génie génétique a commencé à être de plus en plus utilisée. Cette technologie rend possible l'isolement des gènes de résistance individuels à partir d'espèces de plantes résistantes et le transfert de ces gènes dans d'autres espèces de plantes sensibles dans lesquelles ils induisent la résistance.

L'utilisation des variétés résistantes est l'un des moyens les plus efficaces dans la lutte contre les maladies des plantes. C'est aussi un moyen facile, sûr et relativement peu cher. La culture de variétés résistantes élimine les pertes dues aux maladies et permet d'éviter les autres méthodes de lutte qui sont généralement chères et polluantes. Il est toujours préférable d'utiliser les variétés qui ont à la fois une résistance verticale et horizontale. Un à quelques (2 à 3) gènes majeurs contrôlent la résistance verticale (qui est facile à briser par de nouvelles races physiologiques de pathogènes) tandis que plusieurs gènes mineurs contrôlent la résistance horizontale. Ainsi, au fur et à mesure que de nouvelles races physiologiques de pathogènes se développent et se disséminent, les résistances des vieilles variétés se brisent. Ces variétés, particulièrement celles avec résistance verticale, doivent être remplacées périodiquement, par exemple tous les dix

ans environ. Pour cela, il est attendu que la technologie du génie génétique aide la génétique conventionnelle en permettant le transfert rapide des gènes de résistance dans les variétés sensibles et en réduisant, par conséquent, le temps nécessaire au développement des variétés résistantes par comparaison à la génétique conventionnelle seule.

MÉTHODES DE LUTTE PHYSIQUE

Plusieurs agents physiques peuvent être utilisés pour lutter contre les maladies des plantes. Ces agents sont la température (haute ou basse), l'air sec, la lumière à longueurs d'onde défavorables, la radiation...

Dans le cas des céréales, pour lutter contre le charbon nu, les semences sont trempées dans l'eau chaude à 52 °C pendant 11 min.

MÉTHODES DE LUTTE CHIMIQUE

Méthodes d'application

Les fongicides appliqués en pulvérisation ou en saupoudrage sur les plantes sont utilisés pour lutter contre les maladies fongiques. Nombreux fongicides doivent être présents sur la surface des plantes avant le pathogène dans le but d'assurer une protection contre les infections (lutte préventive). Ces fongicides généralement de contact sont qualifiés de protecteurs. Ils inhibent la germination des spores et tuent les spores en germination. D'autres fongicides relativement plus récents sont éradiquants. Ils sont partiellement ou totalement systémiques. Ceci signifie qu'il sont absorbés par les plantes et transportés intérieurement dans tous les espaces, surtout foliaires, et ils agissent directement sur les pathogènes envahissant les tissus des plantes (lutte curative). Actuellement, à cause de leur efficacité, longue durée d'activité et nombre réduit de traitements, les fongicides systémiques sont progressivement en train de remplacer beaucoup de fongicides de contact. Leur inconvénient reste cependant la possibilité de développer des souches fongiques résistantes. Les fongicides sont également utilisés en traitement des semences et en traitement du sol.

Mécanismes d'action

La majorité des fongicides utilisés sont directement toxiques aux pathogènes en tant que protecteurs au point d'entrée des pathogènes ou comme produits systémiques éradiquants transportés dans les plantes. Ils agissent contre les pathogènes en dissolvant ou détruisant les membranes cellulaires, en inhibant la synthèse de certaines substances des parois cellulaires, en complexant ou inactivant certaines coenzymes essentielles,... Par exemple, le soufre interfère avec le transport des électrons

le long du système cytochromique et prive ainsi la cellule d'énergie. Les dithiocarbamates et éthazol inactivent les groupes -SH des protéines et des enzymes. Les composés aromatiques chlorés et ceux hétérocycliques tels que pentachloronitrobenzène, chlorothalonil, chloronèbe, captane et vinchlozoline réagissent avec les groupes d'enzymes -NH₂ et -SH. Les oxanthiines inhibent la déshydrogénase succinique essentielle dans la respiration mitochondrienne. Les benzimidazoles interfèrent avec la division nucléaire. Kitazine et édifenphos inhibent la synthèse de la chitine. Bitertanol, fénapanil, imazalil, prochloraze, triadiméfon, triadiménol, triforine et étaconazole sont des inhibiteurs de stérol car ils inhibent la biosynthèse de l'ergostérol qui joue un rôle crucial dans la structure et la fonction des membranes cellulaires fongiques.

Résistance aux fongicides

Pendant longtemps avec l'utilisation de fongicides protecteurs tels que thirame, manèbe ou captane, il n'a pas été observé de souches fongiques résistantes, vraisemblablement parce que ces fongicides affecteraient plusieurs processus vitaux dans le pathogène et que trop de changements de gènes serait nécessaire pour produire une souche résistante. Par contre, à partir des années 1960, des souches fongiques résistantes contre des fongicides commençaient à être observées. L'apparition de telles souches résistantes, comme chez *Fusarium*, *Mycosphaerella*, *Tilletia*, *Ustilago* et autres, est due à l'introduction et l'extension de l'utilisation des fongicides systémiques qui sont généralement des produits uni- ou oligo-sites. Ainsi, ils affectent seulement une ou très peu d'étapes du métabolisme contrôlé génétiquement par le pathogène, et comme résultat, une souche résistante peut apparaître rapidement par une simple mutation ou par sélection d'individus résistants dans la population fongique. Cette résistance peut se développer chez le pathogène par réduction de la perméabilité des membranes cellulaires au produit, par la détoxification du produit, par la diminution de la conversion en composé réellement toxique, par la limitation de l'affinité au site actif dans la cellule, par le contournement d'une réaction bloquée ou par la compensation de l'effet d'inhibition en produisant plus du produit inhibé.

Pour échapper à l'apparition de souches fongiques résistantes, il est recommandé d'utiliser des mélanges spécifiques de fongicides systémiques et de fongicides de contact à large spectre, d'alterner la pulvérisation de fongicides systémiques et de fongicides de contact ou de pulvériser durant une moitié de la saison avec des fongicides systémiques et durant l'autre avec des fongicides de contact. Ainsi, le fongicide systémique apporte une bonne protection contre la maladie tandis que le fongicide de contact réduit la probabilité de survie de toute souche du pathogène qui peut développer une résistance au produit systémique.

LUTTE INTÉGRÉE

La lutte intégrée contre les maladies fongiques des plantes est basée sur l'utilisation de tous les types possibles de méthodes de lutte. Ceci est réalisé par l'élimination ou réduction de l'inoculum initial et son efficacité, par l'accroissement de la résistance de l'hôte, par le retardement de l'installation de la maladie et par le ralentissement des cycles secondaires du pathogène.

Dans le cas des grandes cultures, comme pour beaucoup d'autres types de cultures, il est nécessaire de commencer avec des semences saines ou, au moins, des semences traitées. Les champs, dans la mesure du possible, doivent être indemnes de champignons de sol, par exemple en labourant profondément le sol pendant l'été. La destruction des repousses, des plantes hôtes secondaires et spontanées contribue à la réduction de l'inoculum fongique et l'interruption du cycle biologique du champignon. La rotation des cultures doit être appliquée avec des cultures autres que les grandes cultures et le sol doit être bien drainé. La fertilisation doit être bien équilibrée. Lorsque des variétés résistantes ne sont pas disponibles, il est indispensable de traiter les cultures pendant la végétation par les fongicides appropriés, particulièrement quand le climat est favorable aux maladies. Après la récolte, les lieux de stockage et les outils utilisés doivent être nettoyés et désinfectés.

Maladies Fongiques des Céréales

Maladies des Racines et du Pied

PIÉTIN-ÉCHAUDAGE DES CÉRÉALES

Le champignon: *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*

G. graminis var. *tritici* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Pyrénomycètes (champignons dont les ascques sont enveloppés dans des périthèces). Observée à l'étranger, cette espèce se caractérise par des ascospores filamenteuses, souvent légèrement courbées et à extrémités arrondies. Ces ascospores sont pluricellulaires, renfermant 3 à 5 cloisons ou parfois plus. Leurs dimensions sont 80-110 x 2,5-3 µm. Le stade anamorphique qui ne porte pas de nom particulier et se caractérise par des hyphopodes qui sont simples, ovales à cylindriques longues quand elles sont terminales et assez sphériques quand elles sont intercalaires (Figure 2). Sur la plante hôte, le champignon développe des hyphes envahissantes brun foncé qui se ramifient en hyphes plus claires au niveau desquelles se forment les hyphopodes. Sur milieu de culture, l'anamorphe produit souvent des conidies unicellulaires, légèrement à fortement courbées, parfois semi-circulaires et de dimensions 4-7 x 1-1,5 µm (Walker*, 1973).

Symptomatologie

Observée sur blé, cette maladie se caractérise par une pourriture sèche au niveau des racines et de la base des tiges qui prennent une couleur brun foncé à noire. Les racines fortement infectées sont en majorité détruites (Photo 1). Au stade épisaison, les épis des plantes infectées mûrissent prématurément et deviennent blancs donnant un aspect de foyers blancs dispersés dans la culture au champ. Ces épis sont stériles ou produisent des grains échaudés de faible pouvoir germinatif.

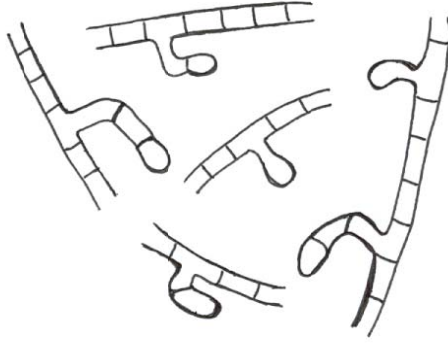
Biologie

Le champignon se conserve dans les chaumes infectés sous forme de mycélium et de périthèces. Les ascospores libérées à partir de ces périthèces ainsi que le mycélium actif sont à l'origine de l'infection primaire. Les infections secondaires pendant la végétation de la céréale sont assurées par les hyphes envahissantes qui se développent au niveau des racines d'une plante à une autre. Les ascospores produites pendant la végétation et disséminées par la pluie et le vent peuvent aussi jouer un rôle dans la réalisation des infections secondaires. Un temps humide et des températures entre 10 et 20 °C sont favorables à cette maladie. Du fait que l'infection se réalise dès les jeunes stades de la plante, il est recommandé de traiter les semences avec des fongicides systémiques pour empêcher l'attaque par le champignon à partir du sol malgré qu'il ne soit pas transmis par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides systémiques à base de fluquinconazole, prochloraze, silthiofam.

* Walker J., 1973 - *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, N° 383.



شكل 2: تمثيل شكلي للقوائم الهيفية للفطر *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*

Figure 2: Représentation schématique des hyphopodes de *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*

Figure 2: Schematic representation of hyphopodia of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*

صورة 1: مرض الساق الرنوعي أو التعفن الكلي للقمح

Photo 1: Piétin-échaudage du blé

Photo 1: Wheat take-all

PIÉTIN-VERSE DES CÉRÉALES

Le champignon: *Mollesia yallundae*

(Anamorphe: *Pseudocercospora herpotrichoides*)

L'anamorphe *P. herpotrichoides* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Observées à l'étranger, les conidies de *P. herpotrichoides* sont pluricellulaires, filiformes avec un côté plus large que l'autre, droites ou très légèrement courbées, lisses, avec 3 à 7 cloisons, non étranglées (Figure 3). Leurs dimensions sont 26,5-47 x 1-2 µm (Booth* & Waller, 1973).

Le téléomorphe *M. yallundae* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Discomycètes (champignons dont les asques sont portés par des apothécies).

Symptomatologie

Observée sur blé, cette maladie se caractérise par l'apparition, sur la gaine, de taches elliptiques souvent diffuses avec la formation sur la face interne de cette gaine de points noirs correspondant aux stromes du champignon. C'est avec la formation de ces stromes qu'on différencie l'attaque de *P. herpotrichoides* de celle de *Fusarium* spp. L'infection continue à évoluer jusqu'à atteindre la tige au niveau du premier entrenoeud et provoque une tache elliptique avec une bordure floue de couleur brune (Photo 2). Les lésions provoquées par cette maladie peuvent entraîner en fin de végétation la verse. Cette verse parasitaire est différenciée de la verse physiologique par son orientation quelconque et son apparition sous forme de foyers au niveau du champ. Par contre, la verse physiologique est généralement homogène dans le champ et est orientée le plus souvent dans une seule direction correspondant à celle du vent responsable.

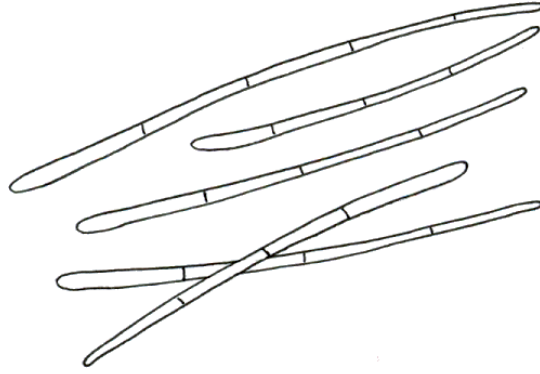
Biologie

Le champignon qui se conserve dans les chaumes infectés sous forme de mycélium, attaque la céréale dès le stade levée (infection primaire) directement avec le mycélium actif ou par les conidies qu'il produit sur ces chaumes. Les infections secondaires sont assurées par les conidies formées par le champignon sur la céréale en cours de végétation et disséminées par le vent et la pluie. La production des conidies est maximale lorsque la température est aux environs de 10 °C. Un temps frais et humide est favorable à l'extension de la maladie. Au delà de 25 °C, l'infection ne semble plus se développer.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de cyprodinil, fluquinconazole, flusilazole, flutriafol, prochloraze, propiconazole, tébuconazole, tétraconazole.

* Booth C. & Waller J. M., 1973 - *Pseudocercospora herpotrichoides*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, N° 386.



شكل 3: تمثيل شكلي لأبواغ الفطر *Pseudocercospora herpotrichoides*

Figure 3: Représentation schématique des conidies de *Pseudocercospora herpotrichoides*
Figure 3: Schematic representation of conidia of *Pseudocercospora herpotrichoides*

صورة 2: مرض الساق الرقادي للقمح

Photo 2: Piétin-verse du blé

Photo 2: Wheat eyespot

FUSARIOSES DES CÉRÉALES

Les champignons: *Fusarium* spp.

Les anamorphes sont des espèces du genre *Fusarium* qui appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies produites sur des sporodochies). Les conidies des espèces de *Fusarium* sont généralement pluricellulaires et arquées en forme de croissant (Photo 3). La taille, la forme et le nombre de cellules varient avec l'espèce dont la plus récemment décrite en Tunisie est *Fusarium pseudograminearum* (Gargouri* *et al.*, 2006).

Lorsque les téléomorphes existent, ils sont des espèces du genre *Gibberella* ou *Nectria* et appartiennent au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Pyrénomycètes (champignons dont les asques sont enveloppés dans des périthèces).

Symptomatologie

Observée sur blé et orge, cette maladie peut être à l'origine d'une fonte de semis où les plantules se nécrosent et meurent juste après la germination des semences ou à la levée. Elle peut aussi entraîner des attaques de type piétin caractérisées par des infections au niveau du collet et de la base des tiges associée à des pourritures racinaires (Photo 4). Selon les espèces de *Fusarium* et des conditions de l'attaque, les racines, le collet et la base des tiges peuvent brunir et parfois pourrir et former à l'intérieur et au niveau du premier entre-noeud un duvet blanchâtre, blanc grisâtre ou blanc rosâtre formé par le mycélium et les sporodochies. Egalement, selon les espèces de *Fusarium*, l'infection peut concerner ou non une partie ou la totalité de l'épi qui blanchit et se dessèche prématurément en formant des grains échaudés (Photo 4). Le champignon infecte alors les grains et peut y produire des poisons appelés mycotoxines capables de causer des problèmes graves au niveau de la santé humaine et animale. Lorsque l'attaque est précoce, les épis formés sont stériles.

Biologie

Certaines espèces du genre *Fusarium* sont transmises par les semences et toutes les espèces de ce genre sont des champignons du sol capables de s'y conserver sous forme de mycélium et de périthèces dans les débris infectés et sous forme de chlamydo-spores. L'infection commence à partir du sol ou des chaumes infectés et concerne les racines et/ou le collet et peut, par la suite, remonter jusqu'aux tiges. Sur les plantes infectées, le champignon forme son mycélium et libère ses conidies qui seront, pour certaines espèces, transportées par le vent et la pluie jusqu'aux épis dont l'infection peut avoir lieu dès l'épiaison. Il est également probable que le champignon se développe systématiquement à partir du pied de la plante jusqu'à atteindre l'épi intérieurement, mais cette voie d'infection des épis semble être rare. Les épis attaqués donnent des semences infectées capables de transmettre la maladie aux jeunes plantules. Les conditions optimales pour le développement des fusarioses dépendent des espèces de *Fusarium*, mais souvent les humidités faibles et les températures autour de 20 °C sont des conditions favorables pour ces maladies.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de difénoconazole, fludioxonil, mancozèbe, prochloraze, thiabendazole, thirame, triticonazole.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, époxiconazole, fluquinconazole, metconazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

* Gargouri S., Hamza S., & Hajlaoui M.R., 2006 - AFLP analysis of the genetic variability and population structure of the wheat foot rot fungus *Fusarium pseudograminearum* in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection, 1 (2) (*in press*).

صورة 3: الأبواغ الكونيدية للفطر *Fusarium culmorum*
Photo 3: Conidies de *Fusarium culmorum*
Photo 3: Conidia of *Fusarium culmorum*

صورة 4: أمراض فوزارية على القمح
Photo 4: Fusarioses sur blé
Photo 4: *Fusarium* diseases on wheat

PIÉTIN-HELMINTHOSPORIOSE DES CÉRÉALES

Le champignon: *Cochliobolus sativus*

(Anamorphe: *Drechslera sorokiniana*)

L'anamorphe *D. sorokiniana* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Observées à l'étranger, les conidies de l'anamorphe sont pluricellulaires, droites à courbées, fusiformes à largement ellipsoïdes avec 3 à 12 pseudocloisons (Figure 4). Leurs dimensions sont 40-120 x 17-28 µm (Sivanesan* & Holliday, 1981).

Le téléomorphe *C. sativus* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les ascus sont enveloppés dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Cette maladie, qui a été observée sur orge, est une maladie du pied dont les symptômes deviennent plus visibles après l'épiaison. L'infection commence au stade plantule et provoque des lésions brun foncé sur les racines, le collet et les feuilles de base. Les attaques précoces des racines et du collet tuent généralement la plante. L'infection peut toucher le premier entre-noeud et provoquer une réduction de la circulation de la sève. Extérieurement, l'entre-noeud devient gris noirâtre à cause de la sporulation dense du champignon. Plus tard, apparaissent sur les feuilles des taches allongées à ovales de couleur brun foncé (Photo 5). Des lésions peuvent se former et prendre un aspect gris.

Biologie

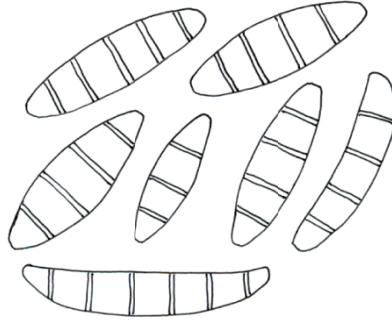
Ce champignon se transmet par les semences et se conserve dans le sol et les chaumes infectés sous forme de mycélium, de conidies et rarement de pseudothèces ce qui assure l'infection primaire. En cours de végétation de la céréale, les infections secondaires sont dues aux conidies produites par le champignon et disséminées par le vent et la pluie. Des humidités élevées et des températures supérieures à 20 °C (optimum 28 °C) sont favorables à cette infection.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de fludioxonil, mancozèbe, manèbe, prochloraze, thiabendazole, thirame, triticonazole.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, époxiconazole, flusilazole, prochloraze, pyraclostrobine, tébuconazole.

* Sivanesan A. & Holliday P., 1981 - *Cochliobolus sativus*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, N° 701.



شكل 4: تمثيل شكلي لأبواغ الفطر *Cochliobolus sativus*
Figure 4: Représentation schématique des conidies de *Cochliobolus sativus*
Figure 4: Schematic representation of conidia of *Cochliobolus sativus*

صورة 5: مرض الساق الهلثوسبوروي للشعير (الأعراض الورقية)
Photo 5: Piétin-helminthosporiose de l'orge (symptômes foliaires)
Photo 5: Barley spot blotch (foliar symptoms)

Maladies de la Tige et des Feuilles

MALADIE DES TACHES BRONZÉES (OU JAUNES) OU HELMINTHOSPORIOSE DU BLÉ

Le champignon: *Pyrenophora tritici-repentis*

(Anamorphe: *Drechslera tritici-repentis*)

L'anamorphe *D. tritici-repentis* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies sont pluricellulaires, allongées, droites ou légèrement courbées, arrondies à l'extrémité apicale et pointues à l'extrémité basale. La paroi est épaisse et les cellules sont séparées par 1 à 10 pseudocloisons au niveau desquelles apparaissent des constriction lorsque la conidie vieillit. Leurs dimensions sont 100-240 x 10-16 µm (Photo 6).

Le téléomorphe *P. tritici-repentis* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur blé, cette maladie se caractérise par l'apparition sur les feuilles de petites taches allongées qui sont d'abord brun jaunâtre puis de plus en plus bronzées en s'entourant d'une marge jaune clair. Ces taches évoluent ensuite en lésions qui deviennent coalescentes. Les feuilles prennent alors un aspect jaunâtre, se nécrosent progressivement du haut vers le bas et meurent (Photo 7).

Biologie

Le champignon se conserve dans les semences sous forme de mycélium et dans les débris infectés sous forme de mycélium et de pseudothèces. Ainsi, l'infection primaire peut avoir lieu à partir des semences infectées ou le plus souvent à partir des chaumes infectés au niveau desquels le champignon produit des conidies à partir du mycélium actif et/ou libère des ascospores à partir des pseudothèces. Les infections secondaires sont assurées par les conidies produites par le champignon sur les plantes infectées et disséminées par le vent et la pluie. L'infection est favorisée par températures entre 18 et 28 °C et des humidités élevées. La transmission du pathogène par les semences semble être insignifiante.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, époxiconazole, flusilazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 6: الأبواغ الكونيدية للفطر *Drechslera tritici-repentis*
Photo 6: Conidies de *Drechslera tritici-repentis*
Photo 6: Conidia of *Drechslera tritici-repentis*

صورة 7: التبقع البرنزي (أو الأصفر أو الهلمنتوسبوري) لأوراق القمح
Photo 7: Maladie des taches bronzées (ou jaunes) ou helminthosporiose du blé
Photo 7: Tan (or yellow leaf) spot of wheat

RAYURE RÉTICULÉE OU TACHES EN RÉSEAU OU HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE

Le champignon: *Pyrenophora teres*

(Anamorphe: *Drechslera teres*)

L'anamorphe *D. teres* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies de *D. teres* sont cylindriques, droites, à extrémités arrondies et à paroi lisse. Elles sont pluricellulaires et les cellules sont séparées par 1 à 9 pseudocloisons (souvent 4 à 6) généralement accompagnées par des constriction. Les dimensions sont 50-140 x 15-25 µm (Photo 8).

Le téléomorphe *P. teres* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les ascus sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur orge, cette maladie se caractérise par des taches brunes sur les feuilles qui peuvent être ponctiformes, irrégulières ou allongées tout en restant limitées latéralement par les nervures foliaires. Ces taches peuvent aussi être rectangulaires plus ou moins longues ou devenir coalescentes et former alors un réseau de lignes qu'on peut observer à travers la lumière (Photo 9).

Biologie

Le champignon se conserve dans les chaumes infectés et peut se transmettre par les semences. L'infection primaire est causée par les conidies produites par le mycélium actif et/ou les ascospores libérées par les pseudothèces. Elle peut commencer dès le stade plantule de l'hôte. Les infections secondaires sont assurées par les conidies produites par les champignons pendant la végétation de l'orge et disséminées par le vent et la pluie. Cette infection est favorisée par des humidités élevées et des températures entre 15 et 25 °C (optimum 20 °C). L'attaque concerne principalement les feuilles bien que le mycélium du champignon peut atteindre les épis.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de fludioxonil, mancozèbe, manèbe, prochloraze, thiabendazole, triticonazole.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyprodinil, époxiconazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 8: الأبواغ الكونيدية للفطر *Drechslera teres*
Photo 8: Conidies de *Drechslera teres*
Photo 8: Conidia of *Drechslera teres*

صورة 9: التبقع الشبكي للشعير
Photo 9: Rayure réticulée (ou taches en réseau ou helminthosporiose) de l'orge
Photo 9: Barley net blotch

STRIURE FOLIAIRE OU HELMINTHOSPORIOSE DE L'ORGE

Le champignon: *Pyrenophora graminea*

(Anamorphe: *Drechslera graminea*)

L'anamorphe *D. graminea* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies de *D. graminea* sont droites ou rarement peu arquées, cylindriques avec un côté parfois légèrement plus large que l'autre. Elles sont pluricellulaires, à paroi lisse et extrémité arrondie et les cellules sont séparées par 1 à 7 pseudocloisons (souvent 4 à 5). Leurs dimensions sont 40-86 x 12-20 µm (Photo 10).

Le téléomorphe *P. graminea* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur orge, cette maladie se manifeste par la formation sur les feuilles de longues stries allongées, isolées ou groupées, parallèles aux nervures foliaires. Ces stries sont d'abord jaunes puis tournent petit à petit au brun tandis que la feuille se déchire dans le sens de la longueur (Photo 11). Lorsque l'attaque est grave, les plantes restent rabougries et les épis n'émergent presque pas des gaines, mais lorsqu'ils émergent, ils donnent des grains bruns le plus souvent stériles.

Biologie

Au niveau des feuilles infectées de l'orge, le champignon forme extérieurement, pendant la saison de végétation, ses conidies qui sont transportées par le vent jusqu'aux inflorescences saines des autres plantes. Ces conidies germent et contaminent les grains qui gardent une apparence normale. En dehors des grains, le champignon n'infecte généralement pas les autres organes des plantes pendant la végétation. Ainsi, le nombre de plantes infectées dès le départ dans une culture ne varie pas durant une campagne agricole. Lorsque les grains contaminés sont utilisés comme semences, le champignon reprend son activité et infecte l'orge dès les jeunes stades. Il envahit alors systématiquement la plantule puis la plante en croissance en s'attaquant principalement aux feuilles. Ainsi, la transmission de cette maladie exclusivement par les semences fait que la lutte chimique se limite au traitement des semences. En plus, la transmission du parasite à l'intérieur même de la semence nécessite l'utilisation de fongicides obligatoirement systémiques. Le temps frais (températures voisines de 12 °C) et humide est favorable au développement de la maladie.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides systémiques à base de fludioxonil, prochloraze, tébuconazole, thiabendazole, triticonazole.

صورة 10: الأبواغ الكونيدية للفطر *Drechslera graminea*
Photo 10: Conidies de *Drechslera graminea*
Photo 10: Conidia of *Drechslera graminea*

صورة 11: تخطط الشعير
Photo 11: Striure foliaire (ou helminthosporiose) de l'orge
Photo 11: Barley stripe

RHYNCHOSPORIOSE DE L'ORGE

Le champignon: *Rhynchosporium secalis*

R. secalis appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies sont bicellulaires, allongées, à extrémités pointues droites pour l'une des cellules et pointues droites ou souvent courbées pour l'autre. Les deux cellules sont généralement de tailles inégales. Les dimensions sont 8-18 x 2-4 µm (Photo 12).

Symptomatologie

Observée sur orge, cette maladie se caractérise par des lésions généralement losangiques plus ou moins allongées sur les limbes ou au niveau de l'insertion du limbe avec la gaine. Ces lésions sont d'abord vert pâle imbibées d'eau à l'intérieur, mais elles ne tardent pas à se dessécher et devenir blanchâtres entourées d'une marge brun foncé très nette. Elles deviennent par la suite confluentes et envahissent tout le limbe (Photo 13).

Biologie

Cette infection apparaît tôt, au milieu de l'hiver, car elle est favorisée par un temps frais (températures voisines de 15 °C) et humide. L'infection primaire est déclenchée à partir des semences contaminées par le mycélium fongique et à partir des chaumes infectés sur lesquels le champignon produit des conidies au niveau du mycélium actif. Les infections secondaires sont assurées par les conidies produites sur l'orge en végétation et disséminées par la pluie et le vent.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de manèbe, prochloraze, thiabendazole.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyprodinil, époxiconazole, flusilazole, metconazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyracllostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 12: الأبواغ الكونيدية للفطر *Rhynchosporium secalis*
Photo 12: Conidies de *Rhynchosporium secalis*
Photo 12: Conidia of *Rhynchosporium secalis*

صورة 13: لسعة أو سفحة الشعير
Photo 13: Rhynchosporiose de l'orge
Photo 13: Barley scald

OIDIUM DES CÉRÉALES

Le champignon: *Blumeria graminis*

(Anamorphe: *Oidium monilioides*)

L'anamorphe *O. monilioides* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies d'*O. monilioides* sont monocellulaires, généralement ellipsoïdes, allongées ou légèrement gonflées. Avant maturité, elles sont disposées en longues chaînes. Leurs dimensions sont 22-35 x 10-14 µm (Photo 14).

Le téléomorphe *B. graminis* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et à la classe des Erysiphomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des cléistothèces qui mûrissent par déhiscence). *B. graminis* forme des cléistothèces qui apparaissent au microscope photonique globuleux, fermés, de couleur brun foncé à noire et ayant de longs fulcres. En écrasant un cléistothèce, on peut observer des asques (Photo 14).

Symptomatologie

Observée sur blé, orge et avoine, cette maladie commence à apparaître en hiver sous forme de petites pustules blanches dispersées à la surface des feuilles. Elles sont formées par le mycélium et les chaînes conidifères de l'anamorphe qui est un ectoparasite. Au fur et à mesure que la plante hôte se développe, ces pustules s'étendent, deviennent confluentes et leur couleur tourne du blanc au blanc-jaunâtre puis au blanc-grisâtre. Une ponctuation noire commence alors à apparaître; elle correspond aux cléistothèces formés par le téléomorphe (Photo 15).

Biologie

L'infection primaire est assurée par les ascospores et les fragments mycéliens du champignon qui se trouvent uniquement sur les chaumes infectés car les semences ne transmettent pas la maladie. Les infections secondaires sont provoquées par les conidies libérées par le champignon à partir des plantes infectées pendant la végétation. C'est une maladie qui se développe beaucoup lorsque l'humidité est moyenne et non en présence d'eau à l'état liquide car les conidies ne germent pas dedans. C'est ainsi que les hivers et printemps très pluvieux sont défavorables à cette maladie. Les températures favorables sont comprises entre 15 et 20 °C et ceci explique l'apparition de cette maladie tôt en hiver. Par temps sec, les conidies sont facilement emportées par le vent qui est le meilleur vecteur d'extension de l'oïdium.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, flusilazole, metconazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyraclostroline, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 14: الأبواغ الكونيدية للطور اللاجنسي *Oidium monilioides* (1) والثمار الأسكية الكروية (مكبرة 10x20) والأكياس الأسكية للطور الجنسي *Blumeria graminis* (2)
Photo 14: Conidies de l'anamorphe *Oidium monilioides* (1), cléistothèces (grossissement 20x10) et asques du téléomorphe *Blumeria graminis* (2)
Photo 14: Conidia of the anamorph *Oidium monilioides* (1), cleistothecia (magnification 20x10) and asci of the teleomorph *Blumeria graminis* (2)

صورة 15: البياض الدقيقي للحبوب
Photo 15: Oidium des céréales
Photo 15: Powdery mildew of cereals

SEPTORIOSE FOLIAIRE DU BLÉ

Le champignon: *Mycosphaerella graminicola* (Anamorphe: *Septoria tritici*)

L'anamorphe *S. tritici* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies réunies dans des pycnides). Les conidies de *S. tritici* sont filiformes, droites ou en lignes flexibles, plus effilées du côté de l'apex et formées souvent de 1 à 4 cellules séparées par des cloisons. Leurs dimensions sont 28-70 x 1-1,5 µm (Photo 16).

Le téléomorphe *M. graminicola* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignon dont les asques sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée non seulement sur blé mais aussi sur avoine, cette maladie attaque principalement la partie foliaire. Elle provoque sur les feuilles du blé (surtout le blé dur) des taches brunes, d'abord assez irrégulières plus ou moins allongées souvent limitées latéralement par les nervures foliaires et entourées par une bordure chlorotique mince. Puis, elles commencent à se dessécher et devenir de plus en plus clair blanchâtre en commençant par le centre. Ensuite, ces taches ne tardent pas à s'étendre pour couvrir de grandes étendues foliaires, voire même la totalité des feuilles si les conditions météorologiques sont favorables. Une multitude de petits points brun foncé à noirs se forment alors au niveau des taches et correspondent aux pycnides de l'anamorphe (Photo 17). En conditions favorables, l'attaque atteint également les gaines avec l'apparition de taches comparables à celles des feuilles et peut atteindre les épis avec un brunissement des extrémités des glumes; les grains deviennent tachetés.

Biologie

Dès les jeunes stades, la céréale est susceptible d'être infectée par la septoriose. L'infection primaire est due aux conidies et/ou les ascospores libérées par les pluies à partir des pycnides et/ou des pseudothèces (respectivement) se trouvant dans les chaumes infectés des cultures précédentes. En cours de végétation, l'infection est favorisée par une humidité élevée et une température optimale entre 20 et 25 °C. Les infections secondaires sont assurées par les conidies libérées à partir des pycnides formées sur les plantes infectées. Ces conidies exsudées à la surface des feuilles sont disséminées vers le haut et latéralement par les pluies; leur dispersion, et par conséquent l'extension de la maladie dans une culture, est donc tributaire du nombre de précipitations reçues pendant la végétation de la céréale. Les semences ne semblent pas intervenir dans la transmission de la maladie.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, flusilazole, flutriafol, metconazole, picoxystrobine, prochloraze, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 16: الأبواغ الكونيدية للفطر *Septoria tritici*
Photo 16: Conidies de *Septoria tritici*
Photo 16: Conidia of *Septoria tritici*

صورة 17: التبقع السببوري لأوراق القمح
Photo 17: Septoriose foliaire du blé
Photo 17: *Septoria* leaf blotch of wheat

ANTHRACNOSE DU BLÉ

Le champignon: *Ascochyta tritici*

A. tritici appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies réunies dans des pycnides). Les conidies d'*A. tritici* sont allongées, cylindriques, à extrémités arrondies, généralement formées de deux cellules séparées par une cloison médiane. Mais des spores formées de trois cellules, parfois même quatre, peuvent être rencontrées. Les dimensions sont 12-20 x 2,5-6 µm (Photo 18).

Symptomatologie

Cette maladie, que nous étions les premiers à avoir identifié sur blé en Tunisie (Nasraoui* *et al.*, 1997), se manifeste par des taches plus ou moins ovales, parfois allongées, de couleur claire et entourées d'une marge brune. Le tissu se nécrose ensuite au niveau de ces taches qui deviennent brunes et dans lesquelles une ponctuation de couleur foncée ou noire ne tarde pas à apparaître. Ce sont les pycnides formées par le champignon (Photo 19). Les symptômes, parfois proches de ceux causés par la septoriose foliaire, peuvent entraîner des confusions au niveau de l'identification. Dans ce cas, l'observation des conidies au microscope photonique permet de trancher.

Biologie

Le champignon se conserve sous forme de pycnides dans les chaumes infectés. L'infection primaire est assurée par les conidies libérées de ces pycnides et propagées par le vent et la pluie. C'est ainsi que se réalisent aussi les infections secondaires pendant la végétation du blé sur lequel se développent les pycnides qui libèrent les conidies. Le temps pluvieux favorise cette maladie.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de bromuconazole.

* Nasraoui B., Terashima T. & Hafsa M., 1997 - Maladies nouvellement observées en Tunisie: L'antracnose de l'orge et du blé. Annales de l'INRAT, 70: 215-221.

صورة 18: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta tritici*
Photo 18: Conidies d'*Ascochyta tritici*
Photo 18: Conidia of *Ascochyta tritici*

صورة 19: التبقع الأسكوكيتي لأوراق القمح
Photo 19: Anthracnose du blé
Photo 19: *Ascochyta* leaf spot of wheat

ANTHRACNOSE DE L'ORGE

Le champignon: *Ascochyta hordei*

A. hordei appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies réunies dans des pycnides). Les conidies d'*A. hordei* sont allongées, à extrémités arrondies mais légèrement plus minces, formées de deux cellules séparées par une cloison médiane. Très rarement, une deuxième cloison se forme et la spore devient tricellulaire. Les dimensions sont 11-24 x 3-5,5 µm (Photo 20).

Symptomatologie

Cette maladie, que nous étions les premiers à avoir identifié sur orge en Tunisie (Nasraoui* *et al.*, 1997), se caractérise par des taches arrondies, ovales, plus ou moins allongées, de couleur d'abord brune puis de plus en plus claire entourées d'une marge brun foncé. Autour de ces taches, le tissu se nécrose fréquemment. Lorsque l'attaque est grave, les taches deviennent coalescentes et le tissu de la feuille devient blanc jaunâtre et peut se déchirer. A la fin de l'attaque, une ponctuation brun clair à brun foncé apparaît au niveau des taches et correspond aux pycnides formées par le champignon (Photo 21). Avant la formation des pycnides, les symptômes de l'antracnose de l'orge sont très semblables à ceux provoqués par la rhynchosporiose, au point que les deux maladies sont facilement l'objet de confusion. Mais tout équivoque est levé dès que les pycnides se forment.

Biologie

Le champignon se conserve dans les chaumes infectés sous forme de pycnides. Les conidies libérées de ces pycnides et disséminées par le vent et la pluie assurent l'infection primaire. Les infections secondaires sont dues aux conidies disséminées à partir des plantes infectées pendant leur végétation. Cette maladie est favorisée par un temps pluvieux.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de bromuconazole.

* Nasraoui B., Terashima T. & Hafsa M., 1997 - Maladies nouvellement observées en Tunisie: L'antracnose de l'orge et du blé. Annales de l'INRAT, 70: 215-221.

صورة 20: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta hordei*
Photo 20: Conidies d'*Ascochyta hordei*
Photo 20: Conidia of *Ascochyta hordei*

صورة 21: التبقع الأسكوكيتي لأوراق الشعير
Photo 21: Anthracnose de l'orge
Photo 21: *Ascochyta* leaf spot of barley

ROUILLE BRUNE (OU DES FEUILLES) DU BLÉ

Le champignon: *Puccinia recondita*

P. recondita appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliosspore). Les urédospores de *P. recondita* sont monocellulaires, de forme globuleuse à ovale, rarement ellipsoïde et ont une paroi épaisse très finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-30 x 18-25 µm (Photo 22). Les téliosspores de cette espèce sont bicellulaires, allongées, avec une cellule apicale à extrémité arrondie, plate ou légèrement pointue et une cellule de base, généralement plus allongée, prolongée par un court pédicelle. Ces téliosspores brun clair, à paroi épaisse et lisse ont des dimensions de 30-48 x 10-20 µm (Photo 22).

Symptomatologie

Observée sur blé (surtout le blé dur), cette maladie se manifeste par une multitude de petites pustules sporifères brunes souvent arrondies, dispersées irrégulièrement sur les deux faces des feuilles. Les gaines et les tiges sont rarement atteintes. Ces pustules sont les urédies formées par le champignon à partir desquelles sont libérées les urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 23). Quand le blé commence à mûrir, jaunir et se dessécher, des pustules noires apparaissent et restent souvent non déhiscentes. Ce sont les télies qui contiennent les téliosspores (Photo 23).

Biologie

Bien que la rouille brune du blé puisse infecter une plante hôte secondaire (principalement *Thalictrum* mais aussi *Anchusa*, *Anemonella*, *Clematis* et *Isopyrum*) qui transmet la maladie au blé par l'intermédiaire des écidiospores, il semble que le cycle biologique de *P. recondita* soit plutôt limité uniquement au blé comme hôte principal. Ainsi, il est possible que les régions méditerranéennes à hiver doux permettent la conservation du champignon sous forme d'urédospores ou de mycélium dans les chaumes infectés du blé d'une année à l'autre. Pendant la végétation du blé sous des conditions météorologiques favorables, les urédospores de l'année précédente ou celles produites de nouveau par le mycélium actif dans les chaumes infectés seraient disséminées par le vent et seraient à l'origine de l'infection primaire du blé pendant fin-hiver début-printemps. Mais, il n'est pas également exclu que les urédospores proviennent de régions lointaines telles que le Sud-Ouest de l'Europe, transportées par les vents dominants du Nord-Ouest et disséminées dans les régions du Maghreb. Les infections secondaires au printemps sont assurées par les urédospores produites en cours de végétation du blé et propagées essentiellement par le vent. Les téliosspores produites par le champignon à la fin du printemps pour se conserver jusqu'à la fin de l'hiver suivant, ne semblent pas jouer un rôle lors de l'infection primaire lorsque la plante hôte secondaire n'existe pas. Les humidités élevées et les températures comprises entre 15 et 25 °C sont favorables à la maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, fenpropimorphe, flusilazole, flutriafol, metconazole, picoxystrobine, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, tétraconazole, trifloxystrobine.

صورة 22: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Puccinia recondita*
Photo 22: Urédospores (1) et télisporos (2) de *Puccinia recondita*
Photo 22: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Puccinia recondita*

صورة 23: صدأ الأوراق أو الصدأ البني للقمح
Photo 23: Rouille brune (ou des feuilles) du blé
Photo 23: Leaf (or brown) rust of wheat

ROUILLE JAUNE (OU STRIÉE) DU BLÉ

Le champignon: *Puccinia striiformis*

P. striiformis appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores de *P. striiformis* sont monocellulaires, globuleuses à ovales, rarement ellipsoïdes, avec une paroi épaisse finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-30 x 10-18 µm (Photo 24). Les téliospores sont bicellulaires, allongées, avec une cellule apicale à extrémité pointue, arrondie ou totalement aplatie et une cellule de base souvent plus allongées, se prolongeant par un court pédicelle. Ces téliospores sont brun clair et ont une paroi épaisse et lisse; leurs dimensions sont 25-65 x 15-25 µm (Photo 24).

Symptomatologie

Observée sur blé (surtout le blé tendre), cette maladie se manifeste par de nombreuses et très petites pustules sporifères, de couleur jaune orangé, alignées en longues files parallèles aux nervures de la feuille. Les autres organes de la plante peuvent aussi être attaqués. Ces pustules sont les urédies du champignon qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme (Photo 25). Au fur et à mesure que le blé mûrit, jaunit et se dessèche, des pustules noires généralement non déhiscents apparaissent. Ce sont les télies productrices des téliospores (Photo 25).

Biologie

Le cycle biologique de *P. striiformis* est limité au blé comme hôte principal unique, étant donné que le stade écidien n'est pas connu sur une autre plante hôte secondaire. Les mêmes hypothèses avancées dans le cas de la rouille brune peuvent expliquer le déclenchement de l'infection primaire: les urédospores provoquant l'infection primaire proviendraient de régions lointaines comme le Sud-Ouest de l'Europe, transportées par les vents dominants du Nord-Ouest et disséminées dans les régions du Maghreb ou le champignon se conserverait sous forme d'urédospores ou de mycélium dans les chaumes infectés dans les régions méditerranéennes à hiver doux et ce sont ces urédospores ou celles produites par le mycélium actif qui assurent l'infection primaire. Les infections secondaires sont assurées par les urédospores produites sur les plantes infectées et disséminées par le vent. Les téliospores qui sont produites par le champignon fin-printemps pour sa conservation, ne semblent pas jouer un rôle dans le déclenchement de la maladie l'année suivante. Des humidités élevées et des températures entre 5 et 15 °C sont favorables à l'infection qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, fenpropimorphe, flusilazole, flutriafol, metconazole, picoxystrobine, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, tétraconazole, trifloxystrobine.

صورة 24: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Puccinia striiformis*
Photo 24: Uredospores (1) et télisporos (2) de *Puccinia striiformis*
Photo 24: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Puccinia striiformis*

صورة 25: الصدأ الأصفر (أو المخطط) للقمح
Photo 25: Rouille jaune (ou striée) du blé
Photo 25: Yellow (or stripe) rust of wheat

ROUILLE NOIRE (OU DES TIGES) DU BLÉ

Le champignon: *Puccinia graminis*

P. graminis appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores de *P. graminis* sont monocellulaires, généralement ovales à légèrement ellipsoïdes, rarement assez sphériques et ayant une paroi rugueuse. Les dimensions sont 22-37 x 12-20 µm (Photo 26). Les téliospores sont allongées, formées de deux cellules séparées par une cloison. La cellule apicale est ovale à allongée et se termine par une extrémité arrondie ou légèrement pointue, la cellule de base est relativement plus allongée et se prolonge par un long pédicelle. Ces téliospores sont brun foncé, entourées d'une paroi épaisse et lisse. Les dimensions sont de 28-75 x 15-25 µm (Photo 26).

Symptomatologie

Observée non seulement sur blé, mais aussi sur orge et avoine, cette maladie se manifeste par des pustules sporifères brunes (et non noires comme l'indique l'appellation) et allongées qui apparaissent surtout sur les tiges et un peu moins sur les feuilles, mais peuvent atteindre même les épis. Lorsque l'attaque est forte, les pustules deviennent coalescentes. Ces pustules correspondent à des urédies libérant des urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 27). Lorsque la plante hôte commence à mûrir, jaunir et se dessécher, des pustules noires apparaissent; elles correspondent à des télies productrices des téliospores. Ces dernières sont libérées après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 27).

Biologie

Il est bien connu que la rouille noire infecte le blé comme hôte principal et *Berberis* ou *Mahonia* comme hôte secondaire qui transmet la maladie au blé par l'intermédiaire des écidospores. Cependant, il reste possible que l'infection primaire dans les régions à hiver doux soit aussi assurée par le champignon conservé dans des chaumes infectés du blé par l'intermédiaire des urédospores de l'année précédente ou celles produites par le mycélium actif. Egalement, les vents dominants du Nord-Ouest pourraient amener les urédospores à partir de régions lointaines (l'Europe du Sud-Ouest par exemple) et les disséminer. Les infections secondaires sont dues aux urédospores disséminées par le vent à partir de la céréale en cours de végétation. Au début de l'été, le champignon produit des télies libérant des téliospores qui lui permettent de se conserver. La rouille noire est considérée comme une rouille tardive qui apparaît généralement à la fin d'un printemps pluvieux (humidité élevée et températures entre 25 et 30 °C) et elle n'est pas transmise par les semences. Elle était historiquement plus importante quand les variétés autochtones du blé cultivées étaient en général tardives. Mais avec la sélection pendant les dernières décennies des variétés précoces à haut rendement, le cycle végétatif court de ces variétés (jusqu'à fin-Mai début-Juin) ne donne plus suffisamment de temps au développement de la rouille noire qui est ainsi devenue une maladie plutôt rare.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, fenpropimorphe, flusilazole, flutriafol, metconazole, picoxystrobine, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, tétraconazole, trifloxystrobine.

صورة 26: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Puccinia graminis*
Photo 26: Urédospores (1) et téliospores (2) de *Puccinia graminis*
Photo 26: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Puccinia graminis*

صورة 27: صدأ الساق أو الصدأ الأسود للقمح
Photo 27: Rouille noire (ou des tiges) du blé
Photo 27: Stem (or black) rust of wheat

ROUILLE NAINE (OU BRUNE OU DES FEUILLES) DE L'ORGE

Le champignon: *Puccinia hordei*

P. hordei appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores de *P. hordei* sont monocellulaires, globuleuses, ovoïdes à légèrement ellipsoïdes, entourées d'une paroi épaisse très finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-30 x 18-22 µm (Photo 28). *P. hordei* se caractérise par des téliospores non seulement bicellulaires mais aussi monocellulaires, d'où l'appellation de rouille «naine». Les téliospores bicellulaires sont allongées, légèrement trapues. La cellule apicale a une extrémité arrondie, plate ou légèrement pointue. La cellule de base est légèrement plus allongée et se termine par un pédicelle court. Leurs dimensions sont 36-50 x 15-25 µm. Les téliospores monocellulaires sont arrondies ou légèrement allongées, de forme irrégulière et parfois prolongées par un pédicelle. Leurs dimensions sont de 20-38 x 14-24 µm (Photo 28).

Symptomatologie

Observée sur orge, cette maladie provoque sur les feuilles la formation de nombreuses petites pustules arrondies à légèrement allongées de couleur brune. Ce sont les urédies qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 29). Lorsque l'orge commence à mûrir, jaunir et se dessécher, il se forme des télies dans lesquelles sont produites les téliospores. En général, ces télies ne sont pas déhiscentes (Photo 29).

Biologie

Bien que la rouille naine puisse attaquer l'orge comme hôte principal par l'intermédiaire des écidiospores produites par le champignon sur la plante hôte secondaire (du genre *Ornithogalum*), son cycle de développement pourrait se limiter à l'orge seulement. Ainsi, dans les régions à hiver doux, les urédospores de l'année précédente ou celles produites de nouveau par le mycélium actif conservé dans les chaumes infectés, pourraient causer l'infection primaire. Cette infection pourrait être aussi due aux urédospores amenées des régions lointaines (telles que le Sud-Ouest de l'Europe) par les vents dominants du Nord-Ouest. Les urédospores produites au printemps sur l'orge et disséminées par le vent assurent les infections secondaires. En absence de l'hôte secondaire, il semblerait que les téliospores (produites dans les télies pour la conservation du champignon) ne jouent pas de rôle dans l'infection primaire l'année suivante. Les températures de 15 à 20 °C et une humidité élevée sont favorables à la maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, époxiconazole, fenpropimorphe, flusilazole, flutriafol, metconazole, picoxystrobine, propiconazole, pyraclostrobine, tébuconazole, trifloxystrobine.

صورة 28: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Puccinia hordei*
Photo 28: Urédospores (1) et télisporos (2) de *Puccinia hordei*
Photo 28: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Puccinia hordei*

صورة 29: صدأ الأوراق أو الصدأ البنني (أو القزم) للشعير
Photo 29: Rouille naine (ou brune ou des feuilles) de l'orge
Photo 29: Leaf (or brown) rust of barley

ROUILLE COURONNÉE DE L'AVOINE

Le champignon: *Puccinia coronata*

P. coronata appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). *P. coronata* forme des urédospores globuleuses à ovales, parfois ellipsoïdes avec une membrane épaisse finement rugueuse. Les dimensions sont 18-26 x 15-20 µm (Photo 30). Les téliospores sont bicellulaires et allongées. La cellule apicale se caractérise par des prolongements coniques disposés dans un ordre quelconque ou sous forme d'une couronne, d'où l'appellation de rouille «couronnée». La cellule de base est plus allongée et se termine parfois par un court pédicelle. Les dimensions sont 25-58 x 14-22 µm (Photo 30).

Symptomatologie

Observée sur avoine, cette maladie se caractérise par la formation de pustules jaune orangé vif, généralement allongées et réparties sur les deux faces des feuilles et sur les gaines. Ce sont les urédies qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 31). Lorsque l'avoine commence à mûrir, jaunir et se dessécher, il se forme des télies qui sont des pustules noires productrices de téliospores. Les télies ne sont pas toutes déhiscentes à maturité (Photo 31).

Biologie

La rouille couronnée attaque l'avoine en tant qu'hôte principal par l'intermédiaire des écidiospores produites par le champignon sur l'hôte secondaire qui est du genre *Rhannus*. Récemment, il a été observé et confirmé en Tunisie que l'espèce *Rhannus lycioides* joue effectivement le rôle d'hôte secondaire pour cette rouille (Hemmami* *et al.*, 2006). Le champignon se développe sur *R. lycioides* et produit des spermaties puis des écidiospores qui provoquent l'infection primaire sur l'avoine. Mais ceci n'empêche peut-être pas de garder les hypothèses avancées pour les autres rouilles des céréales en Tunisie comme possibilité supplémentaire dans le développement de cette maladie. Ainsi, il n'est pas exclu que le cycle biologique du champignon ait lieu sur l'avoine seulement comme hôte principal dans les régions où *R. lycioides* n'existerait pas. L'infection primaire pourrait être causée par les urédospores amenées des régions lointaines (comme le Sud-Ouest de l'Europe) et disséminées par les vents dominants du Nord-Ouest. En régions à hiver doux, le champignon pourrait également se conserver sous forme d'urédospores ou de mycélium dans les chaumes infectés; ces urédospores ou celles produites de nouveau par le mycélium actif pourraient être à l'origine de l'infection primaire. Les infections secondaires sont assurées par les urédospores libérées et disséminées par le vent à partir des plantes infectées en cours de végétation. Les téliospores du champignon produites sur l'avoine fin-printemps pour la conservation jouent un rôle primordial au début du printemps suivant. En effet, ce sont ces téliospores conservées entre début-été et fin-hiver qui produisent après germination des basidiospores capables d'infecter l'hôte secondaire *R. lycioides*. Les humidités élevées et les températures proches de 20 °C sont favorables à cette maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, époxiconazole, fenpropimorphe, metconazole, picoxystrobine, pyraclostrobine, tébuconazole, tétraconazole, trifloxystrobine.

* Hemmami I., Allagui M B., Chakroun M. & El Gazzeh M., 2006 - *Rhannus lycioides* in Tunisia is a new aecial host of oat crown rust. European Journal of Plant pathology, 115: 357-361.

صورة 30: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلبية (2) للفطر *Puccinia coronata*
Photo 30: Urédospores (1) et télisporos (2) de *Puccinia coronata*
Photo 30: Urediosporos (1) and teliosporos (2) of *Puccinia coronata*

صورة 31: الصدأ التاجي للقصبية (الشوفان)
Photo 31: Rouille couronnée de l'avoine
Photo 31: Oat crown rust

CHARBON DES FEUILLES DU BLÉ

Le champignon: *Urocystis agropyri*

U. agropyri appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Ustilaginomycètes (champignons passant par un stade téliospore). *U. agropyri* forme des téliospores solitaires ou groupées de 1 à 5 (souvent 1 à 3). Elles sont brunes globuleuses, à paroi lisse et de diamètre 9-20 µm. Elles sont systématiquement entourées de cellules stériles globuleuses à ovales de taille plus réduite, souvent 5 à 10 µm (Photo 32).

Symptomatologie

Observée sur blé (surtout le blé dur), cette maladie se manifeste par de longues stries sporifères noires parallèles aux nervures foliaires au niveau desquelles l'épiderme éclate. Ce sont les sores qui libèrent les téliospores. Les plantes attaquées restent naines, ne forment généralement pas d'épis et leurs feuilles s'enroulent et se déchirent (Photo 33).

Biologie

Les téliospores, qui se présentent sous forme de poussière noire, sont libérées au moment de la moisson et du battage. Elles polluent le sol et les semences saines et permettent ainsi au champignon d'attaquer les cultures de blé de l'année suivante (infection embryonnaire). L'infection des plantules du blé s'effectue au niveau du coléoptile, en général, pendant la levée, à une température du sol entre 10 et 20 °C. Les téliospores germent en formant des basides qui produisent des basidiospores capables de fusionner pour donner un mycélium infectieux qui attaque les plantules du blé. Le champignon se développe par la suite systématiquement dans toute la plante, mais les symptômes n'apparaissent que sur les feuilles, généralement après le stade montaison. Pendant la végétation du blé, la maladie ne se transmet pas d'une plante à une autre.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, prochloraze, tébuconazole, triticonazole.

صورة 32: الأبواغ التيلية للفطر *Urocystis agropyri*
Photo 32: Télisporos d'*Urocystis agropyri*
Photo 32: Teliospores of *Urocystis agropyri*

صورة 33: تفحم الأوراق أو التفحم اللواني للقمح
Photo 33: Charbon des feuilles du blé
Photo 33: Wheat flag smut

Maladies de l'Epi

CARIE (COMMUNE) DU BLÉ

Les champignons: *Tilletia laevis* et *Tilletia tritici*

T. laevis et *T. tritici* appartiennent au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Ustilaginomycètes (champignons passant par un stade téliospore). *T. laevis* produit des téliospores de couleur brun pâle, sphériques ou le plus souvent ovales, parfois anguleuses et entourées d'une paroi lisse. Leur diamètre est de 14-24 µm (Photo 34). *T. tritici* produit des téliospores de couleur brune, sphériques ou peu ovales, rarement anguleuses et entourées d'une paroi épaisse réticulée. Leur diamètre est de 14-22 µm (Photo 34). En outre, on observe, en mélange avec les téliospores de *T. laevis* et *T. tritici*, des cellules stériles globuleuses, à paroi lisse et de dimensions comparables ou légèrement inférieures à celles des téliospores (Nasraoui* *et al.*, 1994).

Symptomatologie

Observée sur blé (surtout le blé tendre), cette maladie est difficile à déceler avant fin épiaison avec des tiges d'une couleur vert intense. A maturité, l'épi carié du blé dur semble moins développé avec un aspect pâle surtout au niveau de la barbe. Par contre, sur blé tendre, il est beaucoup plus facile d'identifier la carie car, avant maturité, les épis sont souvent vert foncé à vert bleuâtre et à maturité ils deviennent plus clairs avec des épillets écartés laissant souvent voir des extrémités de grains brun foncé à noirs (Photo 35). Ces grains, faciles à écraser, sont globuleux et remplis d'une poussière noire formée des téliospores du champignon dégageant une odeur de poisson pourri.

Biologie

Au moment de la germination des semences du blé, les téliospores du champignon qui se trouvent dans le sol ou qui adhèrent extérieurement à ces semences, germent et produisent des basides qui libèrent des basidiospores. Ces dernières fusionnent et produisent des conidies qui germent et infectent la plantule du blé juste après sa germination (infection embryonnaire). Si les conditions du milieu sont favorables à la plante du blé (eau disponible, température supérieure du sol à 20 °C, fumure équilibrée,...), les semences germent et les plantules se développent plus vite que le champignon de façon à ce qu'une grande partie de la culture échappe à l'infection, étant donné que le champignon ne peut plus attaquer la plantule lorsqu'elle arrive au stade 1-2 feuilles. Mais, si les conditions du milieu sont défavorables à la plante avec une température du sol entre 5 et 12 °C, l'infection avec la carie devient plus importante. Quand cette infection réussit, le champignon croît, atteint le point végétatif et se développe systématiquement dans la plante au fur et à mesure qu'elle même se développe. Quand les grains du blé commencent à se former, le champignon les envahit de l'intérieur et y forme ses téliospores. Seule l'enveloppe du grain persiste. Ainsi, la maladie ne peut pas se transmettre d'une plante à une autre pendant la végétation et le nombre de plantes infectées reste le même depuis l'automne jusqu'au début de l'été. Au moment de la moisson et du battage, les grains cassés libèrent les téliospores sous forme d'une poussière noire qui pollue les grains sains et le sol ce qui permet au champignon de se transmettre aux cultures de blé de l'année suivante.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de difénoconazole, tébuconazole, thiabendazole, triticonazole.

* Nasraoui B., Yahyaoui A., Fnayou S., Khabbouchi H. & Ben-Harrath B., 1994 - La carie du blé en Tunisie: Identification des espèces fongiques responsables et essais de lutte chimique. Revue de l'INAT, 9: 19-45.

صورة 34: الأبواغ التيلبية للفطرين (1) *Tilletia laevis* و (2) *Tilletia tritici*
Photo 34: Téliospores de *Tilletia laevis* (1) et *Tilletia tritici* (2)
Photo 34: Teliospores of *Tilletia laevis* (1) and *Tilletia tritici* (2)

صورة 35: التفحم المغطى للقمح
Photo 35: Carie (commune) du blé
Photo 35: Wheat common bunt

CHARBON COUVERT DE L'ORGE ET DE L'AVOINE

Le champignon: *Ustilago segetum*

U. segetum appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Ustilaginomycètes (champignons passant par un stade téliosporé). Les téliosporés sont monocellulaires, globuleuses, plus ou moins arrondies, plus claires d'un côté que de l'autre et ayant une paroi épaisse, lisse, brun foncé. Leurs dimensions sont de 5-10 µm de diamètre (Photo 36).

Symptomatologie

Observée sur orge et avoine, cette maladie envahit tous les grains de l'épi qui se transforme en une masse noire poudreuse constituée par les téliosporés du champignon. La masse sporifère ainsi obtenue reste incluse dans les enveloppes florales qui persistent. Globalement, l'épi charbonné devient noir, reste petit, mais garde intacte l'ensemble de sa structure extérieure (Photo 37).

Biologie

L'infection est réalisée au moment de la germination des grains de la céréale grâce aux téliosporés se trouvant dans le sol ou fixés sur les grains sains après être libérés à partir des grains charbonnés écrasés au moment du battage. Ces téliosporés germent en formant des basides qui libèrent des basidiosporés capables de germer et infecter l'orge juste après la germination de ses semences (infection embryonnaire). Un sol bien humide et une température voisine de 15 °C sont favorables à cette maladie. Les hyphes mycéliennes pénètrent dans la plantule et gagnent ensuite le point végétatif et l'ébauche florale dont le développement se termine par la formation d'un épi totalement charbonné. Pendant le battage, les grains charbonnés cassés libèrent les téliosporés qui polluent le sol et les grains sains.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de difénoconazole, tébuconazole, thiabendazole, triticonazole.

صورة 36: الأبواغ التيلية للفطر *Ustilago segetum* (مكبرة 10x100)
Photo 36: Télisporos d'*Ustilago segetum* (grossissement 100x10)
Photo 36: Teliospores of *Ustilago segetum* (magnification 100x10)

صورة 37: التفحم المغطى للشعير (1) وللقصيبة (الشوفان) (2)
Photo 37: Charbon couvert de l'orge (1) et de l'avoine (2)
Photo 37: Covered smut of barley (1) and oats (2)

CHARBON NU DES CÉRÉALES

Les champignons: *Ustilago segetum* var. *tritici* (sur blé)

***Ustilago segetum* var. *nuda* (sur orge)**

***Ustilago segetum* var. *avenae* (sur avoine)**

Les variétés d'*U. segetum* appartiennent au phylum des *Basidiomycota*, (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Ustilaginomycètes (champignons passant par un stade téliosspore). Les téliosspores de ces variétés se ressemblent au microscope photonique. Elles sont monocellulaires, de forme globuleuse plus ou moins arrondie, plus claire d'un côté que de l'autre avec une paroi épaisse finement rugueuse de couleur brun clair. Leurs dimensions sont de 5-10 µm de diamètre (Photos 38).

Symptomatologie

Observée sur blé, orge et avoine, cette maladie envahit totalement l'épi de la céréale. Les épillets sont alors détruits et transformés en une masse poudreuse noirâtre constituée par les téliosspores du champignon (Photos 39). Lorsque le vent souffle et emporte les masses sporifères, il ne reste généralement de l'épi que le rachis.

Biologie

Au printemps, les téliosspores des épis charbonnés sont transportées par le vent et déposées sur les stigmates des inflorescences saines. Ensuite, chaque téliosspore germe sans produire de basidiospores, pénètre comme un tube pollinique, infecte en partie l'embryon et se conserve dedans sous forme de mycélium (infection florale). Les grains formés conservent un aspect normal. A partir de l'automne, lorsque les semences infectées germent, le champignon reprend son activité, attaque la plantule, atteint le point végétatif et envahit l'ébauche de l'épi qui devient par la suite charbonné. A partir de ces épis charbonnés, se réalise l'infection des inflorescences saines le même printemps. Une humidité élevée et des températures de 15 à 20 °C sont favorables à cette maladie qui est exclusivement transmise par les semences. De plus, la transmission interne du parasite dans la semence nécessite l'utilisation de fongicides obligatoirement systémiques.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides systémiques à base de difénoconazole, tébuconazole, thiabendazole, triticonazole.

صورة 38: الأبواغ التيلية للفطر *Ustilago segetum* var. *tritici* (مكبرة 10x100)
Photo 38: Téliospores d'*Ustilago segetum* var. *tritici* (grossissement 100x10)
Photo 38: Teliospores of *Ustilago segetum* var. *tritici* (magnification 100x10)

صورة 39: التفحم السائب للقمح (1) و الشعير (2) والقصبية (الشوفان) (3)
Photo 39: Charbon nu du blé (1), de l'orge (2) et de l'avoine (3)
Photo 39: Loose smut of wheat (1), barley (2), and oats (3)

CLADOSPORIOSE DU BLÉ

Les champignons: *Cladosporium* sp.

Le genre *Cladosporium* sp. appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Ce genre se caractérise par une grande variation morphologique des conidies au niveau d'une même espèce. Nos observations au microscope photonique nous ont montré des conidies de diverses formes et tailles. Leurs dimensions sont 5-18 x 3-7 µm. Elles ont des formes allant de monocellulaires quasi-arrondies jusqu'à tricellulaires minces et allongées (Photo 40). L'espèce que nous avons observée semble être *C. herbarum*.

Symptomatologie

Observée sur blé, cette maladie que nous signalons ici pour la première fois en Tunisie (résultats non publiés), concerne principalement les épis mûrs. Elle se caractérise par la formation d'une moisissure noire, superficielle, en petites touffes, qui couvre extérieurement les épis de la céréale au stade maturité (Photo 41). Cette moisissure est formée par le mycélium et les conidiophores érigés du champignon. A l'intérieur des enveloppes, les grains déjà murs ne sont d'habitude pas touchés.

Biologie

Ce champignon est un parasite de faiblesse des plants qui ne se développe que sur un tissu affaibli ou pratiquement mort ne présentant aucune réaction de défense. Vivant sur d'autres tissus végétaux affaiblis ou morts dans la nature, cette espèce fongique s'installe sur les épis déjà mûrs de la céréale quand des pluies abondantes tombent au début de l'été pendant plusieurs jours. L'attaque du champignon ne concerne normalement pas les grains qui sont déjà durs.

Lutte

Il est inutile d'intervenir chimiquement du moment que les grains sont déjà au stade maturité. Par contre, il faut veiller à ce que ces grains soient bien séchés après la récolte pour éviter toute sorte de pourriture pendant leur stockage.

صورة 40: الأبواغ الكونيدية وحواملها للفطر *Cladosporium* sp.
Photo 40: Conidies et conidiophores de *Cladosporium* sp.
Photo 40: Conidia and conidiophores of *Cladosporium* sp.

صورة 41: التصوف الكلاوسبوري للقمح
Photo 41: Cladosporiose du blé
Photo 41: Wheat *Cladosporium* mold

Maladies Fongiques

des Légumineuses

FLÉTRISSEMENT DU POIS CHICHE

Le champignon: *Fusarium oxysporum*

F. oxysporum appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies réunies dans des sporodochies). L'espèce de *Fusarium* que nous avons observée présente des conidies pluricellulaires droites ou le plus souvent arquées avec un nombre variable de cellules, souvent 5 ou 6. Les dimensions sont 16-36 x 3-5 µm (Photo 42).

Symptomatologie

Observée sur pois chiche, cette maladie se manifeste par un flétrissement, partiel ou total, suivi d'un jaunissement et d'un dessèchement de la plante. Lorsque le pied de la tige est sectionné, on observe un brunissement au niveau des vaisseaux attaqués (Photo 43).

Biologie

Le champignon se conserve dans les semences, dans le sol et dans les débris infectés du pois chiche sous forme de mycélium ou de chlamydo-spores. Le mycélium actif et/ou les chlamydo-spores après leur germination pénètrent dans l'hôte par les racines et le collet et assure l'infection primaire. Ensuite, le champignon prolifère dans le tissu conducteur au niveau du pied provoquant une destruction et une obstruction des vaisseaux attaqués. En cours de végétation, les infections secondaires sont assurées par les eaux de pluie ou d'irrigation qui, en inondant le sol, transportent le champignon d'une plante à l'autre. Les humidités faibles à moyennes et les températures voisines ou supérieures à 25 °C sont favorables à cette maladie.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carbendazime, carboxine, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de carbendazime, thiophanate-méthyl.

صورة 42: الأبواغ الكونيدية للفطر *Fusarium* sp.
Photo 42: Conidies de *Fusarium* sp.
Photo 42: Conidia of *Fusarium* sp.

صورة 43: ذبول الحمص
Photo 43: Flétrissement du pois chiche
Photo 43: Chickpea wilt

MILDIOU DE LA FÈVE

Le champignon: *Peronospora viciae*

P. viciae appartient au phylum des *Oomycota* et à la classe des Oomycètes (pseudo-champignons produisant des oospores). Les conidies de *P. viciae* sont monocellulaires, ovales à légèrement ellipsoïdes. Leurs dimensions sont 20-30 x 17-22 µm. Les conidiophores se terminent par des stérigmates droits ou légèrement courbés, assez pointus et généralement groupés par deux (Photo 44).

Symptomatologie

Observée sur fève, cette maladie se caractérise par l'apparition sur la face inférieure des feuilles d'un duvet cotonneux gris ressemblant à une moisissure. Ce duvet est formé des conidies et conidiophores qui émergent à partir des stomates des feuilles de la plante hôte. Le duvet apparaît sous forme de taches et s'étend progressivement pour couvrir toute la face inférieure des feuilles. Sur la face supérieure de ces feuilles, des taches chlorotiques se forment. En fin d'attaque, le tissu foliaire, au niveau des taches, brunit et meurt (Photo 45).

Biologie

Le champignon se conserve dans le sol ou les débris infectés sous forme d'oospores et/ou de mycélium. L'infection primaire est assurée par le mycélium actif ou les oospores après germination. Les infections secondaires sont dues aux conidies du champignon produites sur la fève en cours de végétation et disséminées par la pluie et le vent. Les fortes humidités et les températures voisines de 15-20 °C sont favorables à cette maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de captane, fosétyl-AI, métalaxyl.

صورة 44: الأبواغ الكونيدية وحواملها للفطر *Peronospora viciae*
Photo 44: Conidies et conidiophores de *Peronospora viciae*
Photo 44: Conidia and conidiophores of *Peronospora viciae*

صورة 45: البياض الزغبي للبقول
Photo 45: Mildiou de la fève
Photo 45: Downy mildew of faba bean

MILDIOU DU POIS

Le champignon: *Peronospora pisi*

P. pisi appartient au phylum des *Oomycota* et à la classe des Oomycètes (pseudo-champignons produisant des oospores). Les conidies de *P. pisi* sont monocellulaires, globuleuses à ovoïdes, de dimensions 14-28 x 15-26 µm. Les conidiophores se terminent par des stérigmates généralement groupés par deux, assez pointus, le plus souvent arqués (Photo 46).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie est reconnaissable de loin par l'aspect jaunâtre, rétréci et déformé de la partie supérieure de la plante infectée. De près, on remarque la présence sur la face inférieure des feuilles d'un duvet cotonneux gris ressemblant à une moisissure. Ce duvet correspond aux conidies et conidiophores du champignon émergeant à partir des stomates. Cette maladie attaque surtout les organes jeunes du pois qui ne tardent pas à se dessécher (Photo 47).

Biologie

L'infection primaire est assurée par le champignon conservé dans le sol et les débris infectés sous forme d'oospores et/ou de mycélium. C'est le mycélium actif ou les oospores après germination qui déclenche le développement de la maladie. Les infections secondaires sont dues aux conidies produites sur les plantes en cours de végétation et disséminées par le vent et la pluie. Un temps humide et des températures inférieures ou voisines de 18 °C sont favorables à cette maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de captane, fosétyl-AI, métalaxyl.

صورة 46: الأبواغ الكونيدية وحواملها للفطر *Peronospora pisi*
Photo 46: Conidies et conidiophores de *Peronospora pisi*
Photo 46: Conidia and conidiophores of *Peronospora pisi*

صورة 47: البياض الزغبي للجلبان (البازلاء)
Photo 47: Mildiou du pois
Photo 47: Downy mildew of pea

OIDIUM DU POIS

Le champignon: *Erysiphe* sp.

(Anamorphe: *Oidium* sp.)

L'anamorphe *Oidium* sp. appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Plusieurs espèces peuvent être à l'origine de l'oïdium du pois. Celle que nous avons observée est *Oidium* sp. dont le téléomorphe est *E. polygona* car ses conidies sont monocellulaires, solitaires ou en courtes chaînes, le plus souvent cylindriques, parfois ellipsoïdes ou ovoïdes. Leurs dimensions sont 25-40 x 8-17 µm (Photo 48).

Le téléomorphe *Erysiphe* sp. appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et à la classe des Erysiphomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des cléistothèces qui mûrissent par déhiscence).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie se caractérise par l'apparition de pustules poudreuses blanc clair qui couvrent tous les organes aériens de la plante. Ces pustules s'étendent petit à petit jusqu'à ce qu'elles couvrent la quasi-totalité des feuilles, des tiges et des gousses. En fin d'attaque, cette couche poudreuse tourne au gris jaunâtre et le tissu végétal sous-jacent brunit avant de se dessécher. La couche poudreuse correspond au mycélium et aux chaînes conidifères de l'anamorphe (Photo 49).

Biologie

E. polygona est un parasite polyphage, d'où la possibilité qu'il se maintienne, en l'absence du pois, sur d'autres plantes cultivées ou spontanées. Il peut aussi se conserver dans les débris infectés sous forme de mycélium et/ou de cléistothèces. Ainsi, l'infection primaire peut être déclenchée par des conidies libérées par le champignon installé sur des plantes autres que le pois et/ou par le mycélium actif et les ascospores libérées par les cléistothèces conservés dans les débris infectés du pois. Les infections secondaires sont assurées par les conidies produites sur le pois en cours de végétation et transportées par le vent. Le prolongement de la maladie jusqu'à fin printemps montre que l'oïdium du pois n'est pas défavorisé ni par les températures élevées (supérieures à 25 °C) ni par les humidités faibles. En règle générale, l'oïdium des légumineuses n'est pas transmis par les semences, mais il existe des exceptions telles que l'oïdium du pois causé par *Erysiphe pisi*.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, dinocap, hexaconazole.

صورة 48: الأبواغ الكونيدية للفطر *Oidium* sp. (الطور الجنسي: *Erysiphe polygoni*)
Photo 48: Conidies d'*Oidium* sp. (téléomorphe: *Erysiphe polygoni*)
Photo 48: Conidia of *Oidium* sp. (teleomorph: *Erysiphe polygoni*)

صورة 49: البياض الدقيقي للجلبان (البازلاء)
Photo 49: Oïdium du pois
Photo 49: Powdery mildew of pea

TACHES BRUNES (OU «CHOCOLAT») DE LA FÈVE

Le champignon: *Botryotinia fabae*

(Anamorphe: *Botrytis fabae*)

L'anamorphe *Botrytis fabae* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies de *Botrytis fabae* sont monocellulaires, globuleuses ou souvent ovoïdes et à paroi lisse. Leurs dimensions sont 10-22 x 8-17 µm (Photo 50).

Le téléomorphe *Botryotinia fabae* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Discomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des apothécies).

Symptomatologie

Observée sur fève, cette maladie se manifeste, au début, sous forme de points de couleur brun rouge et de très petites taches circulaires brun clair entourées par une bordure rougeâtre, principalement sur feuilles et moins fréquemment sur tiges (Photo 51). Lorsque les conditions climatiques sont très favorables pendant longtemps, la maladie entre dans une phase «agressive» dans laquelle les taches deviennent des lésions coalescentes évoluant ensuite en pourriture brun foncé.

Biologie

Bien que le parasite se transmette par les semences, ces dernières ne semblent pas jouer un rôle crucial dans le déclenchement de l'infection primaire. Ce champignon se conserve dans les débris infectés sous forme de mycélium, d'apothécies et de sclérotés; ces derniers peuvent résister longtemps aux conditions défavorables. L'infection primaire peut être assurée dès le jeune âge des plantes de fève par l'intermédiaire du mycélium actif qui reprend son développement, des sclérotés qui germent et/ou des ascospores libérées à partir des apothécies. Les infections secondaires sont dues aux conidies formées par le champignon sur la fève en cours de végétation et disséminées essentiellement par le vent. Si les conditions climatiques de fortes humidités (autour de 100 %) et de températures modérées (environ 20 °C) durent un certains temps, elles permettent à l'infection d'entrer dans la phase «agressive» qui peut entraîner des dégâts considérables.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de vinchlozoline.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base de mancozèbe, thiophanate-méthyl, vinchlozoline.

صورة 50: الأبواغ الكونيدية على حواملها للفطر *Botrytis fabae*
Photo 50: Conidies sur conidiophores de *Botrytis fabae*
Photo 50: Conidia on conidiophores of *Botrytis fabae*

صورة 51: التبقع البني (أو الشكلاطي) للفاول
Photo 51: Taches brunes de la fève
Photo 51: Chocolate spot of faba bean

ALTERNARIOSE DE LA FÈVE

Le champignon: *Alternaria alternata*

A. alternata appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Hyphomycètes (champignons à conidies libres). Les conidies d'*A. alternata* sont multicellulaires, allongées, généralement plus larges d'un côté que de l'autre et terminées à la base par un pédicelle. Les cloisons se forment à la fois dans les sens longitudinal et transversal. Les dimensions sont 15-50 x 8-16 µm (Photo 52).

Symptomatologie

Observée sur fève, cette maladie se manifeste par des taches foliaires brun gris entourées par une bordure plus foncée et montrant à l'intérieur des cercles concentriques. Lorsque l'attaque est forte, ces taches s'étendent sur les feuilles et deviennent coalescentes (Photo 53).

Biologie

Etant polyphage, *A. alternata* est capable de se maintenir sur des espèces végétales cultivées ou spontanées autres que la fève, puis provoquer l'infection primaire de la fève par l'intermédiaire des conidies. En outre, ce champignon peut se conserver dans les semences et les débris infectés sous forme de mycélium qui, en reprenant son activité, peut produire des conidies capables aussi de déclencher l'infection primaire. Les infections secondaires sont provoquées par les conidies libérées des plantes de fève en cours de végétation et transportées par le vent et la pluie. Un temps humide et des températures voisines de 20 °C sont favorables à cette maladie qui est secondairement transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, mancozèbe, thiophanate-méthyl.

صورة 52: الأبواغ الكونيدية للفطر *Alternaria alternata*
Photo 52: Conidies d'*Alternaria alternata*
Photo 52: Conidia of *Alternaria alternata*

صورة 53: التبقع الألترناري لأوراق الفول
Photo 53: Alternariose de la fève
Photo 53: *Alternaria* leaf spot of faba bean

ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DE LA FÈVE

Le champignon: *Didymella fabae*

(Anamorphe: *Ascochyta fabae*)

L'anamorphe *A. fabae* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies groupées dans des pycnides). Les conidies d'*A. fabae* sont droites ou légèrement courbées, à extrémités arrondies et ayant souvent une cloison. Parfois deux ou même trois cloisons peuvent être observées. Les dimensions sont 12-24 x 3-5 µm (Photo 54).

Le téléomorphe *D. fabae* appartient aux phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les ascus sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur fève, cette maladie provoque sur les feuilles des taches plus ou moins irrégulières, d'abord de couleur brun foncé qui tournent ensuite vers le gris clair au centre entouré d'une marge plus foncée. Lorsque l'attaque est importante, les taches deviennent coalescentes. Ces taches apparaissent aussi sur tiges et gousses. Elles sont comparables à celles des feuilles mais généralement elles se creusent dans le tissu. Les graines peuvent également être atteintes. Une abondante ponctuation noire, souvent en cercles concentriques, apparaît au milieu de ces taches; ce sont les pycnides formées par l'anamorphe (Photo 55).

Biologie

Le champignon, conservé dans les débris infecté et les semences, assure l'infection primaire de la fève dès le jeune âge de la plante. Cette infection primaire est réalisée par l'intermédiaire des conidies libérées à partir des pycnides et/ou des ascospores libérées à partir des pseudothèces. En cours de végétation de la fève, les infections secondaires sont assurées par les conidies du champignon libérées à partir des pycnides et disséminées par le vent et la pluie. Cette maladie est favorisée par des humidités élevées et des températures voisines de 20 °C. Elle est transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, captane, thiabendazole, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, metconazole.

صورة 54: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta fabae*
Photo 54: Conidies d'*Ascochyta fabae*
Photo 54: Conidia of *Ascochyta fabae*

صورة 55: لفحة الفول
Photo 55: Anthracnose (ou brûlure) de la fève
Photo 55: Faba bean blight

ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DU POIS CHICHE

Le champignon: *Didymella rabiei*

(Anamorphe: *Ascochyta rabiei*)

L'anamorphe *A. rabiei* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies groupées dans des pycnides). Les conidies d'*A. rabiei* sont le plus souvent monocellulaires, rarement bicellulaires, allongées avec des extrémités arrondies. Les dimensions sont 5-13 x 3-5 µm (Photo 56).

Le téléomorphe *D. rabiei* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les ascques sont contenus dans des pseudothèces). Observées pour la première fois en Tunisie, les ascospores de *D. rabiei* se sont montrées allongées, bicellulaires et de dimensions 13,5-17,5 x 6-7 µm (Rhaïem* *et al.*, 2006).

Symptomatologie

Observée sur pois chiche, cette maladie se caractérise par des taches arrondies sur feuilles et gousses et allongées sur tiges. Elles peuvent atteindre même les graines. Ces taches sont d'abord brun clair à gris clair entourées d'une marge brun foncé, puis elles deviennent nécrotiques. Une abondante ponctuation brun foncé à noire, souvent en cercles concentriques, apparaît au niveau des taches et correspond aux pycnides formées par l'anamorphe (Photo 57). Lorsque l'attaque est grave, ces taches deviennent coalescentes. Sur tiges, elles peuvent devenir chancreuses et entraîner des cassures au niveau des branches. La plante perd alors partiellement ses feuilles et se dessèche.

Biologie

Le champignon se conserve sous forme de pycnides et de pseudothèces dans les débris infecté et dans les semences du pois chiche. La dissémination des conidies libérées à partir des pycnides et des ascospores libérées à partir des pseudothèces assurent l'infection primaire. Les infections secondaires sont dues aux conidies libérées et disséminées par le vent et la pluie à partir des pycnides produites par le champignon sur le pois chiche en cours de végétation. Des humidités fortes et des températures voisines de 20 °C sont favorables à cette maladie qui est transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, captane, thiabendazole, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, metconazole.

* Rhaïem A., Chérif M., Harrabi M. & Strange R., 2006 - First report of *Didymella rabiei* on chickpea debris in Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 1: 13-18.

صورة 56: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta rabiei*

Photo 56: Conidies d'*Ascochyta rabiei*

Photo 56: Conidia of *Ascochyta rabiei*

صورة 57: لفحة الحمص

Photo 57: Anthracnose (ou brûlure) du pois chiche

Photo 57: Chickpea blight

ANTHRACNOSE (OU TACHES JAUNES) DU POIS

Le champignon: *Ascochyta pisi*

A. pisi appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies groupées dans des pycnides). Les conidies d'*A. pisi* sont bicellulaires, allongées, droites ou légèrement courbées, à extrémités arrondies. Leurs dimensions sont 11-16 x 3-6 µm (Photo 58) (Nasraoui* & Mlaiki, 1983).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie se caractérise par des taches jaune beige arrondies sur les feuilles, allongées sur les tiges et arrondies creuses sur les gousses. Elles sont entourées d'une marge brun foncé. Une ponctuation brun foncé à noire se forme dans ces taches. Ce sont les pycnides formées par le champignon (Photo 59).

Biologie

L'infection primaire est assurée par les conidies du champignon libérées à partir des pycnides conservées dans les semences et les débris infectés. Les infections secondaires sont dues aux conidies disséminées par le vent et la pluie. Ces conidies sont libérées à partir des pycnides produites par le champignon sur le pois en cours de végétation. Des températures voisines de 20 °C et des humidités élevées sont favorables à cette maladie. Cependant, les basses températures (autour de 10 °C) semblent être plus défavorables à la plante hôte qu'au champignon. C'est une maladie transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, captane, thiabendazole, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, metconazole.

* Nasraoui B. & Mlaiki A., 1983 - L'antracnose du pois en Tunisie: Identification des espèces cryptogamiques responsables. Annales de l'INRAT, 56: 16 p.

صورة 58: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta pisi*
Photo 58: Conidies d'*Ascochyta pisi*
Photo 58: Conidia of *Ascochyta pisi*

صورة 59: التبقع الأصفر للجلبان (البازلاء)
Photo 59: Anthracnose (ou taches jaunes) du pois
Photo 59: Pea (Yellow) spot

ANTHRACNOSE (OU BRÛLURE) DU POIS

Le champignon: *Mycosphaerella pinodes*

(Anamorphe: *Ascochyta pinodes*)

L'anamorphe *A. pinodes* appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies groupées dans des pycnides). Les conidies d'*A. pinodes* sont allongées, droites ou légèrement courbées, à extrémités arrondies, parfois légèrement pointues. Ces conidies sont généralement bicellulaires, mais des conidies de trois cellules peuvent être rencontrées. Leurs dimensions sont 10-15 x 4-6 µm (Photo 60) (Nasraoui* & Mlaiki, 1983).

Le téléomorphe *M. pinodes* appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie provoque sur les feuilles, les gousses et même les graines des taches brun foncé, arrondies ou de forme irrégulière, sans marge définie. Sur les tiges et le collet, ces taches sont plutôt allongées. Au niveau de ces taches, une ponctuation noire apparaît au centre. Ce sont les pycnides de l'anamorphe (Photo 61).

Biologie

Le champignon conservé dans les semences ou dans les débris infectés provoque l'infection primaire par l'intermédiaire de ses conidies libérées à partir des pycnides et/ou par ses ascospores libérées à partir des pseudothèces. Pendant la végétation du pois, les conidies libérées à partir des pycnides (formées sur les plantes infectées) et disséminées par le vent et la pluie, assurent les infections secondaires. Les humidités élevées et les températures voisines de 20-25 °C sont favorables à l'extension de cette maladie qui est transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, captane, thiabendazole, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, metconazole.

* Nasraoui B. & Mlaiki A., 1983 - L'antracnose du pois en Tunisie: Identification des espèces cryptogamiques responsables. Annales de l'INRAT, 56: 16 p.

صورة 60: الأبواغ الكونيدية للفطر *Ascochyta pinodes*
Photo 60: Conidies d'*Ascochyta pinodes*
Photo 60: Conidia of *Ascochyta pinodes*

صورة 61: لفحة الجلبان (البازلاء)
Photo 61: Anthracnose (ou brûlure) du pois
Photo 61: Pea blight

ANTHRACNOSE (OU JAMBE NOIRE) DU POIS

Le champignon: *Phoma pinodella*

L'anamorphe *P. pinodella* (anciennement *Phoma madicaginis* var. *pinodella* et plus anciennement *Ascochyta pinodella*) appartient aux Champignons Anamorphiques et au groupe des Coelomycètes (champignons à conidies groupées dans des pycnides). Les conidies de *P. pinodella* sont allongées à ellipsoïdes, monocellulaires, rarement bicellulaires. Leurs dimensions sont 3-10 x 2-5 µm (Photo 62).

Le téléomorphe, non dénommé, est similaire au genre *Mycosphaerella*. Il appartient au phylum des *Ascomycota* (champignons produisant des ascospores) et au groupe des Loculoascomycètes (champignons dont les asques sont contenus dans des pseudothèces).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie, que nous étions les premiers à identifier en Tunisie (Nasraoui* *et al.*, 2006) se caractérise par un brunissement qui couvre toute la partie basale des tiges de la plante à partir du collet jusqu'à quelques centimètres plus haut. Des taches irrégulières brunes apparaissent aussi sur les feuilles surtout basales qui ne tardent pas à jaunir et se dessécher (Photo 63). Si l'attaque est grave, elle peut atteindre toute la partie aérienne y compris les gousses et les graines. Au niveau des taches, des points foncés à noirs se forment et correspondent aux pycnides de l'anamorphe.

Biologie

L'infection primaire est assurée par le champignon conservé dans les semences et les débris infectés sous forme de pycnides et/ou de pseudothèces. Ce sont les conidies libérées à partir des pycnides et/ou les ascospores libérées à partir des pseudothèces qui assurent l'infection primaire. Les infections secondaires sont dues aux conidies libérées et disséminées par le vent et la pluie à partir des pycnides produites par le champignon sur le pois en cours de végétation. Des températures voisines de 10-15 °C et des humidités élevées sont favorables à cette maladie qui est transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement des semences: Traiter avec des fongicides à base de carboxine, captane, thiabendazole, thirame.

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, chlorothalonil, metconazole.

* Nasraoui B., Srafi F., Aloui S. & Kharrat M., 2006 - First Report of Pea Black Stem due to *Phoma pinodella* in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection, 1 (2) (*in press*).

صورة 62: الأبواغ الكونيدية للفطر *Phoma pinodella*
Photo 62: Conidies de *Phoma pinodella*
Photo 62: Conidia of *Phoma pinodella*

صورة 63: الساق السوداء للجلبان (البازلاء)
Photo 63: Anthracnose (ou jambe noire) du pois
Photo 63: Pea black stem

ROUILLE DE LA FÈVE

Le champignon: *Uromyces viciae-fabae*

U. vicia-fabae appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliosspore). *U. viciae-fabae* forme des urédospores monocellulaires, globuleuses, ovoïdes à légèrement ellipsoïdes, avec une paroi épaisse finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-30 x 18-20 µm (Photo 64). Les téliosspores d'*U. viciae-fabae* sont monocellulaires, ellipsoïdes à ovoïdes, rarement globuleuses et parfois cylindriques. Elles sont prolongées à la base par de longs pédicelles et possèdent une paroi lisse plus épaisse au sommet. Leurs dimensions sont 25-38 x 20-25 µm (Photo 64).

Symptomatologie

Observée sur fève, cette maladie se caractérise par la formation sur les feuilles, de petites pustules légèrement allongées ou le plus souvent arrondies, d'abord ayant une couleur blanc rose, puis après éclatement de l'épiderme de la plante hôte, elles prennent une couleur brun roux. Ce sont les urédies qui libèrent les urédospores. Elles sont, soit irrégulièrement dispersées, soit formant des cercles concentriques. Lorsque l'attaque est grave, les urédies peuvent couvrir les tiges et même les gousses. Dans ce dernier cas, les pustules sont plus grandes, de forme irrégulière et souvent accompagnées par des crevasses de forme variable qui se creusent dans le tissu de la gousse (Photo 65). En fin de culture, lorsque la fève commence à mûrir et à se dessécher, des pustules brun foncé à noires se forment. Ce sont les télies qui produisent les téliosspores (Photo 65).

Biologie

La rouille de la fève est autoécique et macrocyclique. Son cycle biologique est accompli en totalité sur la fève en passant par tous les stades des spores caractéristiques de la rouille. L'infection primaire est assurée par les téliosspores en conservation, qui en germant libèrent des basidiospores qui infectent la fève. Puis, le champignon passe rapidement par les stades spermaties et écidiospores pour atteindre le stade urédospores qu'on observe sur la plante et qui est le responsable des dégâts causés par la maladie sur les cultures de fève. Egalement, il n'est pas exclu que le mycélium se conserve dans les débris infectés et reprend son activité en produisant des urédospores qui provoquent l'infection primaire. Les infections secondaires sont assurées par les urédospores formées sur la fève en cours de végétation et transportées par le vent sur de grandes distances. En fin de cycle de la culture, le champignon produit les téliosspores pour se conserver. Un temps humide et des températures voisines de 20 °C sont favorables à la maladie qui n'est normalement pas transmise par les semences, sinon marginalement.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, metconazole, tébuconazole.

صورة 64: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Uromyces viciae-fabae*
Photo 64: Urédospores (1) et télisporos (2) d'*Uromyces viciae-fabae*
Photo 64: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Uromyces viciae-fabae*

صورة 65: صدأ الفول
Photo 65: Rouille de la fève
Photo 65: Faba bean rust

ROUILLE DU POIS CHICHE

Le champignon: *Uromyces ciceris-arietini*

U. ciceris-arietini appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliospore). Les urédospores d'*U. ciceris-arietini* sont monocellulaires, globuleuses à ovoïdes, parfois légèrement allongées et ayant une paroi épaisse finement rugueuse. Leurs dimensions sont 17-32 x 13-24 µm (Photo 66). Les téliospores sont monocellulaires, globuleuses à ovoïdes ou légèrement allongées, parfois anguleuses et ayant une paroi épaisse rugueuse. Elles sont souvent munies de pédicelles courts. Leurs dimensions sont 18-30 x 12-24 µm (Photo 66).

Symptomatologie

La rouille du pois chiche, que nous étions les premiers à identifier en Tunisie (Nasraoui* *et al.*, 1997), se caractérise par des pustules brunes qui se forment sur les deux faces des feuilles. Elles sont dispersées irrégulièrement ou disposées en cercles concentriques qui peuvent devenir coalescents. Ces pustules sont les urédies qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 67). En fin du printemps, lorsque le pois chiche commence à mûrir et se dessécher, des pustules noires apparaissent. Ce sont les télies productrices des téliospores (Photo 67).

Biologie

La rouille du pois chiche est autoécique et microcyclique. L'infection primaire est probablement due aux fragments mycéliens conservés dans les débris infectés. Le mycélium actif reprendrait son activité et produirait les urédospores qui assurent l'infection primaire. Les infections secondaires sont assurées par les urédospores produites sur le pois chiche en cours de végétation et transportées par le vent sur de grandes distances. Il semble que les téliospores produites par le champignon pour se conserver ne jouent pas de rôle dans la réalisation de l'infection primaire. Un temps humide avec une température voisine de 20 °C favorisent la maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, metconazole, tébuconazole.

* Nasraoui B., Ganouni H., Achouri A. & Terashima T., 1997 - Une maladie nouvellement observée en Tunisie: La rouille du pois chiche. *Revue de l'INAT*, 12: 145-149.

صورة 66: الأبواغ البوريديّة (1) والتيلية (2) للفطر *Uromyces ciceris-arietini*
Photo 66: Urédospores (1) et télisporés (2) d'*Uromyces ciceris-arietini*
Photo 66: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Uromyces ciceris-arietini*

صورة 67: صدأ الحمص
Photo 67: Rouille du pois chiche
Photo 67: Chickpea rust

ROUILLE DU POIS

Le champignon: *Uromyces pisi-sativi*

U. pisi-sativi appartient au phylum des *Basidiomycota* (champignons produisant des basidiospores) et à la classe des Urédinomycètes (champignons passant par un stade téliosspore). Les urédospores d'*U. pisi-sativi* sont monocellulaires, globuleuses à ellipsoïdes avec une paroi finement rugueuse. Leurs dimensions sont 20-25 x 18-22 µm (Photo 68). Les téliosspores d'*U. pisi-sativi* sont monocellulaires, globuleuses à ellipsoïdes, avec une paroi épaisse lisse. Elles sont prolongées par des pédicelles le plus souvent courts. Leurs dimensions sont 20-28 x 17-20 µm (Photo 68).

Symptomatologie

Observée sur pois, cette maladie se caractérise par la formation sur les feuilles d'un nombre élevé de petites pustules souvent arrondies, parfois allongées de couleur brun roux. Ce sont les urédies qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme de la plante hôte (Photo 69). En fin de culture, lorsque le pois commence à mûrir et se dessécher, des pustules brun noir comparables aux urédies apparaissent. Ce sont les télies productrices des téliosspores (Photo 69).

Biologie

La rouille du pois est hétéroécique et macrocyclique. Le stade écidien d'*U. pisi-sativi* infecte différentes espèces végétales du genre *Euphorbia*, comme hôte secondaire. Les écidiospores libérées à partir de l'hôte secondaire et transportées par le vent, assurent l'infection primaire du pois comme hôte principal. Les infections secondaires du pois en cours de végétation sont dues aux urédospores libérées à partir des plantes infectées, et transportées par le vent sur de grandes distances. Les téliosspores sont produites par le champignon pour se conserver. Au printemps suivant, les téliosspores germent et libèrent des basidiospores capables d'infecter l'hôte secondaire. Après un stade de spermaties, le champignon produit sur l'hôte secondaire des écidiospores qui infectent le pois. Des températures voisines de 20 °C et une humidité élevée favorisent cette maladie qui n'est pas transmise par les semences.

Lutte chimique

Traitement foliaire: Traiter avec des fongicides à base d'azoxystrobine, cyproconazole, metconazole, tébuconazole.

صورة 68: الأبواغ اليوريدية (1) والتيلية (2) للفطر *Uromyces pisi-sativi*
Photo 68: Urédospores (1) et téliospores (2) d'*Uromyces pisi-sativi*
Photo 68: Urediospores (1) and teliospores (2) of *Uromyces pisi-sativi*

صورة 69: صدأ الجلبان (البازلاء)
Photo 69: Rouille du pois
Photo 69: Pea rust

