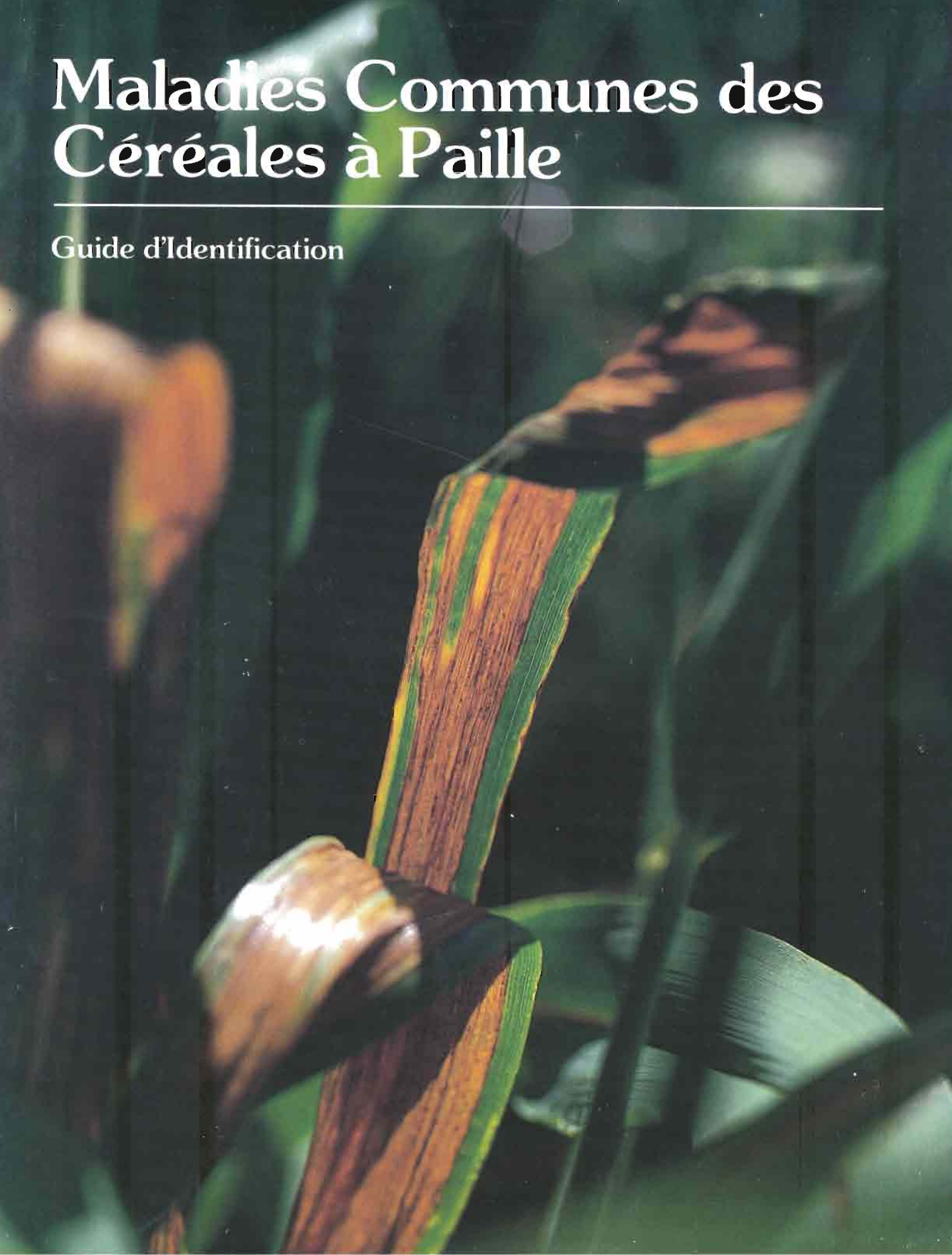


Maladies Communes des Céréales à Paille

Guide d'Identification

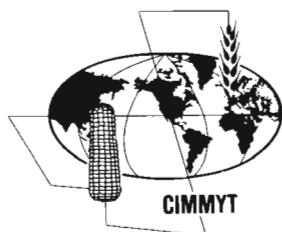


Maladies Communes des céréales à paille

Guide d'identification

F.J. Zillinsky

Traduit de l'anglais
par Réal-L. Pelletier
Macdonald College of
McGill University



CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
CENTRE INTERNATIONAL POUR L'AMELIORATION DU MAIS ET DU BLE
Londres 40, Apdo. Postal 6-641, 06600, México, D.F., México

Cette publication a été subventionnée, selon les conditions régissant les entreprises spéciales, par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), la Fondation Rockefeller, et l'Australian Development Assistance Bureau (ADAB).

Couverture: Rayure bactérienne provoquée par *Xanthomas translucens* sur orge (photo: S. Fuentes).

Maquette de la couverture: Anita Albert

Remerciements

Ce livre est le résultat des efforts fournis par plusieurs personnes, comme c'est généralement le cas pour toute publication importante. Je dois beaucoup à mes collaborateurs, et je leur suis très reconnaissant de leur contribution. Je les nomme ici sans ordre particulier.

Je tiens en premier lieu à remercier les lecteurs de mon manuscrit pour les commentaires et les renseignements qu'ils m'ont donnés. Je remercie donc: M.R.J. Metzger, Oregon State University (USA) qui fut ma source principale d'information sur le charbon nu, le charbon des feuilles, la carie, la carie naine et d'autres maladies des céréales d'hiver; M.M.B. Moore, professeur émérite, University of Minnesota (USA), pour sa critique constructive et ses photographies; M.H.J. Dubin, CIMMYT, qui m'a donné beaucoup d'informations sur les agents pathogènes, plus particulièrement sur ceux répandus dans la région des Andes de l'Amérique du Sud; M.P.A. Burnett, CIMMYT, pour la révision du chapitre sur les viroses et les mycoplasmoses et pour son aide pour l'obtention de photographies; M.M.V. Wiese, University of Idaho (USA) et auteur du *Compendium of Wheat Diseases* (APS, 1977) pour la révision soignée de mon manuscrit et la permission d'utiliser sans restriction le *Compendium* comme source de renseignements; S. Fuentes et M.E.T. Torres, CIMMYT, pour ses suggestions et la mise au point de la traduction en langue espagnole; M. Réal-L. Pelletier, McGill University (Canada) pour sa révision minutieuse, la traduction et la mise au point de la version française.

Je remercie tout particulièrement les personnes suivantes: M.J.M. Walker, CMI (Kew, Angleterre) pour les informations, les références bibliographiques et pour avoir bien voulu m'aider en Afrique de l'Est et au Mexique à identifier les maladies du blé, du triticales et de l'orge; Lucy Gilchrist, phytopathologiste, Temuco, Chili, pour avoir mis à ma disposition les résultats de ses recherches sur les fusarioses, la tache helminthosporienne (tan spot) du blé et la striure virale

Free State; Señora Haydeé Barreir de Villalpando, qui a institué, puis inlassablement tenu à jour le fichier des observations sur les maladies et des photographies.

Ce guide n'aurait pas pu être réalisé sans la contribution financière du Programme pour le Développement des Nations Unies (PNUD), la Fondation Rockefeller et l'Australian Development Assistance Bureau (ADAB). Je suis très reconnaissant de l'appui enthousiaste qu'ils ont sans cesse apporté à cette entreprise. Je désire aussi remercier M. Clive James, sous-directeur général à la recherche, CIMMYT, pour avoir réussi à trouver les fonds nécessaires, et avoir collaboré à la conceptualisation de cet ouvrage.

Tout le personnel du Service de l'Information de CIMMYT, sous la direction de M. Christopher Dowswell, nous a apporté son précieux concours. Je remercie vivement M. Tiffin Harris pour sa contribution à la rédaction et au dessin de la maquette; Lucy Gilchrist et Lilian Ma. Grajales, pour la traduction en espagnol; Maricela A. de Ramos et Silvia Bistrain R., pour leur patience et leur concours à la composition des nombreux brouillons; Anita Albert, de l'Iowa State University, expert-conseil en design des publications, pour ses suggestions de dernière minute au sujet de la maquette de la mise-en-page qui ont amélioré l'aspect et l'utilité du livre; Miguel Mellado, sans le travail duquel ce livre n'aurait pu être présenté à l'imprimeur. Je remercie aussi M. Armon Roschen de Viking Press, Inc., pour sa participation au parachèvement de cet ouvrage.

Un dernier témoignage personnel, qui aurait pu être le premier, sera pour mon épouse, Hilda, qui par ses encouragements et sa confiance en moi tout au long des années m'a permis de poursuivre ma carrière partout où elle m'amenait. C'est à elle que je dédie ce livre.

M. Frank Zillinsky



Préface

M. Frank Zillinsky s'est joint au CIMMYT en décembre 1967. Il quittait pour cela la Station de Recherche Agricole d'Ottawa, où pendant presque 17 ans il avait été employé par le Département de l'Agriculture au Canada à titre de Spécialiste des Céréales. Au CIMMYT, il acceptait les responsabilités de leader du Programme de l'Amélioration du Triticale. Il a rempli cette fonction jusqu'à sa retraite en juillet 1982. Sous sa direction, le matériel génétique relatif au triticale a été amélioré très rapidement et d'une curiosité biologique (ou presque) qu'il était, le triticale est devenu une céréale sur le point d'être cultivée commercialement dans plusieurs régions. Cette réussite à elle seule aurait satisfait la plupart des chercheurs en agriculture, mais Frank ne s'est pas arrêté là.

Frank n'avait pas reçu la formation d'un pathologiste spécialiste des céréales, mais par ses fonctions, il avait souvent à identifier les maladies qui affectaient les céréales à paille. C'est avec l'enthousiasme qui le caractérise que Frank pendant ses loisirs chercha à acquérir la compétence nécessaire. Mais à sa grande déception, il ne trouva aucun ouvrage qui répondait à ses besoins, qui étaient ceux d'un sélectionneur devant identifier les maladies affectant les cultures travaillées.



Dr. Frank Zillinsky

(Page en regard): Grain de triticale (blé x seigle)

Frank coopéra étroitement pendant plusieurs années avec les phytopathologistes céréaliers du monde entier. Il cherchait, observait et ainsi accumulait des milliers d'observations personnelles et de photos. Environ neuf mois avant la date de sa retraite du CIMMYT, Norman Borlaug faisait remarquer que des centaines de chercheurs agricoles dans les pays en voie de développement et ailleurs pourraient bénéficier d'un livre tel que celui que Frank avait jadis cherché en vain. N. Borlaug voyait alors en Frank la personne la plus qualifiée pour réaliser un tel livre. C'est ainsi que ce guide a été conçu. Il fut élaboré surtout grâce aux connaissances et à la collection de photos de Frank, mais aussi à celles de ses amis et collègues du monde entier.

Les maladies des plantes constituent probablement le plus sérieux obstacle à l'accroissement de la production mondiale des céréales à paille pour cette décennie et les années à venir. C'est pour cette raison que le CIMMYT considère comme prioritaire l'amélioration génétique de la résistance du blé, du triticale et de l'orge à plusieurs maladies, et encourage les programmes nationaux des pays en voie de développement à faire de même. En fait, l'essentiel de la stratégie du CIMMYT pour l'amélioration du blé consiste en des essais dans plusieurs régions et en une collaboration avec le personnel des programmes nationaux pour l'évaluation du matériel génétique. En outre, plusieurs pays en voie de développement possèdent maintenant des programmes avancés d'amélioration des plantes qui contribuent considérablement à l'accroissement de la résistance aux maladies.

La réussite de cette entreprise dépend de la coopération entre les programmes nationaux et le CIMMYT, et du libre échange de matériel génétique et des résultats des essais. Il est essentiel que nous ayons des données précises sur la nature des maladies, sur les cultivars résistants ainsi que sur la gravité des attaques. Alors il deviendra possible d'établir des objectifs utiles et des plans de croisement efficaces. Ce guide veut répondre au problème que pose l'identification exacte des maladies. Nous croyons fermement que ce guide comble un vide dans la bibliographie phytopathologique et qu'il sera utile à des milliers de chercheurs agricoles dans le monde entier. C'est une réalisation admirable qui couronne bien la remarquable carrière de Frank, et qui est peut-être la plus importante publication élaborée récemment par le Programme d'Amélioration du Blé au CIMMYT.

Byrd C. Curtis
Directeur, Programme d'Amélioration
du Blé – CIMMYT.

Table des matières

- 1 **Introduction**
- 1 Objectifs et sujet du guide
- 2 Techniques et matériel utilisés sur le terrain et au laboratoire
- 2 Récolte et conservation des échantillons
- 6 Préparation des échantillons pour le laboratoire

- 8 **Groupes de maladies et leurs symptômes généraux**

- 11 **Les rouilles**
- 13 Rouille noire (*Puccinia graminis*)
- 15 Rouille brune des feuilles du blé (*Puccinia recondita*)
- 16 Rouille naine des feuilles de l'orge (*Puccinia hordei*)
- 17 Rouille jaune (striée) (*Puccinia striiformis*)
- 18 Rouille couronnée de l'avoine (*Puccinia coronata*)
- 19 Parasite des rouilles (*Darluca filum*; syn. *Sphaerellopsis filum* – Forme parfaite: *Eudarluca australis*)

- 21 **Helminthosporioses**
- 24 Helminthosporiose (*Helminthosporium sativum*; syn. *Bipolaris sorokiniana*; syn. *H. sorokiniana* – Forme parfaite: *Cochliobolus sativus*)
- 26 Tache helminthosporienne (*H. tritici-repentis*; syn. *Drechslera tritici-repentis* – Forme parfaite: *Pyrenophora tritici-repentis*)
- 28 Tache helminthosporienne de l'avoine (*H. avenae*; syn. *Drechslera avenae* – Forme parfaite: *Pyrenophora avenae*)
- 29 Rayure réticulée (*H. teres*; syn. *Drechslera teres* – Forme parfaite: *Pyrenophora teres*)
- 30 Strie foliaire de l'orge (*H. gramineum*; syn. *Drechslera gramineum* – Forme parfaite: *Pyrenophora graminea*)
- 32 Tache zonée (*H. giganteum*; syn. *Drechslera gigantea*)
- 34 Helminthosporiose et piétin helminthosporien des céréales (*H. spiciferum*; syn. *Bipolaris spicifera* – Forme parfaite: *Cochliobolus spicifera*)

- 35 **Septorioses et simili-septorioses**
- 39 Tache septorienne (*Septoria tritici* – Forme parfaite: *Mycosphaerella graminicola*)
- 41 Tache septorienne des glumes (*S. nodorum* – Forme parfaite: *Leptosphaeria nodorum*)
- 43 Tache septorienne des feuilles d'avoine, de blé et de triticales (*S. avenae* – Forme parfaite: *Leptosphaeria avenaria*)
- 45 Tache septorienne des feuilles de l'orge (*S. passerinii*)
- 46 Tache ascochytiqne (*Ascochyta graminicola*)
- 47 Tache phaeoseptorienne (*Phaeoseptoria vermiformis*)

49 Charbons et caries

- 51 Charbons nus et charbons couverts (Les *Ustilago*)
- 51 Charbon nu de l'orge et du blé [*U. nuda* (*U. tritici*)]
- 53 Faux charbon nu de l'orge et de l'avoine [*U. nigra* (*U. avenae*)]
- 54 Charbon couvert (vêtu) de l'orge et de l'avoine [*U. hordei* (*U. kolleri*)]
- 55 Carie commune et carie naine (Les *Tilletia*)
- 57 Carie de Karnal (*Neovossia indica*; syn. *Tilletia indica*)
- 58 Charbon des feuilles (*Urocystis agropyri*)

59 Fusarioses

- 63 Gale et piétin fusarien (Les *Fusarium*)
- 63 *Fusarium graminearum* – Forme parfaite: *Gibberella zeae*
- 64 *Fusarium culmorum*
- 65 *Fusarium avenaceum* – Forme parfaite: *Gibberella avenacea*
- 66 *Fusarium equiseti* – Forme parfaite: *Gibberella intricans*
- 67 Tache fusarienne des feuilles et moisissure des neiges (*F. nivale* – Forme parfaite: *Monographella nivalis*)

71 Diverses maladies de la racine et du collet

- 74 Strie céphalosporienne (*Cephalosporium gramineum*; syn. *Hymenula cerealis*)
- 75 Piétin-échaudage (épis blanc) (*Gaeumannomyces graminis*; originalement: *Ophiobolus graminis*)
- 77 Piétin-verse (*Pseudocercospora herpotrichoides*)
- 78 Flétrissement sclérotique (*Sclerotium rolfsii*)
- 80 Anthracnose (*Colletotrichum graminicola*)
- 81 Mildiou (*Sclerophthora macrospora*)

83 Diverses maladies de la feuille et de l'épi

- 85 Oïdum (Blanc) (*Erysiphe graminis*)
- 87 Tache pâle (*Rhynchosporium secalis*)
- 88 Tache cercosporéenne (*Cercospora apii*)
- 89 Ergot (*Claviceps purpurea*)

91 Champignons saprophytes ou parasites de faiblesse

- 91 Les *Alternaria*
- 93 *Stemphylium botryosum*
- 94 Les *Cladosporium*
- 95 Les *Pleospora*
- 96 Les *Torula*
- 96 Les *Phoma*
- 98 *Epicoccum nigrum*
- 99 *Cercosporidium graminis*

-
- 101 **Bactérioses**
- 102 Rayure bactérienne ou Glume noire (*Xanthomonas translucens*)
- 104 Bactériose des glumes (*Pseudomonas atrofaciens*)
- 105 Tache aréolée de l'avoine (*P. coronafaciens*)
- 106 Brûlure bactérienne de l'épi (*Corynebacterium tritici*)
- 107 Brûlure bactérienne des feuilles (*P. syringae*)
- 109 **Viroses et mycoplasmoses**
- 110 **Viroses transmises par les pucerons**
- 110 Jaunisse nanisante de l'orge
- 111 Rayure virale Free State
- 112 Autres viroses transmises par les pucerons
- 113 **Viroses transmises par les cicadelles**
- 113 Striure virale américaine du blé
- 113 Mosaïque striée chloroïs (striure virale australienne du blé)
- 113 Mosaïque russe du blé
- 114 Enanismo de Nariño (Nanisme des céréales)
- 114 Jaunisse des asters (Aster yellows)
- 116 **Viroses transmises par les fulgoridés**
- 116 Hoja blanca du riz
- 116 Bigarrure virable africaine des céréales
- 117 Mosaïque striée européenne du blé
- 117 Autres viroses transmises par les fulgoridés
- 118 **Viroses transmises par les acariens**
- 118 Mosaïque striée du blé
- 119 Mosaïque de l'agropyron et mosaïque du ray-grass
- 119 Mosaïque tachetée du blé
- 120 **Viroses transmises par le sol**
- 120 Mosaïque du blé transmise par le sol
- 120 Filosité-bigarrure du blé
- 121 **Viroses transmises par la semence**
- 121 Mosaïque striée de l'orge
- 121 Mosaïque de l'orge

123 Dégâts causés par les nématodes et autres ravageurs

123 Nématodes (anguillules)

125 Insectes

129 Oiseaux et mammifères

131 Anomalies physiologiques et génétiques

134 Carences en éléments minéraux et stress provoqués par l'environnement

135 pH du sol

136 Toxicité du sol

136 Sécheresse

137 Excès d'humidité du sol

137 Dégâts dûs aux pesticides et aux engrais

138 Dégâts dûs au gel et à la grêle

139 Glossaire et références bibliographiques choisies



Introduction

L'objectif principal de ce guide est de faciliter l'identification des maladies des céréales et des pathogènes qui les provoquent. Ce guide ne cherche pas à constituer une référence bibliographique qui ferait autorité sur les maladies, ni à présenter des renseignements nouveaux sur les maladies et les techniques de diagnostic. Il est principalement destiné aux sélectionneurs céréaliers, aux agronomes, et aux jeunes scientifiques, surtout à ceux des pays en voie de développement auxquels on demande d'identifier les maladies, de noter les résultats d'essais, de sélectionner les plantes résistantes aux maladies dans les populations qui manifestent la ségrégation, et de vérifier les symptômes diagnostiques.

Dans beaucoup de stations de recherche des pays en voie de développement, la responsabilité d'évaluer la résistance aux maladies et de réaliser la sélection des plantes est assumée par les sélectionneurs, les phytotechniciens de la production et leurs auxiliaires. La plupart d'entre eux connaissent bien les maladies les plus évidentes, telles les rouilles, les charbons et les oïdiums. A cet égard, ils sont sûrs que les données qu'ils soumettent sont exactes, mais ils le sont moins de leur identification des piétins, des brûlures des épis et des feuilles. Ce guide est un auxiliaire à l'usage des sélectionneurs désireux d'approfondir leurs connaissances pour atténuer leurs hésitations dans leur rôle de clinicien.

Les maladies du blé tendre, du blé dur, de l'orge, et du triticale constituent le principal sujet de ce guide. Le triticale est maintenant sur le point d'être commercialisé dans certains pays comme aliment pour l'homme et le bétail et sa production semble destinée à augmenter. Etant donné que le triticale est une nouvelle plante cultivée, il y a peu de publications sur les dégâts que certaines maladies lui causent. Des observations importantes récoltées par le personnel du CIMMYT et des programmes nationaux sur les maladies du triticale se retrouvent dans ce guide.

L'utilisation de ce guide ne fait appel qu'à des techniques simples mais néanmoins utiles pour l'identification de plusieurs des pathogènes responsables des maladies les plus communes des céréales et des saprophytes qui les accompagnent. Nous n'ignorons pas que pour certains pathogènes, tels ceux provoquant les piétins et les viroses un diagnostic précis requiert des techniques plus complexes. Il existe plusieurs excellents ouvrages pour ceux qui désirent approfondir leurs connaissances des maladies des plantes. Comme point de départ, sont recommandés le *Compendium of Wheat Diseases* (1977) et le *Compendium of Barley Diseases* (1982) publiés par l'American Phytopathological Society.

Les noms de genre et d'espèce les plus courants sont employés dans la présente publication afin de minimiser la confusion qui existe actuellement dans la taxonomie des champignons, des bactéries et des virus. Les noms des formes parfaites ou stades sexués sont donnés dans des notes au bas de la page. Dans les cas où la forme parfaite joue un rôle important dans l'initiation, la propagation, et l'identification de la maladie, elle est traitée plus en détail.

Les microorganismes autant que les plantes supérieures sont sujets à beaucoup de variations naturelles. Jadis, les mycologues avaient tendance à considérer comme des espèces différentes, des souches qui ne différaient que par des traits morphologiques mineurs ou par leur pouvoir pathogène pour des hôtes différents. Les scientifiques qui ont réalisé l'ampleur de la variabilité naturelle tendent maintenant à réduire le nombre d'espèces. Cette tendance est loin de déplaire aux non taxonomistes.

Techniques et matériels utilisés sur le terrain et au laboratoire

Plusieurs chercheurs céréaliers qui de part leur fonction doivent s'intéresser aux maladies connaissent peu ou pas les techniques de laboratoires utilisées couramment par les phytopathologistes et les mycologistes. Pour cette raison, quelques techniques et matériels à la portée des chercheurs et des techniciens sont exposés ici. Lorsque les méthodes décrites ici ne peuvent mener à un diagnostic sûr, on conseille de consulter un pathologiste qualifié.

Récolte et conservation des échantillons

La récolte d'échantillons de plantes ou de parties de plantes malades devient nécessaire lorsque l'identification du pathogène requiert des examens au laboratoire. Ces échantillons peuvent aussi être conservés en fichier pour plus tard servir de référence, ou de point de comparaison, étant donné que les symptômes se transforment au cours du développement de la maladie et de la plante-hôte.

Les symptômes sont plus typiques et l'agent causal plus facilement identifiable lorsque l'échantillon est recueilli pendant la phase de développement actif de la maladie. Avec le temps, la nécrose s'amplifie et d'autres organismes (parasites et saprophytes) envahissent les tissus affaiblis ou endommagés par le pathogène primaire. Ceci complique beaucoup l'identification du pathogène primaire.

Les échantillons une fois recueillis doivent être séchés et pressés à plat aussitôt que possible. Nous suggérons deux façons de conserver les échantillons. Le choix dépendra de la nature de la référence et de la quantité d'information que le chercheur veut conserver.

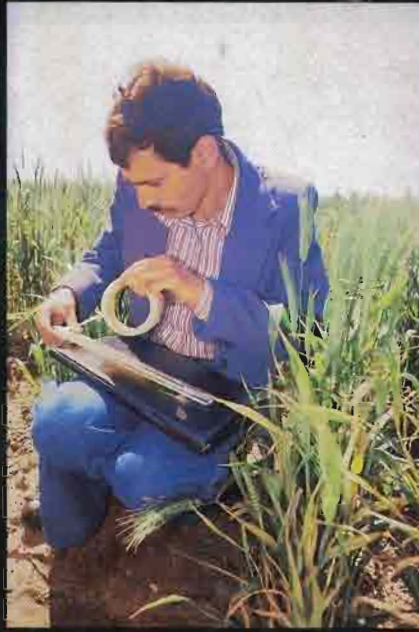
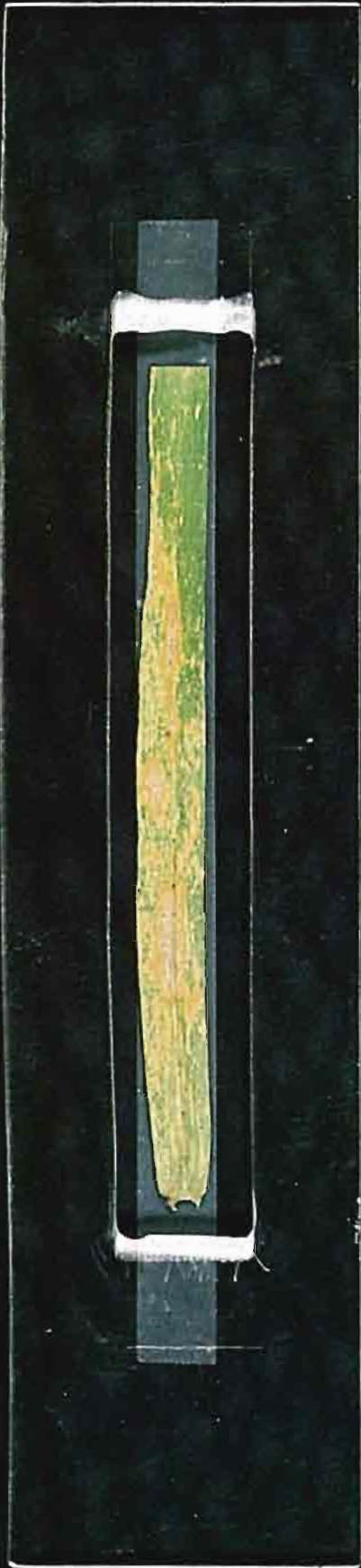
Ruban adhésif transparent. Les parties minces des plantes, tels les feuilles, les segments de tiges, les semences et les épillets peuvent être enfermés entre deux bouts de ruban adhésif transparent (Scotch). Placé ainsi dans un classeur à l'abri des rayons solaires, l'échantillon gardera sa couleur et sa forme pendant au moins dix ans. L'échantillon doit être bien sec et pressé bien à plat pour que les symptômes soient bien visibles.

La Figure 2 fait voir un outil utile et de construction facile qui rend l'assemblage des sandwiches d'échantillons très aisé. L'outil est un cadre fait de matière plastique transparente et qui mesure environ 10 cm de large et 30 cm de long. Au centre, une fenêtre 3 cm de large et 20 cm de long a été pratiquée. Le cadre tient l'échantillon plat pendant qu'on applique le ruban sur une face de la feuille puis sur l'autre. Les informations les plus pertinentes au sujet de l'échantillon, telle l'identité de la plante, de l'échantillon, de la pépinière, et la date de récolte peuvent être inscrites directement sur le ruban.

Les observations recueillies sur le terrain ainsi que les renseignements inscrits sur le ruban qui enveloppe l'échantillon doivent être consignés sur les pages d'un dossier permanent (voir figure 3). De cette manière on évitera les erreurs qui pourraient se glisser, surtout lorsque plusieurs échantillons de la même sorte de plante sont récoltés au même endroit. Les observations faites sur le terrain doivent être aussi exhaustives que possible en prévision de l'apparition ultérieure d'autres maladies sur les mêmes plantes au même endroit. Les examens au laboratoire peuvent être réalisés plus tard pour vérifier l'identité des pathogènes.

Enveloppe de papier cristallin (Glassine). Les échantillons de plantes ou de parties de plantes peuvent être conservés dans des enveloppes de papier cristallin ("Glassine"). Ces enveloppes permettent aux échantillons de sécher rapidement et par conséquent de ne point être endommagés par l'humidité. Un genre d'enveloppe très utile est celui qui a été conçu pour la pollinisation manuelle du maïs (voir Figure 4). Toutes les observations pertinentes faites sur le terrain peuvent être inscrites sur l'enveloppe, soit au crayon ou au stylo à encre permanente. Cette méthode a de plus l'avantage de permettre la conservation de plusieurs échantillons similaires dans la même enveloppe. Les feuilles placées dans ces enveloppes doivent avoir été bien séchées à plat, sinon elles s'enrouleront et deviendront cassantes.

Figure 2. Cadre de matière plastique utilisé pour tenir en place les parties minces des plantes pendant qu'on les recouvre d'un ruban adhésif transparent, sur une face puis sur l'autre (Photos sur le terrain: C. Dowswell).



PLANT DISEASE COLLECTIONS

Sample number: B 81-48

Crop and variety or plot no.: TRITICALE, MERINO S-1481

Date collected: 19 SEPT. 1981

Nursery or location: EI BATAN, MEXICO

Field observations when collected:

- LARGE GRAYISH TO STRAW COLORED BLOTCHES, OVAL TO ELONGATE IN SHAPE, ON LOWER LEAVES
- NO BLOTCHING OR LESIONS ON UPPER LEAVES
- NO APPARENT STRESS TO PLANTS. NORMAL RIPENING, SPIKES CLEAN, GRAIN PLUMP

Laboratory observations:

Under low magnification, dry: CENTERS OF DISEASE LESIONS COVERED WITH DARK SUPERFICIAL FRUITING STRUCTURES

Under low magnification, in petri dish: BLACK SHINY CONIDIA AND DARK BROWN CONIDIOPHORES DEVELOPING ACROSS WHOLE AREA OF LESION

Under high magnification on slides: CONIDIA OLIVE BROWN, 5-7 CONSPICUOUS SEPTA, 60-100 μ m x 15-22 μ m, THICK WALLS, CYLINDRICAL WITH ROUNDED ENDS

Disease identity:

SPOT BLOTCH
(H. SATIVUM)



References: "GRAMINICOLOROUS SPECIES OF HELMINTHOSPORIUM"
JOUR. OF AGRIC. RESEARCH, 24: pp. 640-740
C. DRESCHLER, 1923

Remarks:

NO FOOT ROT OR DISEASED NODES

Sample



Figure 3. Page en regard. Quand les échantillons sont récoltés dans le champ, les pages d'un dossier permanent, telles celles illustrées ici devraient être utilisées pour y inscrire les observations. L'identité de l'agent pathogène pourra être vérifiée postérieurement par des examens en laboratoire.

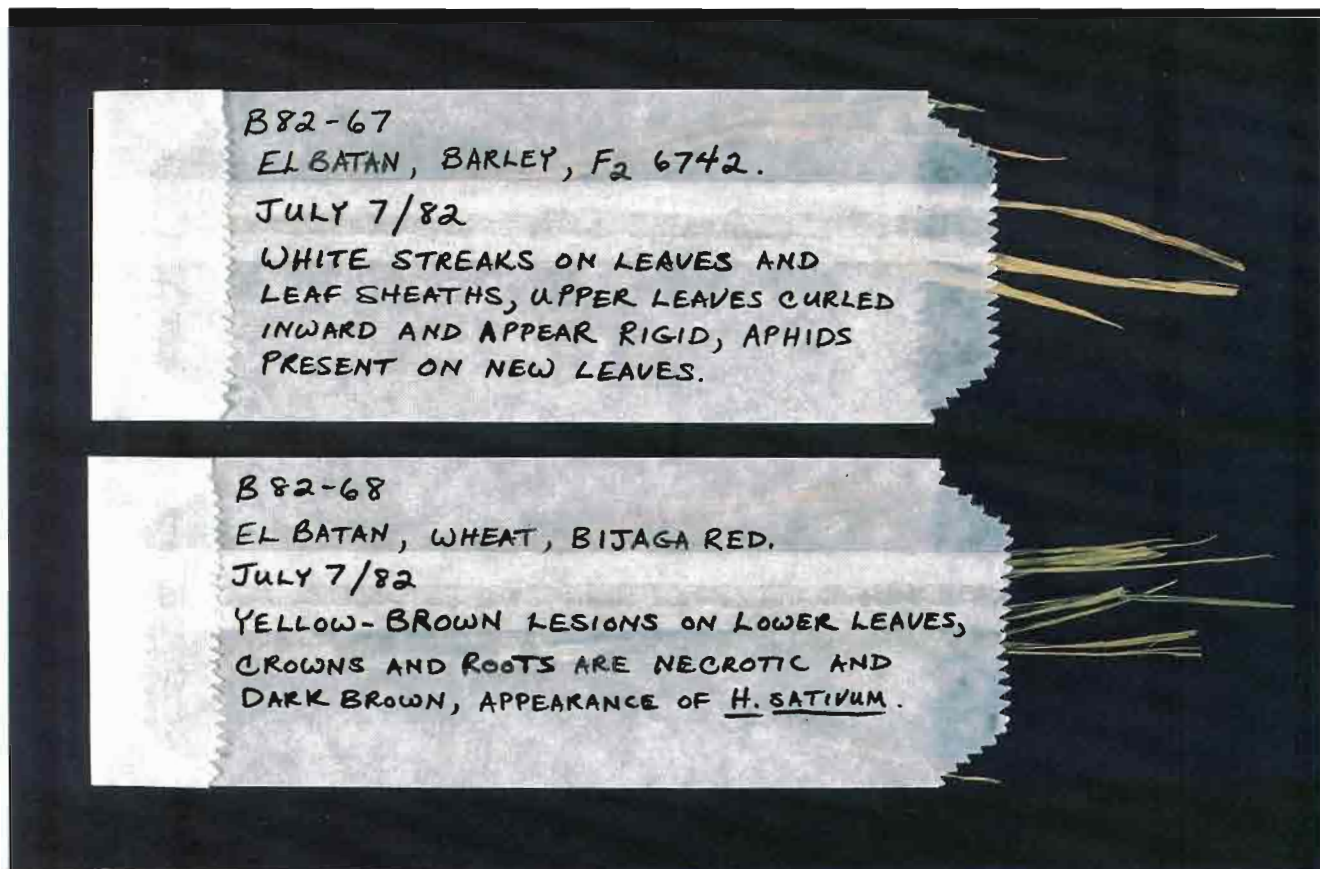


Figure 4. Des enveloppes de papier cristallin ("Glassine") peuvent être utilisées efficacement pour conserver les échantillons de plantes malades. Ces enveloppes permettent aux échantillons de sécher rapidement (les feuilles doivent être préalablement pressées à plat) et ainsi de ne pas être abimées par l'humidité.

Préparation des échantillons pour le laboratoire

Les microscopes à plusieurs grossissements sont les appareils les plus importants pour les examens en laboratoire. La meilleure combinaison consiste en une loupe binoculaire qui donne au maximum un grossissement de 50X, et un microscope qui donne des grossissements de 40X à 400X. Le chercheur aura besoin aussi de boîtes de Petri (celles en plastique sont satisfaisantes), de papier filtre, d'aiguilles à disséquer, de ciseaux, d'un scalpel, de pincettes, d'une bouteille à compte-gouttes, de lames porte-objets et de lamelles couvre-objets (Figure 5).

Techniques: Ici comme ailleurs l'accent est placé sur la simplicité et la facilité d'exécution. Les techniques, telles la teinture des tissus, la stérilisation des milieux de culture, l'isolation sur milieu de culture, et la reproduction de la maladie sur des plantes indemnes sont très utiles, mais débordent les limites de ce guide. Les chercheurs qui doivent employer ces techniques plus compliquées se référeront au *Herbarium Handbook* publié par le Commonwealth Mycological Institute, Kew, Angleterre (1960).

Des échantillons propres et présentant des symptômes sont coupés en fragments qui peuvent entrer dans une boîte de Petri. L'identité de l'échantillon est inscrite sur un papier filtre sec qui a été auparavant déposé sur le fond de la boîte (Figure 6a). Juste assez d'eau est versée sur le papier pour l'humecter complètement, mais sans qu'il y ait de surplus non absorbé (Figure 6b). Les boîtes sont ensuite enfermées dans des sacs en plastique pour ainsi empêcher qu'elles se dessèchent durant la période d'incubation (Figure 6c). Les échantillons devront être incubés pendant 24 à 48 heures à la température ambiante. Les échantillons des parties du végétal près ou dans le sol devront être bien lavés avant d'être déposés dans les boîtes. Le nombre des organismes qui polluent la surface du végétal sera réduit au moyen d'une stérilisation de surface par une solution d'hypochlorite de sodium ou de l'eau de Javel (solution de 1 pourcent pendant 1 à 5 minutes), suivie d'un rinçage à l'eau stérile.



Figure 5. Le matériel nécessaire pour procéder à des examens en laboratoire comprend la loupe binoculaire, le microscope, les boîtes de Petri, le papier filtre, les pincettes, les aiguilles, le scalpel, une bouteille à compte-gouttes, des lames porte-objets et des lamelles couvre-objets.

Les champignons pathogènes des céréales sporuleront en moins de 48 heures sur des tissus frais ou séchés (Figure 6d). Les exceptions les plus notables sont les champignons qui produisent des spores sexuées (la forme parfaite) qui demandent plus de temps à atteindre la maturité. Certains ascomycètes n'auront besoin que d'une à deux semaines, exposés à des taux d'humidité moyens, ou à des périodes alternées de sécheresse et d'humidité. Par contre d'autres champignons ne sporuleront qu'à la suite de longues périodes d'exposition aux intempéries.

Les échantillons doivent être examinés au plus 48 heures après le début de l'incubation, autrement la croissance des saprophytes ou parasites de faiblesse masquera le pathogène primaire. Les fructifications sont examinées et, avec la pratique, peuvent être identifiées sous la loupe à de faibles grossissements (de 5X à 50X). Les spores ou les appareils qui les engendrent peuvent être cueillis ou raclés de la surface du végétal et dispersés dans une goutte d'eau sur une lame porte-objet. Il faut alors déposer doucement une lamelle couvre-objet sur la goutte d'eau pour ne pas emprisonner de bulles d'air. Il est alors possible d'examiner la préparation à des forts grossissements. Les dimensions des spores et certaines autres caractéristiques pourront être

examinées au moyen d'un micromètre oculaire. Cependant, l'expérience aidant, il est possible d'évaluer les dimensions approximatives des spores au microscope dépourvu de micromètre et ainsi identifier les pathogènes à de faibles grossissements.

N. B. La plupart des microphotographies de spores ont été prises au grossissement de 10 X 40 (400 fois de grandeur réelle). Ces microphotos ont été agrandies de 250 pour cent par l'imprimerie. Il en résulte que le grossissement des illustrations est de 10 X 40 X 2,5 (1000 fois la grandeur réelle). Quant aux photos en gros plan des conidiophores, etc., qui ont été prises à 50X, le grossissement de l'illustration est 50X2,5 (125 fois la grandeur réelle). Le grossissement utilisé pour prendre la photo est donné dans la légende de l'illustration. Il suffit de multiplier ce grossissement par 2,5 pour obtenir le grossissement de l'illustration.



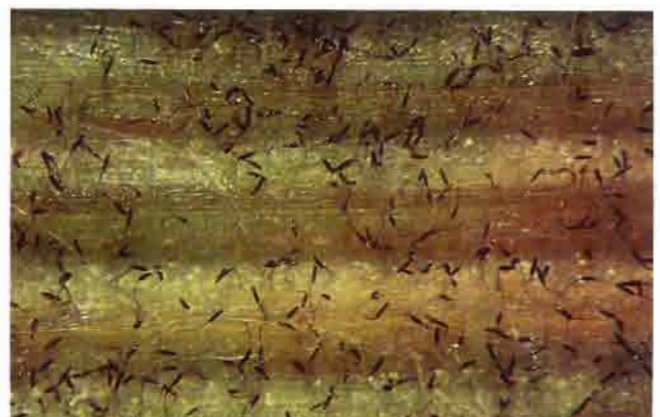
Figure 6(a). Les feuilles infectées sont d'abord coupées pour qu'elles puissent entrer dans la boîte de Petri...



... (c) l'échantillon est incubé pendant 24 à 48 heures à la température ambiante dans un sac de plastique qui sert de chambre humide...



... (b) le papier filtre est alors humecté et l'excès d'eau vidé...



... (d) et ordinairement en moins de 48 heures, les champignons pathogènes produiront des fructifications. On voit ci-dessus les fructifications de *Helminthosporium sativum*.

Groupes des maladies et leurs symptômes généraux

Les maladies dans ce guide sont groupées principalement selon les ressemblances taxonomiques ou morphologiques des pathogènes. Les maladies provoquées par des champignons qui n'appartiennent pas aux groupes principaux sont placées arbitrairement dans le groupe de Maladies Diverses. Celles-ci comportent deux sous-groupes: les maladies qui se manifestent surtout sur la partie supérieure de la plante et celles qui attaquent la plante à la base. Quelques champignons saprophytes ou parasites de faiblesse ubiquistes sont aussi inclus, non à cause de leur importance pathogénique, mais pour aider le chercheur à les distinguer des pathogènes primaires. Quelques affections communes, mais non infectieuses sont décrites brièvement dans le chapitre qui traite des dégâts causés par des nématodes et d'autres ravageurs, et des stress physiologiques, de nutrition et environnementaux.

Groupe de maladies	Symptômes	Page
Les rouilles	Des pustules (urédosores) saillantes et bien distinctes, jaune orange à rouge foncé, apparaissent sur le limbe et la gaine des feuilles, la tige et les glumes. Ces pustules libèrent des spores colorées, en masses pulvérulentes. Des téleospores sous-épidermiques ou à découvert sont parfois produites durant la maturation de la plante.	10-19
Helminthosporioses	Piétins, taches, bigarrures, stries foliaires, brûlure des semis et des épis sont les principaux aspects que prennent les helminthosporioses provoquées par les <i>Helminthosporium</i> . Les critères utilisés pour distinguer les différentes espèces d' <i>Helminthosporium</i> sont le type de fructifications qu'elles produisent et les traits morphologiques des spores. Les conidiophores et les conidies qui forment des colonies sur la surface de la plante naissent d'un mycélium foncé à l'intérieur ou à la surface des tissus. Les conidies sont multicellulaires, lisses, de couleur pâle à foncée, en général cylindriques, et fréquemment possèdent une cicatrice foncée sur la cellule basale.	20-34
Septorioses et simili-septorioses	Bigarrures foliaires dans lesquelles apparaissent des petits corps foncés (pycnides). Par temps humide, les pycnides suintent des masses de spores incolores, filiformes et cloisonnées.	35-47
Charbons et caries	Les fleurs et/ou les grains sont remplacés par des masses charbonneuses de spores. Ces masses peuvent être poudreuses, recouvertes d'une membrane grisâtre ou prendre la forme des grains qu'elles ont remplacés. D'autres charbons forment des masses de spores noires dans les tissus du limbe et de la gaine des feuilles, et parfois de la tige.	48-58
Fusarioses	Gale, piétin et moisissure des neiges sont les principales maladies causées par les <i>Fusarium</i> . Ces champignons se reconnaissent le plus facilement par les accumulations de spores colorées et le feutrage mycélien de couleur blanche, rose, pêche à rouge à la surface des tissus infectés. <i>Fusarium nivale</i> peut aussi provoquer des bigarrures foliaires gris brunâtre.	59-69
Diverses maladies de la racine et du collet	La pourriture ou une pigmentation anormale de la racine et du collet, la présence de mycélium foncé et/ou de taches ocellées sur les entrenœuds basaux, des épis blancs ou stériles, ainsi que la verse sont souvent reliés aux pourritures des racines. Parmi les symptômes des autres maladies de ce groupe, on retrouve des rayures sur les feuilles basales, des feuilles épaissies, du nanisme et des épis déformés.	70-81

Groupe de maladies	Symptômes	Page
Diverses maladies des feuilles et des épis	Les champignons pathogènes que comporte ce groupe ont peu de choses en commun, sauf leur préférence pour les parties supérieures de la plante hôte. Chaque champignon provoque des symptômes passablement distinctifs, et produit généralement à la surface des tissus, des fructifications qui naissent d'un mycélium sous-épidermique. <i>Claviceps purpurea</i> , le champignon responsable de l'ergot diffère des autres par le développement de ses fructifications: un gros sclérote noirâtre remplace le grain.	82-89
Champignons saprophytes ou parasites de faiblesse	Ce groupe comporte plusieurs saprophytes communs et parasites facultatifs. Normalement ces champignons fructifient abondamment, produisent des spores sombres à cloisons épaisses sur les tissus moribonds ou morts. Ces tissus virent au gris terne. Quand les circonstances sont favorables aux champignons, ils envahissent les tissus vivants et les grains en voie de développement, ordinairement durant le stade maturation.	90-99
Bactérioses	Bandes, taches et bigarrures, toutes à l'aspect huileux apparaissent sur les feuilles, les tiges ou les glumes. Lorsque les feuilles sont mouillées par la rosée, des gouttelettes d'exsudat bactérien apparaissent sur les lésions ou les tissus moribonds. En se desséchant, cet exsudat forme des cristaux ou une mince pellicule luisante qui s'écaille lorsqu'on la gratte. Les bandes ont un aspect sombre à la lumière réfléchie, mais translucides à lumière transmise.	100-107
Viroses et mycoplasmoses	Les virus ne produisent aucun élément sporigène. Ils provoquent une large gamme de symptômes chez les céréales, y compris du nanisme, des taches, des stries, des bandes, le jaunissement ou la chlorose généralisée. Plusieurs viroses sont transmises par des insectes ou des petits animaux (tels les pucerons et les nématodes), d'autres sont transmis mécaniquement ou par le champignon <i>Polymyxa graminis</i> . Il est essentiel de connaître l'identité du vecteur pour pouvoir identifier la maladie. En général, la nécrose apparaît plus tard dans les cas de viroses que dans les cas de maladies cryptogamiques.	108-121
Dégâts causés par les nématodes et autres ravageurs	Tous ces agents blessent les parties souterraines ou aériennes de la plante. Des blessures à la racine telles des coupures, des morsures, des trous révèlent la présence de vers, de larves ou d'autres formes d'insectes. Une ramification anormale et une déformation en forme de nodosité des racines, des renflements ou des galles sont des indices de la présence de nématodes. Des dégâts mécaniques sur les parties aériennes: feuilles, tiges, épis dévorés, rongés, perforés incriminent les insectes et les mammifères. Certains nématodes envahissent les grains et les transforment en petites masses brunes. D'autres nématodes s'introduisent dans les noeuds des tiges et provoquent des renflements et des déformations.	122-129
Anomalies physiologiques et génétiques Carences en éléments minéraux et stress provoqués par le milieu	Développement anormal occasionné par les blessures mécaniques et chimiques, les stress physiologiques et environnementaux et les anomalies génétiques: tous des troubles non parasitaires.	130-138



Les rouilles

Les *Puccinia*

Les rouilles sont peut-être les maladies des céréales les plus destructrices et aussi les plus connues. Elles sévissent à peu près partout dans le monde, là où les céréales sont cultivées. Toutes les parties aériennes des plantes sont susceptibles d'être attaquées, depuis la plantule jusqu'à la plante mature. Les champignons, tous des espèces du genre *Puccinia*, sont des parasites très stricts (obligatoires) qui possèdent un cycle évolutif très compliqué. Trois sortes de fructifications sont produites sur les céréales à paille et les graminées, et deux autres sortes sont produites sur la plante hôte intermédiaire, s'il y en a une.

De toutes ces sortes de spores, les plus importantes sont les urédospores (spores estivales). Les nombreuses générations d'urédospores assurent la dispersion rapide de la maladie d'un champ à l'autre et la persistance du champignon d'une saison à l'autre. La couleur des urédospores varie du jaune orange au brun rougeâtre. Elles sont produites dans des pustules (urédosores) qui déchirent l'épiderme. Ainsi la masse pulvérulente de spores est dégagée. (Figure 7).

Les téléospores (spores hivernales) sont produites durant l'approche de la maturité de la plante hôte, et ordinairement restent couvertes par l'épiderme. Les téléospores diffèrent des urédospores par la couleur, la forme et la fonction. Elles sont brun foncé, bicellulaires,

ont des parois épaisses, et leur fonction est celle de premier stade de la phase sexuée du champignon. Après une certaine période de vieillissement ou d'hivernation, les téléospores germent et produisent des basidiospores qui sont capables de contaminer la plante hôte intermédiaire (mais pas les céréales ni les graminées). La phase sexuée sur l'hôte intermédiaire est susceptible d'accroître la variabilité du parasite par les recombinaisons génétiques des caractères et fournir l'inoculum primaire pour la saison suivante. Cependant, le champignon peut se conserver d'un cycle à l'autre, par ses urédospores ou son mycélium à l'intérieur des tissus de l'hôte.

Au moins cinq espèces de *Puccinia* attaquent les céréales. Les espèces comportent des variétés (formes spécialisées) qui se définissent par leurs hôtes. Par exemple, la rouille noire est provoquée par *Puccinia graminis*. La variété qui attaque l'avoine mais non le blé ni l'orge porte le nom de *Puccinia graminis* var. *avenae*. Les variétés sont composées de races physiologiques qui se définissent par leur virulence sur un génotype particulier de l'hôte. L'existence de races physiologiques rend difficile la création de variétés résistantes et la préservation de la résistance.

Les moyens de lutte les plus efficaces contre les rouilles consistent à employer des variétés résistantes et à éradiquer les plantes hôtes intermédiaires. Les pulvérisations fongicides du feuillage donnent de bons résultats, mais ne constituent pas une méthode de lutte économique.

Figure 7. (Page en regard). Rouille noire sur blé provoquée par *Puccinia graminis* var. *tritici*. A noter les lambeaux d'épiderme autour des urédosores.

Distinction des espèces



Urédospores of *P. graminis* var. *tritici* (10 x 40)

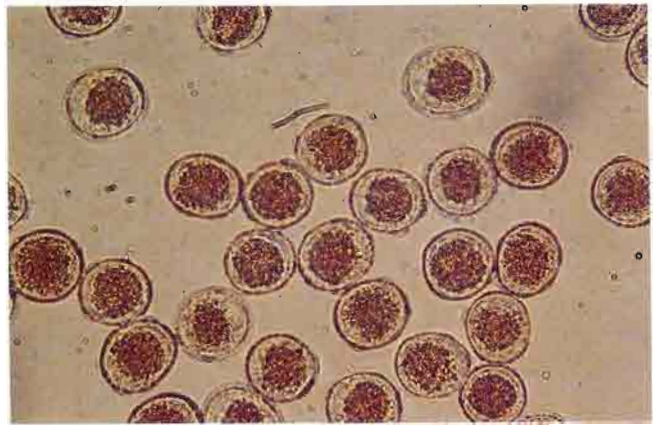
Les espèces de rouilles décrites ici peuvent être différenciées par les caractéristiques des urédosores, la couleur des urédospores, et l'espèce de la plante hôte.

Puccinia graminis (rouille noire)

Grosses masses allongées de spores brun rougeâtre encadrées de lambeaux de tissu épidermique déchirés. Les urédosores sont susceptibles de se développer sur les deux faces des feuilles, sur les tiges et les épis. Les urédospores sont rouge foncé, ellipsoïdes, échinulées, et mesurent 24-32 μm x 18-22 μm .

Puccinia recondita (rouille brune [des feuilles] du blé)

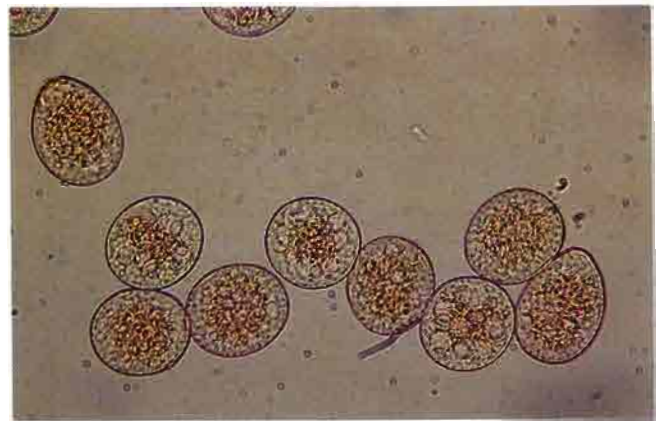
Les urédosores sont rouges, ovales, et épars, sans lambeaux de tissus épidermiques autour. Ces sores n'apparaissent ordinairement qu'à la face supérieure des feuilles. Les urédospores sont de couleur rouge orangé à rouge foncé, sphériques, et mesurent 20-28 μm de diamètre.



Urédospores de *P. recondita* (10 x 40)

Puccinia hordei (rouille naine des feuilles)

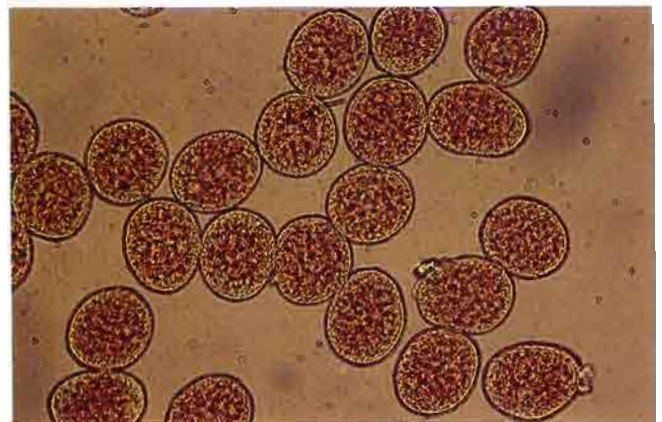
Les urédosores sont jaune orangé, ovales, épars, et disposés généralement à la face supérieure du limbe des feuilles. Les urédospores sont de couleur jaune orangé, relativement grosses, ovoïdes ou sphéroïdes, et mesurent 28-36 μm x 24-28 μm . Ce champignon n'attaque que l'orge et les espèces voisines.



Urédospores de *P. hordei* (10 x 40)

Puccinia striiformis (rouille jaune striée)

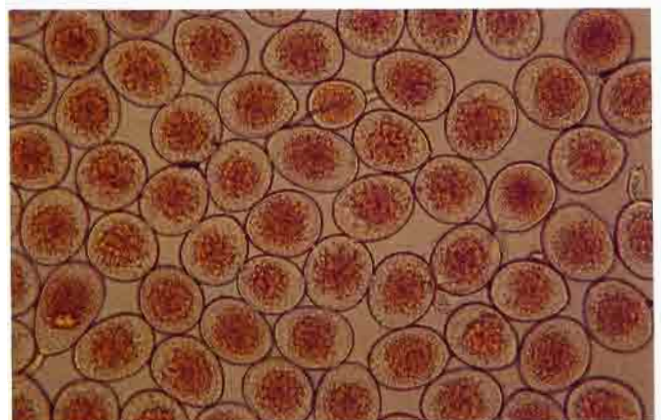
Les urédosores sont disposés en longues stries jaunâtres bien distinctes sur le limbe et la gaine des feuilles. Les urédospores sont jaunes, plus ou moins sphéroïdes et grosses, mesurant 28-34 μm de diamètre. Les glumes et la glumelle inférieure sont souvent infectées. Des stries étroites et noires se forment sur les feuilles durant le développement des téléutosores.



Urédospores de *P. striiformis* (10 x 40)

Puccinia coronata (rouille couronnée)

Ce champignon n'attaque que l'avoine. Les urédosores revêtent la forme d'ampoules ovales ou allongées qui renferment des urédospores jaunes ou orangées. Ces spores sont sphéroïdes ou ovoïdes et mesurent 20-32 μm de diamètre. Les téléutosores sont larges et leur sommet est garni de petits crénaux.



Urédospores de *P. coronata* (10 x 40)

Rouille noire

(stem rust)

Puccinia graminis

La rouille noire est une maladie bien connue des céréales. Elle est répandue presque partout où les céréales sont cultivées. *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* attaque le blé, l'orge et le triticale. *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* attaque l'avoine, et *P. graminis* f. sp. *secalis*, le seigle. Les symptômes de la maladie apparaissent surtout sur la tige et la gaine des feuilles, mais le limbe des feuilles et l'épi sont aussi susceptibles d'être attaqués (Figure 8). Trois formes de spores sont produites sur les céréales hôtes. Les urédospores se développent dans des pustules (urédosores), celles-ci déchirent l'épiderme, ce qui expose les amas d'urédospores brun rougeâtre (Figure 9). Les pustules, qui sont de plus grandes dimensions que celles de la rouille brune et de la rouille jaune (striée), sont ovales ou allongées, et entourées

de lambeaux de tissus épidermiques. Les pustules peuvent se produire sur les deux faces foliaires. Les urédospores de *P. graminis* sont brun rougeâtre, ellipsoïdes ou ovoïdes, échinulées, et mesurent 24-32 μm x 18-22 μm (Figure 10). Elles sont produites jusqu'à l'approche de la maturité de la plante hôte.



Figure 8. Attaque grave de la rouille noire sur le triticale. A noter qu'en plus de la tige, le limbe et la gaine des feuilles sont attaqués.



Figure 9. Urédosores de *P. graminis*. A noter les lambeaux d'épiderme.



Figure 10. Les urédospores de *P. graminis* sont ovoïdes (10 x 40).

Alors la production d'urédospores cesse et celle des téléutospores commence, soit dans les urédosores même ou dans d'autres pustules (sores) appelées téléutosores. Les téléutospores sont brun foncé, bicellulaires, en forme de coin. Elles retiennent à leur base un fragment de pédicelle ou tige, les parois sont épaisses, et elles mesurent 40-60 μm x 18-26 μm . La cellule apicale est arrondie ou légèrement pointue (Figure 11). Fréquemment les téléutospores font éruption en déchirant l'épiderme. Elles se conservent pendant l'hiver dans les tissus de la plante hôte. Elles donnent naissance aux basidiospores, qui constituent le premier stade de la phase sexuée. L'épine-vinette, *Berberis vulgaris*, et les *Mahonia* sont les hôtes intermédiaires de *P. graminis* (Figure 12).

Les urédospores de la rouille noire sont transportées à de grandes distances par le vent. Pendant la phase de croissance rapide de l'hôte, une nouvelle génération d'urédosores s'amorce tous les 14 à 21 jours, ce qui explique la dissémination rapide de la maladie à travers de grandes étendues. La rouille noire, comme la rouille des feuilles a fait l'objet de nombreux travaux de la part des phytopathologistes, des sélectionneurs et d'autres scientifiques. Jadis, la naissance de nouvelles races physiologiques via la phase sexuée sur l'hôte intermédiaire, l'épine-vinette,

entraînait de lourdes pertes, et diminuait l'efficacité des variétés résistantes. En Amérique du Nord, l'éradication de l'épine-vinette, et la création planifiée de variétés résistantes ont été et demeurent des facteurs importants de l'accroissement de la stabilité de la résistance, et de la diminution de la fréquence des épidémies.

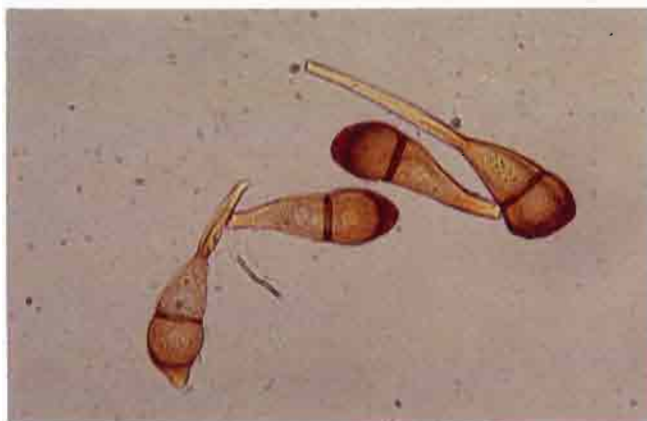


Figure 11. Téléutospores de *P. graminis* (10 x 40).



Figure 12. Ecidies sur épine-vinette (*Berberis vulgaris*), l'hôte intermédiaire de *P. graminis*.

Rouille brune (des feuilles) du blé

(leaf rust of wheat)

Puccinia recondita

La rouille brune est une maladie grave du blé, du seigle, du triticale, et de plusieurs graminées. Le parasite attaque faiblement l'orge, et pas du tout l'avoine. Une espèce proche, *P. hordei*, est un pathogène commun de l'orge (page 16).

La rouille brune provoque l'apparition de petites pustules ovoïdes, rouge sombre, éparses sur la gaine et la face supérieure des feuilles. Les pustules (urédosores) percent l'épiderme, mais sans le mettre en lambeaux en bordure de la lésion comme c'est le cas pour la rouille noire (Figure 13). Les urédospores de *P. recondita* sont rouge orangé à foncé, échinulées, sphéroïdes, et mesurent générale-

ment 20-28 μm de diamètre (Figure 14). Les téléospores sont brun foncé, bicellulaires, à parois épaisses, arrondies ou aplaties à l'apex (Figure 15). Les téléosores se développent dans la gaine et sur les deux faces du limbe des feuilles durant les phases tardives du développement de la plante hôte. Les téléospores demeurent sous-épidermiques.

Les *Thalictrum* et les *Anchusa*, les hôtes intermédiaires de *P. recondita* poussent dans certaines régions d'Europe, mais ne sont pas des sources importantes de races nouvelles de ce champignon. Dans les régions tempérées, le pathogène se conserve d'une année à l'autre par le mycélium ou les urédospores sur les céréales d'hiver et les graminées. Dans les régions tropicales il estive dans les montagnes et dans les régions plus fraîches.

Le moyen de lutte le plus efficace contre la rouille brune est l'utilisation de variétés résistantes ou de variétés multilignées. Certains fongicides, tels le *Triadimefon* (bayleton) et le *Butrizol* (indar) sont efficaces, et leur emploi peut être économique lors d'épidémies.



Figure 13. Urédosores de *P. recondita* sur feuille de blé.

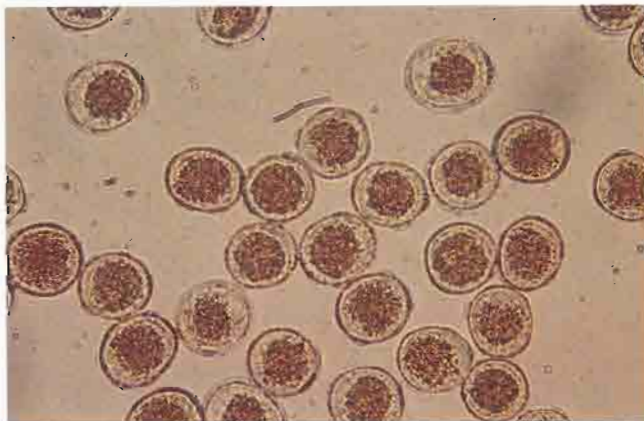


Figure 14. Les urédospores de *P. recondita* sont généralement plus sphériques que celles de *P. graminis* (10 x 10).



Figure 15. Téléospores de *P. recondita* (10 x 40).

Rouille naine des feuilles de l'orge

(leaf rust of barley)

Puccinia hordei

La rouille naine des feuilles de l'orge est très répandue dans plusieurs des régions du monde où on cultive l'orge, cependant les pertes sont en général légères. Le pathogène n'attaque que l'orge cultivée et les espèces voisines. L'orge est aussi attaquée par certaines des races de *P. recondita*, mais très faiblement.

Les urédosores de *P. hordei* sont petits, ovales ou circulaires, et de couleur jaune orangé. Ils n'apparaissent presque exclusivement que sur le limbe et la gaine des feuilles (Figure 16). Les urédospores sont ovoïdes ou sphéroïdes, jaunâtres, et relativement grosses, puisqu'elles mesurent 28-36 μm x 24-28 μm (Figure 17). Avec l'approche de la maturité de la plante hôte, il se développe dans les tissus foliaires des téléutosores qui au début sont recouverts par l'épiderme. La plante hôte intermédiaire, l'*Ornithogalum umbellatum* (liliacée), est susceptible d'être la source d'écidiospores dans certaines parties de l'Europe, mais cette plante ne semble pas être attaquée en Amérique du Nord. Il est peu probable qu'elle joue un rôle important dans la perpétuation ou la dissémination de nouvelles races du pathogène.

Le développement et l'extension de la rouille naine sont favorisés par le temps humide. Les urédospores dans les régions où l'hiver n'est pas trop froid hivernent sur l'orge semée l'automne. Dans les régions subtropicales, le champignon survit aux températures estivales dans les régions montagneuses moins chaudes. La méthode de lutte la plus économique est l'utilisation de la résistance variétale.



Figure 16. Urédosores de *P. hordei* sur feuille d'orge.

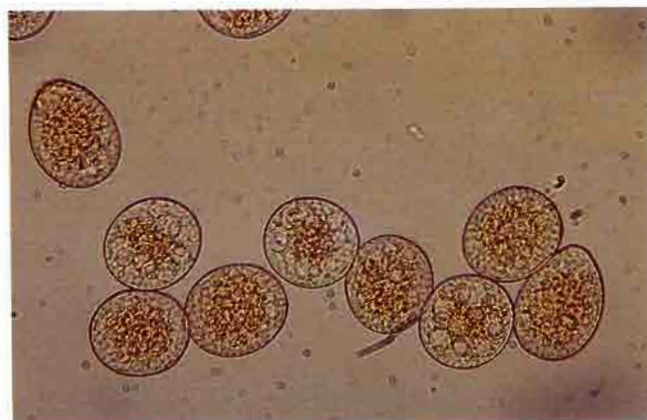


Figure 17. Urédospores de *P. hordei* dont la forme varie de sphéroïde à ovoïde (10 x 40).

Rouille jaune (striée)

(stripe rust)

Puccinia striiformis

La rouille jaune est une maladie grave du blé et de l'orge, mais de peu d'importance sur le triticale, le seigle et les graminées. L'hôte alterné n'est pas connu. La sévérité de la maladie est plus conditionnée par le milieu que ne le sont la rouille noire et la rouille naine. Le développement de la maladie est favorisé par des températures plus basses que les optimums pour la rouille naine (des feuilles) et la rouille noire.

Les urédosores sont disposés dans des stries étroites, jaunâtres, sur les feuilles et les épillets (Figure 18). Lorsque les épis sont attaqués, les pustules apparaissent sur la face interne des glumes et de la glumelle inférieure (lemme), et occasionnellement sur les jeunes grains (Figure 19). Les urédospores sont jaunes ou orangées, à peu près globuleuses, échinulées, et mesurent 28-34 μm de diamètre (Figure 20). Les téléospores semblent sans fonction. Elles sont brun sombre, bicellulaires, et de dimensions et de forme presque identiques à celles de *P. recondita*. Les téléospores se manifestent sur le limbe et la gaine des feuilles par des stries brun foncé ou noirâtres, qui restent recouvertes par l'épiderme.

Dans les régions où les températures ne sont pas très basses, les urédospores et le mycélium se conservent durant l'hiver sur les céréales semées l'automne et les graminées. La maladie se propage rapidement au printemps, quand les températures sont fraîches. De nouvelles races très agressives de cette rouille sont apparues en Europe, en Australie, et dans la région des Andes en Amérique du Sud.



Figure 18. Urédosores de *P. striiformis* sur feuille de blé. A noter qu'ils sont disposés en stries.



Figure 19. Urédosores de *P. striiformis* sur épillets de blé (glumes et glumelles inférieures).



Figure 20. Urédospores de *P. striiformis* (10 x 40).

Rouille couronnée de l'avoine

(crown rust of oats)

Puccinia coronata

La rouille couronnée est une maladie importante de l'avoine et de quelques graminées, mais n'attaque pas d'autres céréales. La diversité des races physiologiques du pathogène est très grande. Elle est dûe en partie à la vaste extension de l'hôte alterné, *Rhamnus cathartica*, (nerprun cathartique) et d'espèces apparentées.

Les urédosores se développent surtout sur le limbe des feuilles, et moins fréquemment sur la gaine des feuilles et les épillets. Ils revêtent la forme de petites ampoules ovales, éparpillées et qui renferment des urédospores orangé vif (Figure 21). L'épiderme fait saillie au pourtour des pustules. Les urédospores sont sphéroïdes à ovales, échinulées, jaune orangé, et mesurent 20-32 μm de diamètre (Figure 22). Les téléutospores se forment sur les feuilles infectées avec l'approche de la maturité de l'hôte. Les télies se disposent quelques fois en ceinture noire autour de l'urédosore, mais demeurent couvertes par l'épiderme. Les téléutospores ont une forme bien différente de celle des autres espèces. Le sommet des téléutospores est tronqué et garni de plusieurs saillies ou de dents disposées en couronne d'où l'appellation de rouille "couronnée" (Figure 23).

Dans les climats plus chauds, le champignon se conserve d'une saison à l'autre, en produisant sans cesse des urédospores. Dans les régions plus froides, la maladie est déclenchée par les spores véhiculées par le vent depuis les régions chaudes, ou par des écidiospores provenant des nerpruns (les *Rhamnus*).

Dans plusieurs régions productrices d'avoine, entre autres l'Afrique, l'Amérique du Sud et le Mexique, l'apparition de nouvelles races physiologiques du pathogène a empêché la création de variétés résistantes. Dans ces régions la production d'avoine a décliné à la suite des pertes causées par la rouille couronnée et la rouille noire, ainsi que par la jaunisse nanisante de l'orge.



Figure 21. Urédosores de *P. coronata* sur feuille d'avoine.

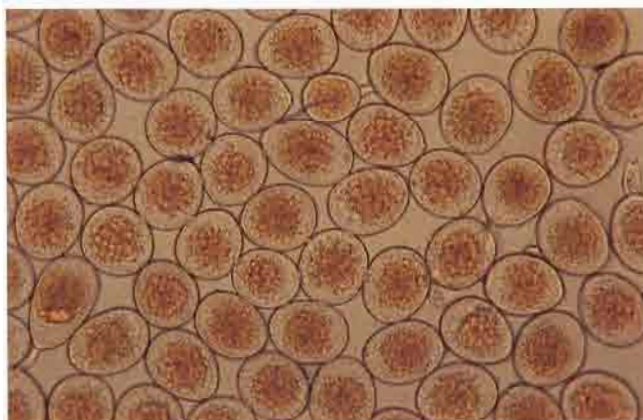


Figure 22. Urédospores de *P. coronata* (10 x 40).



Figure 23. Les téléutospores de *P. coronata* possèdent des petites saillies au sommet de la cellule apicale, d'où le nom de rouille couronnée (10 x 40).

Parasite des rouilles

(hyperparasite of rust)

*Darluca filum**

Darluca filum est un parasite obligatoire des rouilles, donc un hyperparasite, qui est surtout répandu dans les climats chauds. *Darluca filum* produit des appareils sporigènes (pycnides) à l'intérieur des pustules de rouille. Son action sur la propagation de la maladie est probablement négligeable, mention de ce champignon est faite ici parce qu'on le retrouve fréquemment sur les céréales infectées par les rouilles.

* Syn. *Sphaerellopsis filum*;
forme parfaite: *Eudarluca australis*

Les fructifications (pycnides sphéroïdes noires) apparaissent réunies en groupes compacts à l'intérieur des pustules de rouille (Figure 24).

Les conidies s'échappent agglutinées en une masse blanchâtre ou gris pâle de l'ostiole des pycnides (Figure 25).

Les conidies sont hyalines, bicellulaires, ellipsoïdes à oblongues, mesurent 14-16 μm x 3-4 μm , et sont munies de quelques poils courts à chaque extrémité (Figure 26). *Darluca filum* progresse trop lentement durant le cycle évolutif des rouilles pour pouvoir servir d'agent de lutte biologique contre les rouilles.



Figure 24. Pycnides noires de *D. filum* à l'intérieur d'une pustule de *P. recondita* (rouille naine du blé).



Figure 25. Cirrhes blanchâtres à gris pâle de conidies déchargées par les pycnides de *D. filum*.

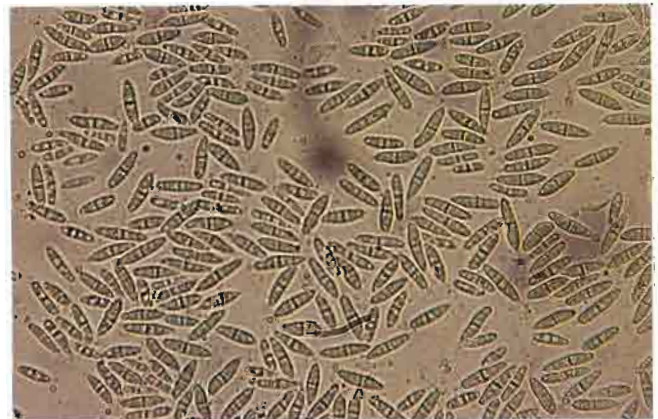


Figure 26. Conidies de *D. filum* (10 x 40).



Helminthosporioses

Cinq espèces d'*Helminthosporium* déterminent des dégâts importants sur céréales. Elles sont largement répandues dans le monde entier. Deux autres espèces moins fréquentes, mais qui possèdent des caractères uniques sont aussi incluses ici. Les espèces d'*Helminthosporium* sont exposées ensemble non parce qu'elles provoquent des symptômes maladiés semblables, mais parce qu'elles produisent des appareils sporigènes et des conidies de forme générale similaire. En regard de l'importance des pertes qu'elles occasionnent dans le monde entier, les helminthosporioses tiennent probablement le deuxième rang, après les rouilles.

La plupart des espèces provoquent plusieurs types de lésions: bigarrure, rayure, tache et pigmentation anormale (Figure 27). Quelques espèces causent la brûlure des semis, le piétin, la pourriture des noeuds et des tiges, et la brûlure des épis.

Les appareils sporigènes asexués sont produits à la surface des tissus de la plante hôte par le mycélium qui est à l'intérieur. Les filaments mycéliens (conidiophores) qui portent les conidies sont au moins aussi longs que les conidies elles-mêmes. Les conidiophores se développent séparément ou en fascicules. Ils sont dressés, cloisonnés, brun clair ou foncé, et simples le plus souvent. Chaque conidiophore donne naissance à une ou plusieurs conidies cylindriques ou ellipsoïdes (en forme de baril). Elles sont droites ou légèrement courbes, de couleur très pâle (subhyaline) à brun sombre et noire, multicellulaires, munies de cloisons transversales très distinctes.

Figure 27. (Page en regard). Jeunes taches foliaires provoquées par *Helminthosporium tritici-repentis* (tache helminthosporienne).

Distinction des espèces



Conidies de *H. sativum* (10 x 40)

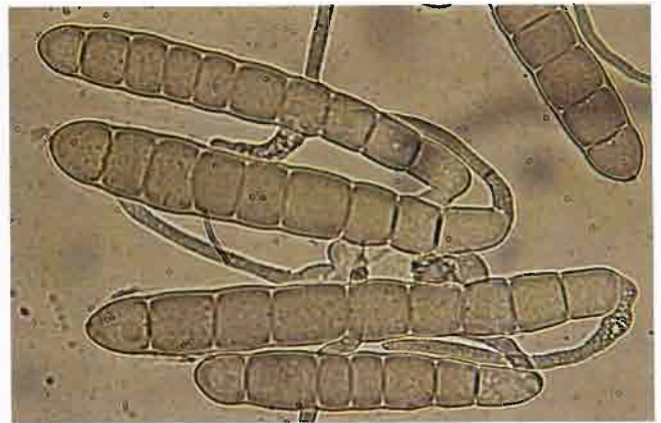
Les espèces de ce groupe peuvent être différenciées principalement sur la base des caractéristiques de leurs conidies, de la plante qu'elles attaquent et des symptômes qu'elles provoquent.

Helminthosporium sativum (helminthosporiose)

Sous la loupe, les conidies sont luisantes et noires, mais à plus fort grossissement leur couleur est brun-olive foncé. Ces conidies comportent des parois épaisses, ont typiquement de cinq à neuf cellules elliptiques, droites ou légèrement courbes, et mesurent 60-120 μm x 12-20 μm . Ce pathogène est capable d'infecter toutes les céréales à paille, mais est moins fréquent sur orge.

Helminthosporium tritici-repentis (tache helminthosporienne)

La maladie débute par l'apparition de petites taches ovales, de couleur paillée ou brun grisâtre quelquefois entourées d'un cerne jaune bien marqué. Les jeunes conidies sont subhyalines et virent au gris jaunâtre en vieillissant. Elles sont cylindriques, légèrement effilées, à paroi mince, mesurent 80-170 μm x 12-24 μm , et sont munies de 5 à 10 cloisons transversales. La cellule apicale, par sa forme de cône à sommet arrondi, rappelle celle d'une tête de serpent. Le parasite attaque le blé et le triticale, ainsi que le seigle et l'orge, quoique moins fréquemment.



Conidies de *H. tritici-repentis* (10 x 40)

Helminthosporium avenae (tache helminthosporienne de l'avoine)

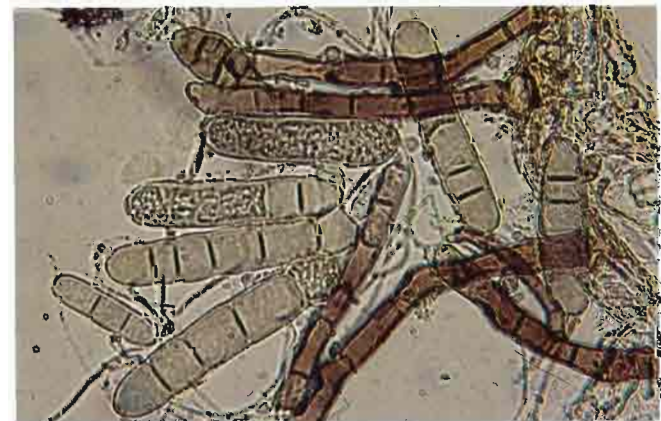
Cette maladie n'affecte que l'avoine. Les conidies sont de couleur brun gris pâle, cylindriques, droites ou légèrement courbes, comportent quatre à six cloisons courbes, et mesurent 80-120 μm x 12-18 μm . Elles ressemblent beaucoup par leurs dimensions et leur forme aux conidies de *H. teres*.



Conidies de *H. avenae* (10 x 40)

Helminthosporium teres (rayure réticulée)

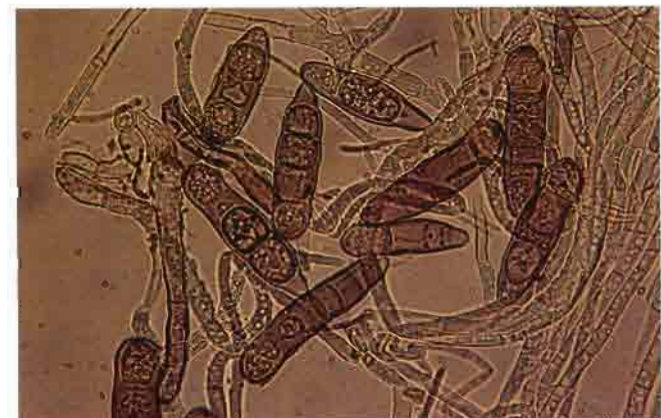
Les conidies de *H. teres* sont facilement confondues avec celles de *H. gramineum*, cependant les symptômes que ces parasites provoquent sont très différents. *H. teres* détermine des lésions qui sont au départ des petites taches brunes ou des courtes raies qui s'agrandissent pour former des bigarrures brunes. Les conidies sont droites, cylindriques, comportent quatre à six cloisons transversales, et ont les bouts arrondis. Jeunes, elles sont subhyalines, ensuite elles virent au brun jaunâtre. Elles mesurent 60-120 μm x 16-24 μm . Cette maladie se rencontre surtout sur l'orge, mais elle apparaît occasionnellement sur le blé et le triticale.



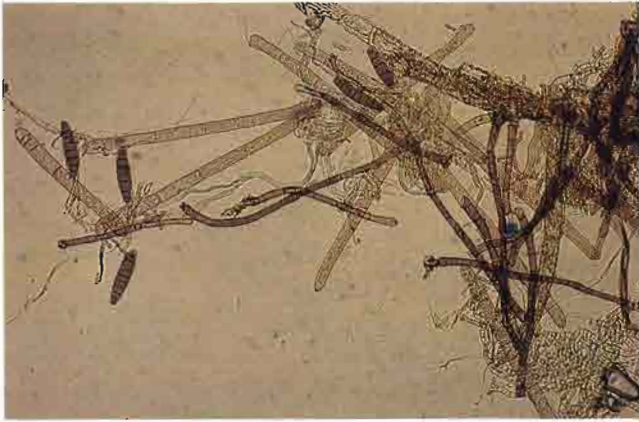
Conidies et conidiophores noirâtres de *H. teres* (10 x 40)

Helminthosporium gramineum (strie foliaire de l'orge)

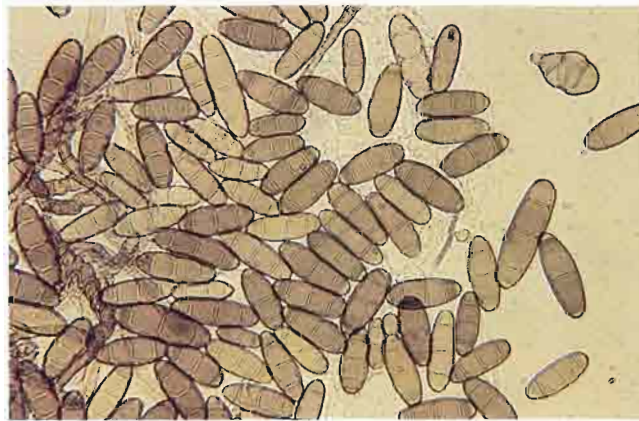
Cette maladie qui n'affecte que l'orge est caractérisée par l'infection généralisée de l'hôte. A mesure que les feuilles se développent, on voit apparaître des stries d'abord jaunâtres, puis brunes à gris sombre. Les feuilles se lacèrent en lanières étroites. Les conidies sont ordinairement brun pâle et dépassent rarement 100 μm de longueur. Les conidiophores, se développent en bouquet de deux à six. La cellule basale des conidiophores n'est pas gonflée comme celle des conidiophores de *H. teres*.



Conidies de *H. gramineum* (10 x 40)



Conidies de *H. giganteum*—les longs éléments cylindriques de couleur pâle. (10 x 10 en haut, 10 x 40 en bas).



Conidies de *H. spiciferum* (10 x 40)

Helminthosporium giganteum (tache zonée)

Les taches de cette maladie sont caractéristiques. Ce sont des petites taches jaunes bordées d'un cerne brun foncé. Les conidies sont droites, subhyalines, cylindriques, mesurent $350-400\ \mu\text{m} \times 15-20\ \mu\text{m}$ et ont peu de cloisons transversales. La maladie se manifeste sur toutes les céréales à paille, mais est confinée aux régions subtropicales humides.

Helminthosporium spiciferum (helminthosporiose et piétin helminthosporien des céréales)

Les bigarrures foliaires sont de forme irrégulière, et généralement s'accroissent en travers de la feuille; leur couleur varie de brun pâle à gris brun. Les conidies sont les plus petites de toutes celles des *Helminthosporium* qui parasitent les céréales. Elles mesurent $25-40\ \mu\text{m} \times 8-12\ \mu\text{m}$, et sont munies de trois et parfois quatre cloisons transversales. Ce pathogène attaque le blé, l'orge et les graminées apparentées.

Helminthosporiose (spot blotch)

Helminthosporium sativum *

Un pathogène vorace qui attaque le blé, le triticale, l'orge et plusieurs graminées, *H. sativum*, provoque la bigarrure du feuillage, la pourriture du collet et de la racine, le chancre des noeuds et la brûlure des semis et des épis (Figure 28). Le seigle est peu sensible à cette maladie, tandis que l'avoine est rarement affectée. Le champignon se conserve très bien à l'état de saprophyte sur les débris végétaux.

La contamination par *H. sativum* peut se produire à tous les stades de développement de l'hôte, mais les symptômes sont ordinairement plus marqués après l'épiaison. Les plantules infectées manifestent des lésions nécrotiques de couleur brun sombre sur les racines, le collet et les gaines des feuilles inférieures (Figure 29). Les lésions sur les gaines sont susceptibles de s'étendre jusqu'au limbe des feuilles. Lorsque les racines ou le collet sont contaminés avant la floraison de la plante hôte, celle-ci meurt avant qu'elle puisse former des grains. Ces dégâts se produisent fréquemment lorsque *H. sativum* s'associe à d'autres pathogènes qui comme lui provoquent la pourriture des racines, tels *Ophiobolus graminis* et certain *Fusarium*. Le chancre des noeuds se manifeste par une pigmentation brune ou noire des noeuds du bas du chaume. Les noeuds atteints sont partiellement ou entièrement envahis, ce qui a pour effet

d'entraver le passage de la sève. Les noeuds infectés se recouvrent d'un velouté gris noir constitué par les fructifications du pathogène.

Les symptômes sur la gaine et le limbe des feuilles (le stade bigarrure) sont des bigarrures ovales ou allongées, de couleur brun clair à brun foncé qui contrastent vivement avec le vert de la feuille normale (Figures 31, 32). Les tissus morts des limbes et des gaines virent éventuellement au gris terne. Lorsque les conditions sont favorables au développement de la maladie, les épillets sont susceptibles d'être atteints, ce qui entraine la production de grains petits et ridés. La moucheture du grain qui est caractérisée par une coloration noirâtre de l'extrémité du grain où se trouve l'embryon se manifeste quand les conditions climatiques

* Syn. *Bipolaris sorokiniana*; syn. *Helminthosporium sorokiniana*; forme parfaite: *Cochiobolus sativum*



Figure 28. Taches typiques provoquées par *H. sativum* sur feuille d'orge (Photo: S. Fuentes).



Figure 29. Dégâts de *H. sativum* sur plantules d'orge. A noter les lésions nécrotiques brun sombre.



Figure 30. Fructifications de *H. sativum* à la surface d'un noeud d'une tige de blé. A noter l'aspect velouté.

favorisent la maladie: température chaude et humidité élevée. C'est vers des températures supérieures à 20°C que la maladie se développe le plus vite.

Les fructifications, qu'on obtient facilement en humectant les parties atteintes, sont les caractéristiques diagnostiques les plus fiables. Les conidiophores se présentent isolés ou en petits fascicules. Ils sont érigés, simples, mesurent 100-150 μm x 6-8 μm , et comportent plusieurs cloisons transversales (Figure 33). Les conidies naissent de pores latéraux juste au dessous des cloisons du conidiophore. Les conidies sont brun olive, oblongues, effilées, légèrement courbes, lisses, et portant une cicatrice basilaire proéminente. Elles mesurent 60-120 μm x 12-20 μm et sont munies de trois à neuf cloisons transversales (Figure 34). Les souches varient considérablement à l'égard de la virulence. La forme parfaite se rencontre rarement dans la nature.

Helminthosporium sativum est de tous les pathogènes des céréales l'un des plus largement répandu. Les maladies qu'il provoque diminuent le rendement du blé et de l'orge dans les régions subtropicales plus que tout autre pathogène. La capacité de se conserver sur les débris végétaux et sur plusieurs graminées réduit l'efficacité de la rotation des cultures comme moyen de lutte. Un traitement fongicide des semences peut être bénéfique dans les régions où la brûlure des épis entraîne la production de semence infectée. Bien que la création de variétés résistantes demande du temps et que les résultats soient aléatoires, c'est cette solution qui semble offrir les meilleures chances de succès dans la lutte contre cette maladie.

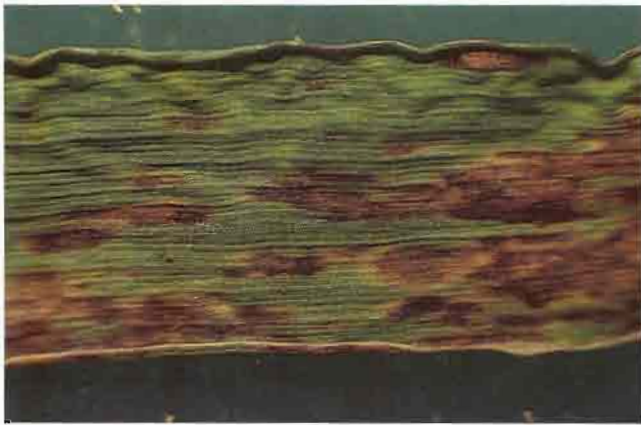


Figure 31. Bigarrure sur feuille de blé durum provoquée par *H. sativum*.

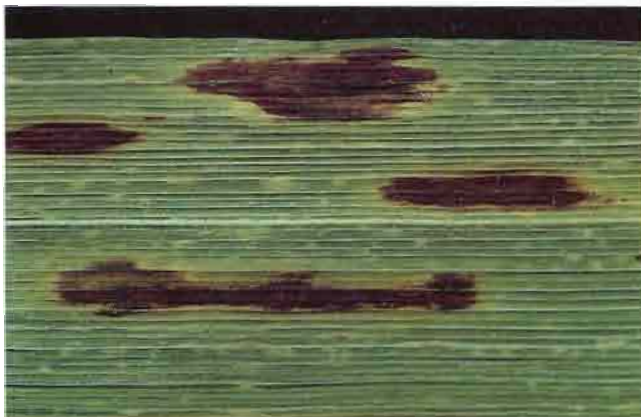


Figure 32. Bigarrure typique provoquée par *H. sativum* sur feuille d'orge (photo: S. Fuentes). A comparer les lésions ci-dessus avec celles sur le blé (Figure 31).



Figure 33. Conidiophores de *H. sativum* sur blé (50x). Voir aussi Figure 6d, page 8.



Figure 34. Les conidies de *H. sativum* sont noires, à parois épaisses, et cloisons transversales distinctes. Les conidies ci-dessus sont légèrement plus grosses que d'ordinaire (10 x 40).

Tache helminthosporienne

(yellow leaf blotch, tan spot)

Helminthosporium tritici-repentis *

La tache helminthosporienne est principalement une maladie foliaire du blé, du triticale, et de plusieurs graminées. Le seigle et l'orge sont moins fréquemment affectés et l'avoine ne semble jamais l'être. Les premiers symptômes sont des petites taches brun jaunâtre qui s'aggrandissent et forment des marbrures ovales, brun clair, ordinairement bordées d'une aréole jaune (Figure 35). Plus tard, les taches se réunissent et déterminent sur les feuilles de larges plages jaunâtres, puis les feuilles meurent (Figure 36). La nécrose commence souvent à l'extrémité de la feuille et s'étend progressivement vers la base. L'accumulation abondante de spores du pathogène assombrit graduellement le centre des lésions.

* Syn. *Drechslera tritici-repentis*;
forme parfaite: *Pyrenophora tritici-repentis*

L'humidité provoque aisément la sporulation. Les conidiophores sont brun foncé, cloisonnés, et mesurent $10-400 \mu\text{m} \times 6-8 \mu\text{m}$. Les conidies sont gris jaunâtre pâle, cylindriques, mesurent $80-170 \mu\text{m} \times 12-24 \mu\text{m}$, et comportent de quatre à dix cloisons transversales. La cellule apicale a la forme d'un cône au sommet arrondi, ce qui lui donne l'aspect d'une tête de serpent (Figure 27).



Figure 35. Bigarrure jaune typique provoquée par *H. tritici-repentis* sur feuille de blé.



Figure 36. Stade tardif des taches provoquées par *H. tritici-repentis* sur feuille de blé.

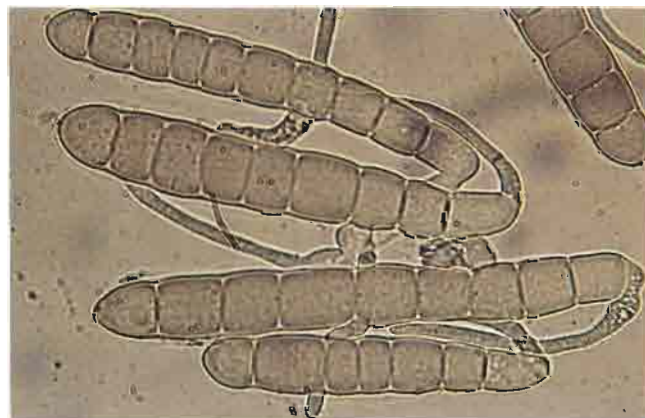


Figure 37. Conidies de *H. tritici-repentis*. A noter la cellule apicale en forme de cône arrondi (10×40).

La forme parfaite, *Pyrenophora tritici-repentis* se développe sur les vieux chaumes de blé. Les périthèces sont noirs, en saillie, ornés de poils situés autour d'un court col (Figures 38, 39). Les ascospores matures sont brun jaunâtre, ovoïdes, munies de trois cloisons transversales, et d'une ou de deux longitudinales. Elles mesurent 40-60 μm de long et 18-25 μm de large (Figure 40). Fréquemment des conidiophores et des conidies se développent sur les périthèces. Les ascospores ainsi que les conidies peuvent servir d'inoculum primaire.

La maladie occasionnée par *H. tritici-repentis* se rencontre dans la plupart des régions où on cultive le blé. Le pathogène semble mieux supporter les températures fraîches que *H. sativum*. La tache helminthosporienne entraîne régulièrement des pertes de rendement de blé dans la région des Andes en Amérique du Sud, les régions montagneuses de l'Afrique de l'Est et du Nord, les Hauts Plateaux du Mexique, et au Moyen-Orient. Les méthodes de lutte suggérées sont la propreté des cultures et l'emploi de fongicides. Cependant la résistance variétale est un moyen plus réaliste de réduire les pertes au minimum.



Figure 38. Périthèces de *Pyrenophora tritici-repentis* (la forme parfaite de *H. tritici-repentis*) sur vieux chaumes de blé.



Figure 39. Détails des périthèces de *P. tritici-repentis*. A noter les poils noirs autour du col court (10 x 40).

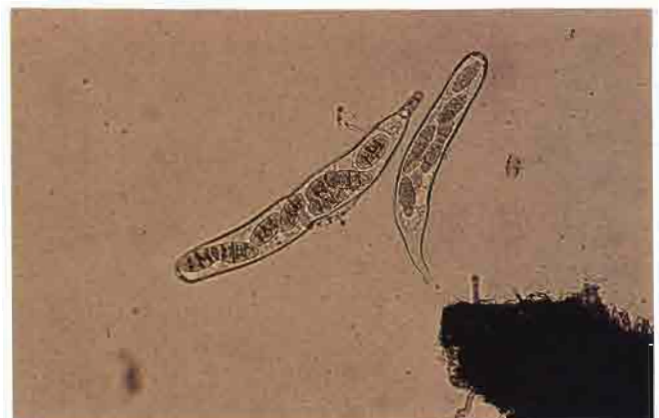


Figure 40. Asques qui renferment des ascospores de *P. tritici-repentis*. A noter que les ascospores comportent des cloisons transversales et longitudinales (10 x 40)

Tache helminthosporienne de l'avoine

(leaf blotch of oats)

Helminthosporium avenae *

Cette tache provoquée par *H. avenae* est une maladie commune de l'avoine. Le pathogène est apparemment limité à cette seule plante hôte. Il peut être disséminé par le grain d'une récolte à l'autre. La maladie débute par la contamination du coléoptile. Les contaminations subséquentes sont réalisées par les conidies produites sur le feuillage. Les feuilles atteintes manifestent des taches oblongues à allongées, de couleur brun rougeâtre (Figure 41). Les symptômes foliaires dans les premiers stades du développement de la maladie ont une bonne valeur diagnostique. Plus tard, les macules sont dotées d'une coloration rougeâtre et ne sont plus nettement délimitées. Les taches s'agrandissent et couvrent presque tout le limbe des feuilles. Finalement les feuilles meurent et se dessèchent. Dans le cas d'affections graves, les panicules sont infectées, et le champignon s'installe dans les glumelles et les grains pour y demeurer jusqu'au prochain cycle végétatif de la plante.

Les appareils sporigènes de ce champignon sont par la forme et la couleur semblables à ceux d'*Helminthosporium teres* (rayure réticulée) sur l'orge (page 29). Cependant, étant donné que *H. avenae* est limité aux espèces d'avoine, et que *H. teres* n'infecte pas l'avoine, il ne peut y avoir de confusion quant à l'identité du pathogène. Les conidiophores sont éparpillés, isolés ou en groupes de deux ou trois, de fort diamètre, 8-12 μm , et jusqu'à 200 μm de longueur (Figure 42). Les jeunes conidies sont jaune grisâtre pâle, elles virent au brun foncé en vieillissant. Elles sont droites ou légèrement courbes, cylindriques, avec les deux extrémités arrondies,

sont munies de quatre à six cloisons transversales, et mesurent 80-110 μm x 12-18 μm . La cellule basilaire est pourvue d'une cicatrice proéminente (Figure 43). La forme parfaite *Pyrenophora avenae* se rencontre rarement dans la nature, et son rôle dans la propagation de la maladie n'a pas été précisé.

Helminthosporium avenae est très répandu dans presque toutes les régions du monde où l'on cultive l'avoine, mais les pertes de rendement sont généralement peu importantes. La rotation des cultures et le traitement des semences aux fongicides diminuent la sévérité et l'incidence de la maladie.

* Syn. *Drechslera avenae*;
forme parfaite: *Pyrenophora avenae*



Figure 41. Tache helminthosporienne de l'orge provoquée par *H. avenae*. A noter la coloration brun rougeâtre.



Figure 42. Fructifications de *H. avenae* à la surface d'une feuille d'avoine (50 x).

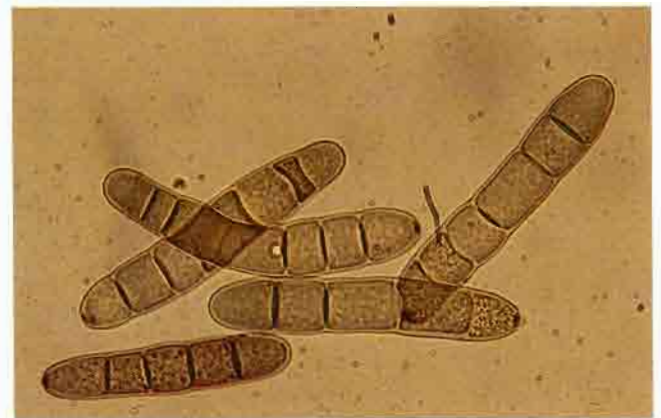


Figure 43. Conidies de *H. avenae*. A noter la cicatrice en saillie sur la cellule basilaire (10 x 40).

Rayure réticulée

(net blotch)

*Helminthosporium teres**

La rayure réticulée est surtout une maladie foliaire de l'orge. Les symptômes ont d'abord l'aspect de petites taches brunes, ordinairement près du bout de la feuille (Figure 44). Bientôt ces taches s'allongent, et adoptent la forme de courtes raies ou marbrures au centre brun. Ces raies s'étendent transversalement et longitudinalement comme un filet (Figure 45). Les épis sont susceptibles d'être infectés à l'approche de la maturité.

La formation de conidies est presque imprévisible. Ordinairement la production de spores est rapide sur les feuilles vertes au moment de la floraison, mais fréquemment impossible à obtenir sur des feuilles qui ont été entreposées sèches pendant quelques mois. Les conidiophores se développent isolés ou en fascicules de deux ou trois, sont brun clair ou moyen, et mesurent jusqu'à 200 μm de



Figure 44. Symptômes initiaux de la rayure réticulée de l'orge provoquée par *H. teres*.

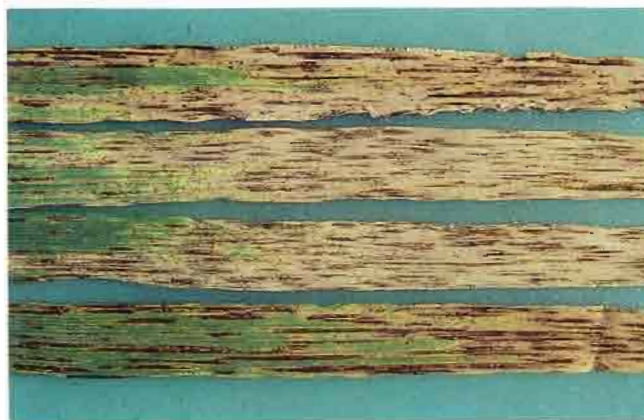


Figure 45. Symptômes plus évolués de la rayure réticulée de l'orge.

longueur et 7-11 μm de diamètre. La cellule basilaire est ordinairement dilatée. Les conidies sont droites, cylindriques, gris pâle lorsque jeunes, virant au brun verdâtre avec l'âge. La plupart mesurent 60-120 μm x 16-23 μm et sont munies de quatre à six cloisons transversales (Figure 46). Elles ressemblent par la forme et les dimensions aux conidies de *H. avenae* (page 28).

La forme parfaite, *Pyrenophora teres*, se développe sur les chaumes qui ont hiverné dans le champ. Les périthèces sont noirs, garnis de sètes (poils noirs) autour d'un col court. Les ascospores matures sont brun jaunâtre, munies de trois cloisons transversales et d'une longitudinale. Les spores sont étranglées au niveau des cloisons. Les ascospores constituent un inoculum important dans certaines régions où on cultive l'orge.

La rayure réticulée peut être propagée par des grains infectés ou par des ascospores libérées par les périthèces sur les éteules et la paille. La maladie est répandue dans toutes les régions fraîches et humides du monde où l'orge est cultivée. *Helminthosporium teres* dans certaines régions montagneuses, particulièrement celles des Andes, provoque parfois des bigarrures semblables à celles de l'helminthosporiose causée par *H. sativum* (page 24). Dans ce cas, les deux maladies peuvent être différenciées par un examen des spores. Le traitement des semences par des fongicides appropriés est un moyen de lutte efficace. La résistance variétale à *H. teres* provient d'anciennes variétés d'orge originaires de Chine, de Turquie, et d'Ethiopie.

* Syn. *Drechslera teres*;
forme parfaite: *Pyrenophora teres*

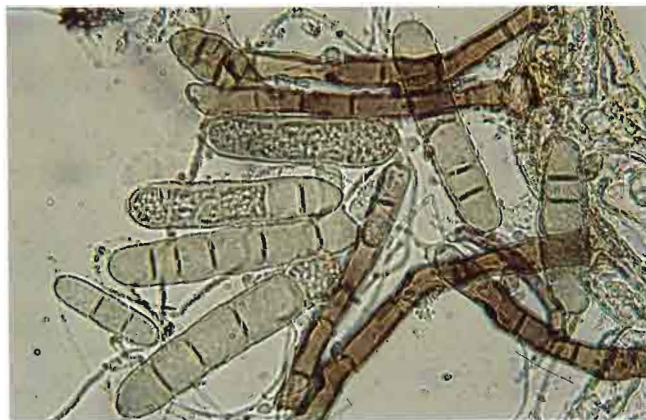


Figure 46. Conidies et conidiophores noirâtres *H. teres* (10 x 40).

Strie foliaire de l'orge

(barley stripe)

Helminthosporium gramineum *

La strie foliaire est une maladie qui résulte d'une infection généralisée (systémique). Elle attaque l'orge, et aucune autre céréale. Le champignon est véhiculé par la semence, il recommence à croître durant la germination de la semence, il colonise le coléoptile et infecte les feuilles à mesure qu'elles se forment. Les symptômes de la maladie sont diagnostiques. Des symptômes typiques apparaissent dès le tallage. Les feuilles manifestent alors sur toute la longueur des stries étroites jaunâtres (Figure 47). Bientôt les stries virent au brun rougeâtre et ensuite au brun sombre. Le limbe meure, se dessèche et puis se fend dans les stries (Figure 48). Les plantes infectées sont rabougries, les feuilles sont de couleur foncée, tordues et lacérées. Les épis, en règle générale restent dans la dernière gaine. Bien que

les symptômes se manifestent sur le limbe et la gaine des feuilles dès le stade plantule, ce n'est qu'au moment de la floraison de l'orge que le pathogène sporule. Les contaminations florales des plantes saines sont imputables aux spores transportées par le vent. Le champignon entre en dormance après s'être installé dans les glumelles.

* Syn. *Drechslera gramineum*
forme parfaite: *Pyrenophora graminea*



Figure 47. Jeunes symptômes de la strie foliaire provoquée par *H. gramineum*. A noter que les stries étroites et jaunâtres s'étendent sur toute la longueur du limbe.



Figure 48. Symptômes tardifs de la strie foliaire. A noter les stries sombres et le fendillement des limbes dans les stries.

Les conidiophores se présentent en fascicules de deux à six. Ils sont gris à brun foncé (Figure 49). La cellule basilaire du conidiophore est dilatée. Les jeunes conidies sont gris pâle, et virent au brun foncé en vieillissant. Elles sont droites, cylindriques, légèrement effilées, avec les bouts arrondis, mesurent typiquement 60-90 μm x 15-18 μm , et sont munies de trois à six cloisons transversales (Figure 50).

Cette espèce possède cette caractéristique inusitée qui fait que fréquemment des conidies secondaires naissent à l'apex des conidies primaires. La forme parfaite, *Pyrenophora graminea*, se rencontre rarement dans la nature et est sans importance dans le cycle de la maladie. Le nom de la forme parfaite est mentionné ici parce qu'il est souvent utilisé par les mycologues.

Cette maladie peut être combattue par des traitements fongicides de la semence et par la résistance variétale. L'importance de cette maladie en Europe et en Amérique du Nord a considérablement diminué depuis quelques années. Cependant la maladie continue d'être répandue dans certaines régions de l'Amérique du Sud, de l'Afrique, et de l'Asie.



Figure 49. Taches couvertes de spores de *H. gramineum* sur feuille d'orge (50 x).



Figure 50. Conidies de *H. gramineum* (10 x 40).

Tache zonée

(zonate eyespot)

*Helminthosporium giganteum**

La tache zonée se manifeste souvent sur le blé, le triticale, le seigle et l'orge dans les régions côtières du Golfe du Mexique situées aux USA, au Mexique et qui se prolongent vers le sud jusqu'aux régions élevées de l'Amérique Centrale. C'est une maladie fréquente des graminées tropicales. La maladie débute par l'apparition sur les feuilles de nombreuses petites taches gris brun, circulaires à ovales. Bientôt le centre des taches pâlit, vire au gris pâle ou au jaunâtre, et se borde d'une aréole brun foncé (Figure 51). Les taches ont tendance à rester petites, cependant les tissus entre les taches revêtent un aspect blanchâtre inusité (Figure 52). Finalement la feuille entière jaunit et meurt. Le champignon attaque les

plantes en croissance rapide, du stade plantule à celui de l'épiaison. La fructification du champignon diminue rapidement après le déclenchement de la nécrose, alors d'autres micro-organismes pathogènes et saprophytiques envahissent les tissus nécrotiques.

* Syn. *Drechslera gigantea*



Figure 51. Tache zonée typique provoquée par *H. giganteum* sur feuille de blé. A noter l'aréole brun foncé.



Figure 52. Symptômes tardifs de la tache zonée. A noter l'aspect blanchâtre inusité des tissus entre les taches.

La maladie se reconnaît facilement par les taches zonées qui la caractérisent et les grosses fructifications du champignon pathogène. Les conidiophores sont brun foncé, plutôt étroits, ils atteignent parfois 400 μm de longueur (Figure 53). Les conidies ont la forme de tubes cylindriques quasi-incolores à bouts arrondis, à paroi mince, et munis de deux à cinq cloisons transversales, 350-400 μm x 15-20 μm (Figure 54). Les conidies supportent mal la dessiccation, et perdent la faculté de germer après seulement une semaine ou deux au sec. Le champignon souvent ne fructifiera pas si la tache est envahie par les bactéries.

Quoique la maladie n'apparaisse pas régulièrement dans les régions tempérées, elle peut entraver la production commerciale des céréales dans les régions subtropicales les plus humides. Les graminées tropicales indigènes sont apparemment la principale source d'inoculum. Jusqu'à maintenant, on a peu cherché la résistance ou la tolérance variétale. Certaines lignées de triticales ont semblé être plus tolérantes que le blé ou l'orge lors d'une attaque sévère par *H. giganteum* dans la pépinière de sélection d'Alajuela au Costa Rica, en 1978.



Figure 53. Fructifications de *H. giganteum* sur blé. A noter combien gros sont ces conidiophores par rapport à ceux des autres *Helminthosporium* (50 x).

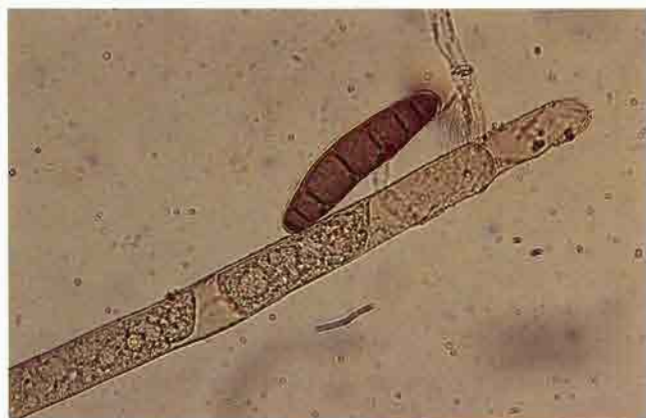
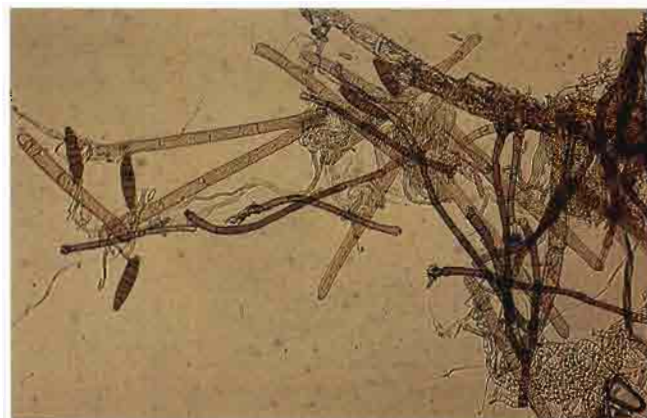


Figure 54. (A gauche) Conidies quasi-incolores et conidiophores foncés de *H. giganteum* (10 x 10). (A droite) Apprécier la différence de grosseur entre une conidie de *H. sativum*, petite et brun foncé, et une partie d'une grosse conidie de *H. giganteum* (10 x 40).

Helminthosporiose et piétin helminthosporien des céréales (cereal leaf blotch and foot rot)

*Helminthosporium spiciferum**

Ce pathogène attaque occasionnellement le blé, le riz et autres céréales, et a été signalé comme étant un pathogène très nocif de certaines graminées. Il est ordinairement considéré comme étant un pathogène peu virulent qui provoque la pourriture du collet du blé, mais on a signalé qu'il était capable de provoquer des bigarrures sur le blé tendre et le blé dur (dans le nord de l'Inde et au Pakistan) et sur l'orge (au Mexique). Les symptômes foliaires revêtent l'aspect de bigarrures de forme irrégulière, de couleur grisâtre terne, répandues sur toute la longueur et la largeur du limbe de la feuille (Figure 55).

Le champignon est facile à identifier par son mycélium ramifié et ses conidies distinctives à la surface des tissus. Le champignon sporule très abondamment en fin de végétation sur les feuilles atteintes. Ses conidiophores naissent du mycélium qui s'est développé à la surface des feuilles. Le mycélium et les conidiophores sont brun jaunâtre ou brun foncé (Figure 56). Les conidiophores présentent un aspect noueux à cause des cicatrices qui marquent l'insertion des conidies qui se sont détachées. Les conidies sont courtes, ovoïdes, à bouts arrondis, de couleur paille à brune, mesurent normalement 25-40 μm x 8-12 μm , et typiquement, sont munies de trois cloisons transversales (Figure 57).

* Syn. *Bipolaris spicifer*
forme parfaite: *Cochliobolus spicifera*

La forme parfaite, *Cochliobolus spicifera*, a été signalée, mais son rôle dans la propagation de la maladie n'a pas été déterminé. Bien que cette maladie ait été signalée en Amérique du Nord, en Europe, en Asie et en Australie, son influence sur les rendements est négligeable.

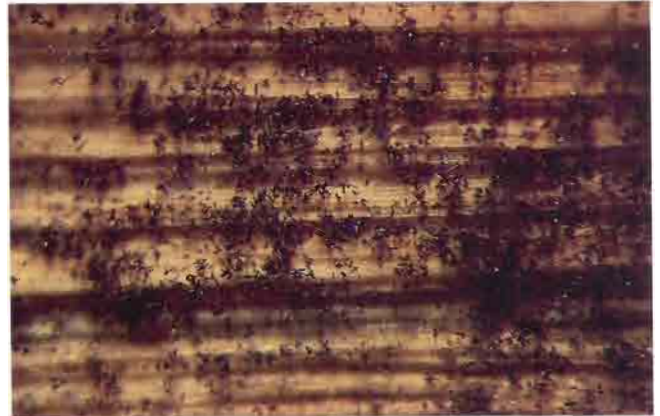


Figure 56. Fructifications de *H. spiciferum* sur feuille d'orge.

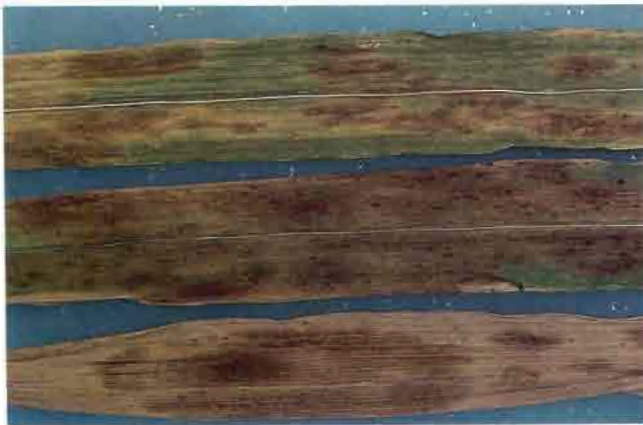


Figure 55. Symptômes typiques de l'helminthosporiose provoquée par *H. spiciferum* sur feuille d'orge.



Figure 57. Conidies de *H. spiciferum* (10 x 40).

Septorioses et simili-septorioses

Quatre espèces de *Septoria* sont d'importants pathogènes des céréales à paille. Elles sont la cause première de divers types de taches foliaires, bigarrures et nécroses. Chacune des parties aériennes de l'hôte peut être attaquée, selon le stade de croissance et les facteurs externes (Figure 58, page suivante).

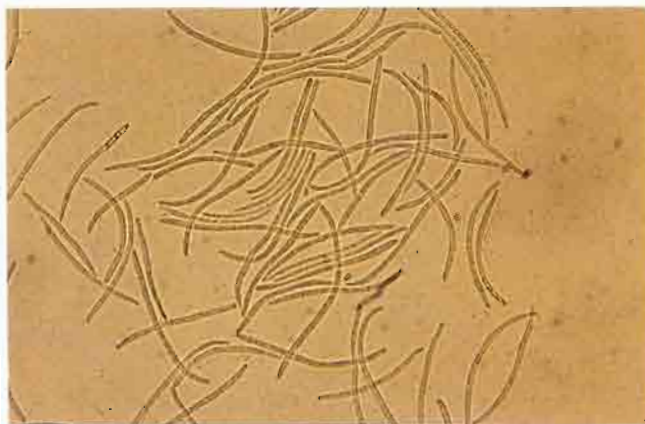
Les espèces de *Septoria* possèdent plusieurs caractéristiques qui permettent de les distinguer des autres genres de champignons pathogènes qui affectent les mêmes cultures:

- Les pycnospores (conidies) sont produites à l'intérieur d'un appareil fructigène fermé, presque sphérique, appelé pycnide.
- Les pycnides naissent enfoncées dans les tissus de l'hôte et à maturité elles émergent de l'épiderme. Les conidies sont extrudées en masse de l'ostiole de la pycnide. Cette masse de spores (cirrhe) est en général légèrement rosée à blanc jaunâtre.
- Les conidies sont filiformes ou cylindriques, de longueur et de largeur qui varient selon l'espèce. Elles sont droites ou courbes, hyalines, ont les bouts arrondis et comportent deux à quatre cloisons transversales.

Les dimensions, le ratio longueur/largeur des conidies, la texture et la couleur de la paroi des pycnides ou autres appareils sporifères, et l'espèce de l'hôte qu'elles attaquent constituent les plus importants critères de distinction des espèces de *Septoria*.

Les septorioses sont répandues dans toutes les régions céréalières du monde. Les pathogènes hivernent sur les chaumes et les détritux végétaux. Par conséquent, le nettoyage et la rotation des cultures sont des moyens de lutte recommandés dans les régions où les septorioses sévissent fréquemment. Les variétés résistantes à une espèce de *Septoria* ne le sont nécessairement pas à d'autres espèces.

Distinction des espèces

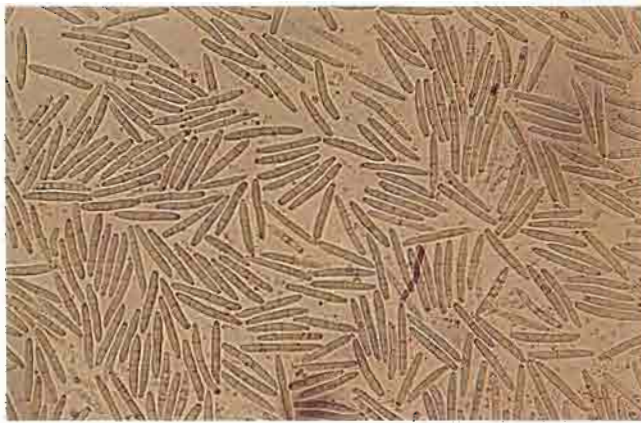


Conidies de *S. tritici* (10 x 40)

Septoria tritici (tache septorienne)

Les pycnides sont très foncées. Dans les taches, elles ont l'aspect de petits points noirs. Les conidies sont des bâtonnets allongés, étroits, courbes, filiformes, et mesurent ordinairement à maturité, 40-80 μm x 1.7-3.0 μm . Cette espèce attaque surtout le blé, cependant on la rencontre sur le triticale, le seigle et rarement sur certaines espèces d'avoine.

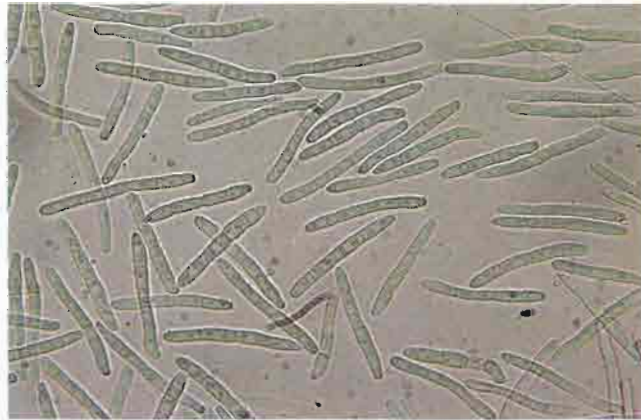




Conidies de *S. nodorum* (10 x 40)

Septoria nodorum (tache septorienne des glumes)

Les pycnides ont l'aspect de gelée couleur paillée dans les taches en phase de développement rapide. Les pycnides s'assombrissent et se durcissent avec l'âge. Les conidies sont plus courtes, plus épaisses et plus droites que celles de toutes les autres espèces de *Septoria*, et à maturité sont munies d'une à trois cloisons transversales bien distinctes et mesurent alors 15-24 μm x 2.5-4 μm . Cette espèce est un parasite du blé, du triticale, du seigle et de l'orge.



Conidies de *S. avenae* (10 x 40)

Septoria avenae (tache septorienne des feuilles d'avoine, de blé et de triticale).

Les pycnides sont molles et légèrement plus foncées que celles de *S. nodorum*. Les cirrhes (masses de spores extrudées) ont une coloration rose vif. La longueur des conidies est intermédiaire entre celles de *S. nodorum* et celles de *S. tritici*, généralement 20-45 μm x 2.5-4.0 μm . Les formes spécialisées ou variétés qui attaquent le blé et le triticale sont désignées *S. avenae* f.sp. *triticea*, celles sur l'avoine, *S. avenae* f.sp. *avenae* et celles sur le seigle, *S. avenae* f.sp. *secalis*.



Conidies de *S. passerinii* (10 x 40)

Septoria passerinii (tache foliaire septorienne de l'orge)

Cette espèce apparemment n'attaque que l'orge. La forme des conidies ressemble à celle des conidies de *S. avenae*, quoique plus étroite. Elles mesurent 26-42 μm x 1.5-2.0 μm . Ses conidies sont pourvues à maturité de deux à trois cloisons et sont généralement courbes.

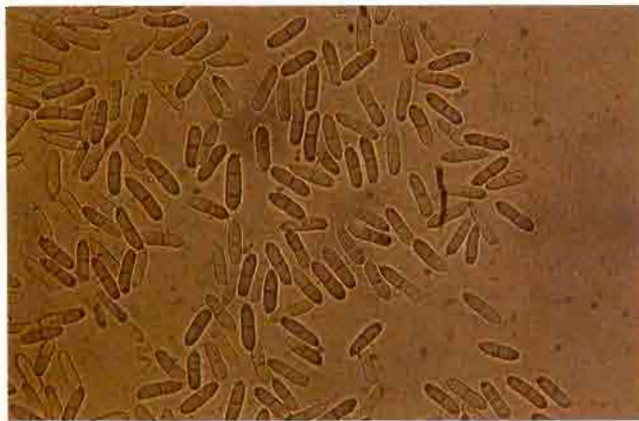
Figure 58. (Page en regard). Tache septorienne sur blé provoquée par *Septoria tritici*. A noter les petits points noirs qui sont les pycnides. (photo: S. Fuentes).

Autres champignons semblables aux *Septoria*

Plusieurs espèces de champignons qui ressemblent aux *Septoria* par leurs fructifications et par les symptômes qu'elles provoquent, sont des parasites des céréales. Certaines sont des parasites facultatifs qui déterminent normalement des taches foliaires chez les céréales dans différentes régions du monde. Deux des espèces qui parasitent les céréales et qui produisent des pycnides foncées sont traitées ici. Elles peuvent être distinguées des espèces de *Septoria* par la forme, les dimensions et le nombre de cloisons des conidies.

Ascochyta graminicola (tache ascochyitique)

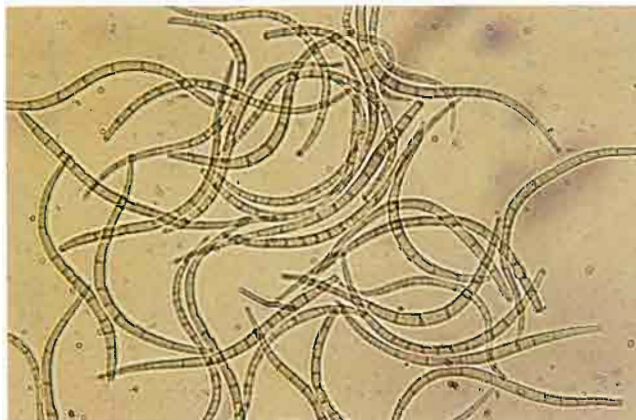
Pycnides gris-brun, globuleuses, enfoncées dans les tissus du limbe et de la gaine des feuilles. Les conidies sont hyalines, courtes, cylindriques à ovales, les bouts arrondis, ont une seule cloison, et mesurent $14-22 \mu\text{m} \times 4-5 \mu\text{m}$.



Conidies d'*Ascochyta graminicola* (10 x 40)

Phaeoseptoria vermiformis (tache phaeoseptorienne)

Pycnides très foncées, grosses, très coriaces, pourvues d'un court bec. Les conidies sont grises, longues, étroites et effilées des deux bouts, elles mesurent $70-120 \mu\text{m} \times 3-4,5 \mu\text{m}$, elles ont des cloisons nombreuses, et ressemblent à des nématodes.



Conidies de *Phaeoseptoria vermiformis* (10 x 40)

Tache septorienne (speckled leaf blotch)

*Septoria tritici**

La tache septorienne est une maladie qui cause des dégâts sérieux dans beaucoup régions où on cultive le blé. La maladie est provoquée par *S. tritici*, qui attaque surtout le blé, encore que dans des conditions favorables, il parasite aussi le triticale et le seigle. On le retrouve parfois sur l'orge et certaines espèces d'avoine.

La maladie débute par l'apparition sur le feuillage de petites taches irrégulières, brun rougeâtre, que les nervures contraignent à s'étendre longitudinalement (Figure 59). Plus tard le centre des taches présente une teinte cendrée. Ces taches s'agrandissent puis se réunissent sur la largeur de la feuille, ce qui entraîne la nécrose de la feuille entière. Les taches perdent leur bordure foncée en s'agrandissant, et virent alors au gris clair. C'est à ce stade que de petites ponctuations noires (les pycnides) apparaissent dans les taches, d'où le nom anglais de tache foliaire "mouchetée" (speckled leaf blotch) (Figure 60).

* Forme parfaite: *Mycosphaerella graminicola*



Figure 59. Symptômes typiques de la tache septorienne provoquée par *S. tritici* sur blé dur.



Figure 60. Symptômes évolués de la tache septorienne sur blé tendre. A noter que la pigmentation des taches est différente de celle des taches sur blé dur (Figure 59).

Cette maladie ordinairement se manifeste tout d'abord sur les feuilles inférieures. La rapidité avec laquelle la maladie se propage aux feuilles supérieures dépend des conditions du milieu et de la sensibilité de la variété de l'hôte à cette maladie. La vitesse d'extension de la maladie diminue à mesure que l'hôte approche de la maturité. Les fructifications (pycnides) prennent naissance dans la profondeur des tissus (Figure 61). A maturité, elles percent l'épiderme et déchargent des masses (cirrhes) blanches à brun-clair de conidies (Figure 62). Celles-ci ont la forme de bâtonnets hyalins, filiformes, généralement courbes, aux extrémités arrondies, munis de trois à sept parois peu distinctes, $40-80 \mu\text{m} \times 1.7-3.0 \mu\text{m}$ (Figure 63). Quelques fois des petites spores (microspores) sont produites.

La tache septorienne est répandue sur tous les continents, dans les régions où on cultive le blé. Les pertes de rendement dans certaines régions, entre autres l'Afrique du Nord et le sud du Brésil, sont parfois catastrophiques. La création de variétés résistantes à la tache septorienne se poursuit au Mexique, au Brésil, aux USA, en Afrique du Nord et de l'Est, dans certains pays du Moyen-Orient, et dans la région méditerranéenne d'Europe.



Figure 62. Lorsque l'hygrométrie est élevée, des cirrhes (qui renferment les conidies) blanchâtres ou couleur chamois sont extrudés des pycnides de *S. tritici*.

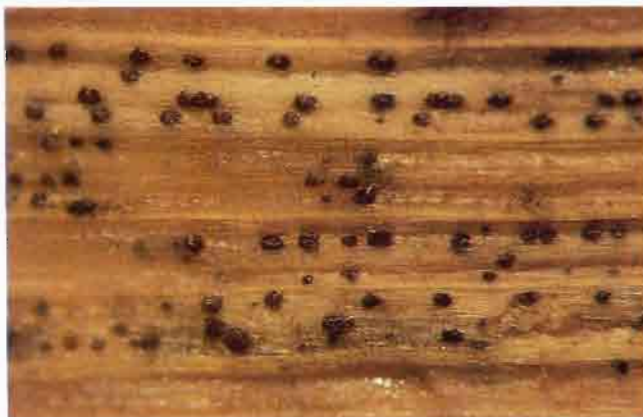


Figure 61. Ce sont les pycnides foncées de *S. tritici* qui donnent un aspect de moucheture aux taches.

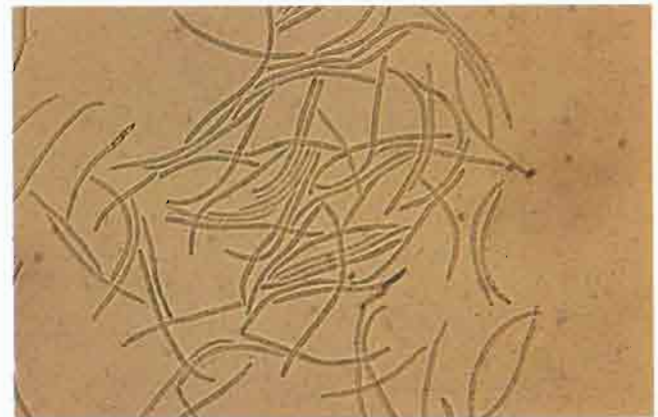


Figure 63. Conidies de *S. tritici* (10 x 40).

Tache septorienne des glumes (glume blotch)

Septoria nodorum *

La tache des glumes occasionne parfois des dégâts graves au blé, au triticale, au seigle et à l'orge. Les glumes, ne sont pas les seuls organes atteints, le limbe et la gaine des feuilles et les noeuds le sont aussi fréquemment. Les taches foliaires au début sont jaunâtres à brun ocre, ovales ou lenticulaires, flanquées d'une bordure foncée (Figure 64). Les jeunes lésions sont moins délimitées par les nervures que ne le sont celles provoquées par *S. tritici*. Les taches s'accroissent et se fusionnent, et les tissus, tout en devenant nécrotiques, virent au gris pâle. Des pycnides brun pâle apparaissent çà et là par petits groupes dans les taches, mais elles sont moins distinctes que celles de *S. tritici*.



Figure 64. Symptômes typiques de la tache des glumes déterminés par *S. nodorum* sur le blé.



Figure 65. Symptômes de la tache septorienne des glumes sur glumes de blé dur. A noter la pigmentation gris brun qui s'étend depuis la pointe des glumes, et les pycnides brunes enfoncées dans les tissus.

Le pathogène devient plus agressif à mesure que l'hôte approche de la maturité, alors qu'il attaque surtout les noeuds et les glumes. Le stade "tache des glumes" débute ordinairement par l'apparition à la pointe des glumes et des glumelles inférieures (lemmes) d'une plage grise bordée de brun à sa base. La plage s'étend vers la base de l'organe et finalement sa bordure vire au gris (Figure 65). Les pycnides représentées par de petits boutons gris foncé ou bruns, apparaissent avant que la macule couvre plus du tiers apical de la glume.

Au stade "tache des glumes" la maladie se distingue facilement de la glume noire, une bactériose provoquée par *Xanthomonas translucens* (page 102). La glume noire débute par la formation de stries huileuses à la base de la barbe et de la partie supérieure de la glume (Figure 66). Ordinairement, après incubation sur papier filtre humide, deux ou trois stries courtes portant des gouttelettes d'exsudat bactérien jaune brun apparaissent sur les deux faces des glumelles inférieures (lemmes) et des glumes infectées. Les macules déterminées par *S. nodorum* sont sèches, grises, et les pycnides en saillie libèrent des amas blanchâtres à roses de spores après 24-48 heures d'incubation sur papier filtre humide.

Les pycnides produites sur le limbe et la gaine des feuilles sont brun pâle au début, ensuite elles virent au gris foncé. A ce moment là, il est plus difficile de les distinguer de celle de *S. tritici*. On doit alors faire un examen au microscope du matériel végétal infecté dans les 48 heures qui suivent sa mise sur papier filtre humide, alors que les masses (cirrhes) roses de spores sont extrudées activement et que l'envahissement par les saprophytes est limité (Figure 67). Les conidies de *S. nodorum* sont hyalines, droites ou

* Forme parfaite: *Leptosphaeria nodorum*



Figure 66. Comparez les symptômes de la glume noire (ci-dessus) occasionnés par *Xanthomonas translucens*, avec ceux de la tache des glumes. A noter les stries huileuses, brun foncé à noires, qui partent de la base de la barbe.

légèrement courbes, les extrémités arrondies, et ordinairement munies de trois cloisons manifestes. Les conidies à maturité mesurent 15-24 μm de long et 2.5-4.0 μm de large (Figure 68).

La forme parfaite, *Leptosphaeria nodorum* se développe dans les vieilles taches, surtout sur les glumes infectées. Les fructifications (les périthèces) sont noires, et munies d'un bec qui sort de l'épiderme (Figure 69). Les ascospores sont légèrement courbes, gris pâle, et quadricellulaires. La cellule à chacune des extrémités de l'ascospore a le bout arrondi (Figure 70). Les ascospores de *L. nodorum* ne peuvent être distinguées des ascospores de *L. avenaria*, la forme parfaite de *S. avenae*. Parce qu'on les

rencontre fréquemment dans la nature et qu'elles peuvent contaminer les céréales, on est porté à croire que les ascospores de *L. nodorum* jouent un rôle important dans l'instauration de la maladie.

Ce pathogène est répandu dans le monde entier et au moins aussi largement que *S. tritici*. Sa fréquence est moins irrégulière et les pertes qu'il occasionne sont probablement plus graves que celles dues à *S. tritici*. Les variétés résistantes à l'attaque d'un de ces pathogènes ne le sont pas nécessairement à celle de l'autre. *S. tritici* produit généralement moins de fructifications sur le triticale. Mais ces dernières sont plus sensibles à l'attaque de *S. nodorum* qui très fréquemment se manifeste aux noeuds.



Figure 67. Cirrhes rosâtres extrudées par les pycnides de *S. nodorum* qui sont moins visibles que celles de *S. tritici*.



Figure 69. Périthèces de *Leptosphaeria nodorum* (la forme parfaite de *S. nodorum*) dans une vieille tache sur glume.



Figure 68. Conidies de *S. nodorum* (10 x 40).



Figure 70. Ascospores de *L. nodorum* (10 x 40).

Tache septorienne des feuilles d'avoine, de blé et de triticale (septoria leaf blotch of oats, wheat and triticale)

Septoria avenae *

Au moins trois formes spécialisées de ce pathogène parasitent les céréales. Les pathovariants qui parasitent le blé, le triticale et l'orge prennent le nom de *S. avenae* f.sp. *triticea*, ceux sur le seigle, *S. avenae* f.sp. *secalis* et ceux sur l'avoine, *S. avenae* f.sp. *avenae*. Le pathogène produit sur tous les hôtes des pycnides et des périthèces de forme semblable. La maladie déterminée par ce pathogène sur l'avoine est généralement appelée en anglais, Septoria black stem (tige noire septorienne) (Figure 71). C'est une des maladies les plus dévastatrices de l'avoine en Amérique du Nord et ailleurs.

Tout d'abord, les symptômes foliaires sont des petites taches brun chocolat, qui deviennent lenticulaires à mesure qu'elles s'agrandissent et se réunissent (Figure 72). Les taches virent rapidement au gris brun pâle, et sont alors difficiles à distinguer de celles provoquées par les autres espèces de *Septoria* (Figure 73). Cette espèce continue de produire des fructifications pendant le mûrissement de l'hôte, bien après la fin de la phase de végétation active. Ce parasite se rencontre aussi dans les tissus attaqués auparavant par d'autres pathogènes.

* Forme parfaite: *Leptosphaeria avenaria*



Figure 71. Tache septorienne (tige noire, septoria black stem) provoquée par *S. avenae* f.sp. *avenae* sur l'orge.



Figure 72. Symptômes initiaux de la tache septorienne des feuilles occasionnés par *S. avenae* f.sp. *avenae* sur feuilles d'avoine.



Figure 73. Symptômes évolués de la tache septorienne des feuilles sur avoine. A ce stade, les symptômes sont difficiles à distinguer de ceux provoqués par d'autres espèces de *Septoria*.

Les pycnides libèrent des masses rosâtres de spores à profusion (plus que ne le fait *S. tritici* – voir Figure 74). Les conidies sont hyalines, droites ou un peu courbes, cylindriques, aux bouts arrondis, ont trois à quatre cloisons, et mesurent typiquement $20-45 \mu\text{m} \times 2.5-4.0 \mu\text{m}$ (Figure 75). Leur taille est intermédiaire à celles des conidies de *S. tritici* et celles de *S. nodorum*.

La forme parfaite, *Leptosphaeria avenaria*, se retrouve fréquemment sur la paille et les vieilles éteules. Les ascospores qui se sont développées sur les chaumes et les débris des cultures durant l'hiver constituent l'inoculum primaire de cette maladie sur l'avoine dans les régions septentrionales de l'Amérique du Nord (Figure 76). La taille, la forme et la couleur des ascospores sont semblables à celles des ascospores de *L. nodorum* la forme parfaite de *S. nodorum*.

La maladie a été signalée sur le blé en Europe, en Asie, en Afrique du Nord, en Amérique du Sud, dans les Grandes Prairies de l'Amérique du Nord et au Mexique. Bien que *S. avenae* f.sp. *avenae* ait la même aire géographique que *S. nodorum*, les chutes de rendement qu'il occasionne sur les cultures autres que l'avoine sont relativement faibles.

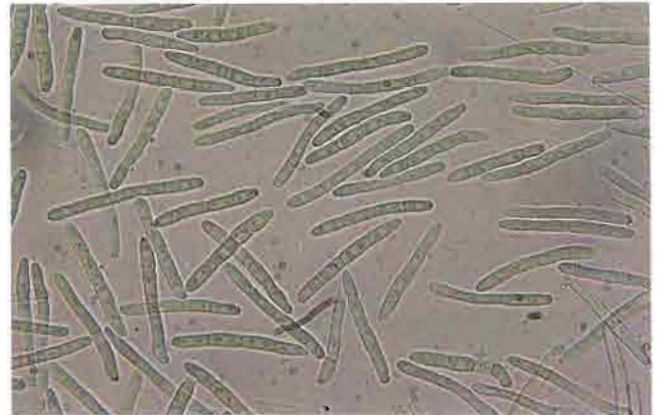


Figure 75. Conidies de *S. avenae* (10 x 10).

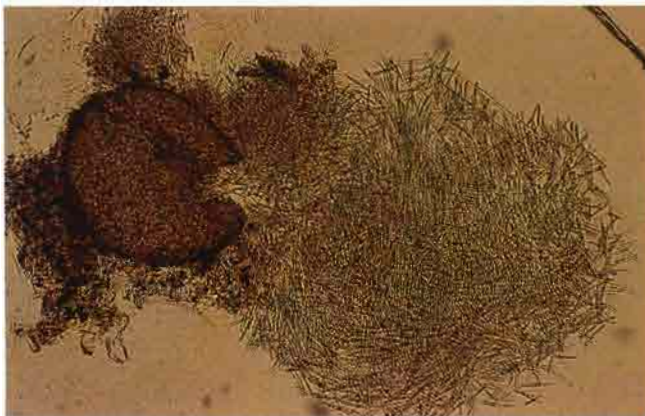


Figure 74. Une pycnide de *S. avenae* libérant des conidies (10 x 10)



Figure 76. Asques et ascospores de *Leptosphaeria avenaria*, la forme parfaite de *S. avenae* (10 x 40).

Tache septorienne des feuilles de l'orge

(septoria leaf blotch of barley)

Septoria passerinii

La tache septorienne des feuilles de l'orge, déterminée par *S. passerinii*, semble attaquer seulement l'orge cultivée et certaines espèces voisines sauvages. La maladie est fréquente dans les régions septentrionales de l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie, mais elle est la moins nocive des septorioses.

Les taches foliaires sont semblables à celles provoquées par *S. avenae*, y compris la ponctuation foncée (les pycnides enfoncées dans les tissus – voir Figure 77). Toutes les espèces de *Septoria* qui s'attaquent à l'orge produisent des pycnides foncées. Il faut donc avoir recours au microscope pour les distinguer.

Des groupes de pycnides brun foncé se développent dans les macules allongées sur le limbe et la gaine des feuilles, et sur les tiges (Figure 78). Les conidies sont hyalines, droites ou courbes, une extrémité un peu plus effilée que l'autre. Elles mesurent 26-42 μm x 1.5-2.0 μm , et généralement comportent trois parois transversales (Figure 79). Le cryptogame a été observé dans des lésions foliaires et caulinaires d'orge mature cultivée sur les Hauts Plateaux du Mexique. Ces conidies sont parfois courbes, et peuvent avoir plus de 2.0 μm de diamètre (Figure 80).

Le champignon se conserve sur les débris végétaux, particulièrement sur les feuilles mortes de *Hordeum jubatum* et autres orges sauvages répandues dans les régions où cette maladie existe. On a consacré peu d'efforts à la création de variétés résistantes et à l'élaboration d'autres mesures de lutte.



Figure 77. Tache septorienne de la feuille provoquée par *S. passerinii* sur orge.



Figure 78. Détail des pycnides de *S. passerinii* sur feuille d'orge.



Figure 79. Conidies typiques de *S. passerinii* (10 x 40).



Figure 80. Conidies peu typiques de *S. passerinii* récoltées sur des feuilles infectées sur les Hauts Plateaux du Mexique (10x 40).

Tache ascochyitique

(ascochyta leaf spot)

Ascochyta graminicola

La tache ascochyitique est une maladie de peu d'importance, mais qui est largement répandue. Elle se manifeste sur les basses feuilles du blé, de l'avoine, du triticale, de l'orge et de nombreuses graminées. Les taches apparaissent sur le limbe et la gaine des feuilles, et renferment souvent plus d'un pathogène. Les taches jaunâtres, circulaires ou ovoïdes, se réunissent et forment des bigarrures diffuses, de coloration brun pâle ou brun gris. Cette maladie est souvent confondue avec les taches septoriennes.

Les pycnides se développent par petits groupes dans les taches. Les conidies sont bicellulaires, hyalines, courtes, à peu près droites, cylindriques ou ovoïdes, aux extrémités arrondies, elles mesurent 14-22 μm x 4-5 μm . On a observé une grande diversité dans leur taille. Par exemple, des variants à petites conidies (10 μm x 2.5 μm) se rencontrent sur l'avoine au Kenya, et des variants à grosses conidies (25 μm x 7 μm) sur le triticale sur les Hauts Plateaux du Mexique (Figure 83).

La tache ascochyitique est fréquente dans les régions au climat doux et tempéré. Le cryptogame se conserve sur les feuilles mortes des graminées sauvages. Une hygrométrie élevée au début du printemps favorise la formation de spores et l'extension de la maladie. Les cultures céréalières sont probablement contaminées par les spores qui proviennent des débris végétaux ou des graminées infectées.

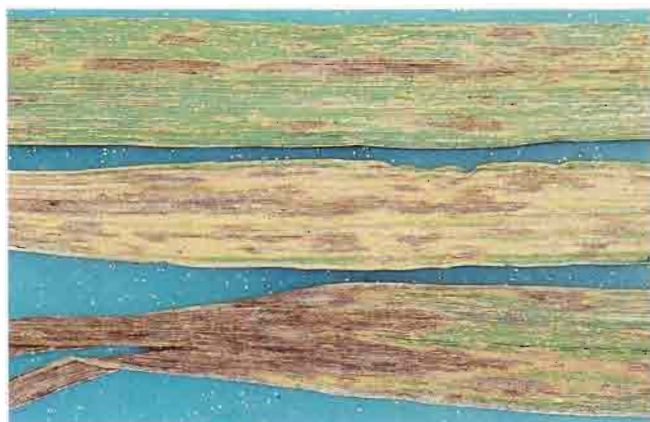


Figure 81. Symptômes de la tache ascochyitique provoquée par *Ascochyta graminicola* sur feuilles de blé.



Figure 82. Conidies d'un variant d'*Ascochyta graminicola* à petites conidies trouvées sur avoine au Kenya (10 x 40).



Figure 83. Cette microphoto montre des conidies de *Septoria nodorum*. On trouvera à la page 38 la microphoto correcte des conidies d'un variant d'*Ascochyta graminicola* à grosses conidies.

Tache phaeoseptorienne

(phaeoseptoria leaf blotch)

Phaeoseptoria vermiformis

La tache se rencontre sur le blé, le triticale et l'avoine dans les régions montagneuses subtropicales. Quoique cette maladie ait été signalée fréquemment sur les Hauts Plateaux du Mexique et en Afrique de l'Est, son importance en ce qui concerne les céréales est négligeable. Le champignon a été décrit en 1980 par Punithalingam et Waller, du Commonwealth Mycological Institute, Kew, Angleterre.

Les taches ou bigarrures foliaires déterminées par *P. vermiformis* sont semblables à celles provoquées par *Septoria nodorum*, et elles se rencontrent souvent ensemble. Les bigarrures sont brun pâle ou brun moyen, flanquées d'une plage couleur paillée s'étendant dans le sens de la longueur du limbe. Les lésions se produisent souvent en bordure des feuilles (Figure 84). Les pycnides sont brun sombre à noires, enfoncées dans les tissus, et munies d'un col court qui perce l'épiderme (Figure 85). Des masses gris pâle de conidies en sont extrudées après 24-48 heures d'incubation en chambre humide. Les conidies sont gris pâle, longues, étroites, avec des cloisons très visibles, courbes, amincies aux extrémités. Elles mesurent typiquement 70-120 μm x 3.0-4.5 μm , et sont pourvues de 8 à 14 cloisons transversales (Figure 86). Les conidies ressemblent à de longs et minces nématodes qui possèderaient des parois transversales sombres. Le cycle de développement de ce champignon n'a pas été étudié. Il est probable qu'il se conserve dans son habitat naturel sur les graminées sauvages.



Figure 84. Tache phaeoseptorienne provoquée par *Phaeoseptoria vermiformis* sur feuille de triticale.



Figure 85. Pycnides noires et relativement grosses de *P. vermiformis*. A noter que le col des pycnides matures sort de l'épiderme.

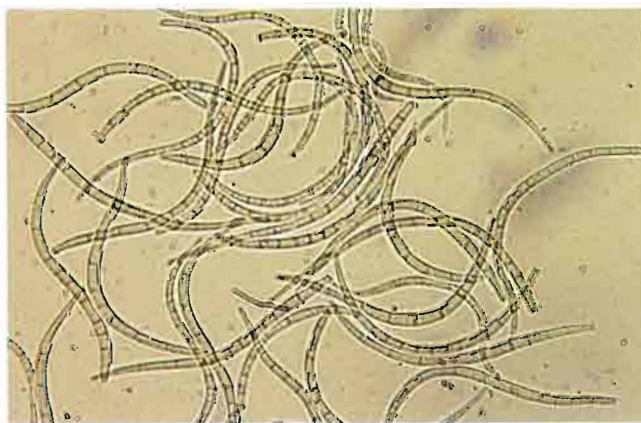


Figure 86. Conidies de *P. vermiformis* (10 x 40).



Charbons et caries

Quatre genres de Basidiomycètes sont réunis sous ce titre général de charbons et caries. Ils sont des pathogènes des céréales à paille et de plusieurs graminées. Ils forment des masses noires de spores* (spores de conservation, kystes basidiogènes) qui remplacent partiellement ou complètement l'épis, les épillets ou les grains (Figure 87). Ces pathogènes sont presque toujours transmis par la semence et/ou par le sol. Les charbons causés par les *Ustilago* sont déclenchés par des contaminations florales qui entraînent la production de grains infectés. Ces grains donnent naissance à des plantules dans lesquelles l'infection se généralise et qui produisent des masses de spores (kystes) au lieu des grains. La maladie se manifeste donc une génération après la contamination. Par contraste, les caries provoquées par le *Tilletia* sont déclenchées par la contamination de la jeune plantule dans laquelle l'infection se généralise et qui produit des amas de spores (kystes) au lieu des grains. Ceci se passe donc au cours de la même génération où s'est réalisée la contamination. La carie de karnal provoquée par *Neovossia indica*, est déclenchée exclusivement par des contaminations florales, l'infection ne se généralise pas, et les spores (kystes) sont formées dans les grains infectés. Le charbon des feuilles, déterminé par *Urocystis*, se manifeste par la présence d'amas de spores noires dans les feuilles et les tiges, à la suite de la contamination des plantules.

Figure 87. (Page en regard). Epis d'orge montrant les amas de spores noires typiques du charbon nu provoqué par *Ustilago nuda* (photo: S. Fuentes).

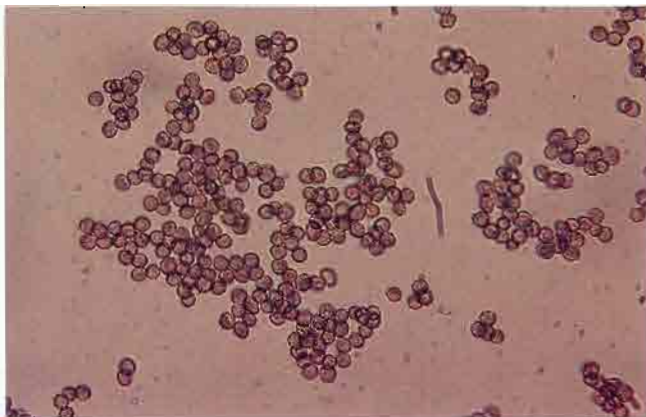
Les traits communs à tous les charbons et les caries sont entre autres:

- Ces pathogènes sont des parasites obligatoires.
- Ils produisent des amas de spores de conservation noires (kystes) qui apparaissent au stade épiaison.
- La plupart des genres renferment des races physiologiques distinctes.

Les charbons et les caries sont des maladies importantes qui s'attaquent aux céréales de l'Hémisphère Oriental. Elles sont tout particulièrement répandues au Proche et au Moyen-Orient, et en Inde. De nombreuses espèces de céréales cultivées sont originaires de ces régions, et jouent le rôle d'hôte de remplacement pour les pathogènes des charbons et des caries des céréales cultivées. L'emploi de semence saine, l'enrobage des semences par des fongicides, la rotation des cultures, les variétés résistantes (s'il y en a) sont des méthodes de lutte efficaces.

* Dans ce chapitre le terme spore est synonyme de kyste basidiogène, spore de conservation, probaside.

Distinction des genres



Spores (kystes) typiques des *Ustilago* (10 x 40)

Les *Ustilago* (charbons nus et charbons couverts)

Les amas lâches et noirs de spores sont recouverts d'une mince membrane et remplacent complètement les fleurs. Les spores sont très petites, mesurant 5-10 μm de diamètre.

Les *Tilletia* (carie commune, carie naine)

Une boulette brun gris à enveloppe coriace (grain carié) renferme une masse noire de spores à la place du grain. La boulette dégage une odeur de poisson pourri quand on la brise. Ses spores sont de taille moyenne, 15-23 μm de diamètre.

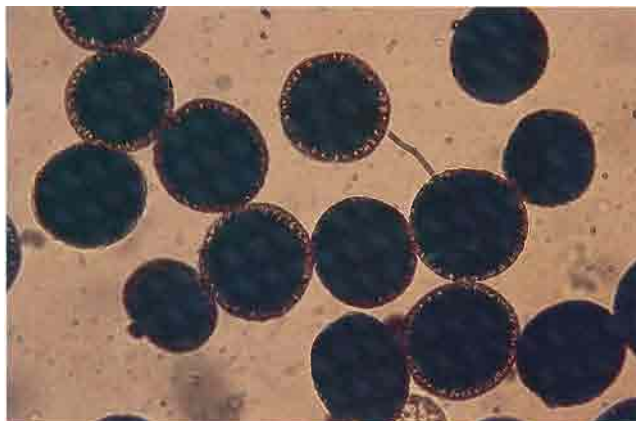


Spores (kystes) typiques des *Tilletia* (10 x 40)

*Neovossia indica** (carie de Karnal)

Les grains sont partiellement ou complètement transformés en masses de spores noires. La contamination florale s'opère à l'aide des sporidies (basidiospores) issues des kystes basidiogènes (spores) qui germent près de la surface du sol. Les spores (kystes) sont grosses, leur diamètre mesure 25-30 μm , et elles dégagent une odeur de poisson.

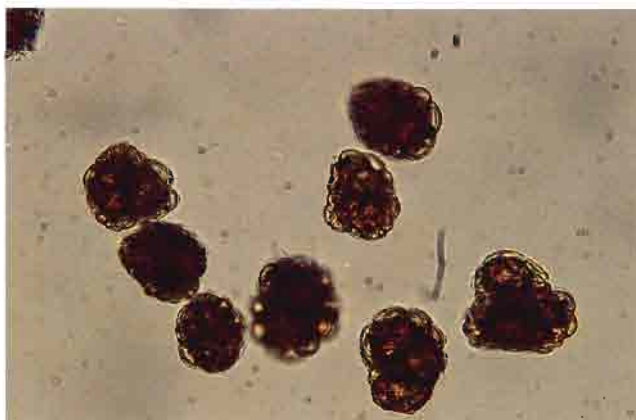
* Syn. *Tilletia indica*



Spores (kystes) de *Tilletia indica* (10 x 40)

Les *Urocystis* (charbon des feuilles)

Des amas noirs de spores se forment dans le limbe et la gaine des feuilles. Les spores (kystes basidiogènes) sont libérées par glomérules de deux à quatre spores fertiles entourées d'une couche de vésicules stériles. Les spores fertiles mesurent 10-20 μm de diamètre.



Spores (kystes) typiques des *Urocystis* (10 x 40)

Charbons nus et charbons couverts (loose and covered smuts)

Les *Ustilago*

Les charbons nus sont de toutes les maladies qui affectent les céréales les plus faciles à reconnaître. Les épillets des plantes atteintes sont transformés en amas de spores brun olive foncé à noirs. La maladie se manifeste seulement après l'épiaison. Lorsque les épis émergent, les amas de spores sont recouverts d'une membrane délicate de coloration blanc grisâtre qui se déchire avant ou durant la récolte, et ainsi libère les masses pulvérulentes de spores. La maladie se propage par la contamination florale (*U. nuda*) ou la contamination de l'embryon réalisée, dans ce cas-ci, par les spores transportées sur la semence ou présentes dans le sol (*U. nigra*, *U. hordei*). Le mycélium envahit la gemmule (plumule) de l'embryon et croît à l'intérieur de l'hôte. Au stade épiaison il détruit l'appareil florifère et le remplace par des masses de spores.

Trois formes ou espèces très voisines sont reconnues, chez les *Ustilago*, sur la base des caractères morphologiques, le cycle de développement et les symptômes maladiques qu'elles provoquent.

- Charbon nu de l'orge et du blé (*U. nuda*).
- Faux charbon nu de l'orge et de l'avoine (*U. nigra*).
- Charbon couvert (vêtu) de l'orge et de l'avoine (*U. hordei*).

Chaque espèce comporte de nombreuses lignées physiologiques qui se distinguent par les différences dans les réactions qu'elles provoquent chez différentes variétés, espèces, ou genres de céréales. On a signalé qu'il pouvait y avoir hybridation entre certaines lignées à l'intérieur de chacun des trois groupes, ce qui laisse supposer que ces lignées sont des pathovariants plutôt que des espèces distinctes.

L'orge, l'avoine, le blé et plusieurs graminées sont attaqués par des *Ustilago*, cependant le triticale et le seigle ne le sont que rarement. La fréquence des charbons nus et couverts a beaucoup diminué en Amérique du Nord et en Europe par suite de l'utilisation de fongicides plus performants pour le traitement des semences et de variétés plus résistantes que celles utilisées antérieurement.

Charbon nu de l'orge et du blé (loose smut of barley and wheat)



Ustilago nuda (*U. tritici*)

La maladie provoquée par cette espèce résulte de l'infection florale, et seuls l'orge et le blé sont sensibles. Une forme (lignée) d'*U. nuda* attaque l'orge, mais non le blé (Figure 88); une autre lignée, jadis nommée *U. tritici*, attaque le blé, mais non l'orge. À part cela, les deux lignées sont identiques. Les épis des plantes atteintes sortent de la

Figure 88. Un épi d'orge atteint de charbon nu déterminé par *U. nuda*. L'épi vient à peine de sortir de la gaine et possède encore la délicate membrane gris argenté qui recouvre temporairement l'amas de spores (photo: S. Fuentes).

gaine un peu avant ceux des plantes saines. La membrane recouvrant les amas de spores est très fragile, elle se déchire tout de suite après l'épiaison (Figure 89). Les spores brun olive sont disséminées par le vent. La contamination (infection) florale est réalisée par les spores qui se déposent sur les fleurs. Les spores germent et produisent un promycélium qui envahit l'ovaire. Eventuellement le mycélium colonise l'embryon des grains en croissance, où il persiste à l'état de repos jusqu'à la germination de la semence. A ce moment là, le mycélium se développe dans la jeune plante (infection généralisée) puis au moment de l'épiaison, il envahit les ébauches florales et les transforme en amas de spores.

Les spores (kystes basidiogènes) sont globuleuses, finement échinulées (couvertes de petites épines), plus pâles d'un côté que de l'autre, et mesurent 5-10 μm de diamètre (Figure 90). Les spores, en germant, produisent un promycélium quadricellulaire, mais aucune sporidie (Figure 91).

Sur l'orge, le charbon nu déterminé par *U. nuda* peut difficilement être distingué du charbon nu (faux charbon nu) causé par *U. nigra*. Ordinairement, les barbes se développent plus chez les plantes attaquées par *U. nuda* que par *U. nigra*. Cependant, la variabilité dans le développement de la barbe, d'une variété d'orge ou de blé à l'autre, amoindrit l'utilité de ce critère de distinction. Les différences dans les dimensions et dans l'échinulation des spores ne

permettent pas de distinguer les espèces. La différence de pigmentation des spores, celle d'*U. nuda* étant brun olive, et celle d'*U. nigra* étant brun chocolat foncé, peut servir, si on possède des échantillons de spores types à qui les comparer. Une façon plus fiable de distinguer les deux espèces consiste à observer la germination des spores sur de l'eau gélosée stérile. Le promycélium d'*U. nigra* produit des sporidies, celui d'*U. nuda* n'en produit pas.

Ustilago nuda se conserve entre les périodes de culture par son mycélium latent dans l'embryon et l'albumen des grains infectés. Les traitements de la semence utilisés pour maîtriser les champignons transmis par la semence ne sont pas efficaces. La désinfection de la semence à l'eau chaude qui a été utilisée pendant longtemps a été remplacée par les fongicides systémiques, tel *Carboxin*. La résistance variétale et des pratiques culturales adaptées ont diminué la fréquence de cette maladie.



Figure 89. Ce qui reste d'un épi attaqué par *U. nuda*. La membrane qui couvrait les amas de spores s'est déchirée et les spores ont été dispersées.

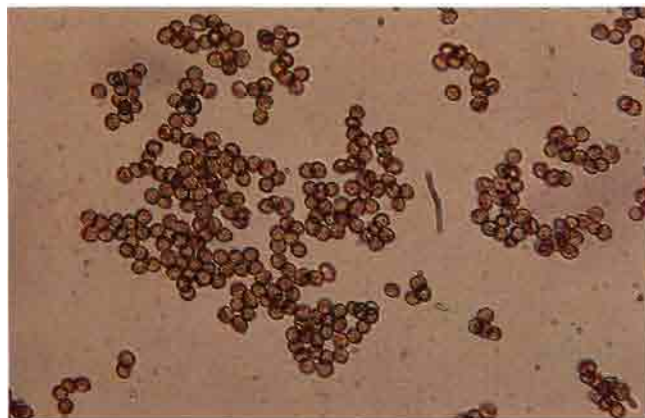


Figure 90. Spores (kystes) d'*U. nuda* (10 x 40).



Figure 91. Spores (kystes) d'*U. nuda* qui germent sur de l'eau gélosée stérile. A noter la production d'un promycélium sans sporidies (10 x 40).

Faux charbon nu de l'orge et de l'avoine (black loose smut of barley and oats)

Ustilago nigra (*U. Avenae*)

L'orge et l'avoine sont sensibles à certaines formes de cette espèce. Une de ces formes attaque seulement l'orge, une autre seulement l'avoine (Figure 92). Les symptômes sont presque identiques à ceux du charbon nu. Les barbes (arêtes) et les glumes des épis infectés se développent un peu, surtout celles de l'orge (Figure 93), mais cette particularité varie selon la variété et les conditions externes. Les amas de spores sont brun chocolat foncé à noirs. La membrane qui recouvre les amas de spores est un peu plus coriace que celle produite par *U. nuda*, et la dissémination des spores est susceptible d'être retardée en raison de la persistance de cette membrane.

Les spores (kystes) se logent entre les bractées florales, sur les glumelles, ou les grains des plantes avoisinantes où elles demeurent en état de latence jusqu'au moment où la semence est mise en terre. La contamination des plantules se réalise quand le coléoptile est percé par le filament issu des sporidies produites par les kystes, qui polluaient la surface des grains ou qui se trouvaient dans le sol près de l'embryon de la semence en voie de germer.

Les kystes basidiogènes (spores de conservation) sont de couleur brun foncé à noirs, quasi globuleux, 6-75 µm de diamètre, échinulés à des degrés différents. Ils sont pratiquement identiques à ceux d'*U. nuda* (voir Figure 90). Le kyste produit un promycélium et des sporidies oblongues, qui donnent naissance à des sporidies secondaires par un processus de bourgeonnement comme chez les levures. La présence de ces sporidies est un critère de différenciation utile.

L'infection des plantules peut être empêchée par des traitements fongicides de la semence. L'emploi de variétés résistantes aux races locales, ainsi que le traitement de la semence limite généralement les pertes à un niveau acceptable.



Figure 92. Epis d'avoine atteints par deux sortes de charbon, à gauche, le faux charbon nu causé par *U. nigra*, et à droite le charbon couvert provoqué *U. hordei*.



Figure 93. Faux charbon nu provoqué par *U. nigra* sur épi d'orge. A noter le degré de développement de la barbe.

Charbon couvert (vêtu) de l'orge et de l'avoine (covered smut of barley and oats)

Ustilago hordei (*U. kolleri*)

Le charbon couvert cause des pertes importantes à l'orge et à l'avoine. Les différentes lignées du pathogène sont dotées d'une morphologie identique, mais elles diffèrent par leur pouvoir pathogénique. Une lignée qui attaque l'orge n'attaque pas l'avoine (Figure 94) et *vice versa* (Figure 92, 95). Les charbons couverts sont différents des charbons nus par le degré de développement qu'ils permettent aux bractées florales et à la barbe, ainsi que par la durabilité de la membrane qui recouvre initialement les amas de spores. Dans le cas du faux charbon nu, les amas de spores demeurent souvent intacts jusqu'à l'approche de la maturité de l'hôte. Les kystes (spores) sont disséminés au cours du battage, polluant ainsi le grain.

Les masses de kystes sont brun foncé ou noires. Sous le microscope, un côté du kyste paraît plus pâle que l'autre, ils sont globuleux ou angulaires, lisses, diamètre: 5-9 μm . Les kystes (spores) germent en émettant un promycélium qui donne naissance à quatre sporidies primaires qui produisent de nombreuses sporidies secondaires (Figure 96).



Figure 94. Charbon couvert provoqué par *U. hordei* sur épi d'orge.



Figure 95. Panicules d'avoine atteintes du charbon couvert causé par *U. hordei*.

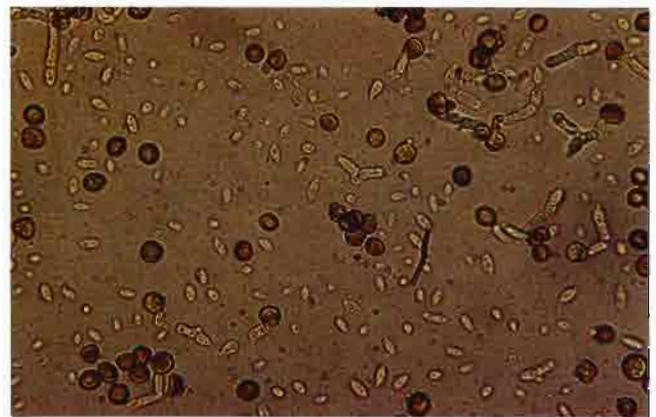


Figure 96. Kystes (spores) d'*U. hordei* germés sur eau gélosée stérile. A noter le promycélium court et l'abondance des sporidies (10 x 40).

Carie commune et carie naine

(common and dwarf bunts, stinking smut)

Les *Tilletia*

La carie commune et la carie naine sont des maladies importantes du blé. Elles peuvent aussi frapper l'orge et certaines espèces de graminées. La carie commune ne se produit que rarement sur d'autres céréales à paille. Le cycle végétatif de la carie commune est semblable à celui des charbons couverts. Les plantes infectées sont généralement plus courtes et tallent plus que les saines (Figure 97). La gravité du nanisme varie selon la race du champignon et la variété de l'hôte. La maladie se manifeste plus nettement après l'épiaison. Les épis cariés ont une couleur vert bleuâtre, et les glumes s'écartent anormalement pour faire place aux grains cariés (Figure 98). En fin de saison, en plus du rabougrissement de la plante, l'épi malade revêt un faciès caractéristique: couleur foncée, grains cariés visibles entre les glumes écartées, dimensions et forme anormales. Les épis infectés sont nettement plus lâches et allongés que les épis sains.

Les grains cariés sont brun grisâtre, de forme semblable à celle des grains sains, mais généralement plus globuleux (Figure 99). Lorsqu'ils sont broyés, une poudre de kystes noirs qui dégage une forte odeur de poisson s'en échappe. Ces kystes (spores) qui proviennent des plantes atteintes sont disséminés par les travaux de récolte et polluent le grain et le sol. Les kystes se conservent en état de dormance sur le grain et le sol sec jusqu'au moment où l'humidité augmente. Alors les kystes germent. Ils émettent un promycélium qui produit de 8 à 16 sporidies, qui se fusionnent par paires, grâce à un tube central de copulation, le couple prenant l'aspect d'un H, et finalement il y a production de sporidies secondaires infectieuses. Les sporidies pénètrent à l'intérieur du coléoptile des plantules, où de l'apex végétatif des jeunes talles, souvent avant même la levée. Le mycélium se développe à l'intérieur de la plantule suivant de près l'apex végétatif pour finalement l'envahir. Le pathogène est très bien adapté au parasitisme sur blé d'hiver en régions tempérées.



Figure 97. Carie naine provoquée par *Tilletia controversa*. A noter le nanisme prononcé et le tallage excessif.



Figure 98. Epis de blé cariés (carie commune). A noter les glumes écartées par les grains cariés plus gros que les grains sains.



Figure 99. Deux épis de blé atteints de carie commune. A gauche, grains cariés par *T. caries*, à droite, grains cariés par *T. foetida*.

Trois espèces très voisines sont impliquées, *Tilletia caries* et *T. foetida* causent la carie commune, et *T. controversa* cause la carie naine. *Tilletia caries* et *T. foetida* se ressemblent beaucoup par les caractères morphologiques, le cycle évolutif, la maladie qu'elles provoquent et les races physiologiques qu'elles comportent. Ces deux espèces pourraient être considérées comme étant des variantes d'une même espèce. Elles diffèrent un peu par la forme et l'ornementation de la paroi des kystes (spores). *Tilletia caries* occasionne des grains cariés de forme normale ou allongée, brun grisâtre terne. *Tilletia foetida* occasionne des grains cariés allongés ou globuleux (Figure 100). Les kystes (spores) de *T. caries* sont globuleux, réticulés, formant des amas bruns ou noirs, et mesurent de 15 à 23 μm de diamètre, (Figure 101). Les kystes de *T. foetida* sont sphériques ou allongés, lisses, et mesurent 17-22 μm de diamètre (Figure 102).

Tilletia controversa, l'agent pathogène de la carie naine, est très difficile à distinguer de *T. caries* sur la base de ses caractères morphologiques, mais les symptômes qu'il provoque sont très différents de ceux occasionnés par *T. caries*. La carie naine est caractérisée par un rabougrissement de l'hôte beaucoup plus prononcé que celui qui se manifeste pour la carie ordinaire, (voir Figure 97). La carie naine ne

se rencontre que dans les régions où la neige couvre le sol pendant des longues périodes. Les kystes de la carie naine germent plus lentement que ceux de la carie commune. En conséquence de cette germination tardive, la contamination par *T. controversa* ne se réalise qu'au stade "deux feuilles" ou "trois feuilles" de la plante hôte.

Les meilleurs résultats dans la lutte contre ces deux caries sont obtenus en combinant le traitement fongicide des semences à l'utilisation de variétés résistantes. Parmi les fongicides les plus performants dans les cas où la semence et le sol sont pollués par les kystes, sont l'hexachlorobenzène, le pentachloronitrobenzène, *Carboxin* et *Thiabendazole*.



Figure 100. A comparer: (en haut, au centre) grains de blé indemnes; (en bas, à gauche) grains cariés par *T. foetida*; (en bas, au centre) grains cariés par *T. caries*; (en bas, à droite) grains niellés provoqués par le nématode, *Anguina tritici* (page 125).



Figure 101. Spores (kystes) de *T. caries* (10 x 40).



Figure 102. Spores (kystes) de *T. foetida* (10 x 40).

Carie de Karnal

(Karnal bunt)

Neovossia indica *

La carie de Karnal est surtout une maladie des blés tendres, qui attaque aussi les blés durs et le triticale (Figure 103). Ordinairement, on fait la découverte de cette maladie, quand on aperçoit dans le grain battu, des grains brisés à albumen carié. A moins que l'attaque soit très grave, seules quelques fleurs par épi sont infectées, et ces épis passent facilement inaperçus. L'embryon et une partie de l'albumen



Figure 103. Epi de blé atteint de la carie de Karnal dûe à *Neovossia indica*.



Figure 104. Carie de Karnal sur grain de blé. A noter que le grain a conservé une partie de son enveloppe.

sont remplacés par un amas pulvérulent de spores (kystes) noirs. Cependant le grain carié conserve généralement une partie de son enveloppe (Figure 104). Les grains cariés dégagent une odeur de poisson comme celle de la carie commune. Les kystes de la carie de Karnal sont gros (25-42 μm de diamètre), globuleux, noirs, la surface est rugueuse (Figure 105). A la germination, les spores (kystes) émettent un promycélium qui donne naissance à de nombreuses sporidies.

Les sources principales d'inoculum sont les grains cariés et les sols pollués par les kystes (spores) produits sur la culture de la saison précédente. Les kystes germent à la surface du sol où il produisent de nombreuses sporidies qui sont dispersées par le vent et les insectes. Les sporidies contaminent l'ovaire durant la floraison. Il en résulte que le grain est en partie ou complètement transformé en un amas de kystes.

Avant de faire un contrôle de mesures, il est nécessaire de pousser plus loin les travaux de recherche sur la réaction des variétés et l'efficacité des fongicides. Toutefois, l'utilisation de semence correctement traitée ou indemne de maladies est essentielle. Les résultats obtenus jusqu'à cette date au Mexique dans les tests de traitement chimique de la semence contre la carie de Karnal, montrent que le PCNB (pentachloronitrobenzène) à 2 kg. par tonne de semence, est efficace lorsque la maladie est véhiculée par la semence. La maladie est originaire de l'Inde. Sa présence dans les autres régions du monde est limitée par les facteurs du milieu.

* Syn. *Tilletia indica*



Figure 105. Spores (kystes) noirs caractéristiques de *Neovossia indica* (10 x 40).

Charbon des feuilles (flag smut)

Urocystis agropyri

Le charbon des feuilles est essentiellement une maladie du blé d'hiver dans les régions où les hivers sont doux. Il se manifeste aussi sur le blé de printemps cultivé durant l'hiver dans certaines régions de l'Inde. Le charbon de la tige (stries noires) du seigle est déterminé par un pathogène très voisin d'*Urocystis agropyri*. Le charbon des feuilles est facile à identifier, mais passe souvent inaperçu parce que les plantes atteintes sont extrêmement rabougries.

Des stries grises à noires apparaissent sur le limbe et la gaine des feuilles. L'hôte est ordinairement rabougri, les feuilles sont tordues et se fendent sur la longueur après que les stries se soient ouvertes pour libérer les spores (Figure 106). Les plantes infectées ne forment pas d'épi (Figure 107). Les spores (kystes) libérées par les plantes charbonnées polluent le sol et le grain. Les plantules de la culture suivante sont contaminées par les sporidies engendrées par les spores (kystes) qui se trouvent dans le sol ou sur la semence. Le mycélium interne produit une infection généralisée de la plante.

Les sores sont remplis de spores en glomérules recouvertes de cellules stériles. Chaque glomérule renferme une à quatre spores angulaires ou sphéroïdes, brun foncé, lisses, de 10-20 μm de diamètre (Figure 108). Quand les spores germent, elles émettent un promycélium engendrant trois à quatre sporidies, qui se fusionnent pour former le mycélium qui réalisera la contamination.

La rotation des cultures ajoutée à l'utilisation de semence saine constitue une méthode efficace de lutte. Le charbon de la feuille a été presque totalement éliminé d'Australie par l'emploi de la rotation et de variétés résistantes. Les fongicides systémiques, tels *Carboxin* et *Benomyl*, sont efficaces dans le traitement de la semence.



Figure 107. Les pieds de blé atteints du charbon de la feuille sont déformés, rabougris, et tallent peu (photo: R. Metzger).

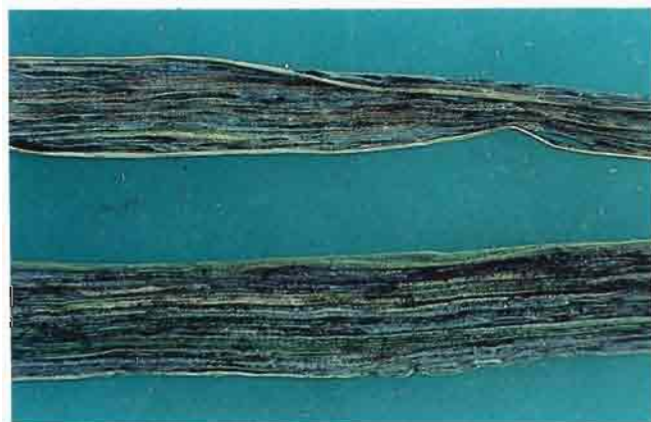


Figure 106. Feuilles de blé charbonnées par *Urocystis agropyri*. A noter les stries gris foncé.

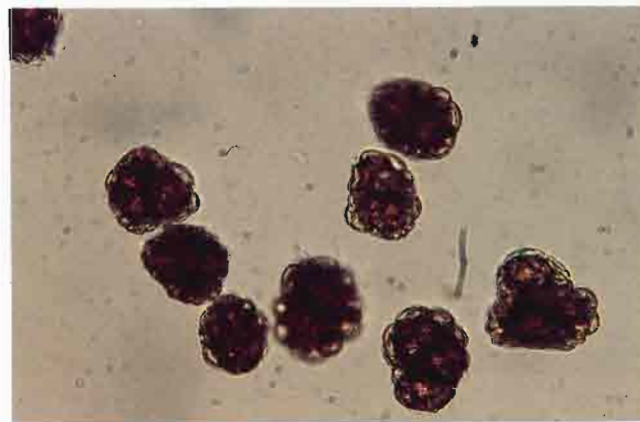


Figure 108. Spores d'*Urocystis agropyri*. A noter la couche de cellules stériles qui recouvre les spores fertiles (10 x 40).

Fusarioses

Les deux maladies les plus communes provoquées par les *Fusarium* sur les céréales à paille sont la gale et le piétin fusarien. La plupart de ces *Fusarium* vivent dans le sol mais ils sont capables d'être des saprophytes facultatifs agressifs. Les pathogènes qui s'attaquent à la racine ne peuvent être identifiés que très difficilement sans l'utilisation de techniques de laboratoire très spécialisées, et qui par conséquent ne peuvent être abordées ici.

Cinq espèces de *Fusarium* qui attaquent régulièrement l'appareil aérien des céréales à paille sont traitées ici.* Ces espèces produisent des accumulations de conidies à la surface des parties atteintes de la plante hôte. Ces accumulations revêtent des teintes diverses: blanches, roses, orangées, rouges et ocres.

La gale peut être facilement reconnue par la présence, après la floraison, d'un ou de plusieurs épillets échaudés (avortés). Les épillets infectés sont blanchâtres ou paillés; teintes qui contrastent avec le vert normal des épis sains (Figure 109 — page suivante). Durant la saison de végétation des amas jaune pâle ou orangés de conidies s'accumulent à la base des épillets ou sur les bords des glumes et des lemmes (glumelles inférieures). Les grains des épillets infectés sont ordinairement petits, ridés et non viables. Ces grains sont susceptibles de contenir des mycotoxines qui sont des poisons pour l'homme et le bétail. Le même champignon peut aussi provoquer la brûlure des semis, la pourriture du collet, la brûlure des chaumes et des noeuds, et la pourriture du grain de toutes les céréales à paille.

Au début du printemps, *F. nivale* qui détermine la moisissure des neiges, colonise les tissus des feuilles et du collet des céréales semées l'automne. Cette maladie se manifeste par la formation d'un feutrage mycélien blanc à la surface des parties attaquées. C'est vers 0°C que *Fusarium nivale* occasionne le plus de dégâts. La même espèce détermine des bigarrures foliaires dans certaines régions subtropicales.

Les *Fusarium* survivent sur les débris végétaux dans le sol ou sur les grains non traités. Les fongicides peuvent protéger les plantules contre les contaminations réalisées par l'inoculum sur la semence, mais non contre celles réalisées par l'inoculum dans le sol ou les débris végétaux. Les infections précoces se traduisent par la pourriture de la racine ou la brûlure des semis. Les infections subséquentes causent la pourriture du collet, et ceci fréquemment en association avec les infections réalisées par d'autres agents causaux, tels *Ophiobolus graminis* et *Helminthosporium sativum*. La présence d'épis blancs dans un champ avant la maturité du reste de la culture est parfois une des séquelles de la pourriture du collet (piétin) causée par les *Fusarium*. La contamination des épillets détermine la gale et s'effectue par des conidies transportées par le vent durant la floraison ou le remplissage du grain.

* L'identification des espèces est rendue difficile par l'état de confusion dans lequel se trouve la nomenclature, et par la variabilité naturelle de la morphologie des *Fusarium* due aux variations des conditions climatiques et des substrats nutritifs. Snyder et Hansen (1945) se sont efforcés de mettre un peu d'ordre dans la classification des *Fusarium* en réduisant le nombre d'espèces à neuf. Les mycologues se sont entendus, plus ou moins, pour voir là un pas dans la bonne direction. De plus, ce regroupement d'espèces a suscité un examen de conscience chez les taxonomistes au sujet des critères de distinction utilisés pour d'autres groupes de champignons. Par exemple, les différences morphologiques qui séparent les variétés que comporte l'espèce *Fusarium roseum* sont au moins aussi importantes que celles qui séparent les espèces dans les genres tels *Ustilago* et *Tilletia*.

M. C. Booth de la Commonwealth Mycological Society de Kew en Angleterre a publié une excellente monographie intitulée "Genus *Fusarium*" (1971). Cet ouvrage est susceptible d'être un auxiliaire précieux pour les chercheurs intéressés par les fusarioses. Cependant peu de phytotechniciens spécialisés dans les céréales disposent du temps et du matériel de laboratoire que requièrent les techniques recommandées par M. Booth. Ces techniciens ont besoin d'un système d'identification peu compliqué qui leur permettrait de distinguer au moins les espèces de *Fusarium* qui attaquent les parties aériennes des céréales.



Distinction des espèces

Les *Fusarium* produisent deux sortes de spores de dimensions très différentes. Les spores de petites dimensions, appelées microconidies, ne sont pas produites par toutes les espèces. Les microconidies sont extrêmement petites et sans caractère diagnostique. Néanmoins, leur présence ou absence peut être un critère utile pour distinguer les espèces. Les grosses spores, les macroconidies, sont produites par toutes les espèces, et elles possèdent des caractères morphologiques qui sont d'utiles critères de distinction.

Cinq espèces de *Fusarium* se rencontrent régulièrement à l'état de pathogène sur les parties aériennes des céréales à paille. Les macroconidies de ces espèces présentent des caractères distincts. Il est donc possible, l'expérience aidant, de les distinguer en examinant au microscope les macroconidies fraîches qui se trouvent sur les tissus atteints. Les épis, les noeuds et les feuilles infectés se couvrent de fructifications lorsqu'ils sont incubés sur papier humide en boîte de Pétri pendant 24-48 heures à la température ambiante.

Figure 109. (Page en regard). La gale fusarienne de l'épi est facilement reconnaissable par les symptômes distinctifs qui se manifestent après la floraison. Les épis atteints sont de couleur paille blanchie, qui contraste avec la couleur vert des épis sains.

Les spores se déforment en vieillissant, en séchant, en germant ou en présence d'autres microbes. Ces spores déformées ne doivent donc pas être utilisées pour l'identification. Lorsque les souches sont cultivées sur milieux nutritifs, d'autres caractères de distinction peuvent apparaître: vitesse de croissance, pigmentation, formation de microconidies, de chlamydospores, et de périthèces. Ces mêmes caractéristiques observées chez le pathogène dans ou sur les tissus de l'hôte sont trop variables pour être bien utiles, quoiqu'il ne faut pas les ignorer complètement.



Conidies de *F. graminearum* (10 x 40)

Fusarium graminearum

Les macroconidies mesurent généralement 25-50 μm x 2,5-5,0 μm et comportent trois à sept cloisons. Le corps de la spore est généralement droit ou faiblement arqué, la cellule apicale est courbe et pointue. La cellule basale est allongée, effilée et légèrement courbe. Des périthèces superficiels naissent souvent sur les épis et les chaumes malades quand la récolte a lieu durant une longue période humide et chaude.

Fusarium culmorum

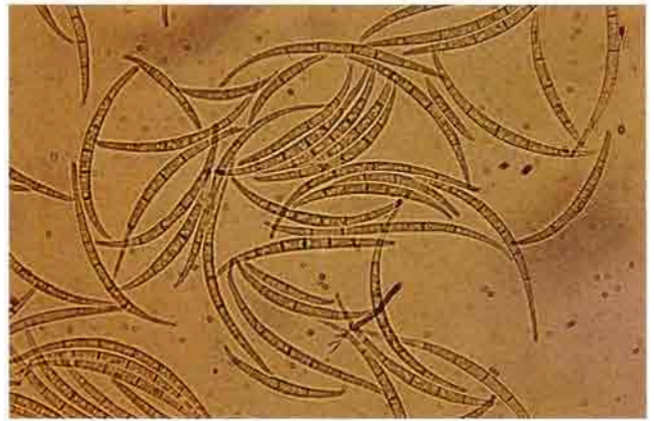
Les macroconidies mesurent généralement $30-60 \mu\text{m} \times 4-7 \mu\text{m}$, elles sont épaisses, faiblement arquées, trois à cinq cloisons distinctes, cellule apicale pointue, pédicellée à la base. Les périthèces sont inconnus.



Conidies de *F. culmorum* (10 x 40)

Fusarium avenaceum

Les macroconidies sont allongées, étroites, et arquées sur toute la longueur. Elles mesurent $50-80 \mu\text{m} \times 2.5-4 \mu\text{m}$ et sont munies de quatre à sept cloisons. On rencontre rarement de périthèces dans la nature.



Conidies de *F. avenaceum* (10 x 40)

Fusarium equiseti

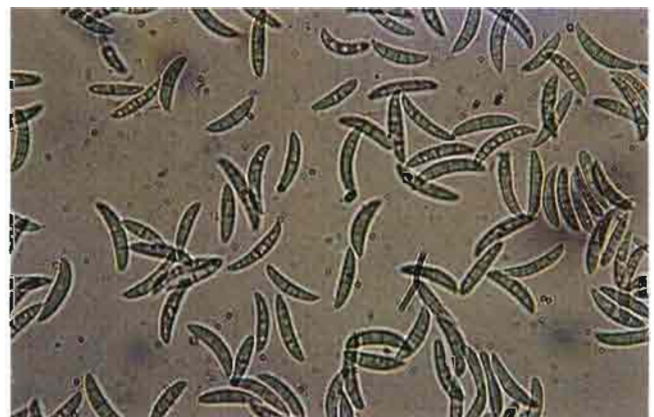
Les macroconidies sont de dimensions intermédiaires entre celles de *F. culmorum* et celles de *F. avenaceum*. La cellule apicale effilée est plus fortement courbée que celles des autres espèces. Les macroconidies mesurent $22-60 \mu\text{m} \times 3.5-6.0 \mu\text{m}$, comportent quatre à sept cloisons distinctes et sont nettement pédicellées à la base.



Conidies de *F. equiseti* (10 x 40)

Fusarium nivale

De tous les *Fusarium* qui parasitent les céréales à paille, *F. nivale* est le plus facile à identifier. Les conidies sont courtes, courbes, amincies aux deux extrémités, et pas nettement pédicellées à la base. Les conidies mesurent à maturité $20-28 \mu\text{m} \times 2.5-5 \mu\text{m}$ et ordinairement sont munies de trois cloisons. Les périthèces se développent souvent sur les limbes et les gaines des feuilles avant et après la maturité de la plante hôte.



Conidies de *F. nivale* (10 x 40)

Gale et piétin fusarien (scab and root rot)



Figure 110. Fructifications (amas de conidies et mycélium aérien) de *F. graminearum*, agent causal de la gale de l'épi sur épis de triticales.



Figure 111. Conidies of *F. graminearum* (10 x 40).



Figure 112. Périthèces de *Gibberella zeae* (la forme parfaite de *Fusarium graminearum*) sur épis de blé.

Fusarium graminearum *

Cette espèce détermine, dans le monde entier, la gale, la pourriture du collet et de la racine. La maladie est particulièrement grave en Chine, au Sud du Brésil, en Argentine, et en Europe de l'Ouest. *Fusarium graminearum* semble préférer les régions aux hivers doux et aux étés humides et chauds.

Les macroconidies forment des amas de couleur orangée à pêche à la base des épis, ou sur les bords des glumes ou des glumelles inférieures (Figure 110). Les macroconidies sont hyalines, droites, ou faiblement arquées, la cellule apicale est faiblement allongée et fortement courbée près du bout. Les spores typiques mesurent $25-50 \mu\text{m} \times 2.5-5.0 \mu\text{m}$, quoique certaines collections dépassent ces limites (Figure 111). Il n'y a pas de microconidies.

La forme parfaite (*Gibberella zeae*) se retrouve fréquemment sur les plantes infectées, et il est probable qu'elle joue un rôle dans la perpétuation de la maladie d'une année à l'autre. C'est la seule espèce de *Fusarium* qui produit normalement des périthèces dans les conditions naturelles. Les périthèces se développent superficiellement en groupes sur les épis des céréales (Figure 112). Les ascospores sont légèrement teintées, brun jaunâtre, fusoïdes, et légèrement courbées, arrondies aux extrémités (Figure 113). Elles ressemblent aux ascospores de *Leptosphaeria avenaria* (voir page 45), mais sans la cellule centrale gonflée. A maturité, les ascospores possèdent trois cloisons, et mesurent $20-25 \mu\text{m} \times 3-4 \mu\text{m}$.

* Forme parfaite: *Gibberella zeae*



Figure 113. Ascospores de *Gibberella zeae* (10 x 40).

Fusarium culmorum

Cette espèce est très répandue, et semble pouvoir mieux résister aux sécheresses et aux gels extrêmes que *F. graminearum*. Les deux espèces provoquent des symptômes similaires (Figures 114, 115, 116). *Fusarium culmorum* occasionne une grave pourriture de la racine dans les régions du Nord-Ouest des USA, en Europe de l'Ouest et dans certaines régions subtropicales à haute altitude.

Cette espèce produit des macroconidies trapues, hyalines, arquées, à la cellule apicale pointue, et nettement pédicellée (en forme de pied) à la base. Les conidies comportent en général trois à cinq cloisons et mesurent $30-60 \mu\text{m} \times 4-7 \mu\text{m}$ (Figure 117). Les microconidies et les périthèces sont inconnus. Souvent des chlamydozoospores se développent dans le sol et constituent alors un mécanisme efficace par lequel le champignon se conserve.



Figure 114. Gale de l'épi sur blé dur provoquée par *F. culmorum*. A noter la ressemblance de ces symptômes avec ceux provoqués par *F. graminearum* (Figure 109).



Figure 115. Fructifications conidiennes de *F. culmorum* sur épillet de triticale. A comparer avec la Figure 110.



Figure 116. Grain ratatiné et non viable de triticale affecté de la gale de l'épi.



Figure 117. Conidies de *F. culmorum* (10 x 40)

*Fusarium avenaceum**

Cette espèce aussi provoque communément la gale de l'épi, la pourriture du collet et de la racine. Elle est largement répandue dans des régions aux températures diverses. *Fusarium avenaceum* est facilement reconnu par ses macroconidies très allongées, très étroites, et arquées. Il cause communément la gale de l'épi du seigle (Figure 118) et du triticale sur les Hauts Plateaux du Mexique. D'ordinaire, des petits amas rose pâle de spores s'accumulent à la surface des glumes (Figure 119). Les macroconidies sont hyalines, arquées, amincies aux extrémités, aux dimensions typiques de 50-80 μm x 2.4-4.0 μm (Figure 120). Les macroconidies se montrent très polymorphes. Les périthèces sont rarement présents sur les plantes attaquées.

* Forme parfaite: *Gibberella avenacea*.



Figure 118. Epis de seigle infectés par *F. avenaceum*.



Figure 119. Fructifications conidiennes de *F. avenaceum* sur glume de seigle.

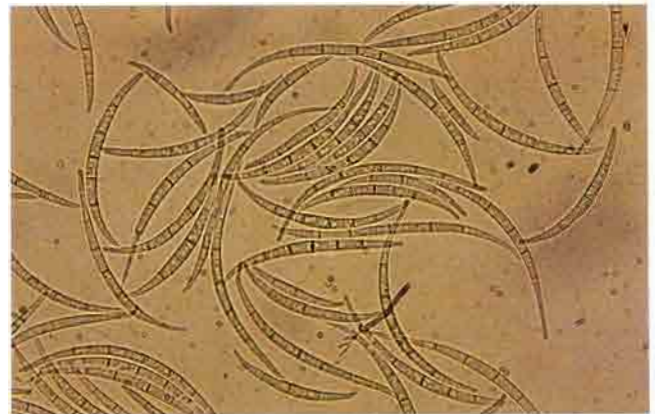


Figure 120. Conidies de *F. avenaceum* (10 x 40).

*Fusarium equiseti**

Cette espèce se retrouve le plus souvent dans les sols de certaines régions, où elle compose une forte proportion de la microflore. Cependant, cette espèce n'est pas tenue pour très pathogène. Des masses roses de spores de *F. equiseti* sont souvent perceptibles sur les épis des céréales sur les Hauts Plateaux du Mexique (Figures 121, 122). Dans cette région, on a remarqué que *F. equiseti* fructifiait sur les feuilles des céréales. Les macroconidies sont hyalines, arquées, et la cellule apicale est allongée et fortement courbée dans la direction du centre de l'arc. Ces conidies à maturité mesurent 22-60 μm x 3.5-6.0 μm (Figure 123). Plusieurs souches sont pourvues de cloisons foncées bien distinctes. Il n'y a pas de microconidies. La forme périthéciale a été signalée, mais ne se retrouve que très rarement sur les céréales.

* Forme parfaite: *Gibberella intricans*



Figure 121. Fructification conidienne de *F. equiseti* sur feuille d'avoine.



Figure 122. Fructifications de *F. equiseti* observées à la loupe sur épillet de blé dur.



Figure 123. Conidies de *F. equiseti* (10 x 40).

Tache fusarienne de la feuille et moisissure des neiges

(fusarium leaf blotch and snow mold)

Fusarium nivale *

Fusarium nivale est un pathogène important dans les régions tempérées fraîches et il détermine la moisissure des neiges des céréales d'hiver. Il attaque les plantules et provoque une pourriture du collet quand les températures sont fraîches. Les dégâts de gel d'hiver subis par les céréales d'hiver sont attribuables en grande partie aux infections par *F. nivale*.



Figure 124. Jeunes symptômes de la bigarrure fusarienne provoquée par *F. nivale* sur feuille de blé.



Figure 125. La bigarrure fusarienne s'accompagne de déformation et de lacération de la feuille.

Dans les parties les plus fraîches des régions subtropicales, ce *Fusarium* provoque des bigarrures foliaires sur le blé, le triticale et le seigle (Figure 124). Cette bigarrure est répandue sur les Hauts Plateaux Mexicains, dans les hautes vallées de l'Afrique de l'Est, et dans la région des Andes en Amérique du Sud. Lorsque l'attaque est grave, la défoliation est parfois complète. Quoiqu'une brûlure de l'épi puisse parfois se manifester, les pertes de rendement sont occasionnées surtout par l'atrophie du grain provoquée par les taches sur les feuilles. Le blé dur et le triticale sont en général plus affectés que le blé tendre et le seigle. L'avoine et l'orge ne sont pas attaquées.

La bigarrure sur les feuilles fait ordinairement son apparition à l'épiaison. Les feuilles portent alors des macules ovales ou irrégulières, marbrées vert grisâtre. Ces lésions s'agrandissent rapidement et prennent l'aspect de bigarrures ovoïdes brun grisâtre au centre gris (Figure 125). Les tissus morts dans les vieilles lésions étant fragiles, ils se fendillent parfois et se plissent.

Le champignon fructifie rapidement dans les jeunes taches. Des sporodochia blancs à rose pâle émergent des stomates. Ces appareils conidifères ont l'aspect de points de couture légèrement teintés ou rosâtres en lignes parallèles aux nervures de la feuille (Figure 126). Les sporodochia virent au jaune au cours du vieillissement des bigarrures. De nombreuses conidies hyalines, en forme de faucille, sont engendrées sur les sporodochia (Figure 127). A maturité, les conidies sont de dimensions uniformes, 20-28 μm x 2.5-4 μm , et comportent trois cloisons. La cellule apicale est plus pointue que la cellule basale (Figure 128).

* Forme parfaite: *Monographella nivalis*

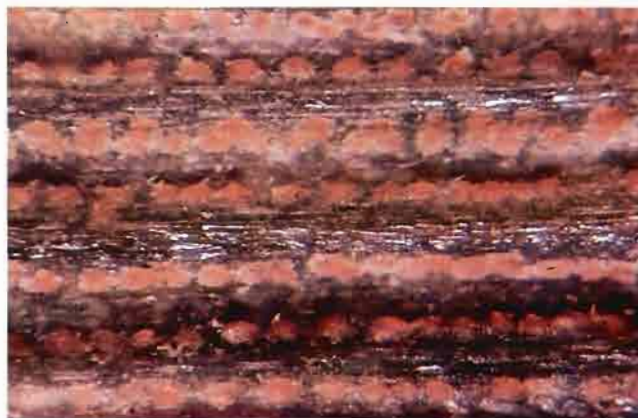


Figure 126. Sporodochia rosâtres de *F. nivale* en lignes parallèles aux nervures de la feuille.

La forme parfaite (*Monographella nivalis*) se rencontre fréquemment dans les taches foliaires sur les hôtes en voie de maturation, mais les ascospores matures ne sont pas libérées avant une période de vieillissement au champ (Figure 129). Les périthèces sont enfoncées dans les tissus foliaires. L'ostiole par lequel s'échappent les ascospores fait

saillie (Figure 130). A première vue, les périthèces ressemblent aux pycnides des *Septoria*, mais peuvent en être distingués par les asques et les ascospores qu'ils contiennent plus que par les conidies. Les ascospores sont petites, hyalines, elliptiques, ont une courbure irrégulière, et une à trois cloisons, 10-18 μm x 3.5 μm (Figure 131).

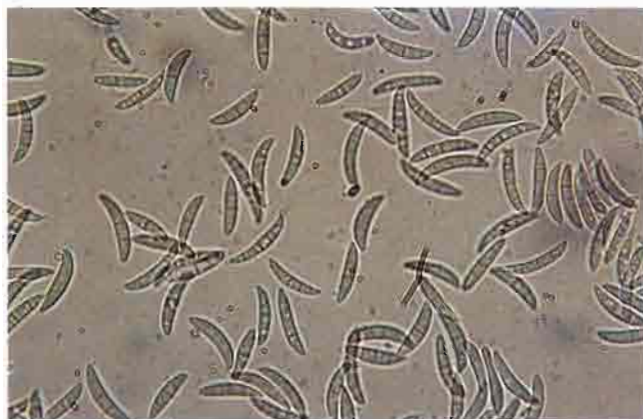


Figure 128. Conidies de *F. nivale* (10 x 40).



Figure 127. Sporodochium de *F. nivale* observé au microscope. A noter la présence de conidies (10 x 40).



Figure 129. Périthèces de *Monographella nivalis* (forme parfaite de *F. nivale*) sur feuille de triticale.

La moisissure des neiges est la plus répandue des maladies que provoque *F. nivale*. Elle se rencontre sur les céréales d'hiver dans les régions emblavées de blé d'hiver aux Etats-Unis et en Europe. Les pieds atteints de cette moisissure sont chlorotiques, et on aperçoit sur les feuilles nécrotiques un feutrage mycélien rosâtre, des sporodochia et des amas de spores. Les cultures sont plus susceptibles de subir des dégâts lorsqu'elles demeurent couvertes par la neige pendant longtemps (Figure 132). Cette maladie n'a pas été signalée sur les céréales d'hiver sur les Hauts Plateaux Mexicains, malgré que des températures nocturnes inférieures à 0°C s'y produisent régulièrement de novembre à février. La bigarrure foliaire n'apparaît qu'au milieu de l'été.

Les chercheurs connaissent mieux la moisissure des neiges que la bigarrure foliaire en tant que maladie causée par *F. nivale*. On a réussi à diminuer les dégâts occasionnés par la moisissure des neiges par l'emploi de rotations qui comportent des variétés plus résistantes. Peu de travaux ont été réalisés en vue de lutter contre la bigarrure. Les chercheurs du CIMMYT ont trouvé que *Benomyl* pulvérisé sur les feuilles toutes les deux semaines à partir de l'épiaison stoppait la maladie sur les céréales dans de sélection à Toluca aux Mexique. On a réussi à créer des lignées de blé dur, de blé tendre, et de triticales qui possèdent un certain niveau de résistance à la bigarrure.



Figure 130. Périthèces de *M. nivale* observés à la loupe. A noter qu'ils sont enfoncés dans les tissus.



Figure 131. Asques renfermant des ascospores de *M. nivale* en train de s'échapper du périthèce (10 x 40).



Figure 132. Blé d'hiver atteint de la moisissure des neiges provoquée par *F. nivale* (photo: G.W. Bruehl).



Diverses maladies de la racine et du collet

Les agents pathogènes décrits dans ce chapitre habitent tous les sols. La contamination primaire se produit ordinairement au niveau de la racine ou à la base du pied. Quelques uns des champignons pathogènes, tels *Ophiobolus graminis* (Figure 133), *Pseudocercospora herpotrichoïdes* et *Sclerotium rolsii*, occasionnent des lésions au niveau de la surface du sol ou tout près. Généralement, les pieds atteints se flétrissent ou se nécrosent seulement à leur base, la maladie ne s'étendant pas aux autres parties de la plante.

Colletotrichum graminicola ordinairement cause tout d'abord des lésions sur la base de la plante, et souvent des lésions secondaires sur le limbe et la gaine des feuilles. *Cephalosporium gramineum* et *Sclerophthora macrospora* pénètrent dans la plante par la racine et le collet, puis se répandent dans toute la plante, généralisant l'infection. Les premiers symptômes apparaissent sur le limbe et la gaine des feuilles, et sont souvent accompagnés de nanisme et de déformation. Tous ces champignons se conservent sur les débris des plantes hôtes.

Figure 133. (Page en regard). Pourriture du collet, un des symptômes du piétin-échaudage sur blé causé par *Ophiobolus graminis*.

Distinction des champignons

Les conidies peuvent difficilement servir à distinguer les champignons de ce groupe. Cependant, dans ce chapitre une description des caractéristiques des conidies accompagnera aussi souvent que possible celle des symptômes.



Sporodochia de *Cephalosporium gramineum*

Cephalosporium gramineum (strie céphalosporienne)

C'est une maladie des céréales cultivées l'hiver dans les zones tempérées. Elle se manifeste par une ou deux stries qui s'étendent sur toute la longueur du limbe ou de la gaine, et qui sont d'abord vert pâle à blanches, puis virent au brun rougeâtre. Des spores unicellulaires agglutinées par un mucus naissent sur les sporodochia qui se sont développés sur les vieux chaumes de pieds infectés. Les conidies sont hyalines, ovoïdes, unicellulaires et petites ne mesurant que 4-7 μm x 2-3 μm .

Ophiobolus graminis (piétin-échaudage)

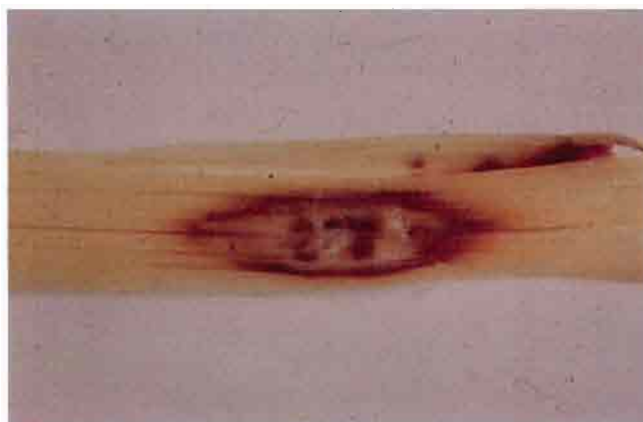
Pourriture sèche brun foncé à noire des racines et de la base des tiges. Les filaments mycéliens recouvrent d'un feutrage noirâtre la surface des tiges et de la gaine des feuilles à la base des pieds. Les plantes atteintes portent des épis blancs, alors que le reste de la culture est encore vert. Les périthèces à maturité libèrent des ascospores allongées, étroites, hyalines et cloisonnées, qui mesurent 70-90 μm x 2.5-3.5 μm .



Filaments mycéliens noirâtres et ébauches de périthèce de *Ophiobolus graminis*.

Pseudocercospora herpotrichoïdes (piétin-verse)

Cette maladie ordinairement provoque la verse et la sénescence prématurée. Des taches elliptiques, ocellées apparaissent sur les tiges près de la surface du sol. Les taches sont gris pâle à brun pâle au centre et brun plus foncé à la périphérie. Le champignon fructifie sur les chaumes au début du printemps. Les conidies sont hyalines, courbes, munies de plusieurs cloisons, et mesurent 30-60 μm x 1.5-3.5 μm .



Tache ocellée typique provoquée par *Pseudocercospora herpotrichoïdes* (photo: B. Fitt)

Sclerotium rolfsii (flétrissement sclérotique)

Des amas de mycélium blanc se forment sur les plantes flétries ou mortes un peu au dessous de la surface du sol. Des sclérotés sphériques, blancs au début puis virant graduellement au gris brun foncé apparaissent sur les racines et la base des tiges.



Sclérotés globuleux et mycélium blanc typiques de *Sclerotium rolfsii*



Fructifications (acervules) typiques de *Colletotrichum graminicola*

Colletotrichum graminicola (anthracnose)

Les fructifications constituent le critère de distinction le plus fiable pour ce champignon. Des petites fructifications (acervules) noires, de forme ovale ou allongée se développent sur les tiges et la gaine des feuilles, ordinairement près du sol. Les fructifications font saillie et possèdent de nombreuses soies (sètes) noires dressées qui dépassent le niveau des spores. Les conidies sont arquées, unicellulaires, hyalines à gris pâle, et mesurent 20-30 μm x 4-6 μm .



Symptômes typiques provoqués par *Sclerophthora macrospora*

Sclerophthora macrospora (mildiou)

Les plantes atteintes sont rabougries, jaunâtres et leurs feuilles sont épaissies et déformées. Si ces plantes forment des épis, les pièces florales sont épaissies, allongées et en forme de feuille et le grain n'est pas viable. Les oospores se rencontrent dans les tissus morts des feuilles basales. Ces spores sont sphériques, lisses, et ont 36-60 μm de diamètre. La maladie est surtout répandue dans les sols détrempés.

Strie céphalosporienne

(cephalosporium stripe)

Cephalosporium gramineum *

Cette maladie est répandue dans les céréales semées l'automne. Le blé est l'hôte le plus fréquent, encore que l'avoine, l'orge, le triticale et le seigle aussi soient sensibles. Cette strie est présente dans le Midwest et le Nord-Ouest des USA, en Europe occidentale et dans l'est de l'Asie. Cette maladie est rarement grave sur les cultures céréalières semées au printemps.

Les plantes malades se rencontrent seules ou en groupes. Les symptômes sont susceptibles d'apparaître à tous les stades de croissance de la plante, mais ils sont plus distincts au moment de l'épiaison. Une ou quelques stries de couleur vert pâle aux bords mal définis s'allongent sur toute la longueur du limbe ou de la gaine des feuilles. Les stries s'assombrissent et virent au brun roux (Figure 134). Peu après, le reste de la feuille jaunit. A l'approche de la maturité, la tige noircit au dessous des noeuds. Les plantes qui sont attaquées jeunes sont rabougries et stériles.

Le champignon, *C. gramineum*, se conserve dans le sol. Il fructifie sur les feuilles et les tiges sénescentes des plantes infectées. Les conidies forment des amas de nature visqueuse, de couleur paille sur des sporodochia qui se sont développés sur la paille humide (Figure 135). Les conidies sont hyalines, ovales, unicellulaires et de petites dimensions: 4-7 μm x 2-3 μm (Figure 136).

Le champignon se conserve sur les débris végétaux. L'inoculum tend à s'accumuler dans les sols sur lesquels des céréales sont continuellement cultivées, surtout si on pratique un travail minimum du sol. Les graminées (sauvages) aident à la perpétuation du champignon. La semence est capable de transmettre le champignon. A la suite de la contamination initiale de la racine, l'infection se généralise dans l'hôte. Certaines variétés tolèrent très bien les attaques de ce pathogène. Les rotations comportant des non-céréales, et l'enfouissement profond des éteules infectées sont les pratiques culturales recommandées afin de réduire l'incidence de cette maladie.

* Syn. *Hymenula cerealis*

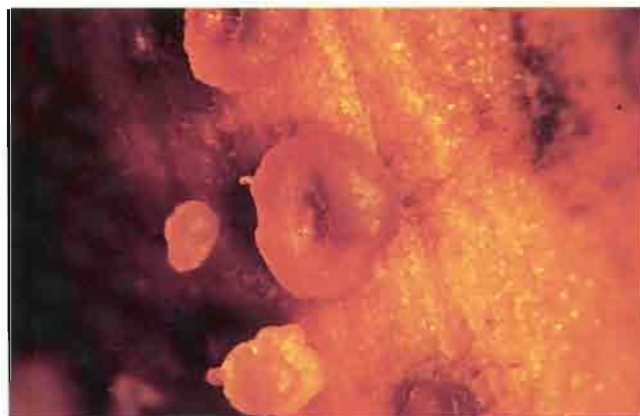


Figure 135. Des sporodochia de *C. gramineum* sur vieille paille de blé (photo: W.W. Bockus).



Figure 134. La strie céphalosporienne sur blé d'hiver, provoquée par *C. gramineum* (photo: W.W. Bockus).

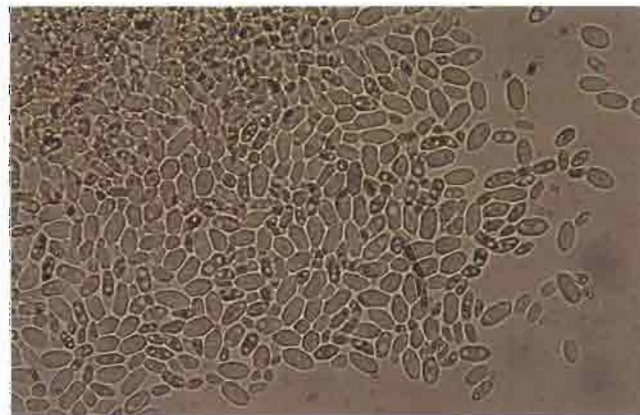


Figure 136. Conidies de *C. gramineum* (10 x 40).

Piétin-échaudage (épi blanc)

(take-all)

*Gaeumannomyces graminis**

Le piétin-échaudage est une affection des racines et de la base des tiges de céréales et des graminées. La maladie est ordinairement plus grave sur les cultures hivernales, mais les cultures semées au printemps peuvent aussi subir des dégâts importants. Bien que la contamination puisse se produire depuis le stade plantule, la maladie n'est remarquée le plus souvent qu'après l'épiaison. Le feuillage pâlit, les épis blanchissent et mûrissent prématurément (Figure 137). Les épis sont stériles ou comportent des grains ridés (Figure 138). Lorsque l'humidité du sol est peu abondante les plantes infectées sont très rabougries et le tallage est diminué. Les plantes attaquées portent des lésions brun foncé à noires sur les racines ou à la base des tiges (Figure 139).

Un feutrage mycélien noirâtre recouvre la tige sous la gaine la plus proche du sol. Les tiges sont affaiblies par cette pourriture, ce qui entraîne la verse, et fait que les plantes malades se brisent facilement près du collet lorsqu'on tente de les arracher.

* Originellement: *Ophiobolus graminis*



Figure 137. Un foyer de piétin-échaudage provoqué par *G. graminis* sur blé printanier. A noter les épis blancs, mûris prématurément.



Figure 138. Epis et grains de blé provenant de plantes attaquées à différents stades de croissance par *G. graminis*. A droite, un épi sain.



Figure 139. Chaumes et racines pourris par *G. graminis*.

Depuis quelques années, plusieurs espèces voisines de champignons ont été impliquées dans le piétin-échaudage. Bien que les champignons soient restés les mêmes, leur nom a été changé, ce qui a entraîné une certaine confusion. Le pathogène qui détermine le piétin-échaudage, connu initialement sous le nom de *Gaeumannomyces graminis*, forme des ébauches de périthèces dans le feutrage mycélien foncé qui généralement se trouve sous la gaine de la feuille à la base de la tige (Figure 140). Les périthèces mûrissent et produisent des ascospores quand les conditions sont favorables (Figure 141). Les périthèces sont sphériques à oblongs, noirs et fréquemment pourvus d'un bec. Les ascospores sont étroites, filiformes, hyalines, cloisonnées, mesurent $70-90 \mu\text{m} \times 2,5-3,5 \mu\text{m}$, et sont pointues aux extrémités (Figure 142). Les périthèces et les ascospores sont d'excellents traits diagnostiques, mais étant donné qu'ils sont souvent manquants, c'est la présence du feutrage mycélien qui apparaît régulièrement à la base de la tige qui sert au diagnostic.

Le champignon se conserve par son mycélium et ses périthèces dans les débris végétaux. La contamination est réalisée par la pénétration du mycélium. La quantité d'inoculum dans le sol est influencée par les facteurs édaphiques, telle la présence de micro-organismes antagonistes. Les rotations comportant des légumineuses ou d'autres cultures résistantes à cette maladie diminuent la quantité d'inoculum dans le sol.

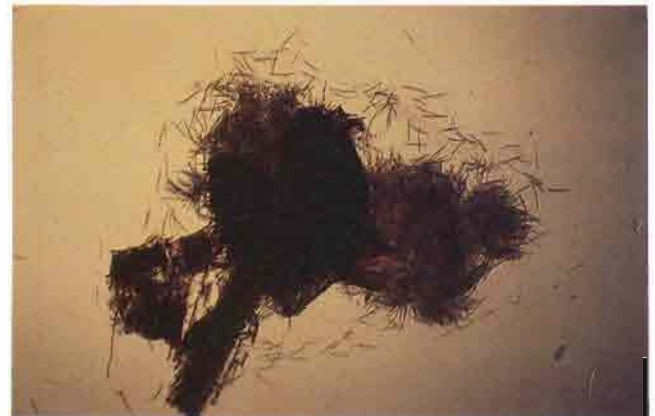


Figure 141. Un périthèce mature d'*G. graminis* libérant des ascospores (10 x 40).



Figure 140. Lacets mycéliens et ébauches de périthèces d'*G. graminis* sur l'entre-noeud basal d'une tige de blé.



Figure 142. Ascospores d'*G. graminis* (10 x 40).

Piétin-verse

(eyespot)

Pseudocercospora herpotrichoïdes

Le piétin-verse est généralement considéré comme étant une maladie du blé d'été, mais dans certaines régions, les céréales semées au printemps subissent parfois des dégâts importants. Ordinairement les symptômes ne se rencontrent qu'à la base de la plante. Les racines et la tige à plus de 15 à 20 cm au dessus du sol ne sont que rarement attaquées (Figure 143). Toutes les céréales et plusieurs graminées sont sensibles à cette maladie. Le temps humide et frais favorise son développement.

Les symptômes deviennent plus distincts avec le vieillissement de la plante. Des taches elliptiques ou ocellées apparaissent sur les gaines les plus basses et les noeuds adjacents, juste au dessus du niveau du sol (Figure 144). Les jeunes taches sont de couleur paille au centre et brune à la périphérie. A la fin, les taches entourent complètement la base du chaume. Le centre des taches s'assombrit avec l'âge (Figure 145). Dans les cas graves, la verse se produit en tous sens.

Le champignon fructifie ordinairement durant les jours humides et frais du début du printemps, et parfois pas du tout durant l'été. La production de spores est généralement difficile à provoquer sur les tiges matures des plantes infectées. Les conidiophores qui naissent d'un feutrage mycélien noirâtre sont simples, courts et dressés. Les conidies sont arrondies à leur base, effilées à l'autre extrémité, droites ou un peu courbes, mesurent $30-60 \mu\text{m} \times 1.5-3.5 \mu\text{m}$, et sont munies de trois à sept cloisons transversales.

Le champignon se conserve par son mycélium sur les débris de récolte. La contamination peut s'effectuer à partir de conidies produites sur des chaumes infectés (ou de mycélium). Le parasite pénètre les gaines basales, puis s'enfonce et se répand latéralement dans les tissus pour à la

longue produire un duvet mycélien dans la lumière de la tige. Les conidies produites sur les plantes infectées au début de la saison réalisent les infections secondaires.

Les méthodes de lutte suggérées sont, entre autres, le semis tardif d'automne et la rotation avec des cultures autres que les céréales, afin de diminuer la quantité d'inoculum dans le sol.



Figure 144. Les taches ocellées se rencontrent sur les chaumes au niveau de la surface du sol (photo: B. Fitt).



Figure 143. Vieille tache ocellée typique du piétin-verse sur tige de triticale.



Figure 145. Une tache ocellée typique provoquée par *Pseudocercospora herpotrichoïdes* (photo: B. Fitt).

Flétrissement sclérotique

(sclerotium wilt, southern blight)

Sclerotium rolfsii

Ce flétrissement est largement répandu dans les régions chaudes sur plusieurs espèces de plantes, entre autres: des légumineuses, des céréales, des plantes fruitières, maraîchères et ornementales, et des mauvaises herbes.

Les premiers symptômes sont le jaunissement et le flétrissement de la plante. Les plantes malades peuvent être seules ou en groupes (Figure 146). La contamination est susceptible de se réaliser à tous les stades compris entre le tallage et la maturité. La plupart des symptômes diagnostiques se manifestent à quelques centimètres de la surface du sol. Des amas de mycélium blanc peuvent être détectés sur les racines, les tiges et les gaines foliaires juste au dessous de la surface du sol (Figure 147). Les fructifica-

tions (sclérotés) se développent après le commencement du flétrissement. Les sclérotés sont des petits corps globuleux et blancs contenus dans le feutrage mycélien (Figure 148). Les sclérotés en grossissant virent du blanc au brun pâle puis finalement au brun (Figure 149). Ces propagules peuvent se former dans le sol, sur les racines ou sur les parties inférieures de la plante (Figure 150).



Figure 146. Symptômes du flétrissement sclérotique provoqués par *S. rolfsii* sur orge (photo: H. Vivar).



Figure 147. Jeunes sclérotés et mycélium blanc de *S. rolfsii*.



Figure 148. Jeunes sclérotés de *S. rolfsii* vues à un plus fort grossissement. A noter qu'elles sont blanches, globuleuses et lisses.

Le pathogène se reconnaît par les masses mycéliennes blanches et les sclérotos blanches ou brunes à la base de plantes flétries. La forme basidiennne, *Corticium rolfssii*, est occasionnellement remarquée sur les tissus morts, mais ne semble pas jouer un rôle important dans la propagation et la survie de ce champignon.

Le pathogène est un parasite facultatif des plus efficaces. Il est capable de se développer abondamment sur les tissus végétaux moribonds, près de la surface du sol. Il se conserve par ses sclérotos ou son mycélium sur les débris végétaux dans le sol. Le champignon préfère les sols acides. *Sclerotium rolfssii* est très difficile à éradiquer une fois établi, en raison du nombre et de la diversité des plantes qui peuvent lui servir d'hôte, de son aptitude à se développer à l'état de saprophyte, et de sa longévité sous les formes de sclérotos et de mycélium dans le sol.

Les méthodes de lutte comprennent l'enlèvement de tous les débris végétaux, le labour profond, l'extermination des mauvaises herbes, et le chaulage si le sol est acide.



Figure 149. Les sclérotos de *S. rolfssii* virent au brun en vieillissant.



Figure 150. Les sclérotos de *S. rolfssii* apparaissent parfois sur la base des tiges au niveau de la surface du sol.

Anthracnose

Colletotrichum graminicola

L'anthracnose est susceptible de se manifester sur toutes les céréales à paille, le maïs, le sorgho, et plusieurs graminées fourragères. Les symptômes sont ordinairement confinés aux parties basales de la plante, mais parfois on les observe sur les feuilles supérieures et les épis. Quoique la maladie soit relativement répandue, elle ne se traduit pas par une diminution importante dans le rendement des céréales.

Au début de l'attaque, les symptômes sont peu évidents. Les sujets affectés sont de couleur pâle, mûrissent prématurément, et sont susceptibles de verser. Il est facile de confondre cette maladie avec les autres qui affectent le collet des céréales. Les fructifications qui se développent à l'approche de la maturité de l'hôte constituent le meilleur critère de distinction. Les fructifications (acervules) qui sont petites, noires, ovales ou allongées, se développent sur les tiges et les gaines (Figure 151). Les acervules ont un aspect pileux et semblent faire saillie à cause des nombreuses et longues soies (sêtes) noires, dont elles sont pourvues (Figure 152, 153). Les conidies qui naissent dans les acervules parmi les sêtes sont arquées, unicellulaires, hyalines à gris clair, et mesurent $20-30 \mu\text{m} \times 4-6 \mu\text{m}$.

Le champignon se conserve sur les débris de récolte par ses conidies ou son mycélium. La contamination est réalisée ordinairement à la base de la plante par l'inoculum dans le sol. Les fructifications qui apparaissent sur les feuilles supérieures et les épis résultent d'infections secondaires. Les graminées sauvages constituent des sources d'inoculum primaires et secondaires.

Cette maladie a été l'objet de peu de recherche, probablement parce qu'elle n'atteint jamais un niveau épidémique, cependant elle se manifeste dans des environnements très divers. Elle semble plus répandue dans les sols pauvres en phosphore et en potasse. La rotation des cultures, surtout si elle comporte une légumineuse, est parfois profitable dans les régions où la maladie apparaît régulièrement.



Figure 152. Acervules de *C. graminicola* vues à un plus fort grossissement. A noter leur aspect proéminent dû à la présence de longues soies (sêtes) érigées.

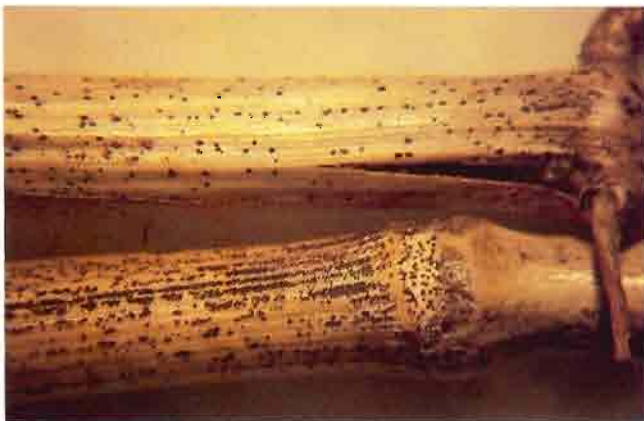


Figure 151. Les fructifications noirâtres (acervules) à la surface des tiges et des gaines constituent un caractère diagnostique de l'anthracnose provoquée par *Colletotrichum graminicola*.



Figure 153. Détail des soies (sêtes) noires qui entourent les acervules de *C. graminicola* (10 x 10).

Mildiou

(downy mildew)

Sclerophthora macrospora

Le mildiou est ordinairement une maladie des céréales cultivées en sols détrempés ou irrigués. Le champignon, *Sclerophthora macrospora*, est polyphage; il s'attaque au céréales à paille, au maïs, au sorgho, et à plusieurs graminées. Les symptômes qui font leur apparition le plus souvent durant les premiers stades de croissance sont: jaunissement du feuillage (Figure 154), rabougrissement marqué et tallage excessif (Figure 155). Les sujets gravement atteints meurent au cours du tallage ou des premières phases de la montaison. Les plantes malades ont parfois des feuilles épaissies et tordues, et généralement ne produisent pas d'épi. S'il y a formation d'épi, les bractées florales sont épaissies, déformées et allongées (Figure 156). Ces épis ne portent pas de grains viables. Chez les céréales à paille, les parties infectées se recouvrent d'un duvet brunâtre constitué par



Figure 154. Mildiou sur blé printanier cultivé sur un sol mal drainé.



Figure 155. Rabougrissement et jaunissement provoqués par le pathogène du mildiou sur blé (plantes au centre et à droite). Plante saine à gauche.

les conidies et les conidiophores. On retrouve fréquemment les oospores dans le mésophylle des feuilles et des gaines à la base des plantes infectées. Les oospores sont sphériques, lisses, 30-60 μm de diamètre (Figure 157). Dans les sols secs, elles se conservent dans les débris de plantes infectées. Les oospores germent dans l'eau ou le sol détrempé pour former des sporanges d'où sortiront les zoospores.

La contamination est réalisée par les zoospores qui nagent dans l'eau. Les plantules semblent plus sensibles à la maladie que les plantes adultes.



Figure 156. Déformation des tiges, des feuilles et des épis de triticale provoquée par *Sclerophthora macrospora*.

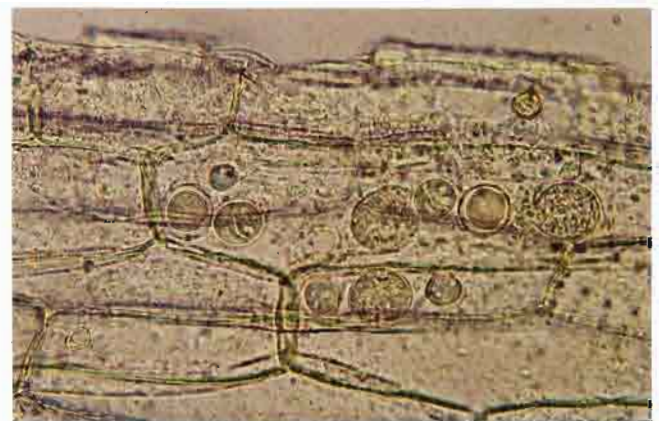


Figure 157. Oospores de *Sclerophthora macrospora* dans les tissus de la gaine d'une feuille infectée (10 x 10).



Diverses maladies de la feuille et de l'épi

Les pathogènes qui constituent l'objet de ce chapitre s'attaquent aux feuilles et provoquent des symptômes très distincts. Ils produisent leurs fructifications à la surface des feuilles et occasionnellement sur les épis. Ils ne fructifient en général que sur les plantes vivantes, encore que leur forme sexuée puisse se rencontrer sur des tissus morts. *Claviceps purpurea*, qui détermine l'ergot, n'attaque strictement que l'épi (Figure 158).

Figure 158. (Page en regard). Miel (exsudat sirupeux) et sclérotés de *Claviceps purpurea*, symptômes de l'ergot sur épi d'orge (photo: V. Pederson).

Distinction des champignons



Filaments (hyphes) mycéliens d'*Erysiphe graminis* sur seigle.

Erysiphe graminis (oïdium blanc)

Au début, le mycélium et les conidies du champignon forment des petites taches blanches ou gris pâle sur la face supérieure des feuilles. La face inférieure de ces feuilles, sous ces taches, est vert pâle à jaune. Les conidies sont ovales, hyalines, unicellulaires, et environ 20-35 μm x 8-10 μm . Le revêtement mycélien peut être enlevé en grattant la feuille. Il prend une couleur plus foncée, jaune gris en vieillissant. Les vieilles feuilles portent des fructifications sphériques noires (périthèces, cleistothèces) posées sur les trames mycéliennes.

Rhynchosporium secalis (tache pâle)

Les jeunes taches sont bleu gris pâle. Elles s'agrandissent et produisent des macules de forme irrégulière, bordées de brun foncé. Les conidies constituent une mince couche humide à la surface d'un stroma fertile. Les conidies sont hyalines, bicellulaires, de forme variable, ordinairement elles sont munies d'un crochet, et mesurent 16-20 μm x 3-5 μm .



Vieille tache provoquée par *Rhynchosporium secalis* sur feuille d'orge

Cercospora apii (tache cercosporéenne)

Les taches sont brun foncé, rectangulaires à allongées sur le limbe et la gaine des feuilles. Des bouquets bien distincts de conidiophores cloisonnés et brun foncé, donnent naissance à des conidies, hyalines, éffilées et cloisonnées. La longueur des conidies est environ 50-200 μm , et la largeur 3-5 μm à la base et 1 μm au sommet.



Tache typique provoquée par *Cercospora apii*.

Claviceps purpurea (ergot)

Ce champignon détermine la formation d'un sclérote gris pourpre foncé en forme d'ergot à la place du grain. La contamination s'effectue au moment de la floraison. Les ovaires infectés exsudent des gouttelettes de liquide sirupeux avant que l'ergot se développe. Les conidies sont unicellulaires, cylindriques, aux bouts arrondis, hyalines, et mesurent 6-9 μm x 5-6 μm .



Sclérotés de *Claviceps purpurea* sur épi de blé

Oïdium (blanc)

(powdery mildew)

Erysiphe graminis

L'oïdium est une maladie courante des céréales et de quelques graminées, particulièrement dans les régions humides. Les pertes économiques sont plus élevées pour l'orge que pour les autres céréales. *Erysiphe graminis* est un parasite obligatoire.

Les signes initiaux sont des colonies duveteuses de mycélium superficiel de couleur blanche ou gris clair sur la face supérieure des limbes des feuilles (Figure 159). Quand les conditions sont favorables, les gaines des feuilles et les épis sont parfois atteints. Le revêtement prend, en vieillissant, une couleur plus foncée, jaune gris (Figure 160). La face inférieure des feuilles atteintes présente des taches jaunâtres aux endroits infectés. Le revêtement mycélien devient pulvérulent en raison des très nombreuses conidies produites sur les conidiophores dont il est constitué. En fin de saison, le feutrage mycélien produit des fructifications sphériques de couleur noire.

Le mycélium est complètement superficiel à l'exception de suçoirs (haustoria) qu'il introduit dans les cellules épidermiques. Les conidies sont ovoïdes, hyalines, unicellulaires, et mesurent $20-35 \mu\text{m} \times 8-10 \mu\text{m}$ (Figure 161).



Figure 159. Oïdium sur blé provoqué par *Erysiphe graminis*. A noter les hyphes blancs superficiels.

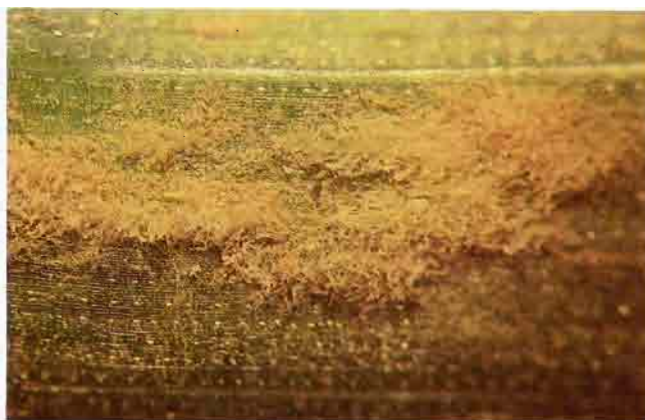


Figure 160. Le mycélium superficiel et les fructifications virent au brun jaunâtre en vieillissant.

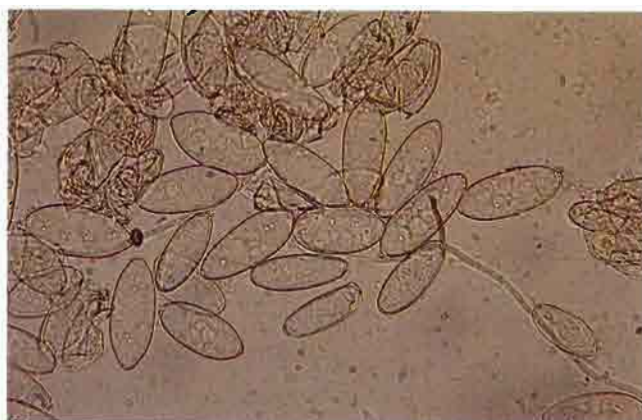


Figure 161. Conidies d'*Erysiphe graminis* (10 x 40).

Les fructifications sexuées (périthèces ou cleistothèces) sont noires, sphériques, leur diamètre varie de 150 à 300 μm , et leur paroi est mince mais coriace (Figure 162). Les périthèces ne produisent des ascospores matures que très tard ou après l'hiver. Les périthèces sur les plantes en croissance ne renferment ordinairement que des asques stériles (Figure 163).

Erysiphe graminis est une espèce très spécialisée. Chaque céréale paraît posséder sa forme spécialisée. Le triticale semble très résistant aux formes qui attaquent le blé et le seigle. De plus, chaque forme spécialisée comporte un certain nombre de races. Les réactions de l'hôte à l'attaque du pathogène varient selon les variétés: les plus sensibles manifestent de la chlorose ou du brunissement et sont couvertes d'une abondante production de mycélium et de fructifications, les variétés les plus résistantes ne présentent que des mouchetures et aucune croissance mycélienne.

Les périthèces sont généralement présents sur les plantes infectées, mais renferment rarement des ascospores matures. Celles-ci ne seraient donc pas une source importante d'inoculum primaire. Le champignon se conserve par son mycélium dans les débris de récolte et les plantes qui hivernent.

L'emploi de variétés résistantes est le moyen de lutte le plus efficace. Cependant des pulvérisations de fongicides sont utilisées dans certaines régions de l'Europe.



Figure 162. Les punctuations noires dans le revêtement mycélien sur feuille d'orge sont les périthèces (cleistothèces) d'*Erysiphe graminis* (photo: M. Moore).

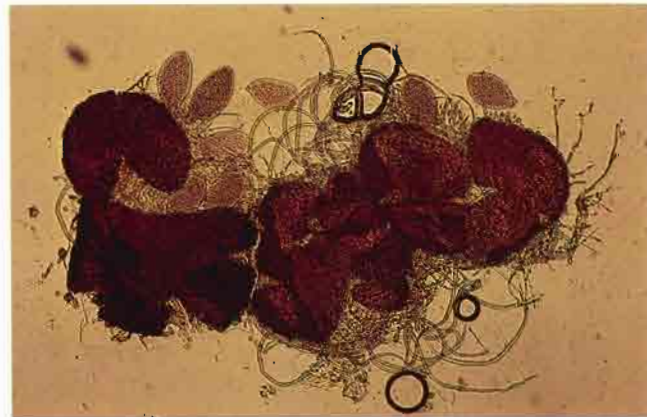


Figure 163. Asques stériles libérés par un périthèce d'*Erysiphe graminis*.

Tache pâle

(scald)

Rhynchosporium secalis

La tache pâle est essentiellement une maladie des feuilles de l'orge et du seigle, bien qu'elle affecte plusieurs graminées qui dès lors jouent le rôle de réservoir d'inoculum primaire. On estime que c'est dans les régions fraîches et humides des zones tempérées, qu'elle cause le plus de dégâts, mais elle peut aussi être très destructive dans les régions montagneuses des tropiques. La tache pâle ne se manifeste ordinairement que sur les feuilles, cependant lorsque les conditions ambiantes la favorisent, elle peut affecter les glumes et les barbes de l'orge.

La tache pâle se reconnaît facilement par les symptômes foliaires. Les premiers symptômes sont des taches ovales ou allongées (elliptiques) à centre gris bleu bordé de brun foncé ou de brun roux (Figure 164). Les taches s'agrandissent puis se réunissent pour former des motifs divers. Le centre des taches change plusieurs fois de couleur, de bleu gris (Figure 165) au gris pâle à brun jaunâtre (Figure 166).

La fructification du champignon est favorisée par un temps frais et humide. La production de spores décroît et peut même cesser complètement en périodes chaudes et sèches, ou à l'approche de la maturité de l'hôte. Certains parasites facultatifs et saprophytes trouvent dans les taches pâles un site favorable à leur développement. Les conidies se développent sous la cuticule à partir du tapis mycélien. Quand elles sont développées, la couche cuticulaire se désintègre, libérant les conidies. Cette masse de conidies prend l'aspect d'une couche compacte et humide de cellules de levure. Les conidies sont hyalines, bicellulaires, et de forme et de dimensions très variables. La plupart des spores sont munies d'un crochet ou bec, et mesurent $16-20 \mu\text{m} \times 3-5 \mu\text{m}$ (Figure 167).

Le champignon se conserve par son mycélium sur les débris végétaux, les céréales et les graminées infectées. La production de spores commence tôt dans la saison lorsque le temps est frais et humide. Les contaminations primaires et secondaires proviennent des conidies. Les moyens de lutte sont l'utilisation de variétés résistantes et la rotation avec des cultures autres que l'orge et le seigle.



Figure 164. Jeunes symptômes de la tache pâle provoquée par *Rhynchosporium secalis* sur feuille d'orge.



Figure 166. Les taches pâles se réunissent et virent au brun en vieillissant.

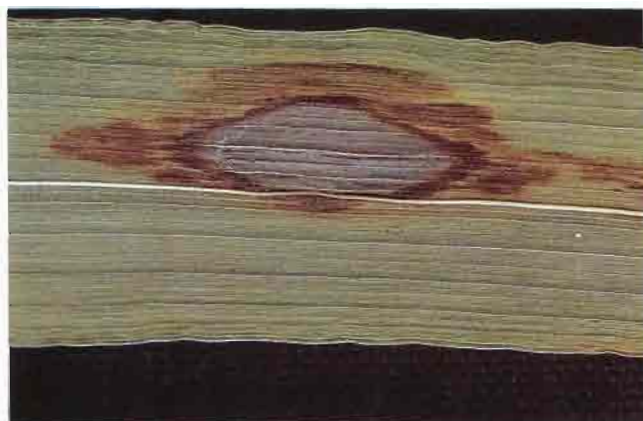


Figure 165. Une jeune tache pâle (photo: S. Fuentes).



Figure 167. Conidies de *Rhynchosporium secalis* (10 x 40).

Tache cercosporéenne

(cercospora spot)

Cercospora apii

Cette tache est fréquente sur de très nombreuses plantes herbacées, mais cause rarement des pertes économiques aux céréales. Le champignon ordinairement se comporte comme un faible pathogène, mais parfois lorsque les conditions lui sont favorables, il détermine des taches foliaires sur les céréales à paille. La tache cercosporéenne est surtout répandue sur le blé et le triticale en périodes humides et chaudes.

La maladie se manifeste sous forme de petites taches nécrotiques brunes, rectangulaires ou allongées, à centre foncé (Figure 168). Les fructifications se développent superficiellement, groupées en bouquets de conidiophores

foncés qui généralement sortent par les stomates à partir du mycélium intra-tissulaire (Figure 169). Les conidiophores sont ordinairement simples et faiblement renflés à la base qui est plus foncée que la partie supérieure. Ils mesurent environ 30-70 μm de longueur, 5-9 μm de diamètre à la base et 3-4 μm au sommet (Figure 170). Les conidies en forme de massues (claviformes) sont droites ou légèrement courbes, 3-5 μm de diamètre à la base, s'amincissant vers le sommet où elles mesurent 1 μm de diamètre. Les conidies sont lisses, hyalines, pourvues de 9 à 17 cloisons, et longues de 50-200 μm (Figure 171). Aucun travail de recherche n'a été publié sur la résistance variétale à cette maladie.



Figure 168. Une tache cercosporéenne provoquée par *Cercospora apii* sur blé.

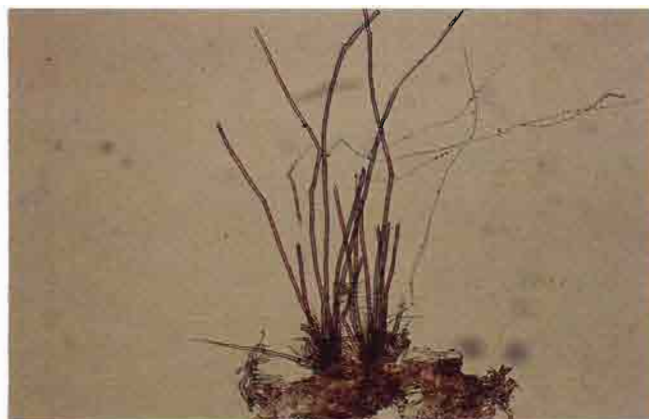


Figure 170. Fructifications de *Cercospora apii* vues à la loupe (10 x 10).



Figure 169. Les bouquets de conidiophores foncés donnent un aspect pileux aux taches causées par *Cercospora apii* (50 x).



Figure 171. Une conidie de *Cercospora apii*.

Ergot

Claviceps purpurea

L'ergot est généralement considéré comme étant une maladie du seigle seulement, mais elle affecte aussi le blé, le triticale, l'orge, l'avoine, le millet et plusieurs graminées. Le parasite attaque seulement la fleur. En général, les pertes de rendement sont moins lourdes que les pertes de valeur commerciale du grain. Les ergots (les sclérotés) qui remplacent les grains contiennent des composés chimiques toxiques pour l'homme et le bétail, et les ergots sont difficiles à séparer du grain sans appareils spéciaux.

L'ergot est facile à identifier. Les symptômes initiaux qui apparaissent durant la floraison, sont des gouttelettes d'exsudat sirupeux jaunâtre sur les fleurs (Le stade miel - Figure 172). A l'approche de la maturité de l'épi, quelques grains sont remplacés par un sclérote noir pourpre qui émerge de l'épillet (Figure 173). Les sclérotés noirs sont repérables dans le grain battu.

Le champignon se conserve par ses sclérotés sur les débris végétaux ou à la surface du sol. Au printemps ou au début de l'été le sclérote germe et forme des stromas fructifères globuleux placés au sommet de pédicelles (Figure 174).

Les périthèces contenus dans ces stromas libèrent les ascospores qui sont capables de contaminer les stigmates et les ovaires des céréales à paille et des graminées. Quelques jours plus tard un exsudat qui contient les conidies apparaît sur les ovaires infectés. L'exsudat est disséminé à d'autres fleurs par les insectes. Les conidies contaminent les fleurs comme l'avaient fait les ascospores. Les conidies à maturité sont unicellulaires, hyalines, cylindriques, ont des extrémités arrondies, et mesurent $6-9 \mu\text{m} \times 5-6 \mu\text{m}$. La production d'exsudat cesse après le stade floraison, et les ovaires infectés produisent un sclérote plutôt qu'un grain. Au moment de la maturité de l'hôte, le sclérote a pris un aspect remarquable par sa couleur foncée, sa forme d'ergot, et ses dimensions qui sont deux ou trois fois plus grandes que celles d'un grain normal.

L'ergot est plus répandu dans les régions fraîches et tempérées peut être à cause de la plus grande sensibilité des graminées sauvages qui s'y trouvent. La fréquence de cette maladie chez une variété dépend généralement plus de la façon de fleurir et de la morphologie des fleurs que d'autres caractères de résistance génétique. Les plantes dont les fleurs demeurent ouvertes plus longtemps sont plus susceptibles d'être contaminées. On peut diminuer le nombre de plantes qui seront infectées en fauchant les graminées spontanées le long des chemins et en bordure des champs.



Figure 172. Exsudat sur fleurs d'orge infectées par *Claviceps purpurea* (photo: V. Pederson).



Figure 173. Ergot (sclérote) de *Claviceps purpurea* (photo: V. Pederson).



Figure 174. Stromas perithéciaux produits par un ergot mûri (photo: M. Moore).



Champignons saprophytes et parasites de faiblesse

La maladie connue sous le nom de "noir des céréales" est causée par des champignons qui sporulent abondamment, et qui sont très répandus. Ils se reproduisent sur les tissus végétaux malades, morts ou mûrs, principalement par temps très humide. Le noir se rencontre fréquemment sur les plantes atteintes d'autres maladies ou de stress, tels les pourritures de la racine, les brûlures de la feuille, les bactérioses, les viroses, la verse, et les pucerons. L'absence de noir sur certains pieds dans les parcelles d'essai ou les pépinières de sélection où un grand nombre de pieds sont atteints d'une maladie primaire est un indice que ces pieds sans noir ont échappé ou sont résistants à cette maladie primaire.

Parmi les genres de champignons les plus couramment associés au noir figurent *Alternaria*, *Stemphylium*, *Epicoccum*, *Cladosporium* et *Torula*. Ces champignons s'attaquent aux feuilles, aux tiges et aux épis des céréales mûres ou sévèrement stressées. La pigmentation grise ou noire du grain provoquée par ces champignons est appelée moucheture des grains (Figure 185). Cette affection, tout comme le noir, cause des pertes de rendement et de qualité du grain.

Quelques parasites de faiblesse répandus sur les graminées et les mauvaises herbes sont capables d'attaquer les céréales cultivées lorsque les conditions leur sont favorables. On retrouve parmi ces parasites diverses espèces de *Phoma*, de *Pleospora* et de *Cercosporidium*. Ils produisent généralement des infections secondaires, quoiqu'ils peuvent à l'occasion jouer le rôle de pathogènes primaires et provoquer alors des taches ou des marbrures sur le feuillage et les bractées florales. Les pertes économiques occasionnées par ces champignons sont ordinairement insignifiantes. Ils compliquent l'identification des maladies parce qu'ils se trouvent avec le pathogène primaire dans la même lésion.

Les champignons saprophytes peuvent modifier le faciès des tissus infectés, mais ils provoquent rarement des symptômes spécifiques. On les identifie sur la base de la morphologie de leurs fructifications, particulièrement celles des spores.

Figure 175. (Page en regard). Noir des céréales provoqué par les *Torula* sur épi de blé.

Les *Alternaria*



Figure 176. Brûlure provoquée par *Alternaria triticina* sur feuille de blé.

Plusieurs espèces d'*Alternaria* ont élu domicile à peu près partout à travers le monde. La plupart existent à l'état de saprophytes ou de pathogènes de plantes autres que les céréales. Certaines espèces d'*Alternaria*, telle *A. triticina*, déterminent une grave brûlure des feuilles (Figure 176) et des épis du blé et du triticale, mais n'attaquent ni l'orge ni l'avoine. Ces maladies qui ont été signalées d'abord en Inde ont été récemment observées dans l'ouest de l'Asie et en Afrique du Nord.

Le revêtement gris ou noir se développe à partir du mycélium qui se trouve à l'intérieur ou en partie à la surface des tissus. Les conidiophores sont foncés à brun olive, ils poussent isolés ou fasciculés, sont plus ou moins branchus, et mesurent généralement 3-6 μm de diamètre (Figure 177). Les conidies des *Alternaria* possèdent des caractères morphologiques très distinctifs, ce qui permet de reconnaître facilement ce genre. Les conidies de la plupart des espèces saprophytiques *Alternaria* qui habitent sur les céréales sont assemblées en chaîne. Les conidies sont ovoïdes ou elliptiques, terminées à l'apex par un bec. Elles sont de couleur brune plus ou moins foncée. Leur paroi est lisse ou légèrement rugueuse. Elles sont cloisonnées transversalement et longitudinalement ou obliquement (spores mûrifformes) et mesurent 20-90 μm x 8-20 μm (Figure 178).

Les espèces qui déterminent les taches foliaires produisent leurs conidies, isolées ou en chaîne, sur les conidiophores, et elles sont plus grosses que celles des espèces précédentes, mesurant jusqu'à 100 μm de longueur et 30 μm de diamètre. Elles se distinguent des espèces saprophytiques par leur pouvoir pathogène sur le blé. Autrement, ces espèces ressemblent beaucoup aux autres décrites précédemment (Figure 179).



Figure 177. Conidiophores d'*Alternaria* (50 x).



Figure 178. Conidies d'une espèce saprophytique (spontanée) d'*Alternaria* (10 x 40).



Figure 179. Conidies de l'*Alternaria triticina* de plus grandes dimensions que celles de la Figure 178 (10 x 40).

Stemphylium botryosum

Cette espèce se trouve partout à l'état saprophytique sur du végétal mort. Certaines autres espèces parasitent des légumineuses et des plantes maraîchères. Les fructifications forment des colonies éparses. Les courts conidiophores qui émergent séparément à partir du mycélium ou du stroma sous-épidermique ne portent qu'une conidie à la fois (Figures 180, 181). Le conidiophore enfle à son sommet pour former une conidie, puis il continue à pousser et à répéter ce procédé à plusieurs reprises. La forme des conidies est variable, elle peut être globuleuse, ovoïde à cylindrique arrondie aux deux extrémités. Les conidies sont munies de plusieurs cloisons transversales et longitudinales obliques, mais sans le bec au sommet qui caractérise les *Alternaria*. Les conidies sont brun foncé à noires, légèrement rugueuses et mesurent 25-40 μm x 20-30 μm (Figure 182).



Figure 180. Tache sur feuille de blé recouverte de fructifications de *Stemphylium*.

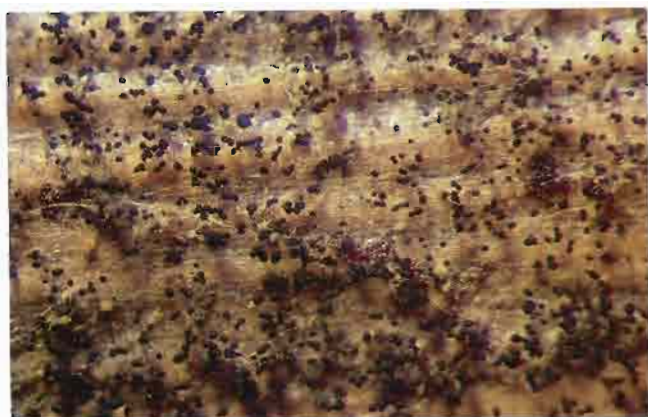


Figure 181. Une colonie dense et sporulante de *Stemphylium botryosum* sur feuille de blé (50 x).

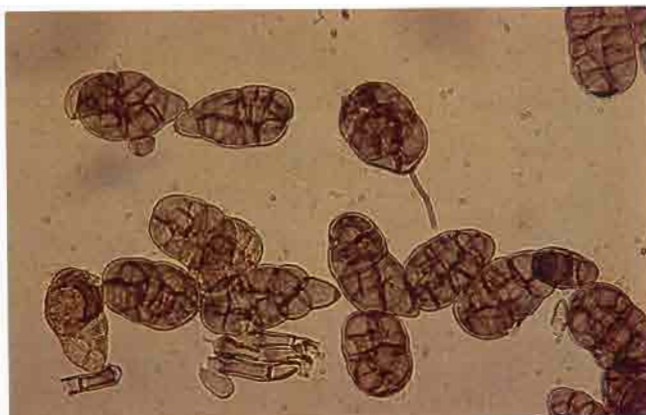


Figure 182. Conidies de *Stemphylium botryosum* (10 x 40).

Les *Cladosporium*

Ce genre renferme un grand nombre de formes aux caractères morphologiques très divers. Deux des espèces les plus abondantes sur les débris végétaux morts sont *Cladosporium herbarum* et *C. macrosporum*.

Les fructifications constituent un revêtement de fascicules vert olive à brun foncé (Figure 183). Les conidiophores sont généralement ramifiés, surtout au sommet (Figures 184, 185). Les conidies sont ovoïdes ou cylindriques ou oblongues, aux extrémités arrondies, brun intermédiaire à brun olive, la paroi est lisse ou rugueuse, le nombre de cloisons varie de 0 à 3. Les dimensions des conidies varient considérablement, même chez une espèce précise (Figure 186).

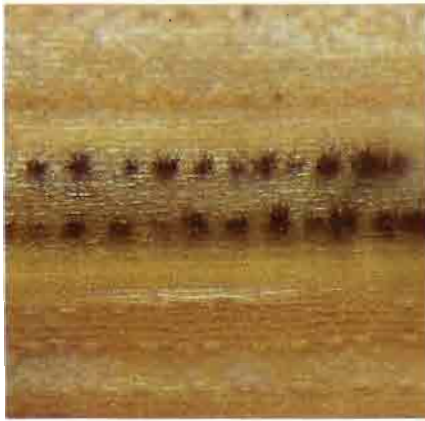


Figure 183. Fructifications de *Cladosporium* (50 x). A noter l'aspect pileux et foncé.

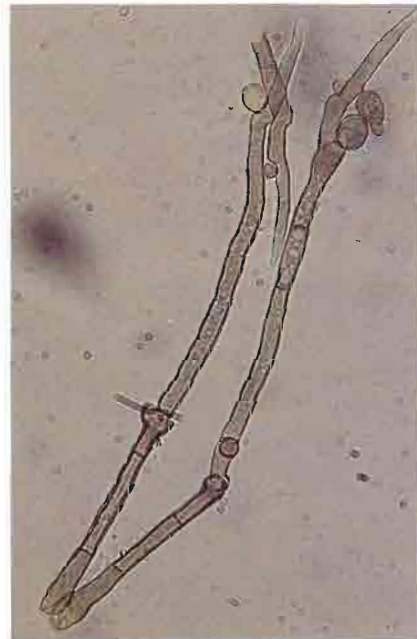


Figure 185. Deux conidiophores de *Cladosporium* portant des conidies à leur sommet.



Figure 184. Un bouquet de conidiophores de *Cladosporium* engendré par le mycélium enfoncé dans les tissus.



Figure 186. Conidies de *Cladosporium* (10 x 40). A noter la diversité de grosseur et de forme.

Les *Pleospora*

Plusieurs espèces de *Pleospora* provoquant des taches sur les feuilles forment des périthèces sur les céréales et les graminées (Figure 187). Ces champignons se rencontrent à l'état de parasites et de saprophytes, provoquant des taches sur les feuilles ou envahissant les lésions provoquées antérieurement par des parasites. Les fructifications (périthèces) forment des petits groupes épars sur les tissus nécrosés (Figure 188). Les ascospores ont des dimensions, des formes et des couleurs variables, mais tous comportent des cloisons transversales et longitudinales (Figures 189, 190). Certaines espèces qui se trouvent sur les céréales forment des ascospores jaunes à brunes. *Pleospora herbarum* est la forme parfaite de *Stemphylium botryosum*.



Figure 187. Périthèces de *Pleospora* sur avoine vus à la loupe (50 x).

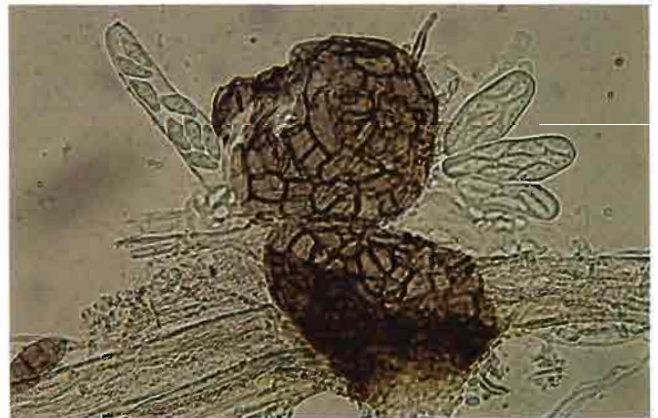


Figure 189. Deux périthèces et des asques renfermant des ascospores de *Pleospora* (10 x 10).

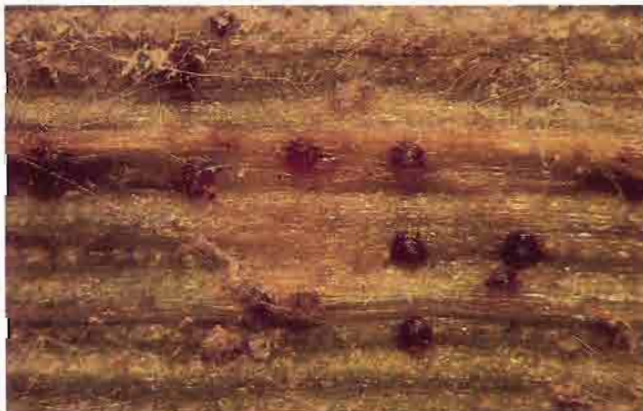


Figure 188. Périthèces de *Pleospora* dans les tissus encore verts du blé (50 x).



Figure 190. Ascospores de *Pleospora* typiquement munies de cloisons transversales et longitudinales (10 x 40).

Les *Torula*

Les *Torula* sont des champignons typiques des fumagines. Ils constituent un revêtement velouté, brun foncé à noirâtre sur les épis, la tige et la gaine des feuilles proches du sommet des plantes (Figure 191). Il n'y a que peu de mycélium et les conidiophores sont peu visibles. Les conidies se forment à partir de fragments de mycélium en

chaînette qui se désarticulent en éléments d'une ou plusieurs cellules. Les conidies unicellulaires sont sphériques, brun foncé à noires, ont environ 6 μm de diamètre, et une paroi couverte de fines épines (Figure 192). Ces fumagines surviennent fréquemment sur les céréales durant la récolte en périodes humides sur les Hauts Plateaux du Mexique.



Figure 191. *Torula* sur chaumes, épis et grains de blé (à gauche). A droite, blé sain.



Figure 192. Les conidies de *Torula* sont de couleur foncée, à paroi épaisse, produites en chaîne, et recouvertes d'une pellicule huileuse lorsqu'elles sont sèches (photo: K. A. Mujeeb—grossissement 10 x 16 x 1.25).

Les *Phoma*

Les *Phoma* sont largement distribués. Ils sont des pathogènes communs de plusieurs plantes herbacées et ligneuses. Leur activité pathogénique sur les céréales et les graminées est très limitée. *Phoma glomerata* parfois attaque les feuilles du blé et du triticale au Mexique, en Amérique Centrale et en Amérique du Sud. Son pouvoir pathogène ne devient évident qu'après de longues périodes de temps humide. Les *Phoma* sont des envahisseurs secondaires des feuilles (Figure 193) et des bractées florales (Figure 194) des céréales approchant la maturité.

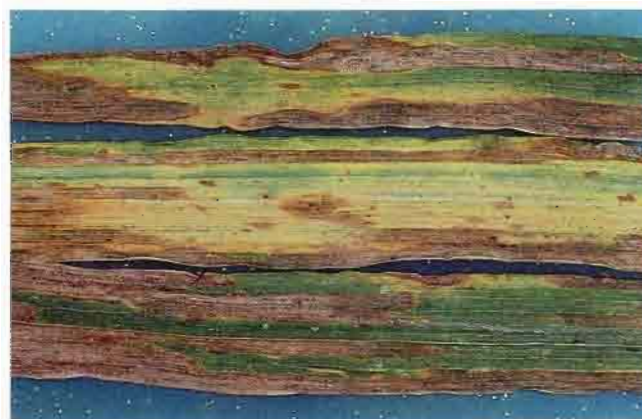


Figure 193. *Phoma* sur feuilles préalablement stressées.

Les fructifications sont des pycnides sphériques, de couleur foncée, qui se développent sur la surface ou enfoncées dans les tissus de l'hôte. Les pycnides de la plupart des espèces qui se rencontrent sur les céréales sont pourvues d'un bec bien distinct (Figures 195, 196). Les conidies sont ovoïdes, allongées, unicellulaires et sub-hyalines. Ce caractère, conidie unicellulaire, distingue les *Phoma* des *Septoria*. Les conidies de *P. glomerata* sont sub-hyalines au début, ensuite elles virent au gris brun. Elles mesurent $4-8 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$ (Figures 197, 198).



Figure 196. Les pycnides de *Phoma* apparaissent souvent en groupes compacts et produisent une profusion de spores (10 x 10).



Figure 194. Pycnides de *Phoma glomerata* sur épillet de blé.

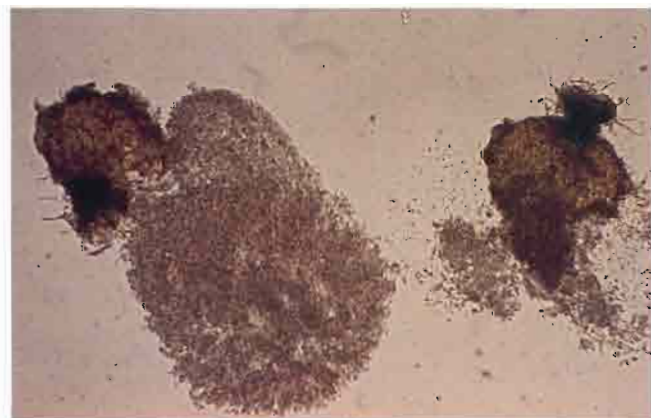


Figure 197. Deux pycnides de *Phoma* libérant des conidies. A noter le bec proéminent de la pycnide à droite (10 x 10).



Figure 195. Les pycnides de *Phoma* sont partiellement enfoncées dans les tissus de la plante hôte. A noter la forme globuleuse et le bec (rostrum) fortement développé (50 x).



Figure 198. Conidies unicellulaires de *Phoma glomerata* (10 x 40).

Epicoccum nigrum

Ce champignon se retrouve partout à l'état saprophytique sur les débris végétaux et fréquemment sur les tissus des taches foliaires provoquées par d'autres champignons ou des bactéries. Les fructifications apparaissent comme de petites masses hémisphériques de spores noires qui naissent du sporodochium (Figures 199, 200). Le mycélium est enfoncé dans les tissus de la plante. Les conidiophores forment des groupes compacts. Ils sont très courts, lisses et ne produisent qu'une seule spore à leur sommet. Les conidies à maturité sont brun foncé à noires, globuleuses ou légèrement anguleuses. Le nombre de cloisons varie (Figure 201). Les cloisons sont souvent peu visibles à cause de l'épaisse paroi rugueuse de la conidie.

A part la variation dans les dimensions des spores, les caractères morphologiques des *Epicoccum* à travers le monde sont très uniformes. Les sporodochia noirs sont parfois confondus avec les pycnides des *Septoria*. Cependant, les sporodochia d'*Epicoccum nigrum* se détachent aisément de leur support, tandis que les pycnides de *Septoria* demeurent enfoncées dans les tissus.

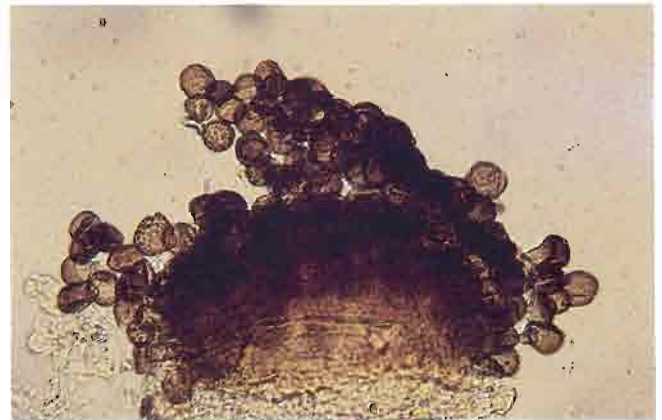


Figure 200. Des sporodochia d'*Epicoccum nigrum* libérant des conidies (10 x 40).



Figure 199. Des sporodochia d'*Epicoccum nigrum* sur paille de triticale vus à la loupe (50 x).



Figure 201. Conidies d'*Epicoccum nigrum* (10 x 40).

Cercosporidium graminis

Ce champignon est ordinairement un parasite des feuilles de graminées, mais parfois il attaque le seigle, le triticale et l'avoine. Il provoque la formation de taches allongées ou de stries décolorées, de couleur vert jaunâtre ou gris pâle. De nombreux petits points noirs sont éparpillés dans les tissus nécrotiques. Les taches sur les feuilles d'avoine sont teintées de rouge jaunâtre (Figure 202).

Les fructifications revêtent l'aspect de petites touffes noires à la surface de la feuille. Les conidies sont produites à la surface de la feuille. Les conidies sont produites une à une au sommet des conidiophores qui sortent en touffe à travers l'épiderme (Figure 203). Les conidies sont lisses, gris pâle à brun foncé, ordinairement munies d'une ou deux cloisons. Le sommet est une pointe à bout arrondi, et mesure 8-12 μm de diamètre à la base et jusqu'à 60 μm de long (Figure 204).



Figure 202. Tache rouge jaunâtre provoquée par *Cercosporidium graminis* (50 x) sur feuille d'avoine. A noter les touffes éparpillées de fructifications (voir Figure 203).

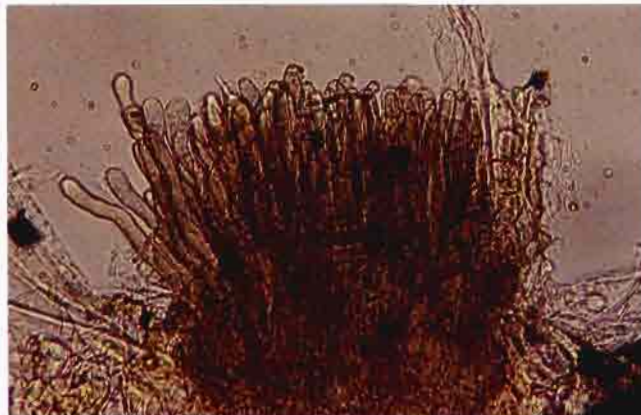


Figure 203. Touffes compactes de conidiophores de *C. graminis*, faisant éruption hors de l'épiderme de la feuille (10 x 10).

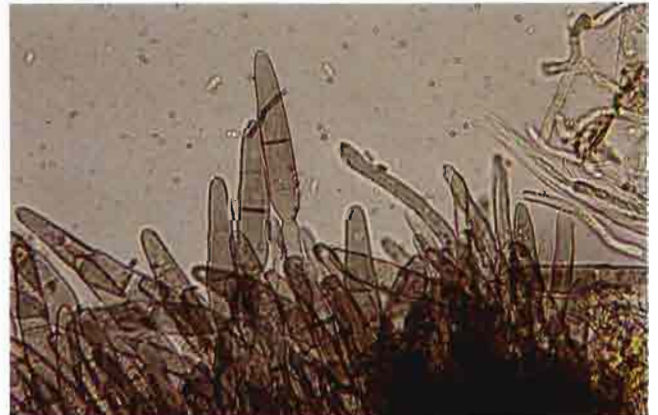


Figure 204. Les conidies grisâtres de *C. graminis* sont pourvues généralement d'une ou de plusieurs cloisons (10 x 40).



Bactérioses

Les bactéries phytopathogènes sont de petits bâtonnets unicellulaires de 1 à 3 μm de longueur. Elles n'ont pas de noyau bien distinct, ni de membrane nucléaire. Les bactéries sont disséminées par les insectes, les courants d'air, les éclaboussures de pluie et les moyens mécaniques. Il faut de l'eau libre pour que la contamination puisse s'effectuer. La pénétration dans la plante a lieu par des blessures ou des stomates ouverts. Les bactéries se répandent dans le système vasculaire ou les méats intercellulaires, et provoquent la nécrose par les toxines ou les enzymes qu'elles sécrètent (Figure 205).

Les symptômes que manifestent les céréales sont des rayures huileuses, des taches et de la pourriture. L'identification des bactérioses dans ce manuel se limite à la description des symptômes qu'elles déterminent et les espèces de céréales qu'elles attaquent. Certaines bactéries pathogènes forment par temps humide des colonies bactériennes en forme de gouttelettes à la surface des tissus à proximité des lésions (Figure 206). Certaines bactéries sont capables de se déplacer dans une enveloppe gélatineuse entre les cellules de l'hôte. D'autres espèces de bactéries ne produisent pas d'exsudat à la surface, ainsi la propagation de la maladie se limite plus ou moins aux tissus voisins de l'infection initiale.

Les bactéries phytopathogènes sont le plus souvent disséminées par le vent, l'eau et les insectes. Elles se conservent dans la semence, les débris végétaux et dans le sol. Une importante méthode de lutte est l'emploi de semence saine ou de semence désinfectée. Il existe des variétés de céréales qui sont résistantes à certaines bactérioses. Les pulvérisations de produits bactéricides sont efficaces sur les légumes et les plantes ornementales, mais généralement pas économiques pour le traitement des céréales.

Figure 205. (Page en regard). Rayure bactérienne (glume noire) provoquée par *Xanthomonas translucens* sur feuille d'orge (photo: S. Fuentes).



Figure 206. Des gouttelettes d'exsudat bactérien peuvent apparaître à la surface des feuilles par temps très humide. Certaines bactéries produisent un exsudat jaune limpide, d'autres, tel *X. translucens* (ci dessus) un exsudat jaune trouble.

Rayure bactérienne ou glume noire

(bacterial stripe and black chaff)

Xanthomonas translucens

Cette maladie est la plus fréquente des bactérioses des céréales, et elle est répandue dans toutes les régions céréalières du monde. Le parasite attaque le blé, l'orge, le seigle, le triticale et plusieurs graminées. Toutes les parties aériennes de l'hôte sont susceptibles d'être atteintes, mais les feuilles et les glumes le sont plus souvent que les autres.

L'attaque sur les feuilles et les tiges prend le nom de rayure bactérienne. Les premiers symptômes sont de petites taches ou stries linéaires, brun pâle et huileuses. Les lésions, au début, s'accroissent surtout dans le sens de la longueur des feuilles, entre les nervures (Figure 207), plus tard elles

s'élargissent et se réunissent, produisant ainsi des bigarrures de formes irrégulières et brun gris. Par temps humide, des gouttelettes d'exsudat bactérien jaune suintent le long des lésions (Figure 208). Cet exsudat en séchant se transforme en petites granules jaunâtres ou en croûtes minces et luisantes à la surface du limbe des feuilles. La maladie s'étend à la gaine des feuilles et aux tiges adjacentes, provoquant l'apparition de pigments noirs et l'affaiblissement des tiges.



Figure 207. Rayure bactérienne provoquée par *Xanthomonas translucens* sur feuille d'orge. A noter les lésions qui se sont allongées entre les nervures.



Figure 208. Exsudat bactérien jaunâtre et trouble, typique de *X. translucens* (50 x).

L'attaque sur les épis et les cols des épis prend le nom de glume noire. Cette affectation est facile à reconnaître par les stries foncées et huileuses sur les glumes et la glumelle inférieure (lemme) (Figure 209). Les premiers symptômes font leur apparition à la partie supérieure des glumes. Les lésions s'accroissent et se réunissent pour ainsi noircir les glumes, la glumelle inférieure, et le pédoncule. Dans les cas graves le grain peut être noirci et ridé.

La maladie est fréquemment confondue avec la nécrose brune (page 133) et la tache septorienne des glumes (page 42). La rayure bactérienne de l'avoine, causée par *Pseudomonas striafaciens* provoque des symptômes qui ressemblent beaucoup à ceux occasionnés par *X. translucens* (Figure 210).



Figure 209. Symptômes de la glume noire provoqués par *X. translucens* sur glume de blé. A noter les stries étroites et foncées qui naissent à la base de la barbe et l'aspect luisant dû à la présence d'exsudat bactérien.



Figure 210. Symptômes de la brûlure bactérienne striée causée par *Pseudomonas striafaciens* sur feuille d'avoine. A noter que les lésions sont sur le bord des feuilles ou tout près (photo: M. Moore).

Bactériose des glumes

(basal glume rot)

Pseudomonas atrofaciens

Ce parasite attaque le blé, l'orge, le seigle et le triticale. La maladie est très répandue, mais ordinairement sans grande importance économique. La maladie se manifeste sur les bractées florales et le grain, et se distingue par des plages de couleur gris brun pâle à la base des glumes (Figure 211). La coloration foncée est plus prononcée à la surface intérieure des glumes et des glumelles inférieures qu'à la surface extérieure, et peut s'étendre au rachis et au grain (Figure 212). Durant les périodes humides prolongées, un exsudat bactérien blanc ou gris est susceptible d'apparaître sur les glumes infectées. Les attaques précoces entraînent la production de grains noircis et ridés.



Figure 211. Symptômes caractéristiques de la bactériose des glumes provoquée par *Pseudomonas atrofaciens*. A noter la coloration brun gris de la base des glumes.



Figure 212. Le noircissement causé par *P. atrofaciens* est plus prononcé à la face intérieure des glumes qu'à celle de l'extérieure. A droite, un grain complètement détruit par la bactérie.

Tache aréolée de l'avoine

(halo blight of oats)

Pseudomonas coronafaciens

Cette tache est répandue à peu près dans toutes les régions où l'avoine est cultivée. Les espèces d'avoines cultivées et plusieurs graminées sont sensibles à cette maladie. La maladie se manifeste le plus souvent sur le limbe des feuilles, mais la gaine et la panicule peuvent aussi porter des symptômes. Les lésions précoces sont des petites taches ovales, huileuses et de couleur paille à brun pâle (Figure 213).



Figure 213. Symptômes précoces de la tache aréolée provoquée par *Pseudomonas coronafaciens* sur feuille d'avoine. A noter l'aspect huileux.



Figure 214. Les tissus en bordure de la tache initiale virent au jaune (photo: M. Moore).

Les tissus autour des taches virent graduellement au jaune pâle et revêtent un aspect huileux (Figure 214). Par temps humide, les taches se couvrent d'exsudat bactérien, mais moins abondamment que les taches provoquées par *Xanthomonas translucens* et par *Pseudomonas striafaciens*. Les taches ne s'accroissent pas beaucoup après la phase initiale (Figure 215).

Les pucerons et les autres insectes disséminent la bactérie d'une plante à l'autre. Les blessures ainsi occasionnées sont pour les bactéries des voies d'entrée dans les tissus. La maladie peut être transmise par la semence, mais vu que la bactérie se conserve sur les débris végétaux et sur des graminées, le traitement de la semence par des produits bactéricides ne maîtrise pas complètement la maladie.

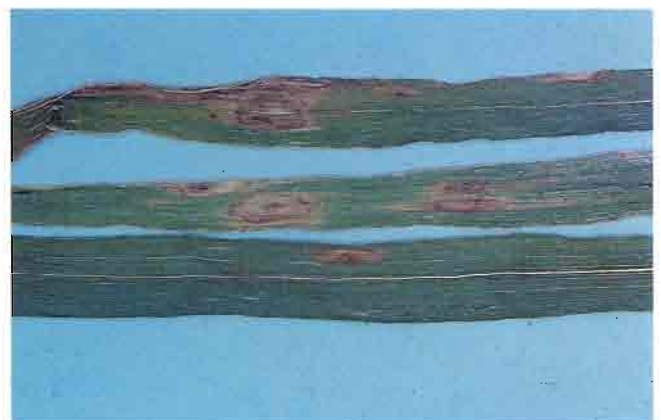


Figure 215. Les taches provoquées par *P. coronafaciens* ne dépassent pas les limites des tissus brunis de la tache initiale.

Brûlure bactérienne de l'épi (bacterial spike blight)

Corynebacterium tritici

Cette brûlure est une maladie du blé qui est aussi appelée "tundu" et pourriture jaune de l'épi. La maladie se rencontre en Afrique du Nord, en Asie et en Australie, et accompagne généralement la nielle causée par le nématode *Anguina tritici*. Ce nématode a été signalé dans certaines régions de l'Amérique du Nord, mais en l'absence de brûlure bactérienne de l'épi.

La brûlure bactérienne n'attaque généralement que l'épi sur lequel elle se manifeste par un mucus collant et jaune. L'épi sort de la gaine recouvert d'exsudat bactérien. Les feuilles et l'épi sont déformés, et celui-ci produit peu ou pas de grains viables (Figure 216). Si le nématode est présent, les grains sont transformés en boulettes brunes ou noires (Figure 217). La maladie est propagée par la semence et le sol pollué; aussi les grains niellés dans le sol peuvent être des vecteurs de la bactérie (Figure 218).



Figure 216. La feuille étendard déformée et l'exsudat bactérien collant sur l'épi sont des symptômes typiques de la brûlure bactérienne de l'épi provoquée par *Corynebacterium tritici*.



Figure 217. Epi de blé niellé, grains sains, et grains niellés occasionnés par *Anguina tritici*. Ce nématode (anguillule) peut disséminer *C. tritici*.



Figure 218. Grain niellé qu'on a sectionné pour faire voir la masse de nématodes en dormance.

Brûlure bactérienne des feuilles (bacterial leaf blight)

Pseudomonas syringae

Cette bactérie est un pathogène commun du maïs, du sorgho et des fèves dans plusieurs régions du monde, mais ce n'est que récemment qu'on la reconnaît comme étant un pathogène important des céréales à paille. La maladie est fréquente et susceptible d'être grave sur le blé tendre, le blé dur et le triticale dans les Prairies des Etats Unis et probablement d'autres régions céréalières.

La maladie se manifeste par l'apparition sur les feuilles de petites taches blanchâtres et huileuses qui s'accroissent rapidement, lorsque les conditions climatiques sont favorables, et forment des bigarrures irrégulières brun jaunâtre (Figure 219). La maladie s'aggrave plus rapidement par temps chaud et humide. Dans ces conditions les taches excrètent de l'exsudat bactérien. *Pseudomonas syringae* ne détermine pas de rayures sur les feuilles ni de glumes noires caractéristiques de l'attaque de *X. translucens*.

On a peu de renseignements sur l'étiologie de cette maladie et les moyens de la maîtriser. Il a été signalé que certaines variétés étaient résistantes à cette maladie.

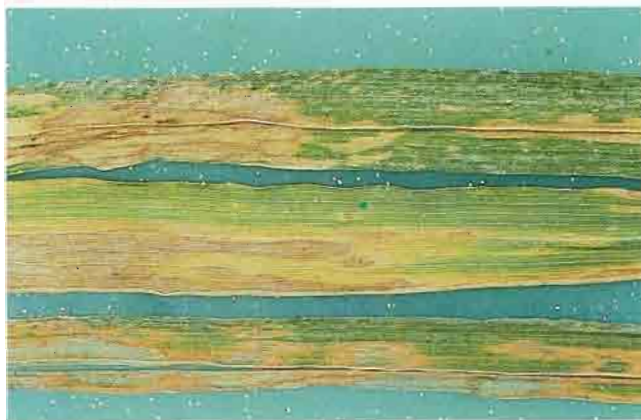


Figure 219. Dégâts de *Pseudomonas syringae* sur feuille de blé.



Viroses et mycoplasmoses

Les virus sont de très petits êtres vivants capables d'attaquer les cellules vivantes et de les traumatiser. Les mycoplasmes qui déterminent des maladies presque identiques aux viroses, et jusqu'à récemment confondues aux viroses, forment un groupe intermédiaire entre les bactéries et les virus. Les mycoplasmes ressemblent aux bactéries, mais sont plus petits et dépourvus d'une paroi cellulaire rigide. Ils possèdent une membrane superficielle très mince qui les rend plus flexibles que les bactéries.

Les virus et les mycoplasmes qui attaquent les céréales sont susceptibles d'être transmis par des pucerons, des cicadelles, des fulgores, des acariens, des champignons, la semence ou par moyens mécaniques. L'identification des virus se base sur les symptômes qu'ils provoquent, la gamme des hôtes, les vecteurs et sur des tests compliqués en laboratoire, tels des examens au microscope électronique et des tests sérologiques.

Les viroses, en général, manifestent des symptômes qui les distinguent des autres types de maladies infectieuses. Les symptômes les plus fréquents sont le nanisme, le tallage excessif, diverses formes de rayures sur les feuilles, des taches, la chlorose et la nécrose (Figure 220). Les virus ne produisent aucune fructification ou exsudat. Plusieurs viroses provoquent des symptômes presque identiques, ce qui rend difficile leur identification. Cette tâche sera grandement facilitée par une connaissance du mode de transmission du virus, des espèces de plantes que le virus attaque et de l'aire de sa répartition géographique ou de celle de son vecteur. Les viroses sont ici groupées selon leur vecteur, afin de rendre l'identification plus facile.

Le succès de la lutte contre les viroses dépend des vecteurs en cause et de leurs rapports avec la plante hôte au moment où ils effectuent la transmission. Les viroses transmises par la semence sont maîtrisées par l'emploi de semence saine. Les sols pollués par les vecteurs cryptogamiques doivent être plantés avec du matériel résistant au virus dans des rotations de longue durée. Les insectes vecteurs, surtout les pucerons, peuvent transmettre un virus en un laps de temps très court, lors de l'attaque. Les insecticides ne sont pas très performants contre les pucerons, mais parfois ils le sont contre les cicadelles qui requièrent une période d'attaque plus longue pour devenir virulifères, et transmettre le virus. Les insecticides systémiques sont plus efficaces que les insecticides de contact contre les insectes vecteurs qui provoquent l'enroulement des feuilles, s'édifiant ainsi un abri contre les prédateurs et les insecticides de contact. La résistance génétique contre le virus ou le vecteur est le moyen de lutte le plus efficace, mais il n'est pas toujours possible.

Figure 220. (Page en regard). La rayure, la chlorose généralisée du feuillage, les épis stériles (voir Figure 236) sont symptomatiques des viroses et des mycoplasmoses. Voici ici les symptômes provoqués par le mycoplasme de la jaunisse des asters (aster yellows) transmis par des cicadelles. (Photo: E. Bantari).

Viroses transmises par les pucerons (aphids)

Les pucerons sont parmi les plus fréquents et les plus efficaces vecteurs des viroses. Pour que les viroses se propagent dans une culture céréalière, il faut qu'elle soit infestée de pucerons virulifères. Normalement, les pucerons proviennent des cultures voisines ou de graminées spontanées. Les premières attaques dans un champ se manifestent chez des plantes éparses ou dans des petits foyers, ordinairement en bordure du champ. Sous certaines conditions, la population de pucerons augmente à un tel point qu'il se produit une migration éolienne extensive susceptible d'entraîner l'infestation généralisée de grandes étendues.

La chlorose généralisée et le nanisme sont considérés comme étant les symptômes typiques des viroses des céréales transmises par les pucerons. Mais au cours des dernières années, certaines viroses des céréales qui déterminent des mosaïques et des rayures ont été signalées.

Jaunisse nanisante de l'orge (barley yellow dwarf virus)

Cette maladie est une des viroses les plus largement répandues chez les céréales et susceptible de causer des pertes économiques importantes. Le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le triticale et les graminées sont des hôtes du virus de la jaunisse nanisante de l'orge (VJNO). Les symptômes sur l'orge, le blé et l'avoine sont souvent spectaculaires; les feuilles virent au jaune (Figure 221, sur blé et orge) ou au rouge vif (Figure 222, sur avoine) commençant par la pointe et progressant vers la base, la plante présente un rabougrissement, un tallage excessif, une production d'épis

blancs stériles, et on note la présence de pucerons. Tous ces symptômes sont diagnostiques. Plusieurs espèces de pucerons sont vecteurs du VJNO, les plus communs sont les *Rhopalosiphum*, *Metopolophium* et *Macrosiphum* (Figure 223). *Schizaphis graminis*, le puceron vert des graminées, est capable de transmettre ce virus (quoique moins efficacement que les autres pucerons) et peut aussi provoquer des



Figure 222. Nanisme prononcé, stérilité et rougissement des feuilles sont des symptômes provoqués par le VJNO sur feuille d'avoine.



Figure 221. Symptômes provoqués par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge (VJNO) sur feuille de blé. A noter le blanchissement et le jaunissement de la feuille. Les symptômes sur orge sont presque identiques (photo: S. Fuentes).



Figure 223. Plusieurs espèces de pucerons sont vecteurs du VJNO, y compris *Rhopalosiphum maidis* (ci-dessus). *R. padi* est de loin le principal vecteur du VJNO. Il est presque identique à *R. maidis*, excepté la partie arrière qui est rouge.

taches et des bigarrures par les toxines qu'il injecte dans la plante pendant qu'il se nourrit (Figure 224). Un grand nombre de travaux de recherche ont été réalisés en vue de créer des variétés résistantes au virus de la jaunisse nanisante de l'orge.



Figure 224. Le puceron vert des graminées (*Schizaphis graminis*) est un vecteur du VJNO et cause des dégâts par ses piqûres.



Figure 225. Les pucerons vecteurs de la rayure virale Free State se cachent dans le creux des feuilles supérieures qui se sont enroulées chez les plantes atteintes. A noter les rayures vert pâle provoquées par le virus de la rayure virale Free State.

Rayure virale Free State

Cette virose transmise par pucerons se rencontre au Mexique et en Afrique du Sud. Elle se manifeste sur le blé, l'orge, le seigle, le triticale et sur quelques espèces de brome, mais rarement sur l'avoine. Une à trois rayures vert pâle apparaissent sur les feuilles atteintes (Figure 225). Les feuilles des étages supérieurs s'enroulent en long, et ainsi prennent l'aspect d'une feuille d'oignon. Parfois, chez le blé et le triticale, il se développe une pigmentation rougeâtre ou pourpre dans les rayures. Les épis sont ordinairement charnus, et déformés, et ne forment pas de grains viables (Figure 226). Les pucerons vecteurs, connus sous le nom de *Diuraphis noxia* en Afrique (Figures 227, 228) et *D. mexicana* au Mexique, se cachent dans le creux de la feuille enroulée. Les jeunes pieds d'orge infestés se rétablissent parfois si on enlève ou tue les pucerons.



Figure 226. Epis déformés et chlorotiques symptomatiques du virus de la rayure virale Free State.

Autres viroses transmises par les pucerons

Plusieurs autres viroses transmises par les pucerons existent en Asie Centrale et de l'Est. La jaunisse de la feuille du blé (wheat yellow leaf) se rencontre sur le blé et l'orge au Japon. Les symptômes ressemblent à ceux de la jaunisse nanisante de l'orge. Le puceron du maïs, *Rhopalosiphum maidis*, en est le vecteur. La mosaïque de l'orge et la mosaïque bigarrée du cardamome (cardamon streak mosaic) sont des viroses fréquentes en Inde. *Rhopalosiphum maidis* et d'autres espèces de pucerons en sont les vecteurs. Le blé, l'avoine, l'orge et quelques graminées sont sensibles à ces viroses.



Figure 227. Adulte ailé du puceron russe de céréales (*Diuraphis noxia*), un vecteur du virus de la rayure virale Free State.



Figure 228. Jeune puceron russe des céréales (*D. noxia*).

Viroses transmises par les cicadelles (leafhoppers)

Les cicadelles sont les insectes vecteurs de plusieurs virus et d'un mycoplasme qui attaquent les céréales. Plus d'une striure virale du blé manifestent des symptômes presque identiques, ce qui rend très difficile l'identification de ces maladies sur la base des symptômes. Les symptômes précoces sont des rayures étroites, discontinues, le long des nervures des feuilles (Figure 229). Ensuite, apparaissent des taches nécrotiques (Figure 230). Les plantes atteintes sont parfois rabougries et les épis souvent stériles. Les hôtes de la plupart de ces virus sont le blé, l'avoine, l'orge, le seigle et diverses graminées. Les cultures hivernales subissent fréquemment plus de dégâts que les printanières, mais en retardant de quelques semaines l'ensemencement à l'automne, on réduit généralement l'infestation de cicadelles. L'emploi de variétés tolérantes aide à diminuer les pertes.

Striure virale américaine du blé

Cette maladie se rencontre dans le centre et le nord des USA et au Canada. Les cicadelles vectrices sont *Endria inimica* (Figure 231) et *Elymana virescens*. Le blé d'hiver est la plante la plus fréquemment atteinte. D'autres céréales sont sensibles à cette virose.

Mosaïque striée chloroïs (striure virale australienne du blé)

La cicadelle *Nesoclutha obscura* est l'insecte vecteur du virus. Elle hiverne sur le maïs et les graminées, qui sont des hôtes de ce virus. Il s'agit d'une maladie d'importance secondaire sur les céréales à paille.

Mosaïque russe du blé

Cette maladie est susceptible d'être grave sur le blé hivernal et printanier en Europe de l'Est et en Russie. Elle se manifeste aussi sur l'avoine, l'orge et le seigle. Les symptômes sont presque identiques à ceux des striures virales Américaines et australiennes. Les contaminations au stade plantule occasionnent un rabougrissement marqué. Les deux cicadelles vectrices sont *Psammotettix striatus* et *Macrostelus laevis*.



Figure 229. Symptômes caractéristiques de la striure virale américaine du blé sur blé. A noter les rayures et les stries étroites et discontinues.



Figure 230. Symptômes tardifs de la striure virale du blé sur orge (photo: J. Slykhius).



Figure 231. La cicadelle, *Endria inimica*, vectrice du virus de la striure virale américaine du blé.

Enanismo de Nariño (Nanisme des céréales)

Ce nom est celui d'une virose qui détermine le nanisme chez les céréales et qui se rencontre dans les régions à haute altitude en Colombie et en Equateur. La maladie est associée à des infestations de cicadelles, *Cicadulina pastusae* (Figure 232). Cette maladie a occasionné des pertes importantes chez le blé, l'avoine et l'orge dans certaines régions. Les plantules atteintes sont très rabougries. Les plantes attaquées après la montaison développent des feuilles déformées (énation) ou galleuses (Figure 233). On soupçonne que c'est une toxine secrétée par la cicadelle qui détermine les galles.

"Jaunisse des asters" (aster yellows)

Aster yellows est une virose d'importance mineure sur le blé, l'orge et certaines autres graminées, mais elle occasionne des pertes très lourdes chez les plantes maraîchères et ornementales. On la rencontre en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. Les vecteurs les plus fréquents sont les cicadelles du genre *Macrostelus* (Figure 234) et *Endria*. Le pathogène est maintenant classifié comme étant un mycoplasme, bien que les symptômes qu'il occasionne et le mode de sa transmission sont presque identiques à ceux qu'on attribue aux virus. Les sujets malades présentent une chlorose généralisée du feuillage, un rabougrissement et des épis stériles (Figures 235, 236). Les symptômes sur les céréales ressemblent beaucoup à ceux de la jaunisse nanisante de l'orge.



Figure 233. Déformation (énation) des feuilles symptomatique de enanismo de nariño.



Figure 232. Une nymphe d'une cicadelle du genre *Cicadulina* (50 x).



Figure 234. La cicadelle *Macrosteles fascifrons*, un insecte fréquemment vecteur de la jaunisse des asters (photo: E. Banttari).



Figure 235. La chlorose généralisée (jaunissement) est caractéristique de la jaunisse des aster. (photo: E. Banttari).



Figure 236. Epis d'orge atteints de la jaunisse des asters (au centre et à droite). A noter la stérilité, et l'aspect chlorotique et déformé (photo: E. Banttari).

Viroses transmises par les fulgoridés (planthoppers)

Les viroses transmises par les fulgoridés (planthoppers) se rencontrent sur le blé, l'orge, le triticale, l'avoine, le seigle et diverses graminées. Les symptômes maladiques sont similaires à ceux des autres viroses: rayures blanchâtres ou jaunes sur les feuilles, nanisme, tallage excessif et stérilité. Les viroses à transmission par les fulgoridés sont répandues surtout en Europe et en Asie Orientale. Les vecteurs les plus efficaces semblent être certaines espèces des *Laodelphax* et de *Javesella*.

Hoja blanca du riz

Hoja blanca, ou feuille blanche, est principalement une virose du riz, mais elle est capable d'affecter toutes les céréales à paille. Son aire de distribution est déterminée par celle de ses vecteurs, certaines espèces de *Sogatodes* présentes dans les cultures de riz. Le symptôme caractéristique, les feuilles blanches, est surtout prononcé sur les étages foliaires supérieurs et les épis. Les feuilles du bas présentent des marbrures et des stries. La maladie existe dans les régions rizicoles du sud des USA, des Caraïbes, de l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud.

Bigarrure virale africaine des céréales

Cette maladie est fréquente sur le blé au Kenya et en Ethiopie. Elle est susceptible de se manifester sur toutes les céréales à paille et les graminées locales. Les plantes atteintes ordinairement sont éparpillées ou par petits foyers dans le champ, et sont plus nombreuses dans les cultures de saison sèche. Le virus est transmis par *Toya catilina*. Les symptômes primaires sont d'étroites rayures sur les feuilles. Les rayures s'élargissent, surtout sur les feuilles du haut, et forment de larges rayures jaune pâle ou une chlorose de toute la feuille (Figures 237, 238, 239). Les pertes sont insignifiantes.



Figure 238. Nanisme caractéristique de la bigarrure virale africaine des céréales (photo: D. Harder).



Figure 237. Bigarrure virale africaine des céréales sur feuilles et épi de blé. A noter les rayures jaune pâle et la chlorose généralisée.



Figure 239. Détails des symptômes typiques de la bigarrure virale africaine des céréales.

Mosaïque striée européenne du blé

Des épidémies de cette virose se sont produites en Europe de l'Ouest vers la fin de années 60. Cette virose attaque le blé, l'avoine, l'orge, le seigle, le maïs et certaines graminées. Au moins deux espèces de *Javesella* sont des vectrices efficaces. Les attaques au stade plantule sont létales (Figure 240). Les attaques moins précoces déterminent des bandes jaune pâle sur les feuilles au haut de la tige (Figure 241). La production de grains sur ces plantes est minime et de mauvaise qualité. Les semis tardifs des céréales hivernales raccourcissent le temps d'exposition aux fulgoridés virulifères.



Figure 240. Symptômes déterminés, à gauche, par une infection précoce, et au centre, par une infection moins précoce par le virus de la mosaïque striée européenne du blé. A droite, une plante saine (photo: R. Plumb).

Autres viroses transmises par les fulgoridés

Plusieurs autres viroses des céréales transmises par les fulgoridés, spécialement par certaines espèces de *Laodelphax*, se rencontrent en Europe; entre autres la mosaïque jaune striée de l'orge (barley yellow striate mosaic), la bigarrure chlorotique du blé (wheat chlorotic streak) et le tallage excessif des céréales (cereal tillering). Le nanisme stérilisant de l'avoine (oat sterile dwarf), présent aussi en Europe, est transmis par le fulgoridé, *Javesella pellucida* (Figure 242 et *Dicranotropis hamata*). La plupart des céréales sont sensibles à ces viroses.



Figure 241. Symptômes provoqués par le virus de la mosaïque striée européenne du blé, sur feuille de blé (photo: R. Plumb).



Figure 242. Le fulgoridé, *Javesella pellucida*, l'insecte vecteur du nanisme stérilisant (photo: R. Plumb).

Viroses transmises par les acariens (mites)

Au moins trois viroses transmises par les acariens existent en Amérique du Nord et en d'autres régions céréalières du monde (Figure 243). Deux espèces d'acariens, *Aceria tulipae* (Figure 244) et *Abacarus hystrix* sont des vecteurs communs de ces viroses. Ces viroses sont plus graves sur le blé que sur l'orge et le seigle.

Mosaïque striée du blé

C'est une maladie sérieuse du blé d'hiver dans les régions du centre des USA. La maladie est largement répandue en Amérique du Nord, en Europe et du Proche Orient. Le phytopte de la tulipe, *Aceria tulipae*, est le vecteur commun. Les sujets atteints manifestent des rayures bigarrées et chlorotiques (Figure 245), ainsi qu'un rabougrissement, surtout prononcé s'ils ont été contaminés au stade plantule.



Figure 244. Le phytopte de la tulipe (*Aceria tulipae*) est le vecteur commun de plusieurs virus (photo: T. Harvey).



Figure 243. Symptômes foliaires de trois viroses transmises par les acariens: au haut, mosaïque striée du blé; au centre, mosaïque de l'*Agropyre*; et au bas, mosaïque tachetée du blé.



Figure 245. Symptômes de la mosaïque striée du blé sur blé (photo: J. Slykhius).

Mosaïque de l'agropyron et mosaïque du ray-grass

Ces deux viroses sont transmises par l'acarien, *Abacarus hystrix*. Les principales plantes hôtes de ce virus sont diverses graminées, mais les céréales sont occasionnellement attaquées. Une marbrure vert jaunâtre et des stries chlorotiques étroites apparaissent sur les feuilles des plantes de blé et d'orge atteintes (Figure 246). L'avoine est sensible à la mosaïque du ray-grass (Figure 247), mais non à la mosaïque de l'agropyron.

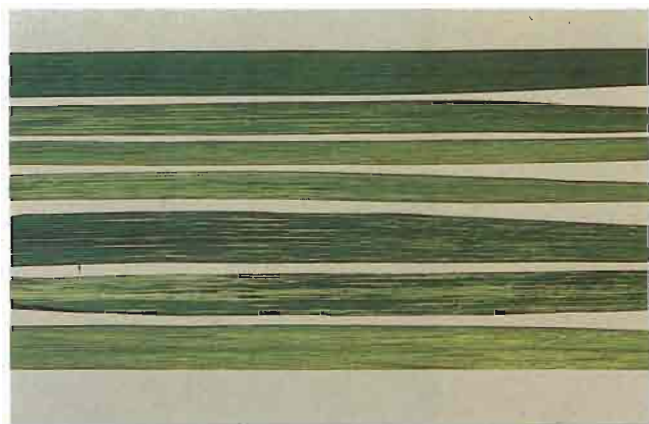


Figure 246. Symptômes sur feuille de la mosaïque de l'agropyron sur blé (photo: J. Slykhius).

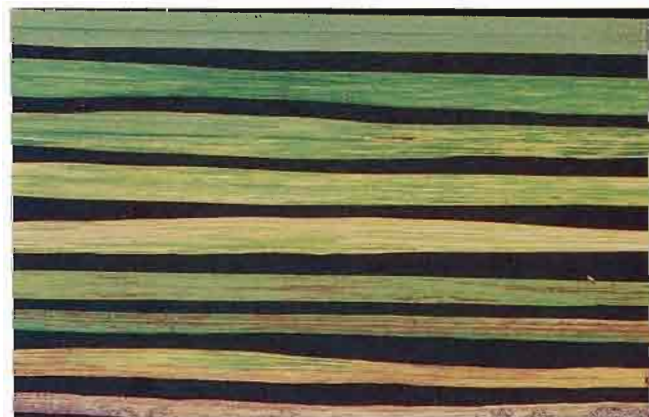


Figure 247. Symptômes foliaires de la mosaïque du ray-grass (photo: J. Slykhius).

Mosaïque tachetée du blé

La mosaïque tachetée du blé est transmise aussi par le phytopte *A. tulipae*. Les symptômes sont des taches jaune pâle, distinctes, qui s'accroissent graduellement et forment des macules nécrotiques à partir de l'extrémité de la feuille (Figure 248). L'agent pathogène qui provoque la mosaïque tachetée du blé n'a pas encore été identifié. Cette virose parfois accompagne la mosaïque striée du blé dans certaines régions. La mosaïque tachetée du blé ne cause pas de pertes économiques importantes.

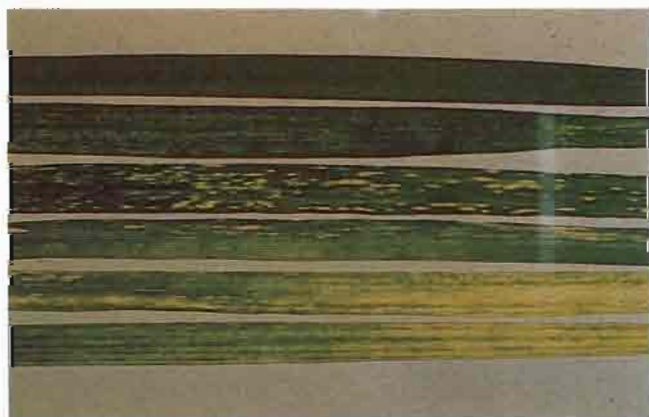


Figure 248. Symptômes foliaires de la mosaïque tachetée du blé (photo: J. Slykhius).

Viroses transmises par le sol

Les viroses transmises par le sol (telluriques) sont répandues dans toutes les régions du monde. Celles qui attaquent les céréales en Amérique du Nord sont transmises principalement par un champignon primitif qui habite le sol, *Polymyxa graminis* (Figure 249). Les nématodes et certains autres organismes du sol sont vecteurs de ces virus. Le blé, l'orge et le seigle sont les hôtes communs des virus transmis par le sol; quant à l'avoine soit elle est résistante, soit elle n'extériorise pas de symptômes une fois infectée. Il semble que ces viroses apparaissent chaque année aux mêmes endroits. Leur extension est généralement lente. Le champignon vecteur est un habitant du sol difficile à maîtriser. La fumigation du sol est efficace, mais n'est pas économique pour les cultures céréalières.

Mosaïque du blé transmise par le sol

(wheat soil-borne mosaic virus. WSBMV)

Cette maladie occasionne des dégâts graves au blé d'hiver en Amérique du Nord. L'orge et le seigle peuvent aussi être affectés. Le virus est transmis par le champignon *Polymyxa graminis*. Il semble que c'est dans les sols détrempés que la maladie sévit le plus souvent. Les plantes virosées sont rabougries et les feuilles présentent des rayures ou divers motifs chlorotiques (Figures 250, 251). Les infections précoces occasionnent chez les variétés sensibles la croissance en rosette sans formation d'épis. Il existe des variétés de blé d'hiver résistantes.

Filosité-bigarrure du blé

Cette virose est transmise aussi par le champignon *P. graminis*. Elle existe dans la région des Grands-Lacs, et d'autres régions des Etats Unis et du Canada. Les symptômes les plus nets se manifestent durant les périodes froides (Figure 252). Ils tendent à disparaître par temps chaud.



Figure 250. Mosaïque du blé transmise par le sol sur blé (photo: S. Fuentes).



Figure 251. Des épis de blé charnus, déformés et stériles sont symptomatiques de la mosaïque du blé transmise par le sol.



Figure 249. Le champignon qui habite le sol, *Polymyxa graminis* aperçu à l'intérieur d'une racine de blé. Ce champignon est vecteur de certaines viroses transmises par le sol.

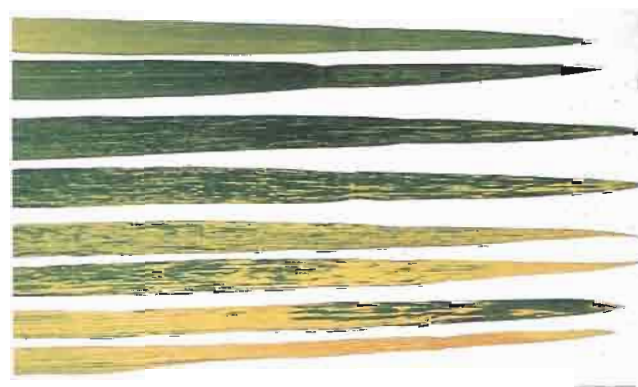


Figure 252. Symptômes sur les feuilles de la filosit -bigarrure du blé, une virose transmise par *Polymyxa graminis* (photo: J. Slykhus).

Viroses transmises par la semence

Mosaïque striée de l'orge

La mosaïque striée de l'orge est une des rares viroses des céréales qui sont transmises par la semence. La maladie attaque surtout l'orge, mais le blé, l'avoine, le maïs et plusieurs graminées peuvent aussi être atteintes. La maladie est ubiquiste. Le virus est susceptible d'être transmis mécaniquement dans le champ par le frottement des plantes infectées sur les voisines qui sont saines, et par le pollen.

Les symptômes des viroses transmises par la semence ont tendance à apparaître tôt dans la saison. Sur l'orge, le virus provoque des rayures ou des bandes chlorotiques sur les feuilles (Figure 253). Les variétés les plus sensibles sont fortement rabougries et tallent excessivement (Figure 254). Les bandes ressemblent aux symptômes initiaux de la strie foliaire causée par *Helminthosporium gramineum* (page 31). Les symptômes sur le blé sont généralement moins marqués que ceux sur l'orge, bien que les variétés les plus sensibles manifestent des symptômes typiques de mosaïque. L'emploi de semence saine et l'éradication des pieds d'orge spontanés suffisent à maîtriser cette maladie.

Mosaïque de l'orge

La mosaïque de l'orge, une maladie peu fréquente signalée en Inde, est ordinairement transmise par le puceron *Rhopalosiphum maidis*, mais est aussi susceptible d'être transmise par la semence et mécaniquement à l'orge, au blé et à l'avoine. La maladie n'a pas été signalée hors de l'Inde. Les plantes infectées sont rabougries et les feuilles développent des symptômes de mosaïque tard dans la saison.

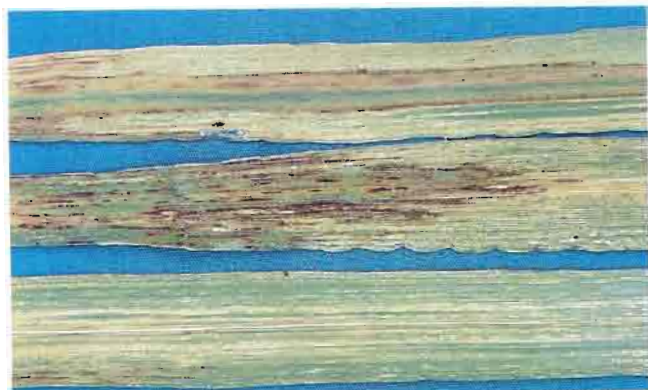


Figure 253. Symptômes foliaires caractéristiques provoqués par le virus de la mosaïque striée de l'orge. A noter la nécrose en forme de "V" ou de "W".



Figure 254. Rabougrissement et tallage excessif sont symptomatiques de la mosaïque striée de l'orge.



Dégâts causés par les nématodes et autres ravageurs

Les nématodes et les autres ravageurs animaux causent des dégâts aux céréales lorsqu'ils s'en nourrissent et les blessent mécaniquement. De plus, certains ravageurs, tels les nématodes et les insectes, sont dans certains cas les vecteurs d'autres agents pathogènes. Les dégâts occasionnés par les ravageurs sont parfois aussi importants que ceux causés par les maladies. La forme, la taille, l'activité des différents ravageurs sont susceptibles d'être très différentes. Dans le cas des plus gros ravageurs animaux, la nature des dégâts, la présence du ravageur ou de ses détritiques servent d'indice de la nature du ravageur en cause. Dans le cas des petits ravageurs, tels les nématodes et les petits insectes, il est souvent nécessaire d'examiner à la loupe les plantes attaquées pour pouvoir identifier le ravageur. On ne trouvera ici qu'une très brève introduction à quelques-uns des groupes de ravageurs les plus importants des céréales.

Nématodes (anguillules)

Les nématodes sont connus comme étant des ravageurs des céréales depuis plus de 300 ans, mais leur capacité à transmettre les viroses n'a été découverte que récemment. Les nématodes existent en grand nombre, et la plupart vivent dans le sol, l'eau ou sur les débris végétaux ou animaux près de la surface du sol. Ce sont des petits vers transparents visibles à la loupe (Figure 255). Les espèces qui attaquent les céréales déterminent des blessures mécaniques, la pourriture, des kystes sur les racines, des galles et la déformation des organes (Figure 256). Les nématodes causent des pertes de rendement et de qualité de la récolte. Ils peuvent être vecteurs de certains virus et les blessures qu'ils infligent à la plante ouvrent la voie à des infections par des bactéries et des champignons.

Les critères de distinction des nématodes sont les symptômes qu'ils causent aux racines ou aux parties aériennes, la présence de galles, de kystes ou de nodules dans lesquels se trouvent les oeufs.

Les plus importantes espèces parasites des céréales sont, entre autres, le nématode du blé (nielle) (*Anguina tritici*), le nématode à kyste des racines d'avoine (*Heterodera avenae*), et le nématode à galle des racines (divers *Meloidogynes*).



Figure 255. (Page en regard). Les nématodes (anguillules) sont de petits vers transparents visibles à la loupe (10 x 10). Celui-ci est typique de ceux qui se trouvent dans les noeuds des blés infestés sur les Hauts Plateaux du Mexique (voir Figure 256).

Figure 256. Noeuds de blé déformés par les nématodes.

Nématode du blé (nielle du blé) (*Anguina tritici*)

Ce nématode fut un des premiers à être reconnu comme un déterminant d'une maladie du blé. Il s'attaque aussi au seigle, au triticale et aux espèces voisines. La nielle du blé se rencontre surtout dans la partie orientale de l'hémisphère septentrional, et en particulier partout au Proche et au Moyen Orient. Les symptômes apparaissent avant l'épiaison. Ils se présentent sous l'aspect de feuilles déformées et de rabougrissement. A l'approche de la maturité du végétal, des masses arrondies se développent dans les fleurs et remplacent les grains. Ces masses arrondies (grains niellés) ont à peu près les mêmes dimensions que les grains sains,

mais sont brunes, et plus difficiles à écraser que les grains cariés (Figure 257). Les grains niellés renferment un très grand nombre de larves en diapause (Figure 258). Les larves deviennent actives lorsque le grain niellé est humecté. Les grains niellés mélangés à la semence propagent la maladie.

Nématode à kyste de l'avoine (*Heterodora avenae*)

Ce nématode est largement répandu dans les régions céréalières du monde entier. Le blé, l'avoine et le seigle sont attaqués. Les racines des plantes atteintes ont l'aspect d'une touffe, résultant d'une ramification excessive. On remarque aussi des kystes attachés aux racines (Figure 259). Ces kystes sont d'abord blanc grisâtre puis brun foncé. Ce sont les corps des femelles (parfois mortes) de *H. avenae* transformés en sacs remplis de nombreux oeufs.



Figure 257. A gauche, grains de blé niellés dus au nématode *Anguina tritici*; à droite, grains normaux.



Figure 258. Les grains niellés renferment les larves du nématode *A. tritici* à l'état dormant. Elles deviendront actives à l'humidité.

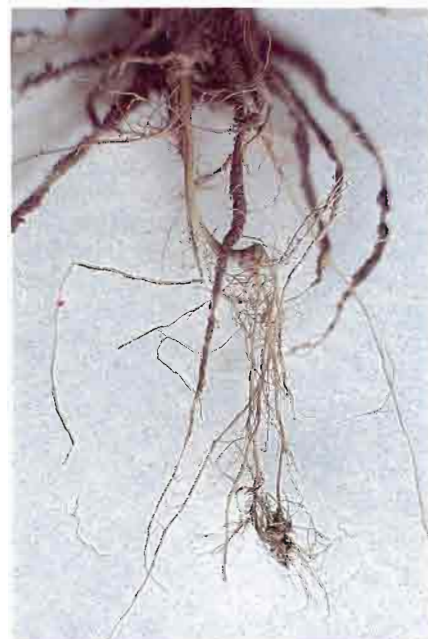


Figure 259. Racines de blé attaquées par le nématode à kyste. A noter les kystes accrochés aux racines.



Figure 260. Symptômes provoqués par le nématode à galles. A noter la ramification excessive de la racine, et l'aspect rabougri et jaunâtre de l'appareil aérien de la plante (photo: S. Fuentes).

Nématodes à galles (*Meloidogyne*, diverses espèces). Ces nématodes possèdent une large gamme d'hôtes, qui incluent les céréales. *Meloidogyne naasi* est l'espèce la plus fréquente sur les céréales et les graminées. Les infestations de ce nématode se reconnaissent par les petites galles, ordinairement tordues dans le voisinage de la coiffe. L'appareil aérien des plantes parasitées est rabougri et jaunâtre (Figure 260). Parfois les racines infestées produisent un nombre excessif de radicelles. Ce nématode généralement pénètre dans la plante au printemps ou tôt l'été. Chaque galle renferme une ou plusieurs femelles, qui produisent un grand nombre d'oeufs dans leur corps en forme de sac.

Les nématicides et les fumigants du sol peuvent efficacement maîtriser la plupart des nématodes, mais sont rarement économiques pour les céréales. La méthode la plus efficace est l'emploi de rotations des cultures comportant des espèces résistantes. Les larves d'*Anguina tritici* qui se conservent dans les grains niellés, sont libérées lorsque ceux-ci sont semés en sol humide. L'emploi de semence propre est donc une précaution importante.

Insectes



Figure 261. Pucerons verts sur feuille de triticales. A noter la bigarrure pâle déterminée par la toxine injectée dans les tissus lors de la piqûre.

Le nombre d'espèces d'insectes qui se nourrissent des céréales est très élevé. Seulement quelques-unes des plus communes sont mentionnées ici. Les insectes causent des dégâts par les blessures occasionnées par les piqûres et prédisposent les plantes affaiblies aux maladies. Les blessures qu'ils infligent deviennent des sites d'infection, et fréquemment ils véhiculent les pathogènes d'une plante à l'autre. Les insectes sont de très loin les vecteurs de virus et de mycoplasmes les plus nombreux et les plus efficaces. De plus, certains insectes, tels les pucerons, sécrètent des toxines et autres substances endommageant encore plus les tissus.

Les caractéristiques des dégâts, et la présence de l'insecte ou de ses excréments servent à identifier le ravageur. Les insectes dont les pièces buccales sont du type broyeur enlèvent des morceaux de tissu ou fauchent les plantules. Les vers-fil-de-fer, les vers-gris, les larves de hanneton attaquent dans le sol ou retournent dans le sol après l'attaque. On trouve généralement les vers dans le sol près des plantes endommagées.

Les larves de la mouche de Hesse et des autres mouches des tiges causent des dégâts très graves aux céréales dans plusieurs régions du monde. Quelques-uns des talles

de la jeune plante sont tués, puis les racines des autres talles pourrissent (Figure 262). Les larves et les pupes vivent et se nourrissent à l'intérieur de la tige succulente des jeunes talles (Figure 263). Les larves des cèphes (Figure 264) et de la mouche des tiges du blé vivent dans la lumière du chaume, et provoquent la stérilité et la verse. La nature des dégâts, et la présence des larves, des pupes, et des débris permettent d'identifier la cause du trouble.



Figure 262. Dégâts des larves de la mouche de Hesse.



Figure 263. Pupes de la mouche de Hesse sur blé (photo: S. Fuentes).

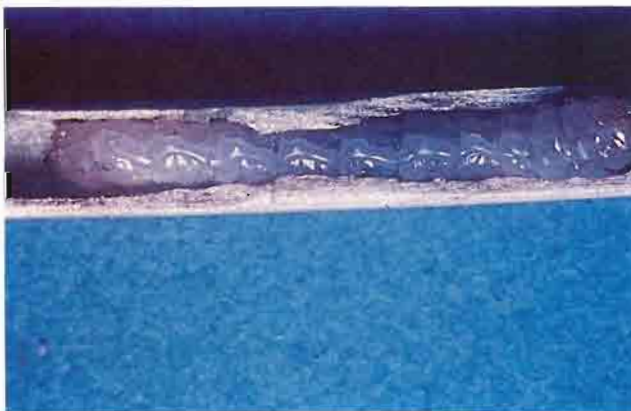


Figure 264. Larve de cèphe dans une tige de blé (photo: S. Fuentes).

Les insectes qui se nourrissent sur la surface des feuilles, des tiges ou des épis des céréales sont généralement facile à reconnaître. Les sauterelles (Figure 265), les légionnaires, les pucerons (Figure 266) et les cicadelles parfois pullulent dans les cultures, et leur population peut augmenter rapidement. Les espèces plus petites et moins visibles, tels les thrips (Figure 267), les acariens et les criocères des céréales (à la page suivante, Figures 268, 269, 270) souvent passent inaperçues, surtout quand elles sont en petit nombre.



Figure 265. Sauterelle se nourrissant sur un épi de blé dur (photo: S. Fuentes).



Figure 266. Puceron du maïs sur feuille d'orge (photo: S. Fuentes).

Les insectes qui s'attaquent au grain occasionnent des dégâts durant le remplissage des grains et à maturité. Dans certaines régions d'Afrique et d'Asie, les fourmis habituellement grimpent le long de la tige, détachent le grain de son épillet, et le laisse choir sur le sol où d'autres fourmis s'en emparent. Les termites pénètrent par le collet de la plante et occasionnent la verse. Des tunnels de boue reliés à des entrepôts souterrains sont alors construits le long des chaumes (Figure 271). Les charançons et autres insectes perceurs des grains occasionnent des pertes considérables lors du stockage, dans les régions ne disposant pas de silos secs et hermétiques (Figures 272, 273). Ces insectes causent moins de dégâts dans les régions aux hivers froids.



Figure 267. Thrips sur orge (photo: S. Fuentes).



Figure 268. Larve du criocère des céréales dévorant une feuille de blé (photo: C. Dowsell).



Figure 270. Dégâts typiques des larves du criocère des céréales (photo: S. Fuentes).



Figure 269. La larve du criocère des céréales se recouvre de ses excréments (photo: S. Fuentes).



Figure 271. Tunnels de boue construits par les termites le long d'une tige de blé versée.



Figure 272. Charançons pris sur du triticale infesté.



Figure 273. Un échantillon de triticale attaqué et infesté par les charançons. A noter les trous dans les grains et les débris poudreux.

Oiseaux et mammifères

Les oiseaux sont attirés par les céréales depuis le stade laiteux jusqu'à la maturité. Ils détachent le grain de l'épillet, laissant l'épi endommagé et les glumes et glumelles éparpillées sur le sol. Les tiges se brisent sous le poids de l'animal (Figure 274). En Asie et en Afrique, les perroquets et autres oiseaux semblables coupent les épis, ne laissant que les tiges décapitées. Les dégâts par les oiseaux sont habituellement plus importants en bordure des champs.



Figure 274. Dégâts typiques des oiseaux. A noter les tiges coudées.

Les rongeurs occasionnent des pertes économiques sérieuses chez les céréales dans le champ et dans les entrepôts. Les géomydés, la marmotte d'Amérique et certaines espèces de rats creusent des galeries dans les champs. Dans certaines régions, les dégâts occasionnés par les rongeurs fouisseurs sont si graves qu'ils empêchent la culture des céréales. Les grandes espèces de mammifères sont nuisibles lorsqu'elles broutent les récoltes. Les pistes, les crottes et le type de dégâts sont des indices qui permettent de connaître le coupable.



Figure 275. Dégâts des rongeurs dans une pépinière de sélection de blé dur.



Anomalies physiologiques et génétiques

Les céréales manifestent plusieurs formes de dérèglement de la croissance qui ne sont pas causées par des organismes infectieux. Ces anomalies peuvent être génétiques ou être les manifestations de stress provoquées par certains facteurs défavorables du milieu ou de produits irritants.

Des taches, des bigarrures, de la chlorose, toutes d'origine physiologique, se manifestent fréquemment sur les feuilles de céréales. L'orge est particulièrement encline à présenter des taches et des bigarrures de cette nature sous certaines conditions ambiantes (Figure 276). Certaines anomalies constituent des réactions à certaines substances irritantes ou facteurs de l'environnement connus, mais d'autres sont absolument imprévisibles. La prédisposition à développer des taches, ou une certaine forme de taches varie beaucoup d'une variété à l'autre. Certaines taches ou nécroses, telle la nécrose des hybrides de blé et de triticales (Figures 277, 278), sont causées par l'instabilité chromosomique ou des combinaisons génétiques. Les troubles sont ordinairement remarqués dans les premières générations des programmes d'amélioration et les lignées anormales sont éliminées.



Figure 276. Tache foliaire d'origine physiologique sur feuille d'orge.



Figure 278. Forme bénigne de la nécrose des hybrides sur triticales.

Figure 277. (Page en regard). Anomalie causée par l'instabilité chromosomique chez le triticales. A noter les rayures chlorotiques.

Certaines variétés de blé, qui ont hérité de la résistance à la rouille noire de géniteurs tels Hope et H44, manifestent parfois une nécrose brune. Cette nécrose, qui n'apparaît que sous certaines conditions ambiantes, revêt l'aspect d'une pigmentation brun foncé sur les glumes et les

pédoncules (Figure 279). Cette anomalie est parfois confondue avec la glume noire causée par *Xanthomonas translucens* ou la tache septorienne des glumes causées par *Septoria nodorum* (Figures 280, 281, et pages 102 et 41).

Certaines lignées de triticales manifestent des anomalies génétiques: rachis cassant et germination sur pied (Figure 282). En ce qui concerne le rachis cassant, il suffit de ne pas sélectionner les lignées avant 10 à 14 jours après la maturité. A ce moment là, il est facile d'éliminer les lignées affectées par cette anomalie.



Figure 279. Nécrose brune sur épillet de blé. Comparez ces symptômes avec ceux illustrés dans les Figures 280 et 281 (photo: S. Fuentes).



Figure 281. Symptômes de la tache septorienne des glumes causée par *Septoria nodorum*. A noter la macule gris brun qui s'étend à partir de la base de la barbe, la nette bordure brunâtre, et les pycnides enfoncées dans les tissus.



Figure 280. Symptômes de la glume noire provoqués par *Xanthomonas translucens*. A noter les rayures brunâtres et distinctes qui naissent à la base de la barbe.



Figure 282. L'anomalie du rachis cassant occasionne l'égrenage des épillets d'une lignée de triticales, descendante de *Secale montanum*.

La propension à la germination sur pied varie considérablement; les grains de certaines lignées germent parfois sur l'épi aussitôt la maturité atteinte (Figure 283). Dans le but d'éliminer cette tendance, on a fait la sélection des lignées des populations en voie de ségrégation durant des périodes de récolte longues et humides.

La coulure est un trouble fréquent chez l'avoine. Elle se manifeste sous certaines conditions du milieu, par la production d'épillets vides (Figure 284). Les facteurs externes qui ont été impliqués sont, entre autres, un rapport azote-phosphore défavorable, et un sol très humide. La sensibilité des variétés à la coulure varie beaucoup.



Figure 283. Germination sur pied chez le triticale.



Figure 284. A droite, coulure sur avoine, à gauche, plante saine (photo: M. Moore).

Carences en éléments minéraux et stress provoqués par l'environnement

Les carences alimentaires des plantes peuvent résulter d'une présence insuffisante d'un ou plusieurs éléments dans le sol, ou bien d'une impossibilité pour la plante d'assimiler les éléments, pourtant présents en quantité suffisante dans le sol. Cette dernière condition peut être due à un pH défavorable ou à d'autres déséquilibres chimiques et physiques du sol. Certains de ces déséquilibres sont susceptibles d'être corrigés par l'apport d'engrais ou de chaux. Cependant, certains cas nécessitent la pulvérisation du feuillage ou le traitement de la semence avec des composés chimiques spécifiques.

L'**azote**, le **phosphore** et le **potassium** sont les éléments que les plantes épuisent les plus fréquemment. Les carences peuvent être déterminées par l'analyse chimique du sol ou par des tests agronomiques. Les jeunes plantes carencées en azote sont vert pâle, chlorotiques ou jaunâtres (Figure 285). Plus tard, les feuilles du bas meurent prématurément. La carence en phosphore détermine une coloration rouge, pourpre ou brunâtre des feuilles, qui se nécrosent à l'extrémité. Un faible développement végétatif du système racinaire est également symptomatique d'une carence en phosphore (Figure 286). Les symptômes de carence en potassium sont semblables à ceux de la carence en azote. Le jaunissement apparaît d'abord à la pointe des vieilles feuilles, puis se transforme en bandes ou en chlorose généralisée.

Les carences en oligo-éléments sont ordinairement plus difficiles à diagnostiquer que celles de N, P, et K. Plusieurs des carences en oligo-éléments peuvent entraîner des pertes de rendements. Le manganèse, le cuivre et le zinc sont les oligo-éléments les plus susceptibles d'être déficients pour les céréales.

La carence en manganèse est relativement facile à reconnaître chez l'avoine et le pois. C'est au stade plantule, surtout par temps frais, que les symptômes sont les plus apparents. A l'origine, les symptômes sont des taches irrégulières, vert pâle ou grises sur les feuilles. Ensuite, les taches s'accroissent, se réunissent et prennent des teintes paillées à brun pâle (Figure 287). Les feuilles moribondes parfois se tordent, se déforment. Ce trouble de nutrition est appelé tache grise. On peut y remédier facilement par des pulvérisations foliaires au sulfate de manganèse.



Figure 286. Parcelles d'essais sur sol pauvre en phosphore. A droite, l'effet d'un apport de phosphore (photo: P. Wall).



Figure 285. Symptômes de carence en azote sur blé. A noter le jaunissement généralisé.

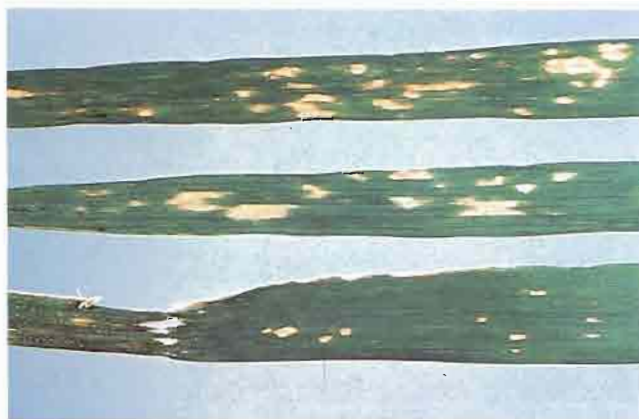


Figure 287. Symptômes de carence en manganèse sur feuilles d'avoine (photo: V. Clark).

La carence en cuivre est fréquente en Australie, en Europe, en Asie et en Afrique de l'Est. Les plantules carencées manifestent une nécrose caractéristique et une déformation du bout des feuilles (Figure 288). Les plantes adultes sont rabougries, jaune pâle et produisent des épis blanchâtres. Le traitement de la semence avec des composés du cuivre est très efficace.

La carence en zinc se rencontre fréquemment sur les sols alcalins, mais n'est pas limitée à ces sols. Le trouble a tendance à s'aggraver avec l'apport continu d'engrais phosphatés à forte dose. Les plantes affectées par cette carence sont rabougries, et les jeunes feuilles présentent des

bandes blanches caractéristiques sur la nervure médiane. Sur certaines cultures, cette carence détermine des mouchetures brun rougeâtre sur les feuilles. La pulvérisation du feuillage et le traitement de la semence au sulfate de zinc sont efficaces.

pH du sol

Plusieurs troubles nutritionnels résultent d'un pH défavorable. Les céréales en général sont grandement affectées par l'acidité du sol, bien que certaines variétés de seigle supportent très bien des niveaux d'acidité (pH 6.0-4.5) modérés. Les sols acides diminuent la quantité de phosphore assimilable et augmentent parfois la concentration en aluminium et en manganèse jusqu'à un niveau toxique (Figure 289).

L'acidité du sol peut être réduite jusqu'à un certain point par l'apport d'amendements calciques ou calcomagnésiens. Les sols alcalins et calcaires, ont un pH au dessus de 7.5. De toutes les céréales, l'orge supporte probablement le mieux l'alcalinité du sol, cependant les céréales en général ne la tolèrent pas (Figure 290). La salinité du sol peut être diminuée par le drainage et le lessivage.



Figure 288. Symptômes de carence en cuivre sur blé. A noter l'enroulement de l'extrémité de la feuille.



Figure 289. L'acidité du sol parfois retarde très sérieusement la croissance des céréales à paille.



Figure 290. Un mauvais drainage parfois donne lieu à l'accumulation de sels et retarde la croissance de la plupart des céréales à paille (photo: T. Harris).

Toxicité du sol

Plusieurs éléments minéraux sont parfois présents dans le sol dans des proportions qui sont nuisibles à la croissance des plantes. L'aluminium, le sélénium, le cuivre et le bore sont parmi les éléments dont la présence est fréquemment excessive. Les intoxications à l'aluminium sont fréquentes dans les sols acides. Plusieurs latérites évoluées ont une forte teneur en alumine libre. Il y a différenciation variétale dans la réaction des céréales à la présence d'aluminium (Figures 291, 292). Sous ce rapport, le seigle et le triticale sont plus tolérants que les autres céréales. Le chaulage et l'apport de phosphore aident à diminuer l'action nocive de l'aluminium. L'absorption du cuivre peut être réduite par l'apport de phosphate de calcium, et le chaulage diminue l'assimilabilité du bore.



Figure 291. Différentes réactions du blé à un excès d'aluminium dans le sol.

Sécheresse

Le manque d'eau est probablement le facteur qui le plus fréquemment limite la production des cultures (Figures 293, 294). Très peu de progrès ont été réalisés dans l'amélioration génétique de la résistance des céréales à la sécheresse. L'économie de l'eau par l'emploi de meilleures méthodes de travail du sol, et l'utilisation de pratiques adaptées (variétés hâtives et date de semis propice) a permis d'augmenter le rendement.



Figure 293. Epis de blé qui ont souffert de la sécheresse au début la saison.



Figure 292. Une parcelle d'essai qui montre la sensibilité du blé à un excès d'aluminium (photo: S. Fuentes).



Figure 294. Nécrose de la feuille causée par la sécheresse, les hautes températures et le vent.

Excès d'humidité du sol

La saturation du sol en eau, due à un mauvais drainage, diminue la productivité des céréales par plusieurs mécanismes (Figure 295): le manque d'oxygène, la réduction de l'absorption des éléments nutritifs, la basse température du sol et la fréquence accrue des maladies telluriques. Les sols humides accumulent souvent des grandes quantités de sels. L'amélioration du drainage est le meilleur moyen de remédier à l'excès d'humidité dans le sol.

Dégâts dus aux pesticides et aux engrais

Les pesticides utilisés pour protéger les cultures contre les mauvaises herbes, les insectes et les maladies peuvent être occasionnellement phytotoxiques (Figures 296, 297). Les dégâts résultent ordinairement de l'emploi des

produits à des doses excessives, ou à des plantes sensibles, ou à un stade de croissance contre-indiqué. Les engrais répandus trop près de la semence lors de l'ensemencement ou directement sur le feuillage occasionnent des dégâts aux plantules. Atrazine est un herbicide performant dans la culture du maïs, mais sa rémanence dans le sol cause des troubles aux céréales à paille (Figure 298).



Figure 295. Jeunes symptômes causés par la saturation d'eau sur blé en sol irrigué. A noter le jaunissement du feuillage.



Figure 297. Déformation des épillets causée par une dose excessive de l'herbicide 2,4-D sur blé. (photo: S. Fuentes).



Figure 296. Bigarrure grise provoquée par une pulvérisation d'herbicide non sélectif sur blé.



Figure 298. Jaunissement et nécrose des feuilles du blé causés par un herbicide rémanant dans le sol (atrazine).

Dégâts dûs au gel et à la grêle

Plusieurs facteurs déterminent la gravité des dégâts dûs au gel (Figures 299, 300): l'état physiologique au moment du gel, la tolérance au gel et le stade de développement de la plante. Les semis d'automne nécessitent une période d'endurcissement à des températures voisines du point de congélation avant de pouvoir résister aux gels sévères. La tolérance inhérente aux céréales d'hiver est plus grande chez le seigle et le blé que chez l'orge et l'avoine. Les céréales à paille sont plus sensibles au gel après l'épiaison et durant le stade pâteux et moins sensibles pendant le tallage.

La grêle est un risque dans presque toutes les régions où on cultive les céréales à paille. Les jeunes céréales ont tendance à récupérer des dégâts occasionnés par la grêle, mais la capacité des plantes à récupérer diminue après la montaison. Il y aura peu de croissance subséquente aux dégâts causés par la grêle après la floraison. La grêle brise les tiges des plantes çà et là dans le champ, détermine des taches blanchâtres sur les tiges et les gaines, des lacérations, et des malformations des feuilles et des épis (Figure 301). Les dégâts occasionnés par la grêle prédisposent les céréales aux maladies de la feuille, de la tige et de l'épi, spécialement aux bactérioses et aux septorioses.



Figure 300. Stérilité de la partie supérieure des épis de blé causée par le gel au début de la croissance de la plante (photo: S. Fuentes).



Figure 299. Dégâts dûs au gel sur feuilles de blé (photo: S. Fuentes).



Figure 301. Epis endommagés, tiges brisées et feuilles lacérées sont des dégâts typiques causés par la grêle (photo: S. Fuentes).

Glossaire et références bibliographiques choisies

- acervule**—appareil sporifère, ouvert, en forme de soucoupe qui produit des conidies sur une couche dense de conidiophores, et est souvent bordé de poils (sètes).
- alterné ou intermédiaire**—se dit d'une plante hôte autre que celle cultivée que certains champignons (e.g., pathogènes des rouilles) exigent pour compléter leur cycle vital.
- apicale**—se dit d'une cellule située à l'extrémité ou à l'apex
- ascocarpe**—appareil sporifère qui produit des asques et des ascospores.
- Ascomycète**—groupe de champignons qui produisent des asques et des ascospores.
- ascospore**—spore produite à l'intérieur d'un sac, l'asque.
- asexuée**—se dit d'une spore qui naît par division cellulaire.
- asque**—sac tubulaire ou sphéroïde enfermant des ascospores.
- basale**—se dit d'une cellule à la base d'une conidie ou d'un conidiophore.
- Basidiomycète**—groupe de champignons qui produisent des spores sexuées sur une baside.
- basidiospore**—spore sexuée haploïde produite sur une baside.
- baside**—organe court et filamenteux produit par la germination de la téléospore ou d'un kyste et qui porte des basidiospores ou sporidies. La baside est appelée promycélium chez les champignons qui déterminent les caries et les charbons.
- chamydospore**—spore de conservation à paroi épaisse.
- chlorose**—jaunissement des tissus normalement verts des plantes.
- cirrhé**—tortillon de spores qui s'échappent de l'ostiole des pycnides ou des périthèces.
- conidie**—toute spore asexuée portée par un conidiophore.
- conidiophore**—filament mycélien sur lequel sont produites les conidies.
- diploïde**—se dit d'une cellule présentant deux jeux homologues de chromosomes.
- écidie**—appareil sporifère des champignons causant les rouilles.
- écidiospore**—spore en chaîne dans une écidie.
- énation**—une maladie caractérisée par des tissus et des organes déformés, ou des galles sur les feuilles et les tiges.
- étiologie**—ensemble des causes d'une maladie.
- exsudat**—liquide suintant à la surface de la plante et parfois contenant des spores ou des bactéries.
- facultatif**—se dit d'un parasite ordinairement saprophyte, mais capable d'attaquer les plantes vivantes à l'occasion.
- filamenteux**—élément de forme fine et allongée.
- filiforme**—en forme de fil.
- fongicide**—substance ou préparation susceptible d'entraîner l'inhibition de la croissance ou la mort des champignons.
- forme physiologique (spécialisée)**—une subdivision de l'espèce constituée par un groupe d'organismes qui possèdent une morphologie presque identique, mais qui se distinguent par le pouvoir pathogénique ou autres caractères.
- fructification**—ensemble des organes reproducteurs.
- galle**—excroissance chez l'hôte provoquée par un champignon, une bactérie, un nématode, un insecte.
- haploïde**—se dit d'une cellule présentant un seul jeu de chromosomes.
- haustorium**—sucoir que le champignon parasite introduit dans la cellule.
- herbicide**—substance ou préparation qui permet de lutter contre les mauvaises herbes.
- hyaline**—qui a l'apparence, la transparence du verre.
- hyménium**—l'assise qui donne naissance aux spores dans un appareil sporifère.
- hyphé**—filament formant l'appareil végétatif (le mycélium) des champignons.
- imparfaite**—se dit de la forme comportant la phase asexuée du cycle vital d'un champignon.
- inoculum**—spore ou autre fragment d'un organisme, ou toute autre matière renfermant l'organisme et pouvant réaliser la contamination.
- latent**—en état d'attente (syn. dormance).
- macroconidie**—les conidies les plus grosses, et généralement les plus fréquentes, que produit un champignon.
- microconidie**—les conidies les plus petites que produit un champignon.
- morphologie**—science qui étudie la forme et la structure des organismes.
- mosaïque**—symptôme maladif caractérisé par des taches jaunâtres dispersées sur l'organe atteint.
- mycélium**—ensemble des hyphes, ou filaments mycéliens représentant la partie végétative du corps (thalle) du champignon.
- mycoplasme**—organisme unicellulaire minuscule, plus petit que les bactéries, qui peut prendre des formes extrêmement variées, dépourvu de paroi rigide.
- nécrose**—transformation d'ordre biochimique qui se produit dans les tissus après la mort des cellules, et qui se traduit généralement par une coloration anormale des tissus.
- oospore**—spore de conservation à paroi épaisse des champignons Phycomycètes.
- ostiole**—orifice d'une pycnide ou d'un périthèce par où les spores sortent.
- ovoïde**—qui a la forme d'un oeuf.
- parasite obligatoire ou strict**—organisme qui ne peut compléter son cycle vital sans parasiter un autre organisme vivant.

- parfaite**—se dit de la forme comportant la phase sexuée du cycle vital d'un champignon.
- paroi réticulée**—paroi qui figure un réseau de saillies.
- pathogène**—microorganisme qui provoque une maladie.
- périthèce**—appareil sporigène en forme de bouteille et renfermant des asques.
- persistant**—se dit des virus qui demeurent infectieux durant toute la vie de l'insecte vecteur.
- Phycomycète**—large groupe de champignons dont la forme varie de masse de mycélium peu différenciée à des organismes bien structurés. Les filaments du mycélium ne sont pas divisés en cellules par des cloisons.
- piétin**—maladie qui attaque les racines et la base de la tige.
- primaire**—se dit de l'inoculum qui est le premier; qui a déclenché la maladie.
- pustule**—appareil sporifère renfermant un amas de spores et se développant sous l'épiderme, et généralement faisant éruption à maturité.
- pycnide**—appareil fructifère en forme de bouteille produisant des spores asexuées.
- race**—subdivision de l'espèce constituée par un groupe d'organismes qui se distinguent par le pouvoir pathogène.
- résistance**—la propriété que possèdent certaines plantes hôtes de retarder ou d'empêcher le développement de la maladie.
- rosette**—ensemble de feuilles disposées en rayon autour du collet de la plante.
- saprophyte**—organisme qui se nourrit de déchets organiques morts.
- sclérote**—masse dense de mycélium capable de persister en état de dormance pendant longtemps.
- sénescence**—phase du développement du végétal qui s'étend de la maturité jusqu'à la mort.
- sensible**—sujet à être atteint d'une maladie.
- sète**—soie, poil qui parfois se forme autour des acervules ou dedans.
- sore**—voir pustule.
- souche**—une culture d'un organisme.
- sporange**—sac produisant des spores ordinairement asexuées.
- spore**—petit corps assurant la reproduction des champignons et végétaux inférieurs.
- spore de conservation**—spore qui se maintient dans un état de dormance pendant une certaine période de temps avant la germination.
- spore sexuée**—spore qui résulte d'une fécondation et qui est produite durant la phase sexuée du cycle vital du champignon.
- sporodochium** (pl. sporodochia)—appareil sporifère en forme de coussin couvert de conidiophores portant des conidies.
- stroma**—masse de filaments mycéliens produisant des spores.
- symptôme**—une réaction visible de la plante hôte à l'action d'un pathogène.
- systémique**—se dit d'un pathogène ou d'une substance chimique (e.g., produit phyto-sanitaire) qui a la propriété de pénétrer, puis de se répandre dans la plante.
- téleutosore (télie)**—pustule (sore) produisant des téléto-spores.
- téleutospore**—spore de conservation à paroi épaisse produite par les pathogènes des rouilles.
- tolérance**—faculté d'une plante hôte de se développer et de se reproduire de façon satisfaisante, bien qu'elle soit attaquée par un agent pathogène.
- toxine**—poison produit par un organisme.
- tube germinatif**—hyphe issu d'une spore durant la germination.
- urédiospore**—spore asexuée produite par les champignons qui causent les rouilles.
- vecteur**—organisme qui est hôte temporaire et qui transmet l'inoculum.
- virulence**—capacité relative d'un micro-organisme à surmonter la défense de l'hôte.
- virulifère**—qui transporte un virus.
- zoospore**—spore qui est mobile dans l'eau.

Références bibliographiques choisies

- Commonwealth Mycological Institute. 1968. *Plant Pathologist's Pocketbook*. Kew, Angleterre. Commonwealth Agricultural Bureau.
- Commonwealth Mycological Institute. *Description of Pathogenic Fungi and Bacteria*. Kew, Angleterre. Commonwealth Agricultural Bureau. (Une série de publications qui se continue).
- James, W.C. 1971. *Manual of Assessment Keys for Plant Diseases*. Agriculture Canada; Publication no. 1458.
- Jones, D.G. et Clifford, B.C. 1978. *Cereal Diseases: Their Pathology and Control*. BASF, United Kingdom Limited, Agrochemical Division: Perivan Press Limited.
- Mathre, D.E., rédact. 1982. *Compendium of Barley Diseases*. American Phytopathological Society.
- Schaad, N.W., rédact. 1982. *Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. American Phytopathological Society.
- Wiese, M.V. 1977. *Compendium of Wheat Diseases*. American Phytopathological Society.

On devra se référer comme suit à cette publication: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo: Maladies communes des céréales à paille: Guide d'identification. Zillinsky, F.J., 1983.

CIMMYT. Le Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT) reçoit l'aide d'agences gouvernementales des pays suivants: Australie, Canada, Danemark, France, République Fédérale d'Allemagne, Japon, Mexique, Hollande, Norvège, Philippines, Espagne, Suisse, Royaume-Uni, et États-Unis d'Amérique; et des organismes suivants: Fondation Ford, Inter-American Development Bank, Fond de l'OPEP pour le Développement International, Patronato de Sonora (PIEAES), Fondation Rockefeller, Programme des Nations Unies pour le Développement, et Banque Mondiale. Le CIMMYT assume toute responsabilité pour cette publication.



CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40, Apdo. Postal 6-641, 06600, México, D.F., México