

N° d'ordre : 999

50376
1982
151

50376
1982
151

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

THÈSE

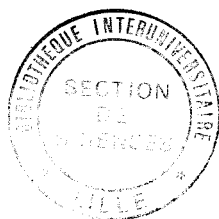
présentée

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

par

Aminur Rahman KHAN



**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA
RESISTANCE DU BLE A L'AGENT PATHOGENE
(CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES FRON.)
DU PIETIN-VERSE.**

S.U. LILLE 1



090 141789 0

Soutenue en Novembre 1982, devant la Commission d'Examen

Président :	MM. R. BOURIQUET
Rapporteur :	G. DOUSSINAULT
Examineurs :	Melle C. PAUPARDIN
	MM. R. TIZIO
	P. POUILLARD

R E M E R C I E M E N T S

- ° -

Je suis heureux de témoigner ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur BOURIQUET, Directeur du Laboratoire de Physiologie végétale qui m'a proposé cette recherche. Il a bien voulu assumer la responsabilité de me guider et de me conseiller tout au long de mes travaux. Sa bienveillance à mon égard a toujours été une source d'encouragements.

Je suis très reconnaissant envers Monsieur DOUSSINAULT de l'I.N.R.A. de Rennes qui a bien voulu faire partie de mon Jury. Je lui sais gré des conseils qu'il a bien voulu me prodiguer.

J'adresse mes vifs remerciements à Mademoiselle le Professeur PAUPARDIN et Monsieur le Professeur TIZIO de bien vouloir faire partie du Jury.

Je remercie très vivement Monsieur POUILLARD de la Société Momont-Hennette pour l'intérêt qu'il n'a cessé de manifester et pour l'aide qu'il m'a assurée au cours de la réalisation de ce travail. Sa présence dans mon Jury est pour moi un grand honneur.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements aux Maîtres-Assistants et Assistants du laboratoire pour leur coopération, et en particulier à Monsieur DUBOIS qui m'a aidé pour la photographie.

Que soient remerciées, tout particulièrement Mesdemoiselles BRASSART et DORCHIES en qui j'ai trouvé aide et amitié.

Que toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé au cours de cette étude, tout spécialement Madame TAHON pour la dactylographie, soient assurées de mon amitié.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	1
HISTORIQUE	2
I. INTRODUCTION	2
II. REPARTITION GEOGRAPHIQUE	3
III. LES HOTES DU PARASITE	3
IV. BIOLOGIE DU PARASITE	4
1) Caractères morphologiques	4
2) L'inoculum et ses sources	5
3) Dissémination de l'inoculum	5
4) Facteurs qui régissent l'inoculation et l'infection	6
a) température	6
b) humidité	7
c) photopériodisme	8
5) Développement de la maladie	8
V. METHODE D'INOCULATION	9
VI. SYMPTOMATOLOGIE	10
VII. EFFET SUR LE RENDEMENT	12
VIII. MOYENS DE LUTTE	13
a) méthodes chimiques	13
b) méthodes culturales	14
c) résistance variétale	14
IX. CORRELATION ENTRE LA RESISTANCE ET LA PIGMENTATION ANTHOCYANIQUE	21
X. MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES	22
 MATERIEL ET METHODES	 26
I. ISOLEMENT DE LA SOUCHE DE C. HERPOTRICHOIDES	26
II. CULTURE DU CHAMPIGNON	29
III. MESURE DU DIAMETRE DE LA COLONIE	29

	page
IV. PREPARATION D'INOCULUMS	29
V. PREPARATION DES PLANTES-HOTES	31
VI. TECHNIQUE D'INOCULATION	31
VII. DISPOSITIONS EXPERIMENTALES	33
VIII. NOTATION ET OBSERVATION	33
IX. ETUDE DES ANTHOCYANES	36
a) préparation du matériel	36
b) extraction	36
c) purification	37
d) identification	38
X. MODE D'OBSERVATION DU PARASITE A LA SURFACE DE L'EPIDERME	39
XI. OBSERVATIONS DES MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES	39
a) fixation et inclusion	40
b) coupes et colorations	40
 RESULTATS	 42
<i>SENSIBILITE DE L'HOTE A L'AGENT PATHOGENE, CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES FRON.</i>	 42
I _a . COMPORTEMENT DE 16 VARIETES ET LIGNEES VIS A VIS DE C. HERPOTRICHOIDES FRON.	 42
I _b . SENSIBILITE DE PLANTULES DE GENERATION F ₁ VIS A VIS DE C. HERPOTRICHOIDES FRON.	 56
II. COMPARAISON DE DEUX SOUCHES DE C. HERPOTRICHOIDES	59
a) pouvoir pathogène	59
b) morphologie	62
c) vitesse de croissance	63
III. LIAISON ENTRE LA RESISTANCE ET LE TYPE DE DEVELOP- PEMENT DES DIFFERENTES VARIETES DE BLE	 67

	page
RECHERCHE D'UNE RELATION ENTRE LA PRESENCE D'ANTHOCYANES ET LA RESISTANCE AU PIETIN-VERSE	71
I. PRESENCE D'ANTHOCYANES ET SENSIBILITE	71
II. EFFET DES ANTHOCYANES SUR LA CROISSANCE DE C. HERPOTRICHOIDES	72
OBSERVATIONS SUR LE MODE D'INFECTION DE VARIETES SENSIBLES ET RESISTANTES	75
OBSERVATIONS HISTOLOGIQUES DE PLANTES SENSIBLES OU RESISTANTES A C. HERPOTRICHOIDES	79
I. OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES	79
II. OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES	80
DISCUSSION	87
CONCLUSION	102
BIBLIOGRAPHIE	

I N T R O D U C T I O N

Le Blé (Triticum aestivum L.) est généralement considéré comme l'une des plus importantes céréales du monde. Ses usages sont multiples car presque toutes les parties de la plante peuvent être utilisées sous différentes formes. Par suite de la spécialisation qui se manifeste de plus en plus en agriculture, on constate dans les régions céréalières d'Europe, une augmentation très importante des surfaces consacrées à la culture du Blé.

Le Blé souffre néanmoins d'un certain nombre de maladies: septoriose, fusariose et rouille; de même, le Piétin-verse provoqué par un champignon du sol (Cercospora herpotrichoides Fron.) est une maladie importante, par suite des baisses de rendement qu'elle entraîne. Cette dernière a déjà suscité de nombreux travaux portant en particulier sur les aspects généraux de la maladie et sur les moyens de la limiter. Les différentes variétés de Blé manifestant des sensibilités très diverses, l'utilisation de variétés résistantes représente la méthode de lutte la plus efficace.

Le but de notre étude a été de préciser nos connaissances sur la résistance du Blé au Piétin-verse. Nous avons donc étudié deux souches de Cercospora herpotrichoides Fron. ainsi que les réactions de différentes variétés de Blé à l'égard de cet agent pathogène.

HISTORIQUE

I. INTRODUCTION

Depuis longtemps, on s'est intéressé aux nombreuses maladies parasitaires du Blé. Comme d'autres champignons parasites, tels que Leptosphaeria herpotrichoïdes De Not., Ophiobolus cariceti (Berk. et Br.) Sacc., Wojnowicia graminis (Mc. Alp.) Sacc., Sclerotium sp., Rhizoctonia sp., Helminthosporium sp., Fusarium sp. (PLUCHET (1887); MANGIN (1899)), Cercospora herpotrichoïdes Fron. est connu depuis la fin du siècle dernier. FRON (1912) signale pour la première fois sa présence à la base des chaumes de Blé de la variété "Japhet". Il considère C. herpotrichoïdes comme la forme conidienne du Leptosphaeria herpotrichoïdes De Not. FOEX (1918) quoique incapable de les distinguer, pensait qu'il s'agissait de champignons de genres différents. Mais à cette époque, il ne put apporter la démonstration que les spores de C. herpotrichoïdes infectaient le Blé.

L'incertitude concernant l'identité de C. herpotrichoïdes provenait du fait que ce champignon est stérile "in vitro". La phase mycélienne fut provisoirement appelée "champignon X" et la phase conidienne rencontrée dans le Blé fut nommée C. herpotrichoïdes (FOEX et al. (1930)).

Plus tard, FOEX et ROSELLA (1931) ont établi qu'il y avait identité entre C. herpotrichoïdes et le "champignon X" puisque les conidies du premier donnent naissance aux colonies du second.

SPRAGUE (1931) avait obtenu des résultats similaires et avec FOEX et ROSELLA, il confirme que le "champignon X" et C. herpotrichoides sont le même organisme.

II. REPARTITION GEOGRAPHIQUE

La maladie du Pietin-verse est répandue dans le monde entier, surtout dans les régions à hiver relativement doux et humide. On le trouve au Nord-Ouest de l'Europe, au Nord des Etats-Unis, au Sud et à l'Ouest de l'Australie, au Canada, en Nouvelle-Zélande et aussi aux Pays-Bas.

En France, cette maladie sévit dans le Nord et dans le Bassin parisien; mais on peut la trouver également dans le Sud-Ouest, le Centre-Ouest et dans l'Est (PONCHET (1959) ; DICKENS (1964) ; LECLERC (1979) ; SPRAGUE et al. (1934) ; BRUEHL et MANANDHAR (1972) ; HUBER et al. (1972) ; VANDER SPEK (1974) ; DEFOSSE (1967) ; ROWE et al. (1973) ; GLYNNE (1944) ; JORGENSEN (1964) ; DOUSSINAULT et al. (1977) ; SPRAGUE (1934a)).

III. LES HOTES DU PARASITE

Il s'agit d'un champignon parasite facultatif, dont la forme parfaite ou sexuée est inconnue, comme dans le cas d'autres Deutéromycètes. C. herpotrichoides peut parasiter la base des chaumes de Blé, d'Avoine, d'Orge, de Seigle, de Chiendent, ainsi que beaucoup d'espèces de graminées sauvages (PONCHET (1959) ;

DAVIES et al. (1970) ; BOJARCZUK et al. (1972) ; SCOTT et al. (1976) ; GLYNNE (1944) ; SCHULZ (1970) ; CUNNINGHAM (1968) ; CUNNINGHAM (1971) ; SCOTT et al. (1975) ; LECLERC (1979) ; SPRAGUE (1936)).

IV. BIOLOGIE DU PARASITE

1) Caractères morphologiques

C. herpotrichoïdes a été décrit par beaucoup d'auteurs. Certaines variations peuvent apparaître dans la morphologie, la couleur, la vitesse de croissance, la capacité de sporulation etc... des colonies (DICKENS (1964) ; SPRAGUE (1937a); GERARD (1977-78) ; SPRAGUE et al. (1934) ; BARNETT (1960) ; VIENNOT (1949) ; BOJARCZUK et al. (1978)). SCOTT et al. (1975) et JAHIER (1978) ont montré que la morphologie et la vitesse de croissance des colonies varient avec les souches. Selon DICKENS (1964) les caractéristiques des colonies de C. herpotrichoïdes sont différentes selon la température. GLYNNE (1952), CHANG et al. (1964) et PETERSEN et al. (1968) les ont définies et ont étudié la capacité de sporulation en fonction de l'âge et de différents milieux de culture.

Cercospora herpotrichoïdes Fron. appartient à l'ordre Hyphales (Fam. Mucédinacées) et à la classe des Deutéromycètes (CLEMENS et al. (1931)). Le champignon se multiplie végétativement par conidies ou par fragments d'hyphe. D'après SPRAGUE (1931), les mycéliums sont cloisonnés et de deux catégories. Le mycélium végé-

tatif varie du jaune au bistre. Le mycélium stromatique possède des parois plus ou moins épaisses et est constitué fréquemment par des cellules polygonales qui forment des masses charbonneuses à la base des chaumes. Les conidiophores sont très courts, simples ou quelquefois légèrement rameux. Ils portent en position terminale ou latérale des conidies isolées ou par paires. Elles sont longues, étroites, légèrement incurvées, hyalines et cloisonnées. Elles sont arrondies à leur base et effilées à leur extrémité. Elles mesurent de $26,2 \mu$ à $47,2 \mu$ de long et de $1,7 \mu$ à $3,6 \mu$ de diamètre.

2) L'inoculum et ses sources

Cercospora herpotrichoides Fron. est un champignon du sol qui ne s'attaque qu'aux parties aériennes des plantes. Il est certain que le sol, en particulier par les débris de récolte (gainés et chaumes infectés) qu'il renferme, constitue un réservoir qui est à l'origine des contaminations. Ce champignon peut se conserver sous forme mycélienne pendant plusieurs années sur les résidus de culture. Les repousses de céréales après moisson et certaines poacées spontanées telles que le Vulpin des champs et le Chiendent constituent également un réservoir d'inoculum (PONCHET (1959) ; JAHIER (1978), CHEZ (1974)).

3) Dissémination de l'inoculum

Le caractère épidémique de la maladie du Piétin-verse est lié aux possibilités de dissémination des conidies. Après une

période de froid à l'automne, le champignon peut fructifier abondamment sur les chaumes abandonnés ou apportés à la surface du sol.

La dissémination des conidies s'effectue en deux phases distinctes :

- la projection sous l'action des gouttes de pluie,
- le transport aérien dû au vent (GLYNNE (1944) ;

PONCHET (1959)).

L'utilisation de plantes pièges a permis à PONCHET (1959) de mettre en évidence l'importance de la pluie et du vent dans la dissémination des conidies. Celle-ci ne se produit qu'à courte distance. Si les conditions climatiques sont favorables, les champs qui avoisinent la parcelle infectée peuvent être graduellement contaminés (CHEZ (1974) ; JAHIER (1978) ; FEHRMANN et al. (1971)).

4) Facteurs qui régissent l'inoculation et l'infection

La maladie du Piétin-verse est favorisée par les hivers doux et humides et les printemps froids et pluvieux (GAUDINEAU et al. (1925) ; GUYOT (1932) ; SPRAGUE (1934 b) ; HEALD (1924) ; MC KINNEY (1925) ; SPRAGUE (1937 b) ; DOUSSINAULT (1970) ; BRUEHL et al. (1968) ; JORGENSEN (1964a) ; ROWE et al. (1973)).

a) température

Les températures basses sont en général favorables au développement de la maladie. LAROSE et al. (1935) signalent que le C. herpotrichoides s'implante plus particulièrement sur les variétés sensibles au froid. En utilisant des enceintes à température

constante, OORT (1936) trouve que l'optimum de croissance de C. herpotrichoïdes dans la plante se situe entre 5° et 9°C. DETROUX (1946) a observé que les brusques variations de température n'avaient aucune influence sur l'évolution de l'infection. Pour LANG-DE LA CAMP (1959), la température la plus favorable à l'infection, en serre humide, serait voisine de 10°C ; tandis que pour DEFOSSE (1967), la température la plus favorable à l'établissement du parasite lorsque l'inoculation a lieu avec des conidies, se situe aux environs de 15°C. SPRAGUE (1937) a observé que les plantes étaient plus gravement attaquées en serre froide aux environs de 10°C. DICKENS (1964) a montré que les plantules de Blé placées entre 8° et 13° C étaient plus facilement infectées que celles placées à 17°-18°C. Selon PONCHET (1959) et SCOTT (1971) le mycélium a une croissance qui est proportionnelle à la température entre 0° et 20°C, que ce soit dans la plante ou en culture artificielle.

b) humidité

Comme la température, l'humidité est aussi un facteur important qui conditionne le développement du C. herpotrichoïdes sur la plante-hôte. L'humidité est indispensable à la croissance de ce parasite.

Pour CHEZ (1974) une humidité relative d'au moins 70 % est nécessaire au développement normal de la maladie. Selon DEFOSSEE (1967), l'humidité doit rester proche de 80 à 90 % pour permettre l'évolution du parasite dans la plante-hôte.

PONCHET (1959) a observé que le parasite s'installe d'autant plus facilement sur la plante-hôte que l'humidité relative de l'air est supérieure à 70 %.

c) Photopériodisme

Peu de travaux ont été réalisés pour mettre en évidence les relations possibles entre le photopériodisme et le développement du Piétin-verse. Cependant, DICKENS (1964) a montré qu'en photopériode courte, les plantules étaient plus sévèrement attaquées qu'en photopériode longue. Toutefois, DEFOSSE (1967) a trouvé qu'un complément de lumière au pied des plantes dans la zone inoculée n'a pas modifié le taux d'infection.

5) Développement de la maladie

SPRAGUE et al. (1934) et DEFOSSE et al. (1974) ont observé que les hyphes mycéliens pénètrent soit par les stomates, soit par les cellules épidermiques. Les observations en microscopie électronique laissent penser que la pénétration de l'hyphe se réalise par des phénomènes mécaniques conjugués à une action enzymatique.

Après germination des conidies, le mycélium forme un stroma qui est le premier symptôme de la maladie. Ce stroma se développe à la face externe des différentes gaines et de proche en proche le parasite gagne le premier entre-noeud où il forme une

plaque mycélienne. Après contamination du premier entre-noeud, le parasite croît à l'intérieur de la tige où il pénètre avec une certaine difficulté. La nécrose des tissus résulte de la formation interne d'une masse mycélienne importante. A l'exception du xylème, tous les tissus sont détruits. A ce stade, la tige peut verser. L'évolution de la maladie est fonction de la température.

A la suite d'expérimentations et d'observations PONCHET (1959) a montré que la contamination du premier entre-noeud nécessite 600 unités de développement (calculées en additionnant les températures moyennes journalières supérieures à 0°C) et que 1250 unités de développement sont nécessaires à une contamination primaire qui aboutit à la lésion complète de la tige et provoque la verse.

V. METHODE D'INOCULATION

L'inoculation artificielle du parasite pose beaucoup de problèmes. Le choix de techniques plus efficaces et plus facilement contrôlables devrait être envisagé. S'JACOB (1956) compare les différentes techniques utilisées. De bons résultats ont été obtenus par PONCHET (1959), LANG-DE LA CAMP (1960) et DAVIES et al. (1970) en pulvérisant des suspensions de mycélium sur les jeunes plantes ; BOCKMANN (1962a), DIERCKS (1965), JONES et al. (1969) et DEFOSSE (1966) ont eu des résultats similaires en pulvérisant des suspensions de spores. Du sable imprégné d'une

culture de mycélium est répandu en champs entre les rangs de plantes par DICKENS (1964), tandis que BRUEHL et al. (1964) et JONES et al. (1969) utilisent des graines d'avoine infectées. LUPTON et al. (1955) infectent les jeunes plantules en plaçant tous les 10 cm dans les champs, de la paille de Blé parasitée; tandis que DESTROUX (1964) et JONES et al. (1969) répandent de la paille d'orge infectée par l'agent pathogène.

La méthode la plus employée est celle décrite par MACER (1966) pour les expérimentations en pots ; il utilise des pailles courtes infectées, qu'il place sur des coléoptiles en croissance. Plus tard, EVANS et al. (1975) ont mis au point une méthode plus pratique en introduisant dans un tube de verre un fragment de papier filtre sur lequel s'est développé du mycélium.

VI. SYMPTOMATOLOGIE

Le Piétin-verse, provoqué par Cercospora herpotrichoides, est caractérisé par des lésions ocellées sur les chaumes. L'attaque, le plus souvent très précoce, a lieu au moment où le coléoptile commence à se flétrir ; elle s'établit d'abord au niveau de la première gaine qui recouvre les entre-noeuds les plus proches du sol. Les premiers symptômes de la maladie se manifestent sur la gaine externe lorsque les plantes atteignent le stade de 3-5 feuilles. La pénétration dans les gaines suivantes se produit après la formation d'un stroma caractéristique à la surface de l'épiderme des gaines .

Le champignon progresse ensuite lentement. Lorsque toutes les gaines sont infectées, le parasite s'installe dans la tige qu'il envahit rapidement jusqu'à la lumière du chaume. Les symptômes de la maladie peuvent être décelés sur la tige sous forme d'un petit point sombre entouré d'une zone brillante. La lésion grandit ensuite selon l'axe longitudinal de la tige et peut atteindre 15 à 20 mm de long. Les lésions ont alors une teinte brun-clair bordée d'une bande légèrement olivâtre.

Les lésions sont souvent des taches ocellées qui peuvent confluer, parfois entourer toute la tige entraînant une nécrose générale des tissus de l'entre-noeud. Parfois les hyphes mycéliens se ramifient et tapissent non seulement les tâches mais aussi la lumière des chaumes ; la tige devient cassante, elle tombe sous le poids de la partie supérieure. Les plantes infectées se couchent alors en tous sens, ce qui est différent de la verse physiologique où les plantes tombent dans le même sens.

Il n'est pas rare d'observer plusieurs lésions sur le même chaume, celles-ci peuvent se former jusqu'au second entre-noeud.

GLYNNE (1945) a observé qu'au cours d'une longue période froide et humide, des lésions peuvent apparaître sur les chaumes plusieurs cm au-dessus du sol et parfois sur le limbe des feuilles. Elle (1946) rapporte également qu'un échaudage précoce de l'épi est souvent associé à la présence du Piétin-verse.

VII. EFFET SUR LE RENDEMENT

La maladie du Piétin-verse entraîne chaque année des pertes de rendement importantes. Aux champs, elles sont fonction du niveau d'attaque. Selon PONCHET (1958) le seuil de nocivité du parasite serait atteint lorsqu'au moins 20 % des tiges de Blé présentent des symptômes évidents d'attaque. DIERCKS (1966) estime que des baisses de rendement sont probables lorsque 20 à 25 % des tiges sont attaquées avant la montaison. Dans une expérience en pot, où tous les talles inoculées deviennent malades et dont 86 % versent, GLYNNE et al. (1945) notent une perte de rendement de 44 %. LUPTON et al. (1955) constatent une diminution de rendement de 37 % dans une parcelle où toutes les tiges étaient versées. JORGENSEN (1964b) a noté une réduction de rendement de 40 % en moyenne pour des parcelles de cultivars sensibles qui ont été inoculés, dans lesquels 95 % ou plus des talles sont infectées et où tous versent. BOJARCZUK (1970) observe des pertes de rendement pouvant aller jusqu'à 22 % dans les champs inoculés où 95 % de talles sont infectées. D'autres auteurs, sans préciser le taux d'infection ou de verse, signalent des pertes de rendement allant jusqu'à 9 % (BOCKMANN (1951)) dues à l'inoculation, 45 % (LANG-DE LA CAMP (1960)), 37 % (BOCKMANN (1963)), 50 % (BRUEHL et al. (1968)) et dans certains cas, au moins 15 % (MIELKE (1970)).

SCOTT et al. (1974) ont montré les différents effets du Piétin-verse sur le rendement :

- effets directs dûs aux lésions causées par le parasite, à la base des tiges. Ces lésions agissent sur les mouvements de l'eau

et des éléments nutritifs et perturbent la physiologie de la plante.

- effets indirects dûs à la verse. Le Piétin-verse réduit le nombre de talles, le nombre de grains par épi et le poids des grains. Les pertes de rendement sont donc plus importantes si la verse a lieu.

DOUSSINAULT et al. (1970) constatent que le poids des grains par épi est affecté, mais que le poids de 1000 grains n'est que peu modifié. Par contre, selon PONCHET (1959) et VASSILEV (1972) le poids de 1000 grains et la fertilité sont également affectés.

VIII. MOYENS DE LUTTE

a) méthodes chimiques

Pour lutter contre le Piétin-verse à l'aide de produits fongicides, il faut connaître avec assez de précision le moment de l'infection par les spores du parasite. L'infection survient généralement juste au début de la montaison. Les traitements chimiques, préventifs ou curatifs, devraient donc s'effectuer à cette période ; un seul traitement devrait être suffisant.

Plusieurs auteurs ont constaté que parmi les différents fongicides : bénomyl, chloroméquat (c.c.c.), carbendazime, thiophanate-méthyl, captafol, chlorure de méthoxyéthylmercure, thiabendazole, oxycarboxine, plondrel, cynamide, c'est le bénomyl qui est le plus efficace (WITCHALLS et al. (1971) ; DEFOSSE (1963) ; PREW et al. (1975) ; GINDRAT et al. (1973) ; FEHRMANN et al. (1972) ; VANDER SPEK et

al. (1974) ; OBST et al. (1973) ; DEFOSSE (1970) ; BRUEHL et CUNFER (1972) ; HUBER et al. (1972)).

Actuellement, l'espoir le plus sûr de la lutte chimique contre le Piétin-verse réside dans l'utilisation de fongicides systématiques du groupe des benzimidazoles : bénomyl et méthylthiophanate.

b) méthodes culturales

Par l'application de certaines techniques culturales, telles que la rotation, la densité du semis, la date du semis, la destruction des adventices etc., on peut contrecarrer le développement du parasite et limiter ses effets.

BAWDEN (1951), GLYNNE (1957), DEFOSSE et RIXHON (1968), VEZ (1969) et FEHRMANN et al. (1971), obtiennent une très forte diminution du Piétin-verse après interruption de la culture des céréales pendant quelques années. La densité du peuplement semble favoriser le développement du Piétin-verse (SPRAGUE (1934) ; BAWDEN (1953) ; BOCKMANN (1962b) ; DICKENS (1964) ; KIEWNICK (1964) ; VEZ et al. (1973)). En retardant la période de semis, on peut, dans une certaine mesure, éviter les risques d'infection et il en résulte ainsi une augmentation de rendement (DICKENS (1964) ; VEZ (1968) ; SCHULZ (1970) ; VEZ et al. (1973) ; BRUEHL et al. (1974)).

c) résistance variétale

Face à la difficulté de la mise en oeuvre de techniques culturales

(surtout à cause de la généralisation des rotations céréalières intensives) et aux problèmes que pose la lutte chimique (résidus, souches de parasite résistantes ...), l'emploi de variétés résistantes est le moyen le plus sûr, le plus pratique et le plus économique de limiter des attaques du Piétin-verse.

Il a été établi que certaines espèces, variétés et lignées de céréales peuvent présenter des degrés de sensibilité diverse (BOCKMANN (1953), LANG-DE LA CAMP (1966), BRUEHL et al. (1968) ; MIELKE (1970) ; BOJARCZUK et al. (1974)). Chez le Blé, les variétés dont les tissus des entre-noeuds inférieurs ont la plus haute teneur en fibres, résistent le mieux à l'infection de C. herpotrichoides (MIELKE (1970) ; GINDRAT et al. (1973)).

BRUEHL et al. (1968) ont signalé que toutes les variétés de Blé ayant des tiges plus épaisses, peu de tallages et des feuilles épaisses sont relativement résistantes. VOGEL et al. (1956) ont constaté que les variétés demi-naines de Blé comme les Gaines, C.I. 13448, Nugaines, C.I. 13968, peuvent tolérer la verse. MIELKE (1970) a rapporté que les variétés résistantes de Blé ont des entre-noeuds inférieurs courts, des pailles courtes et les parois des chaumes épaisses au niveau du premier entre-noeud. MAIA (1967) a observé le comportement de 12 variétés françaises de Blé tendre vis-à-vis du Piétin-verse ; cette étude a montré que les variétés dont la maturation est tardive, sont nettement plus résistantes que les autres variétés.

Un nombre important de travaux a été réalisé par de nombreux chercheurs sur la recherche de la résistance parmi les variétés de Blé. Un essai a été effectué à Cambridge en Angleterre par LUPTON et al. (1955) pour tester la résistance au Piétin-verse de 4 variétés de Blé d'hiver : Bersée, Cappelle Desprez, Square-head's Master et Yeoman. La variété Cappelle Desprez donne le pourcentage d'infection le moins important, tandis que la variété Yeoman est la plus sensible des 4 variétés.

En réalisant des essais de résistance au stade plantule et au stade adulte avec différentes lignées de T. aethiopicum, de T. fungicidum, de T. dicoccoïdes et de T. dicoccum et en comparant T. aethiopicum 1 B avec le Seigle Petkus (résistant), le Blé tendre Cappelle (peu sensible) et Etoile de Choisy (sensible), ECOCHARD (1963) a montré que la lignée T. aethiopicum 1 B peut être considérée comme presque complètement résistante aux attaques de C. herpotrichoïdes. JORGENSEN (1964) a trouvé que parmi les variétés scandinaves de Blé notamment : Oloffe 66, Banco, Cappelle Desprez, Nord Desprez, Skandia 111 B et Erocia, la variété Cappelle Desprez est la plus résistante. Près de 2000 sortes de Blé d'hiver de la collection mondiale de Blé des Etats-Unis ont été inoculées par BRUEHL et al. (1968) avec C. herpotrichoïdes, très peu de variétés ont été jugées comme relativement résistantes, seule la variété Odin est modérément résistante au Piétin-verse. Dans un test de résistance, DEFOSSE et al. (1969) ont montré que parmi les espèces

de Triticum testées, T. dicoccoïdes pseudojordanicum,
T. turanicum notabile et T. dicoccoïdes namuricum sont moins sensi-
bles au Piétin-verse que le T. vulgare (Jufy 1). Ils ont aussi
observé une résistance accrue au Piétin-verse dans l'hybride réalisé
entre T. aethiopicum et T. vulgare (Jufy 1) après sélection et rétro-
croisements. BOJARCZUK (1970) a étudié la résistance de 38 variétés
et lignées de Blé ; il a trouvé que les variétés : Blondynka,
Kutnowianka, Ninka II, Ostka, Mikulicka, Podolanka, Starke,
Triumph et Slazaczka ainsi que les lignées : SP-2, ch.- 54, 26,
II/13/62 et 1052 ont une sensibilité modérée au Piétin-verse. Les
autres variétés et lignées testées sont sensibles ou très sensibles
à cette maladie. MIELKE (1970) a également effectué une étude en
serre de la sensibilité de différentes espèces ou variétés de
Blé ; seules Aegilops ventricosa et le cultivar Maris Widgeon
possèdent un certain degré de résistance, et, pour l'expérience
effectuée en champ, les cultivars du Blé d'hiver et lignées :
Maris Widgeon, ST. Nordsaat 202, ST. Heine Peragis 25433, Rubigus,
Markus, Consul, Felix et Hanno sont les moins sensibles au Piétin-
verse. Une étude portant sur 12 variétés de Blé tendre a été effec-
tuée par DOUSSINAULT (1973) qui a observé que la lignée VPM₁
(Aegilops ventricosa X T. persicum) X Marne³) et la variété Artois
sont nettement plus résistantes à la pénétration. Cappelle et dans
une moindre mesure Mistral et Joss ont un bon comportement ; par
contre, Magdalena, Wimax, Moisson, Floresss et Aa sont sensibles.
SCOTT et al. (1974) ont rapporté que parmi les variétés : Maris

Widgeon, TP - 227 (Selkirk X Cappelle Desprez), Maris Templar, TL 365 a/25 et Hold fast, la variété Maris Templar est la plus résistante. En 1974, BRUEHL et al. ont signalé que la variété Cerco était résistante, que Luke l'était un peu moins et que la lignée CI - 13438 était sensible.

Dans l'état actuel des connaissances, les variétés cultivées de Blé tendre sont plus ou moins sensibles, cependant quelques variétés offrent une certaine résistance génétique à l'infection du C. herpotrichoides.

Les variétés Artois, Mistral et Somme présentent un bon comportement à l'égard de la maladie. La variété Cappelle semblait avoir la plus grande résistance. Toutefois, la lignée VPM₁ s'est révélée depuis la plus résistante de toutes les variétés de Blé tendre connues jusqu'à présent (VINCENT et al. (1952) ; DOUSSINAULT (1972)).

VANDAM et al. (1974), en étudiant une vingtaine d'espèces du genre Aegilops, ont constaté qu'Ae. ventricosa présente la plus grande résistance au Piétin-verse ; ce qui est confirmé par DOSBA et al. (1977) ; Aegilops ventricosa n° 11 a d'ailleurs fourni les meilleurs résultats. MAIA (1967) a étudié la sensibilité de l'hybride VPM₁, Amphidiploïde VP (Ae. ventricosa X T. persicum), Amphidiploïde VK (Ae. ventricosa X T. dicoccum), T. aethiopicum, de l'hybride VKM₅, Cappelle, de l'hybride VKM₁, Marne, Champlain, Etoile de Choisy, INRA B-21 et INRA 81-12 et a constaté que la

résistance de l'hybride VPM₁ est significativement supérieure. Toutefois DOSBA et al. (1978) ont montré que certaines lignées notamment DC²₈ U² 3.3.72, DC²₈ U² 3.3.12.3., DC²₈ U² 3.3.12.6. et TC²₆ U² 4.1.6.6. ont un meilleur comportement que VPM₁ aussi bien au stade plantule qu'au stade adulte. DOUSSINAULT et al. (1974) ont obtenu des lignées issues de VPM par hybridation avec la variété Moisson ou par action de traitements mutagènes. Ces lignées résistent mieux au Piétin-verse que les variétés Capitole, Champlain, Joss, VPM et Cappelle. A la suite d'essais portant sur 9 variétés : V P M₁, Jufy, Aurora, Dreadnought, Redon M₄, US 119, Cappelle, Heine V₁₁, US 60 (43), DOUSSINAULT et al. (1978) ont signalé que la variété VPM₁ était la plus résistante, aussi bien au stade plantule qu'au stade adulte. DELIBES et al. (1977) ont effectué un test d'infection au stade plantule ainsi qu'au stade adulte avec les lignées H-93 issues d'un croisement (T. turgidum var. rubroatrum H-1-1 X Ae. ventricosa AP-1) X T. aestivum ev. Almatense H-10-15, les géniteurs de ces lignées Ae. ventricosa n° 11, l'amphidiploïde (Ae. ventricosa 11 X T. aethiopicum 1 A) et T. aestivum cvs. Cappelle, Moisson, Rex et VPM-1112- R 4 ; ils ont observé que la résistance des lignées H - 93, Ae. ventricosa et VPM - 1112 - R 4 est beaucoup plus importante.

Des travaux similaires ont été entrepris pour obtenir des variétés résistantes aux autres maladies du Blé. La résistance de certains Blés d'Ethiopie à Puccinia graminis a été mise en

évidence par ECOCHARD (1963) ; les lignées Aethiopicum 1 A et Aethiopicum 1 B résistent bien à la Rouille noire. La lignée Aethiopicum 1 B est également résistante à la Rouille brune, à la Rouille jaune et à l'Oidium. MAIA (1967) a rapporté que le VPM₁ cultivé en pépinière était résistant à l'Oidium, à la Rouille jaune et à la Rouille noire.

D'autres plantes que le Blé sont également susceptibles d'être atteintes de la maladie du Piétin-verse. BOJARCZUK (1968), par des inoculations artificielles, a étudié la résistance de 30 variétés différentes de Seigle. Il a observé que la variété Smolickie est relativement la moins sensible. Les variétés Tetra-Borkowskie, Kazimierskie, Pulawskie Wezesne sont moyennement sensibles et les variétés Tetra-Gorzow, Uniwersalne, Mikulickie Wezesne, Dankowskie Selekeyjne, Wielkopolskie et Wloszanowskie sont les plus sensibles. Dans un autre essai réalisé en serre et en champ avec des lignées et des variétés nouvelles de Seigle, BOJARCZUK et al. (1972) ont trouvé que les variétés Carsten, Smolickie II, Dankowskie, Selekeyjne et la lignée M 6a/67 manifestent un degré de tolérance plus élevé au Piétin-verse. La variété Danac et la lignée F 461 sont moins tolérantes.

Bien que de nombreux chercheurs aient tenté d'obtenir des lignées ou des variétés de Blé résistantes à diverses maladies, dont le Piétin-verse, jusqu'à présent, les résultats n'ont pas été couronnés d'un succès appréciable pour les variétés de Blé cultivées.

IX. CORRELATION ENTRE LA RESISTANCE ET LA PIGMENTATION ANTHOCYANIQUE

Quoique cela ne soit pas démontré de façon absolue, certains chercheurs ont émis l'hypothèse qu'il pourrait y avoir une certaine corrélation entre la pigmentation rouge du coléoptile et la résistance de certaines variétés à C. herpotrichoides. DEFOSSE et al. (1969) ont en effet observé, dans une collection de Blés diploïdes et tétraploïdes, qu'une bonne résistance des plantules au Piétin-verse s'accompagne d'une pigmentation des coléoptiles par des anthocyanes. DOUSSINAULT et al. (1974) ont également constaté que la lignée VPM₁, la plus résistante, obtenue par introduction de gènes d'Aegilops ventricosa dans le Blé hexaploïde, a des coléoptiles riches en anthocyanes.

Par ailleurs, ECOCHARD (1963) avait observé que la résistance à Puccinia graminis des Blés d'Ethiopie était aussi liée au métabolisme des anthocyanes, quoique la plupart des variétés classiques de Blé résistantes à Puccinia graminis soient dépourvues de pigmentation : Kenya farmer, Thatcher, Carleton par exemple. Néanmoins, YARWOOD et al. (1969) ont augmenté la résistance du maïs (Zea mays) à Puccinia sorghi en provoquant la formation d'anthocyanes par un traitement thermique avant inoculation. De même, en 1931, RIEMAN faisait remarquer que les Oignons à écailles rouges sont résistants à l'Anthracnose (Colletotrichum circinans) et au Botrytis qui attaquent les bulbes non colorés. DION et al. (1944) ont signalé la toxicité des anthocyanes vis-à-vis des spores

de Fusarium culmorum et de C. herpotrichoïdes, mais l'emploi de ces produits comme dés herbants des céréales ne semble pas avoir modifié l'incidence du Piétin-verse.

Les recherches portant sur l'effet des anthocyanes sur d'autres agents pathogènes (bactéries et virus) sont moins nombreuses. Toutefois, PRATT et al. (1960) ont observé que les anthocyanes comme le cyanidol, le pélargonidol et le delphinidol inhibent la croissance de certaines bactéries. POWER et al. (1960) ont constaté que le pélargonidol et le delphinidol inhibent la croissance d'E. coli ; tandis que le malvidol stimule la croissance à certains stades et l'inhibe à d'autres. MASQUELIER (1958) a montré que le cyanidol et le pélargonidol ne sont pas bactéricides.

ULRYCHOVA et al. (1967) ont observé que la multiplication du virus de la mosaïque du Tabac est inhibée à plus de 80 % après un traitement par une solution d'anthocyanes. SOSNOVA et al. (1972) ont trouvé que l'augmentation de la biosynthèse des anthocyanes s'accompagne d'inhibition de la reproduction des virus.

X. MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES

L'examen histologique des tissus infectés permet de préciser le mécanisme de la pénétration, les différents aspects du parasite dans les tissus-hôtes ainsi que les modifications possibles des cellules-hôtes sous l'effet de l'agent pathogène (DEFOSSE (1966) ; DEFOSSE et al. (1974) ; RASSEL (1974) ; FEHRMANN et al. (1975) ; KAMEL (1979)).

Pour expliquer le mécanisme de pénétration de C. herpotrichoïdes Fron., il faut rappeler les anciens travaux de FOEX et al. (1930). Ces chercheurs ont observé que la pénétration se produit à partir des filaments issus des plaques microscclérotiques, qui se développent à la surface de l'épiderme. Selon VIENNOT (1949), la pénétration a parfois lieu directement à travers les cellules épidermiques, mais très souvent par la voie des stomates, après la formation d'un stroma à la surface de l'épiderme de l'hôte. La pénétration du parasite, C. herpotrichoïdes, a été observée par DEFOSSE (1966) sur le Froment, l'Orge, le Seigle et l'Avoine. Il a constaté que la pénétration est directe et caractérisée par des appressoriums se formant sur le trajet d'un mycélium provenant de la germination d'une conidie. La pénétration se réalise aisément sur le Froment, l'Orge et le Seigle 48 heures après inoculation des conidies, tandis que sur l'Avoine elle est plus lente et se réalise 19 jours plus tard. L'examen en microscopie électronique de la pénétration de C. herpotrichoïdes a été réalisée par DEFOSSE et al. (1974) dans le coléoptile de Triticum vulgare ; il a observé l'altération de l'épiderme autour de l'hyphe en voie de pénétration et un épaissement considérable de la paroi épidermique de la cellule infectée. RASSEL (1974) a observé les modifications des cellules mycéliennes dans les cellules de gaines foliaires de Froment et a constaté que la percée des parois cellulaires de l'hôte s'accompagne toujours d'une réduction du diamètre du filament mycélien. En 1971, DEFOSSE a effectué une étude histochimique au

moment de la pénétration de C. herpotrichoides, il constate que la pénétration du parasite n'est pas exclusivement mécanique, mais qu'elle met en jeu des enzymes cellulolytiques et pectolytiques dont la production a été démontrée "in vitro" (HANSSLER et al. (1971) ; HANSSLER (1973 a b c)).

Différents auteurs (GUILLOT et al. (1981) et DOUSSINAULT (communication personnelle)) ont étudié les modifications ultrastructurales que provoque le parasite dans des plantes sensibles ou résistantes ainsi que dans le parasite au cours de la pathogenèse. Le développement du parasite est essentiellement intracellulaire. La pénétration des hyphes à travers les parois pectocellulosiques se fait par digestion enzymatique de celles-ci. L'attaque du champignon provoque, chez l'hôte, une forte réactivité pariétale et une rapide dégradation du contenu cytoplasmique des cellules qui apparaissent hypertrophiées. Chez les hôtes sensibles, le contenu des hyphes est dense et riche en organites différenciés et chez les hôtes résistants, les hyphes apparaissent le plus souvent dilatés et en voie de dégénérescence.

KAMEL (1979) a constaté que les gaines foliaires les plus externes sont envahies par les hyphes dont le développement est indifféremment intra et intercellulaire. Les parois des cellules-hôtes sont dissoutes au contact des hyphes mycéliens qui, en se développant, entraînent également la dégradation des cellules. La morphologie des hyphes est différente selon la nature de la plante-hôte ; dans une plante sensible le mycélium du champignon est constitué par des

articles courts, dilatés, à parois épaisses ; dans les cellules des plantes résistantes les hyphes aux articles courts et dilatés sont moins abondants.

Très peu de travaux histologiques ont été faits sur les diverses maladies du Blé. FERNANDEZ et al. (1978) ont étudié la maladie "Dwarf Bunt", provoquée par le champignon Tilletia controversa dans des cultivars sensibles et résistants du Blé. Ils ont observé que dans les cultivars sensibles, les hyphes intercellulaires atteignent aisément les cellules de la partie supérieure de la plante, après avoir pénétré au niveau du coléoptile, tandis que dans les cas des cultivars résistants les hyphes sont incapables d'envahir les cellules de la partie supérieure de la plante. Des résultats similaires ont été obtenus par WOOLMAN (1930) et par HANSEN (1958). Dans une étude histopathologique, MORTON et al. (1980) ont observé que l'invasion par le champignon Cephalosporium gramineum dans la variété résistante est beaucoup plus lente que dans une variété sensible de Blé d'hiver. Ils ont aussi observé qu'il existait des différences importantes dans les conidies, le mycélium et les accumulations de gel entre les variétés sensibles et les variétés résistantes.

M A T E R I E L E T M E T H O D E S

Pour nos études, nous avons utilisé deux cultivars Triticum aestivum L., onze autres espèces de Triticum, trois lignées d'Aegilops et quelques croisements (Tableau I), qui nous ont été fournis par l'I.N.R.A. de Rennes ainsi que par la Société Momont-Hennette.

Nous avons eu recours à deux souches de Cercospora herpotrichoides Fron., l'une isolée à Lille, l'autre provenant de l'INRA de Rennes (Tableau II).

Les essais ont été conduits en chambre conditionnée. L'humidité élevée, est maintenue grâce à des enceintes plastiques fermées à leur partie supérieure par des vitres qui permettent d'avoir une lumière suffisante. Pendant toute la durée des essais, les plantules sont soumises aux conditions suivantes :

- l'humidité relative est maintenue aux environs de 80 à 90 %,
- la température est à 10°C
- la phase diurne de 14 heures est suivie d'une phase nocturne de 10 heures
- l'éclairage est assuré par des tubes luminescents, qui procurent, au niveau des terrines, une intensité lumineuse d'environ 5000 lux/m².

I ISOLEMENT DE LA SOUCHE DE C. HERPOTRICHOIDES

Nous avons récolté des plantules de Blé présentant les symptômes caractéristiques de la maladie Piétin-verse. Elles ont

Tableau I : Liste des hôtes utilisés.

<u>Code</u>	<u>Espèce</u>	<u>cultivar ou lignée</u>	<u>Source</u>
V ₁	<u>Triticum aestivum</u> L.	Etoile de Choisy	Momont-Hennette
V ₂	" "	Roazon	"
V ₃	<u>Triticum timophevi</u>	805	I.N.R.A., Rennes
V ₄	<u>Triticum araraticum</u>	77111	"
V ₆	<u>Triticum turgidum</u>	7054	"
V ₇	<u>Triticum spelta</u> Des	30	"
V ₈	<u>Triticum monococcum</u>	7551	"
V ₉	<u>Triticum dicoccum</u>	802	"
V ₁₀	<u>Triticum urartu</u>	7796	"
V ₁₁	<u>Triticum compactum</u>	53	"
V ₁₂	<u>Triticum sphaerococcum</u>	7750	"
V ₁₃	<u>Triticum dicoccoïdes</u>	7032	"
V ₁₄	<u>Triticum beoticum</u>	828	"
V ₁₅	<u>Aegilops ventricosa</u>	11	"
V ₅	<u>Aegilops squarrosa</u> L.	15	"
V ₁₆	" "	33	"

<u>Code</u>	<u>Descendance en croisement</u>	<u>Source</u>
D ₁	Roazon X <u>T. spelta</u>	Momont-Hennette
D ₂	Roazon X <u>T. compactum</u>	"
D ₃	Roazon X <u>T. timophevi</u>	"
D ₄	Roazon X <u>T. sphaerococcum</u>	"
D ₅	Roazon X <u>T. dicoccoïdes</u>	"
D ₆	Roazon X Etoile de Choisy	"

Tableau II : Liste des souches de Cercospora herpotrichoides utilisées.

<u>Code</u>	<u>Hôte</u>	<u>Origine</u>
R/81	Blé tendre	Rennes
L/81	"	Lille

été lavées à l'eau courante, afin d'éliminer la terre et le sable.

Nous avons préparé de petits inoculums à partir des plantules de façon à ce que chacun d'eux contienne des tissus sains et des tissus infectés. Ces inoculums, placés dans une boîte de Pétri stérile, ont été désinfectés superficiellement à l'aide d'une solution d'hypochlorite de calcium (100 ppm) pendant deux minutes. Ils ont été agités doucement à l'aide d'une pince préalablement passée à la flamme, puis ils ont été rincés par trois bains d'eau stérile. Chaque inoculum a été prélevé aseptiquement, égoutté et placé sur du milieu "gélose-pomme de terre-glucosé" (20 ml de milieu par boîte) ; chaque boîte renfermait 3 ou 4 inoculums. Le milieu a été acidifié par de l'acide lactique (2 gouttes d'acide lactique à 50 % par boîte de Pétri) pour empêcher le développement des bactéries. Les boîtes de Pétri inoculées ont alors été incubées à 20°C pendant trois semaines. Elles ont été examinées chaque jour, afin d'observer la croissance autour de chaque inoculum.

Pour obtenir la culture pure du champignon, nous l'avons repiqué dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau gélosée (2 % de gélose) et incubées à 20°C.

A l'apparition des colonies, nous avons récupéré les fragments terminaux des hyphes que nous avons placés sur le milieu "gélose-pomme de terre-glucosé" qui est mis à incuber à 20°C. Les colonies apparues sont repiquées en tubes sur ce milieu, incliné, puis, après la période d'incubation, sont conservées à 0°C.

II CULTURE DU CHAMPIGNON

Nous avons effectué le repiquage de la souche en boîte de Pétri contenant 20 ml de milieu "gélose-pomme de terre-glucosé". Des disques de mycélium ont été prélevés à la périphérie des colonies en croissance, puis chacun a été placé à la surface du milieu, au centre de la boîte et incubé à 20°C.

Pour maintenir un pourcentage élevé d'humidité, les boîtes de Pétri ont été fermées hermétiquement à l'aide de papier collant.

III MESURE DU DIAMETRE DE LA COLONIE

Pour mesurer plus facilement le diamètre des colonies, nous avons tracé deux lignes perpendiculaires sur la face inférieure des boîtes de Pétri. Lors de l'ensemencement, l'inoculum est placé à l'intersection des deux lignes. On évalue la croissance, en mesurant la longueur de ces deux lignes recouvertes par le mycélium.

IV PREPARATION D'INOCULUMS

Selon les besoins, l'inoculum peut être constitué soit par la phase mycélienne, soit par des conidies ou par les deux :

- Inoculum constitué par des mycéliums et par des conidies :

Pour obtenir une infection uniforme à la base des plantules de Blé, il est nécessaire d'avoir une quantité suffisante et homogène d'inoculum. Nous avons donc préparé des inoculums constitués à la

fois par du mycélium et des conidies.

Nous avons effectué le repiquage du champignon en boîtes de Pétri contenant 20 ml de milieu "gélose-pomme de terre-glucosé" et incubées à 20°C à l'obscurité pendant trois semaines. Des disques de 6 mm de diamètre de mycélium ont été prélevés à partir de la périphérie de colonies en croissance, puis chacun d'eux a été repiqué aseptiquement à l'envers sur un disque de papier filtre de 1,25 cm² sans cendre préalablement lavé, égoutté, autoclavé et placé sur de l'eau gélosée (1,5 % de gélose) dans des boîtes de Pétri. Après trois semaines d'incubation à l'obscurité et à 10°C, des spores sont produites et les mycéliums se développent à la surface et à travers le papier filtre. Chaque disque de papier filtre sur lequel adhère le mycélium, a servi d'inoculum pour infecter les plantules de Blé au niveau du coléoptile.

- inoculum constitué par des conidies :

Pour inoculer les parties foliaires des jeunes plantules, nous avons utilisé les spores, mises en suspension. Pour cela, des disques de mycélium de 6 mm de diamètre prélevés à partir des colonies mises en culture pendant 3 semaines sur le milieu "gélose-pomme de terre-glucosé", ont été placés sur de l'eau gélosée dans des flacons de 125 ml. Ils ont ensuite été mis à incuber à 10°C. Après trois semaines, nous avons versé 2 ml d'eau distillée dans les flacons ; puis les cultures bien développées sur l'eau gélosée

sont dilacérées à l'aide d'une spatule pour obtenir une suspension de spores uniforme (960 conidies par 0,5 mm³, comptées à l'aide d'un "haemocytometer").

V PREPARATION DES PLANTES-HOTES

Les graines de Blé sont mises à germer en boîtes de Pétri sur du papier filtre. Dès l'apparition du coléoptile et des trois racines séminales, elles ont été placées en terrines et recouvertes d'une couche de sable uniforme, afin d'obtenir une émergence et une croissance uniforme des plantules. Les terrines contiennent trois couches successives dans les proportions suivantes :

- 1/4 de sable
- 1/2 de mélange de terre et de compost (3 : 1, v/v)
- 1/4 de sable.

Les couches de sable servent de réservoir d'humidité et favorisent l'infection. Les différents éléments ont été préalablement stérilisés afin d'éviter des antagonismes possibles entre les microorganismes du sol et le champignon, phénomène qui peut être la cause d'anomalies lors de la notation des symptômes.

VI TECHNIQUE D'INOCULATION

L'inoculation au stade coléoptile est réalisée sur les plantules lorsqu'elles atteignent la taille de 5 à 7 cm de haut.

Chaque inoculum (papier filtre et disque mycélien) est

prélevé sur la gélose et introduit à la partie inférieure d'un tube en verre de 5 cm de long (8 mm de diamètre intérieur). Ces tubes sont alors enfilés sur les plantules de façon à ce que l'inoculum reste en contact avec les coléoptiles (Photo 1). Dans ce cas, l'infection se fait à la fois par contact des conidies et des filaments mycéliens avec le coléoptile et avec les gaines.

L'inoculation de la partie foliaire des jeunes plantules est faite par l'épandage de la suspension de conidies à l'aide d'un pulvérisateur quand les plantules ont développé leur première feuille.

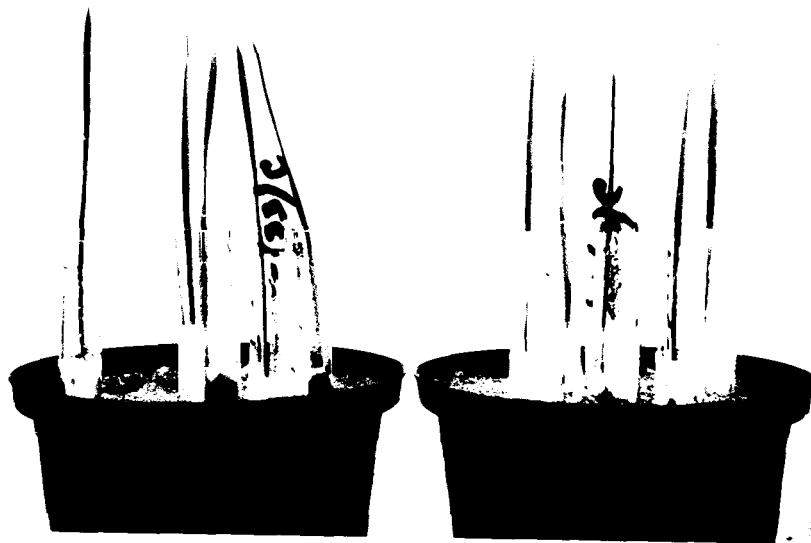


PHOTO 1 : Technique d'inoculation.

Les tubes en verre contenant les inoculums sont enfilés sur les plantules.

VII DISPOSITIONS EXPERIMENTALES

Deux séries d'expériences ont été réalisées. Pour la première série, deux souches de Cercospora herpotrichoides ont été utilisées pour l'inoculation de chaque variété et lignée, et une partie des plantules non inoculées a servi de témoins. Compte tenu des traitements, il y avait trois conditions ; chaque condition a été répétée quatre fois.

Nous avons utilisé dans nos expériences la disposition du "split-plot". Les variétés et les lignées sont disposées au hasard et chaque condition comporte 256 plantules pour l'ensemble des 4 répétitions.

Dans la deuxième série d'expériences , on a utilisé les descendance en croisement. Nous avons utilisé la disposition "randomized block" dans laquelle nous avons réalisé trois répétitions pour 9 plantules seulement au total par suite de manque de graines.

VIII NOTATION ET OBSERVATION

Chez les poacées, tant que les plantes ont 1, 2, 3 ou 4 feuilles, la gaine de la première feuille recouvre complètement les autres gaines. Après le stade de 4 feuilles, le tallage commence à s'établir. La première talle apparaît à la base de la première feuille. En se développant, elle écarte la gaine de la première feuille et met à jour celle de la seconde feuille.

Lorsqu'on réalise des inoculations par le Piétin-verse en châssis, on constate que les symptômes de la maladie apparaissent sur la première gaine, alors que celle-ci ne recouvre plus complètement la seconde. Les gaines des deux premières feuilles sont exposées aux attaques du Piétin-verse avant celles des talles. C'est pourquoi tant que les talles ne sont pas attaquées, le degré d'attaque des plantes est indépendant de leur tallage et le nombre moyen de gaines attaquées par plante, semble le critère le plus judicieux pour apprécier l'importance de l'attaque. Au delà des deux premières gaines, le nombre moyen de gaines infectées par plante est fonction de l'importance du tallage : plus le nombre de talles est grand, plus il y a de gaines attaquées. C'est pourquoi, nous avons appliqué la méthode de notation préconisée par PONCHET (1959), dans laquelle on utilise le pourcentage moyen de gaines attaquées par plante pour mesurer et comparer le degré d'infection des hôtes. Ce système de notation consiste à évaluer la profondeur de pénétration, en se basant sur la présence, à la face externe des gaines, d'un stroma noir bien délimité et très caractéristique du C. herpotrichoïdes.

Les plantules sont arrachées soigneusement 55 jours après l'inoculation en évitant de léser le système racinaire, elles sont ensuite lavées à l'eau courante pour faciliter l'observation des symptômes.

La tige des jeunes plantes est constituée de gaines concentriques, emboîtées les unes dans les autres et le champignon a pénétré successivement dans les différentes gaines en partant du coléoptile.

Nous avons déboîté successivement chacune des gaines, en tirant latéralement sur la feuille qui la prolonge et noté la présence d'un stroma implanté sur les gaines successives. Nous avons noté le pourcentage de gaines attaquées par rapport au nombre total de gaines qui se sont développées. Nous avons ensuite utilisé la transformation angulaire de Bliss (Arc sinus $\sqrt{\text{Pourcentage}}$) qui permet de rendre la variance indépendante des moyennes et d'effectuer l'analyse statistique. Si, par exemple, une plante de 5 feuilles possède 3 gaines attaquées, le pourcentage d'attaque est de 60,0, mais l'on note directement 50,8 (Tableau III).

Tableau III : Valeurs de la variable de notation des symptômes du C. herpotrichoïdes.

Nombre de gaines attaquées	Pourcentage d'attaque					Variable de notation				
	Nombre total de gaines					Nombre total de gaines				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	50,0	33,0	25,0	20,0	16,0	45,0	35,2	30,0	26,5	24,0
2	100,0	66,0	50,0	40,0	33,0	90,0	54,7	45,0	39,2	35,2
3		100,0	75,0	60,0	50,0		90,0	60,0	50,8	45,0
4			100,0	80,0	66,0			90,0	63,4	54,6
5				100,0	83,0				90,0	65,9
6					100,0					100,0

Le poids sec des parties aériennes et des parties souterraines de chaque plantule a été déterminé . On a également mesuré la distance entre le point de jonction des racines et le sommet de la dernière feuille de chaque plantule. De plus, nous avons noté les périodes de montaison de chaque variété et lignée, selon l'échelle de gradation de LARGE (1954).

L'analyse de variance et le test des "ranges multiples de DUNCAN" ont été réalisés, si nécessaire, pour déterminer s'il y avait des différences significatives entre les variétés et les lignées à l'égard de la résistance au champignon pathogène.

IX ETUDE DES ANTHOCYANES

a) préparation du matériel

La lumière et les températures basses favorisent la pigmentation anthocyanique des coléoptiles (WANN et al.(1965)).

A la température du laboratoire, nous avons fait germer des graines dans des boîtes de Pétri sur du papier filtre humide. Dès que les coléoptiles ont atteint une longueur d'environ 1 cm, nous les avons soumis à un éclairage intense, à une température de 10°C. Nous avons ensuite enlevé les couvercles des boîtes de Pétri et maintenu l'humidité en plaçant une languette de buvard trempant dans une réserve d'eau.

b) extraction

Après 4 jours, les coléoptiles bien développés ont été prélevés et l'on a procédé à l'extraction des anthocyanes de la manière suivante (CORNU et al. (1969) ; LIAO et al. (1970) ;

FRANCIS et al. (1966) ; ASEN (1961)):

- pour chaque variété ou lignée, nous avons prélevé 1 g de matière fraîche (coléoptile) ;
- les prélèvements sont broyés au mixeur dans 10 ml d'acide chlorhydrique (N) contenant 2 pour cent de méthanol ;
- la solution contenant les anthocyanes est centrifugée à froid pour éviter l'évaporation du méthanol ;
- le culot de centrifugation est repris et lavé deux fois dans 10 ml de solvant et centrifugé ;
- le mélange des deux surnageants est filtré
- le filtrat contenant les anthocyanes en solution est concentré sous vide à l'évaporateur rotatif à 30°C et amené au volume initial de 10 ml.

c) purification

La purification est faite de la manière suivante, sur l'extrait obtenu précédemment (FULEKI et al. (1968) ; DEIBNER et al. (1963) ; SOMAATMADJA et al. (1963) ; BOCKIAN et al. (1955)):

- on ajoute lentement une solution aqueuse saturée d'acétate de plomb sous agitation continue,
- le précipité bleu formé est conservé deux jours au réfrigérateur,
- on filtre sous vide pour séparer le précipité auquel on a ajouté un mélange d'acide chlorhydrique (N) et de méthanol (à 5

pour cent) pour convertir le sel de plomb en chlorure ;

- la solution est de nouveau filtrée et concentrée sous vide à l'évaporateur rotatif à 30°C pour amener le volume à 10 ml,

- on ajoute 3 volumes d'éther purifié pour précipiter les pigments, le matériel est placé 3 jours au réfrigérateur,

- les pigments précipités sont séparés du surnageant par décantation,

- ils sont ensuite dissous dans 10 ml d'un mélange d'acide chlorhydrique et de méthanol (2 pour cent),

- le procédé est répété 3 fois.

d) identification

Nous n'avons pas systématiquement identifié les pigments des coléoptiles du Blé. Mais, après extraction et purification, la substance responsable de la coloration rouge a montré au spectrophotomètre une absorption maximale à 520 nm, caractéristique du pelargonidol selon le Tableau IV publié par HARBORNE (1958).

Tableau IV : Spectre et caractéristiques d'anthocyanes se trouvant normalement dans le visible.

Pigment	Spectre maximal λ_{max} (m μ)	
	Méthanol-HCl	Ethanol-HCl
Hirsutidol	536	545
Malvidol	542	554
Petunidol	543	558
Delphinidol	546	557
Rosinidol	524	534
Peonidol	532	542
Cyanidol	535	545
Pelargonidol	520	530
Lutéolinidol	493	503
Apigeninidol	476	483

X MODE D'OBSERVATION DU PARASITE A LA SURFACE DE L'EPIDERME

Nous avons prélevé des fragments d'épiderme 24, 48, 96 heures, 8, 11, 15, 21 et 30 jours après l'inoculation. Les fragments ont été placés dans des verres de montre contenant du lactophénoI, puis chauffés à 85°C jusqu'à éclaircissement des feuilles. Le champignon étant hyalin, nous l'avons coloré en trempant les fragments de l'épiderme dans du bleu coton (lactophénoI 100 ml + bleu coton 1,0g) pendant 15 minutes ; ils sont ensuite rincés deux fois au lactophénoI pour éliminer l'excès de colorant. Puis, ils sont montés entre lame et lamelle avec du lactophénoI pour l'observation au microscope.

Les spores et les tubes germinatifs sont colorés en bleu profond, les cellules épidermiques sont incolores ou légèrement bleu-tées ; la transparence est suffisante sans être parfaite. Aux forts grossissements, nous avons observé un léger flou caractéristique des préparations au lactophénoI.

XI OBSERVATIONS DES MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES

Les échantillons sont prélevés au niveau des taches brunes apparues à la base des chaumes des plantules inoculées ; ils sont ensuite découpés en petits fragments (inférieurs à 4 mm) afin de faciliter la pénétration des fixateurs. Ils sont ensuite fixés, lavés, déshydratés, traités au xylène et inclus dans la paraffine avant d'être coupés et colorés selon les techniques histologiques classiques (LANGERON, (1949); JOHANSEN, (1940)).

a) fixation et inclusion

Les petits fragments sont laissés pendant 24 h dans le fixateur "formol-acéto-alcool" (F.A.A.). Ce fixateur est obtenu par le mélange suivant :

- Alcool éthylique à 50 % 90 ml
- Acide acétique (glacial)..... 5 ml
- Formol neutre de commerce à 40 % 5 ml

Les échantillons sont ensuite lavés et déshydratés par des bains successifs dans l'alcool éthylique, puis traités par un mélange alcool absolu-xylène dans lequel nous ajoutons suffisamment d'érythrosine pour les colorer et pouvoir les orienter au moment de l'inclusion et de la confection des coupes.

Les échantillons sont enfin inclus dans la paraffine.

b) coupes et colorations

Les inclusions sont alors coupées au microtome à une épaisseur de 10 μ .

Les préparations obtenues sont colorées par la méthode au "Stoughton's Thionin et Orange G" employée selon les indications fournies par la "Biological Stain Commission" (ANONYME,(1960)).

Après déparaffinage, les préparations sont plongées dans une solution de thionine à 0,1 pour cent dans le phénol aqueux à 5 pour cent, pendant 1 heure ; elles sont ensuite déshydratées par des

bains successifs dans l'alcool éthylique puis différenciées dans une solution saturée d'orange G dans l'alcool absolu et enfin lavées à l'alcool absolu.

Le parasite est coloré en violet pourpre ou violet bleu, tandis que les parois celluloses des cellules hôtes sont colorées en jaune ou en vert, le xylème en bleu et le phloème en pourpre.

R E S U L T A T S

SENSIBILITE DE L'HOTE A L'AGENT PATHOGENE,

CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES FRON.

I_a COMPORTEMENT DE 16 VARIETES ET LIGNEES VIS A VIS DE C. HERPOTRICHOIDES FRON.

L'un des buts de notre étude était de détecter s'il existe des variétés ou lignées résistantes à C. herpotrichoïdes et de déterminer l'effet de différentes souches du parasite sur chacune d'elles.

Dans une première série d'expériences, nous avons utilisé 16 variétés et lignées différentes : Etoile de Choisy, Roazon, T. timopheovi n° 805, T. araraticum n° 77111, T. turgidum n° 7054, T. speltoïdes n° 30, T. monococcum n° 7551, T. dicoccum n° 802, T. urartu n° 7796, T. compactum n° 53, T. sphaerococcum n° 7750, T. dicoccoïdes n° 7032, T. beoticum n° 828, Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33 et Ae. ventricosa n° 11. Les grains ont été semés à la fin du mois d'avril 1981 et les plantules ont été inoculées, avec les souches de C. herpotrichoïdes, lorsqu'elles avaient atteint 5 à 7 cm de hauteur. 55 jours après l'inoculation, nous avons dénombré les plantules malades. Les chiffres obtenus sont les résultats d'expériences effectuées grâce aux méthodes statistiques.

Les résultats présentés dans le Tableau V indiquent le pourcentage moyen de gaines attaquées par plantule infectée, par les deux souches de C. herpotrichoïdes. Il est évident que le pourcentage d'infection est beaucoup plus élevé chez les plantules inoculées que chez les témoins. Bien que les plantules non inoculées ne devraient pas être infectées, on observe parfois un certain pourcentage d'infection chez certaines variétés si l'inoculum potentiel est suffisant. Elle semble résulter d'une part, de la

dissémination de conidies par l'arrosage des plantules, toujours effectué de la même façon, à cause du placement des enceintes et d'autre part, en raison de la disposition statistique qui fait que les plantules de certaines variétés ont été réparties au hasard. Ceci peut être vrai également pour les plantules des différentes répétitions d'une même variété ou lignée.

Les pourcentages moyens de gaines attaquées par plantule dans le lot inoculé par la souche R/81 et dans le lot témoin sont additionnés pour avoir une valeur consolidée des plantules malades de chaque variété et lignée. Les moyennes de ces valeurs consolidées sont présentées dans le Tableau VI.

En considérant les résultats obtenus avec les plantules inoculées par la souche R/81, on remarque que l'infection la plus importante a été obtenue avec la variété T. timophoevi n° 805, puis, par ordre décroissant, T. araraticum n° 77111, Etoile de Choisy, T. speltoïdes n° 30, T. urartu n° 7796, T. turgidum n° 7054, T. dicoccum n° 802, T. monococcum n° 7551, T. compactum n° 53, T. sphaerococcum n° 7750, T. beoticum n° 828, T. dicoccoïdes n° 7032, Roazon, Ae. squarrosa n° 33, Ae. squarrosa n° 15 et Ae. ventricosa n° 11. Les notes d'attaque s'échelonnent de 34,56 à 12,56. L'Ae. ventricosa n° 11 est beaucoup plus résistant que T. timophoevi n° 805. Ae. squarrosa n° 15 a un degré d'attaque très proche d'Ae. ventricosa n° 11 en présence de la souche R/81. On peut classer ces deux lignées dans un groupe. Les autres variétés ou lignées même si elles ne présentent entre elles que des différences faibles peuvent être réparties en trois groupes :

1°) Ae. squarrosa n° 33, Roazon, T. dicoccoïdes n° 7032, T. beoticum n° 828 et T. sphaerococcum n° 7750 ;

2°) T. compactum n° 53, T. monococcum n° 7551, T. dicoccum n° 802, T. turgidum n° 7054, T. urartu n° 7796 et T. speltoïdes n° 30.

3°) Etoile de Choisy, T. araraticum n° 77111 et T. timophoevi n° 805.

Pour vérifier l'existence d'une différence significative, l'analyse de variance a été faite et les moyennes des pourcentages moyens de gaines attaquées par plantule ont été soumises au test des "ranges multiples de DUNCAN". Les résultats de ces analyses sont également présentés dans le Tableau VI. Avec la méthode de "DUNCAN", 4 groupes apparaissent sans qu'il y ait de différence significative entre les variétés ou lignées de chacun de ces groupes. Ces analyses mettent en évidence que les variétés T. dicoccoïdes n° 7032, Roazon et la lignée Ae. squarrosa n° 33 ont une résistance à la souche R/81 du C. herpotrichoides voisine d'Ae. ventricosa n° 11 et d'Ae. squarrosa n° 15.

Quant aux attaques de la souche L/81, les résultats calculés de la même façon que pour la souche R/81 sont reportés dans le Tableau VII. Dans ce cas, Ae. ventricosa n° 11 est aussi la variété la plus résistante avec une note de degré d'attaque de 14,72 ; elle est suivie par Ae. squarrosa n° 33 (15,13). Les notes de degré d'attaque varient entre 35,48 et 14,72. La note de degré d'attaque plus élevée (35,48) a été observée avec T. araraticum n° 77111 suivi, par ordre décroissant, de T. speltoïdes n° 30, T. timophoevi n° 805, Etoile de Choisy, T. urartu n° 7796,

T. monococcum n° 7551, T. sphaerococcum n° 7750, T. compactum n° 53,
T. dicoccum n° 802, T. dicoccoïdes n° 7032, T. turgidum n° 7054,
T. beoticum n° 828, Roazon, Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33
 et Ae. ventricosa n° 11.

Ces résultats permettent de classer toutes les variétés et lignées dans 4 groupes selon leur sensibilité à la souche L/81 de C. herpotrichoïdes :

1°) Ae. ventricosa n° 11 et Ae. squarrosa n° 33 ,

2°) Ae. squarrosa n° 15, Roazon et T. beoticum n° 828,

3°) T. turgidum n° 7054, T. dicoccoïdes n° 7032, T. dicoccum n° 802,
T. compactum n° 53, T. sphaerococcum n° 7750 et

4°) T. monococcum n° 7551, T. urartu n° 7796, Etoile de Choisy,
T. timophoevi n° 805, T. speltoïdes n° 30 et T. araraticum n° 77111.

Le test de "DUNCAN" (Tableau VII) nous permet de définir, dans le cas de la souche L/81, 4 groupes de variétés et lignées au sein desquels il n'y a pas de différence significative de sensibilité.

Il n'y a donc pas de différence significative entre T. beoticum n° 828 et Ae. ventricosa n° 11, bien que cette dernière semble beaucoup moins sensible.

Les résultats obtenus avec les deux souches, R/81 et L/81, ne sont pas tout à fait identiques, on peut constater cependant que la lignée Ae. ventricosa n° 11 est plus résistante aux attaques des deux souches, R/81 et L/81. Les différences d'attaque observées sur les autres variétés ou lignées infectées par les deux souches peuvent être dues au manque d'uniformité de l'inoculum ou à la différence de pouvoir pathogène des deux souches.

Pour supprimer l'anomalie due à la différence de pouvoir pathogène, nous avons considéré l'effet additif des deux souches. Pour cela, nous avons calculé le pourcentage moyen de gaines attaquées par plantule en additionnant les résultats de toutes les conditions et répétitions de chaque variété et lignée (Tableau VIII). Ces résultats sont obtenus à partir des notations obtenues dans les expériences effectuées avec les souches R/81 et L/81 de C. herpotrichoides.

D'après les résultats regroupés dans le Tableau VIII, T. speltoïdes n° 30 a la note d'attaque la plus élevée puis, par ordre décroissant, T. araraticum n° 77111, T. urartu n° 7796, T. timophoevi n° 805, Etoile de Choisy, T. turgidum n° 7054, T. compactum n° 53, T. sphaerococcum n° 7750, T. dicoccum n° 802, T. monococcum n° 7551, T. dicoccoïdes n° 7032, T. beoticum n° 828, Roazon, Ae. squarrosa n° 33, Ae. squarrosa n° 15 et Ae. ventricosa n° 11. Il y a donc une différence de sensibilité entre les variétés testées. Toutes les différences ne semblent pas apparaître significatives. Le test de "DUNCAN" nous permet de vérifier l'existence de la différence significative (Tableau VIII).

D'après les résultats, Ae. ventricosa n° 11 est différente des autres variétés et lignées et, ainsi, montre que cette lignée est moins sensible aux attaques des deux souches de C. herpotrichoides en comparaison de toutes les autres variétés et lignées testées.

L'analyse par la méthode de "DUNCAN" a aussi révélé le fait qu' Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33 et Roazon ont une résistance à C. herpotrichoides très voisine d'Ae. ventricosa n° 11, même si les trois premières variétés ne diffèrent pas significativement des variétés suivantes :

T. beoticum n° 828, T. dicoccoïdes n° 7032, T. monococcum n° 7551, T. dicoccum n° 802, T. sphaerococcum n° 7750 et T. compactum n° 53.

En examinant les résultats obtenus, nous constatons que les lignées Ae. ventricosa n° 11, Ae. squarrosa n° 15 et Ae. squarrosa n° 33 et la variété Roazon sont les moins sensibles à la maladie du Piétin-verse. Il faudrait toutefois effectuer d'autres expériences "in-vitro" au stade adulte et "in-vivo" au stade plantule et adulte pour avoir une confirmation de ces premières observations.

Comme le pouvoir infectieux des deux souches de C. herpotrichoides semblait assez voisin (Tableau V), nous avons déterminé les effets du champignon pathogène sur la croissance en hauteur et sur le poids sec des plantules.

Cinquante cinq jours après l'inoculation, nous avons récolté les plantules et mesuré la hauteur de la base de la tige à l'extrémité de la dernière feuille.

Les résultats (Tableau IX) montrent que le champignon n'a pas

d'effet inhibiteur sur la croissance de la partie aérienne des plantules ; en effet, pour les différentes variétés, il n'y a pas de différence significative entre les plantules inoculées et les plantules témoins.

Pour déterminer le poids sec, les plantules ont été coupées à la base de la tige. Les parties aérienne et souterraine ont été séchées séparément à l'étuve à 100°C pendant 24 heures, dans des enveloppes perforées.

Les résultats obtenus avec le poids sec de la partie aérienne des plantules sont rassemblés dans le Tableau X. Ils permettent de constater que le poids sec des plantules non inoculées est inférieur à celui des plantules inoculées.

Les poids secs moyens des parties racinaires (Tableau XI) des plantules inoculées ou non sont quelque peu approximatifs, car même en opérant avec soin, il y a des risques de lésions au moment de l'arrachage des plantules. Il faut souligner qu'il n'y a pas de différence significative entre les plantules inoculées et les témoins. Les différences sont dues à la position des plantules dans les terrines, celles qui sont sur le bord ont un système racinaire plus développé.

Variété	Plantule	Répartition				Total	Variété	Plantule	Répartition				Total
		I	II	III	IV				I	II	III	IV	
Étoile de Cholsy	Inoculée par la souche R/81	51,12	17,75	48,62	54,76	202,25	<i>I. dicoccum</i> n° 802	Inoculée par la souche R/81	48,56	45,75	45,00	48,16	187,47
	Inoculée par la souche L/81	41,21	53,67	49,54	52,77	197,19		Inoculée par la souche L/81	45,52	46,38	48,62	47,06	187,53
	Non inoculée	0,0	35,24	24,12	0,0	59,36		Non inoculée	0,0	0,0	24,88	16,74	41,62
Reazon	Inoculée par la souche R/81	29,59	36,45	25,25	26,92	117,21	<i>I. urartu</i> n° 7796	Inoculée par la souche R/81	58,50	57,67	63,44	67,78	247,39
	Inoculée par la souche L/81	33,21	27,13	27,13	27,97	115,44		Inoculée par la souche L/81	60,60	62,65	65,35	60,82	249,40
	Non inoculée	29,00	0,0	18,91	17,56	65,47		Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>I. timophevi</i> n° 805	Inoculée par la souche R/81	52,65	55,49	56,29	54,76	219,19	<i>I. compactum</i> n° 53	Inoculée par la souche R/81	48,33	48,85	48,16	48,16	192,50
	Inoculée par la souche L/81	51,00	55,80	44,08	56,79	207,67		Inoculée par la souche L/81	52,83	49,49	50,94	53,61	206,87
	Non inoculée	14,06	17,56	25,70	0,0	57,32		Non inoculée	0,0	0,0	25,62	0,0	25,62
<i>I. araraticum</i> n° 77111	Inoculée par la souche R/81	56,54	67,21	53,55	53,55	230,85	<i>I. sphaerococcum</i> n° 7750	Inoculée par la souche R/81	47,41	48,16	47,41	41,78	184,76
	Inoculée par la souche L/81	60,53	71,56	55,80	64,52	252,41		Inoculée par la souche L/81	50,01	55,37	62,44	52,77	220,59
	Non inoculée	31,50	0,0	0,0	0,0	31,50		Non inoculée	0,0	0,0	16,74	0,0	16,74
<i>Ms. squarrosa</i> n° 15	Inoculée par la souche R/81	27,56	34,08	31,95	32,01	125,60	<i>I. dicoccoides</i> n° 7032	Inoculée par la souche R/81	26,56	51,30	42,36	47,87	168,09
	Inoculée par la souche L/81	46,32	37,29	35,24	42,82	161,67		Inoculée par la souche L/81	51,83	54,76	47,06	57,67	211,32
	Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		Non inoculée	0,0	17,56	0,0	0,0	17,56
<i>I. fulgidum</i> n° 7054	Inoculée par la souche R/81	57,99	57,87	52,00	52,24	219,90	<i>I. bootticum</i> n° 828	Inoculée par la souche R/81	49,08	50,77	53,73	46,03	199,61
	Inoculée par la souche L/81	52,24	50,53	49,08	53,73	205,58		Inoculée par la souche L/81	47,75	45,92	47,98	50,36	192,01
	Non inoculée	17,16	0,0	0,0	0,0	17,16		Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>I. speltoides</i> n° 30	Inoculée par la souche R/81	61,00	61,69	71,56	54,76	249,21	<i>Ms. vomitricosa</i> n° 11	Inoculée par la souche R/81	17,05	28,52	28,38	26,56	100,51
	Inoculée par la souche L/81	73,57	62,24	62,87	71,09	269,77		Inoculée par la souche L/81	32,33	32,33	34,70	18,44	117,80
	Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>I. monococcum</i> n° 7551	Inoculée par la souche R/81	42,76	41,29	38,82	37,76	160,72	<i>Ms. squarrosa</i> n° 33	Inoculée par la souche R/81	37,76	43,62	45,00	43,11	169,49
	Inoculée par la souche L/81	48,68	47,75	46,20	45,00	187,63		Inoculée par la souche L/81	33,34	24,73	25,03	37,94	121,04
	Non inoculée	21,39	24,65	14,54	0,0	60,56		Non inoculée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau V : Pourcentage moyen de gaines attaquées sur des plantules de différentes Triticinées infectées par *C. herpotrichoides* Fron. (les résultats sont donnés après avoir fait la transformation angulaire de BLISS).

Tableau VI : Pourcentage moyen de gaines attaquées sur des plantules de différentes Triticinées infectées par la souche R/81 de C. herpotrichoïdes (le test de "DUNCAN" indique les différences significatives).

Variétés	Moyennes rangées par ordre décroissant
<u>T. timophoevi</u> n° 805	34,56 *
<u>T. araraticum</u> n° 77111	32,79
Etoile de Choisy	32,70
<u>T. speltoïdes</u> n° 30	31,15
<u>T. arartu</u> n° 7796	30,92
<u>T. turgidum</u> n° 7054	29,63
<u>T. dicoccum</u> n° 802	28,63
<u>T. monococcum</u> n° 7551	27,66
<u>T. compactum</u> n° 53	27,39
<u>T. sphaerococcum</u> n° 7750	25,18
<u>T. beoticum</u> n° 828	24,95
<u>T. dicoccoïdes</u> n° 7032	23,20
Roazon	22,83
<u>Ae. squarrosa</u> n° 33	21,18
<u>Ae. squarrosa</u> n° 15	15,70
<u>Ae. ventricosa</u> n° 11	12,56

Coefficient de variation moyen : 26,7 p. 100

*Les valeurs regroupées dans une même accolade ne diffèrent pas significativement entre elles (au seuil de 0,05)

Tableau VII : Pourcentage moyen de gaines attaquées sur des plantules de différentes Triticinées infectées par la souche L/81 de C. herpotrichoides (le test de "DUNCAN" indique les différences significatives).

Variétés	Moyennes rangées par ordre décroissant
<u>T. araraticum</u> n° 77111	35,48 *
<u>T. speltoïdes</u> n° 30	33,72
<u>T. timophoevi</u> n° 805	33,12
Etoile de Choisy	32,06
<u>T. urartu</u> n° 7796	31,17
<u>T. monococcum</u> n° 7551	31,02
<u>T. sphaerococcum</u> n° 7750	29,66
<u>T. compactum</u> n° 53	29,06
<u>T. dicoccum</u> n° 802	28,65
<u>T. dicoccoïdes</u> n° 7032	28,61
<u>T. turgidum</u> n° 7054	27,84
<u>T. beoticum</u> n° 828	24,00
Roazon	22,61
<u>Ae. squarrosa</u> n° 15	20,20
<u>Ae. squarrosa</u> n° 33	15,13
<u>Ae. ventricosa</u> n° 11	14,72

Coefficient de variation moyen : 25,7 p. 100

*Les valeurs regroupées dans une même accolade ne diffèrent pas significativement entre elles (au seuil de 0,05)

Tableau VIII : Pourcentage moyen de gaines attaquées sur des plantules de différentes Triticinées infectées par C. herpotrichoïdes (le test de "DUNCAN" indique les différences significatives).

Variétés	Moyennes rangées par ordre décroissant
<u>T. speltaïdes</u> n° 30	43,24
<u>T. araraticum</u> n° 77111	42,89
<u>T. urartu</u> n° 7796	41,39
<u>T. timophoevi</u> n° 805	40,34
Etoile de Choisy	38,23
<u>T. turgidum</u> n° 7054	36,88
<u>T. compactum</u> n° 53	35,49
<u>T. sphaerococcum</u> n° 7750	35,17
<u>T. dicocccum</u> n° 802	34,72
<u>T. monococccum</u> n° 7551	34,07
<u>T. dicoccoïdes</u> n° 7032	33,08
<u>T. beoticum</u> n° 828	32,63
Roazon	24,84
<u>Ae. squarrosa</u> n° 33	24,21
<u>Ae. squarrosa</u> n° 15	23,93
<u>Ae. ventricosa</u> n° 11	18,19

Coefficient de variation moyen : 20,8 p. 100

* Les valeurs regroupées dans une même accolade ne diffèrent pas significativement entre elles (au seuil de 0,05)

Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée	Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée
		R/81	L/81				R/81	L/81	
Etoile de Choisy	I	48,70	47,35	47,15	<i>I. dicoccum</i> n° 802	I	58,03	57,53	57,40
	II	53,45	51,65	53,65		II	58,55	55,30	58,75
	III	52,80	51,58	48,85		III	58,03	57,18	55,55
	IV	47,25	48,23	47,40		IV	55,33	51,33	50,30
	Moyenne	50,55	49,70	49,31		Moyenne	57,49	55,34	55,45
Roazen	I	47,13	46,25	40,05	<i>I. urartu</i> n° 7796	I	36,78	35,25	35,60
	II	49,55	48,13	46,60		II	37,33	34,70	35,10
	III	50,60	47,93	44,55		III	26,87	30,18	37,10
	IV	45,68	47,88	48,45		IV	20,80	35,03	32,40
	Moyenne	48,26	47,55	44,91		Moyenne	30,45	33,79	37,03
<i>I. timopheevi</i> n° 805	I	54,60	56,78	55,30	<i>I. compactum</i> n° 53	I	49,28	46,28	45,00
	II	54,05	60,78	61,55		II	45,43	49,08	44,65
	III	60,30	61,73	61,05		III	45,85	46,38	48,00
	IV	48,43	56,90	47,95		IV	45,65	46,83	45,55
	Moyenne	54,35	59,05	56,46		Moyenne	46,55	47,14	45,80
<i>I. araraticum</i> n° 77111	I	34,98	40,43	39,60	<i>I. sphaerococcum</i> n° 7750	I	47,55	45,95	45,05
	II	37,40	37,20	41,60		II	45,68	49,53	45,05
	III	31,98	40,96	48,20		III	45,23	47,78	44,60
	IV	36,45	36,63	36,25		IV	40,80	46,60	47,15
	Moyenne	35,20	38,81	41,41		Moyenne	44,82	47,47	45,46
<i>Ae. squarrosa</i> n° 15	I	41,78	40,33	40,50	<i>I. dicoccoides</i> n° 7032	I	44,30	53,20	49,30
	II	46,90	43,05	35,65		II	56,03	57,97	55,40
	III	41,80	36,00	41,15		III	55,50	58,25	45,80
	IV	44,45	38,70	34,85		IV	49,50	45,18	47,65
	Moyenne	43,73	39,52	38,04		Moyenne	51,33	53,65	49,54
<i>I. turgidum</i> n° 7054	I	46,18	44,50	46,10	<i>I. beaticum</i> n° 828	I	48,58	44,63	46,30
	II	47,35	48,35	45,75		II	45,10	47,53	45,45
	III	44,35	46,43	47,00		III	46,83	44,33	48,95
	IV	36,13	47,20	43,70		IV	51,53	50,95	45,80
	Moyenne	43,50	46,67	44,37		Moyenne	48,01	46,86	46,63
<i>I. spaltoides</i> n° 30	I	28,55	26,95	25,50	<i>Ae. ventricosa</i> n° 11	I	46,98	42,98	47,80
	II	39,40	43,38	42,75		II	50,00	48,05	45,35
	III	22,10	30,65	40,95		III	47,95	46,08	46,10
	IV	32,55	37,27	43,95		IV	47,80	49,25	41,65
	Moyenne	30,65	36,55	40,61		Moyenne	48,18	46,59	45,23
<i>I. monococcum</i> n° 7551	I	50,70	48,33	46,80	<i>Ae. squarrosa</i> n° 33	I	43,38	38,75	47,55
	II	54,48	51,88	48,25		II	37,38	41,78	43,35
	III	51,13	49,28	51,35		III	36,70	43,85	43,60
	IV	49,08	54,08	48,50		IV	40,88	43,45	43,80
	Moyenne	51,35	50,89	48,83		Moyenne	39,50	41,83	43,33

Tableau IX : Hauteur moyenne (en cm) de la partie aérienne de plantules de 16 variétés ou lignées différentes inoculées par *C. herpotrichoides* Fron.

Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée	Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée
		R/S1	L/S1				R/S1	L/S1	
Etoile de Choisy	I	0,922	1,912	1,114	<i>I. dicoccum</i> n° 802	I	0,880	1,459	1,130
	II	1,882	1,173	0,680		II	1,269	1,372	1,232
	III	1,128	1,255	1,004		III	1,234	2,131	0,840
	IV	1,633	1,981	1,212		IV	1,259	0,800	1,156
	Moyenne	1,391	1,580	1,002		Moyenne	1,160	1,440	1,089
Roazon	I	1,182	1,360	0,528	<i>I. urartu</i> n° 7796	I	0,307	0,333	0,206
	II	1,335	1,311	0,894		II	0,251	0,155	0,134
	III	0,966	1,352	0,966		III	0,181	0,165	0,278
	IV	1,044	1,123	0,420		IV	0,123	0,209	0,140
	Moyenne	1,131	1,286	0,702		Moyenne	0,215	0,215	0,189
<i>I. timophevi</i> n° 805	I	0,973	1,150	0,900	<i>I. compactum</i> n° 53	I	0,917	0,809	0,776
	II	1,080	1,170	0,758		II	0,535	1,164	0,476
	III	1,296	1,016	0,936		III	0,546	0,920	0,344
	IV	0,924	1,029	0,694		IV	1,092	1,181	0,918
	Moyenne	1,068	1,091	0,822		Moyenne	0,772	1,018	0,628
<i>I. areraticum</i> n° 77111	I	0,340	0,228	0,162	<i>I. sphaerococcum</i> n° 7750	I	0,882	1,166	0,533
	II	0,344	0,303	0,172		II	1,149	1,050	0,835
	III	0,194	0,273	0,212		III	1,057	0,801	0,677
	IV	0,239	0,191	0,354		IV	0,948	1,117	0,762
	Moyenne	0,279	0,248	0,225		Moyenne	1,009	1,033	0,701
<i>Ae. squarrosa</i> n° 15	I	0,279	0,536	0,112	<i>I. dicoccoides</i> n° 7032	I	0,208	0,291	0,312
	II	0,424	0,372	0,197		II	0,271	0,544	0,376
	III	0,261	0,246	0,273		III	0,764	0,604	0,552
	IV	0,476	0,260	0,148		IV	0,517	0,591	0,488
	Moyenne	0,360	0,353	0,182		Moyenne	0,440	0,507	0,432
<i>I. turgidum</i> n° 7054	I	0,784	1,121	1,078	<i>I. beoticum</i> n° 828	I	0,400	0,471	0,224
	II	0,686	1,071	0,830		II	0,281	0,530	0,328
	III	0,669	0,866	0,762		III	0,320	0,391	0,384
	IV	0,816	0,772	0,562		IV	0,582	0,613	0,244
	Moyenne	0,993	0,957	0,808		Moyenne	0,396	0,501	0,295
<i>I. speltoides</i> n° 30	I	0,264	0,192	0,150	<i>Ae. vavilicola</i> n° 11	I	0,572	0,605	0,566
	II	0,165	0,263	0,160		II	0,481	0,521	0,238
	III	0,324	0,425	0,230		III	0,547	0,631	0,326
	IV	0,107	0,161	0,140		IV	0,494	0,468	0,146
	Moyenne	0,215	0,250	0,170		Moyenne	0,521	0,556	0,319
<i>I. macrococcum</i> n° 7551	I	0,745	1,107	0,606	<i>Ae. squarrosa</i> n° 33	I	0,538	0,608	0,456
	II	0,671	0,756	0,976		II	0,580	0,607	0,486
	III	0,784	0,917	0,602		III	0,439	0,390	0,414
	IV	0,770	0,795	0,690		IV	0,410	0,450	0,538
	Moyenne	0,742	0,894	0,718		Moyenne	0,441	0,512	0,475

Tableau X : Poids sec (en g) de la partie aérienne de plantules de 16 variétés ou lignées différentes inoculées par *C. herpotrichoides* Fron.

Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée	Variété	Répétition	Plantule inoculée par la souche		Plantule non inoculée
		R/41	L/71				R/41	L/41	
Etoile de Choisy	I	0,058	0,105	0,116	<i>T. dicoccum</i> n° 802	I	0,087	0,082	0,046
	II	0,066	0,099	0,068		II	0,097	0,083	0,078
	III	0,104	0,115	0,076		III	0,057	0,090	0,056
	IV	0,047	0,073	0,124		IV	0,069	0,032	0,062
	Moyenne	0,073	0,098	0,096		Moyenne	0,077	0,071	0,065
Roazon	I	0,079	0,107	0,112	<i>T. urartu</i> n° 7796	I	0,016	0,057	0,024
	II	0,063	0,112	0,074		II	0,028	0,016	0,012
	III	0,088	0,109	0,086		III	0,012	0,005	0,026
	IV	0,141	0,094	0,094		IV	0,007	0,021	0,010
	Moyenne	0,093	0,105	0,091		Moyenne	0,015	0,025	0,018
<i>T. timopheevi</i> n° 805	I	0,039	0,056	0,062	<i>T. compactum</i> n° 53	I	0,069	0,157	0,126
	II	0,075	0,098	0,054		II	0,161	0,141	0,114
	III	0,038	0,049	0,086		III	0,077	0,116	0,072
	IV	0,050	0,059	0,060		IV	0,132	0,096	0,106
	Moyenne	0,055	0,065	0,066		Moyenne	0,109	0,127	0,104
<i>T. araraticum</i> n° 77111	I	0,052	0,070	0,056	<i>T. sphaerococcum</i> n° 7750	I	0,114	0,121	0,146
	II	0,042	0,036	0,039		II	0,052	0,133	0,072
	III	0,058	0,080	0,064		III	0,132	0,071	0,054
	IV	0,063	0,045	0,050		IV	0,064	0,118	0,068
	Moyenne	0,053	0,056	0,052		Moyenne	0,090	0,111	0,085
<i>Ae. squarrosa</i> n° 15	I	0,046	0,074	0,044	<i>T. dicoccoïdes</i> n° 7032	I	0,036	0,049	0,042
	II	0,048	0,053	0,062		II	0,026	0,084	0,018
	III	0,042	0,030	0,026		III	0,091	0,032	0,024
	IV	0,071	0,036	0,049		IV	0,039	0,016	0,040
	Moyenne	0,051	0,048	0,045		Moyenne	0,048	0,045	0,031
<i>T. turgidum</i> n° 7054	I	0,023	0,027	0,036	<i>T. boeoticum</i> n° 828	I	0,110	0,103	0,060
	II	0,052	0,069	0,038		II	0,020	0,089	0,034
	III	0,080	0,091	0,044		III	0,112	0,047	0,074
	IV	0,071	0,041	0,064		IV	0,046	0,072	0,062
	Moyenne	0,056	0,057	0,045		Moyenne	0,072	0,077	0,057
<i>T. speltoides</i> n° 30	I	0,018	0,030	0,020	<i>Ae. ventricosa</i> n° 11	I	0,079	0,176	0,136
	II	0,027	0,010	0,040		II	0,133	0,041	0,060
	III	0,032	0,029	0,022		III	0,056	0,110	0,074
	IV	0,019	0,012	0,042		IV	0,060	0,036	0,028
	Moyenne	0,024	0,020	0,031		Moyenne	0,082	0,090	0,074
<i>T. monacoccum</i> n° 7551	I	0,033	0,097	0,070	<i>Ae. squarrosa</i> n° 33	I	0,058	0,138	0,077
	II	0,022	0,043	0,080		II	0,141	0,132	0,080
	III	0,068	0,051	0,052		III	0,134	0,144	0,068
	IV	0,056	0,039	0,040		IV	0,090	0,091	0,114
	Moyenne	0,045	0,057	0,048		Moyenne	0,103	0,101	0,088

Tableau XI : Poids sec (en g) de la partie racinaire de plantules de 16 variétés ou lignées différentes inoculées par *C. herpotrichoides* Fron.

I_b SENSIBILITE DE PLANTULES DE GENERATION F₁ VIS A VIS DE

C. HERPOTRICHOIDES FRON.

Afin de vérifier si la résistance au Piétin-verse pouvait être transmissible génétiquement, nous avons utilisé des plantules issues de graines provenant d'un croisement entre une variété relativement résistante et une variété sensible.

Dans cette série d'expériences, nous avons utilisé six types de plantes-hôtes différents, issus d'un croisement entre Roazon d'une part et T. spelta, T. compactum, T. timophoevi, T. sphaerococcum, T. dicoccoïdes et Etoile de Choisy d'autre part. L'inoculation et la notation ont été faites comme précédemment, 55 jours après l'inoculation. Comme nous ne disposions que d'un nombre restreint de grains, nous n'avons effectué nos essais qu'avec une seule souche de champignon.

Les résultats présentés dans le Tableau XII, montrent que les plantes issues de "Roazon x T. timophoevi" sont les plus résistantes ; au contraire, la descendance F₁ de "Roazon x T. spelta" est la plus sensible à C. herpotrichoïdes. Les notes de degré d'attaque varient entre 35,98 et 26,86. Si l'on considère cette échelle de notation, nous pouvons rassembler toutes les descendance en trois groupes selon leur sensibilité vis-à-vis du Piétin-verse. Par exemple, la descendance "Roazon x T. timophoevi" appartient au premier groupe ; les descendance : "Roazon x T. compactum" et "Roazon x T. dicoccoïdes" appartiennent au deuxième groupe et les descendance : "Roazon x T. sphaerococcum", "Roazon x Etoile de Choisy" et "Roazon x T. spelta" appartiennent au troisième groupe.

Bien que la descendance "Roazon x T. timophoevi" soit regroupée dans la même accolade que les descendances "Roazon x T. compactum", "Roazon x T. dicoccoïdes" et "Roazon x T. sphaerococcum", le test de "DUNCAN" permet de constater que la descendance "Roazon x T. timophoevi" a une résistance au Piétin-verse supérieure à celle des autres descendances.

Tableau XII : Pourcentage moyen de gaines attaquées par C. herpotrichoïdes sur des plantules F_1 de six croisements différents de Blé (le test de "DUNCAN" indique les différences significatives).

Descendants de croisement	Moyennes rangées par ordre décroissant
"Roazon x <u>T. spelta</u> "	35,98
"Roazon x Etoile de Choisy"	34,61
"Roazon x <u>T. sphaerococcum</u> "	32,93
"Roazon x <u>T. dicoccoïdes</u> "	30,60
"Roazon x <u>T. compactum</u> "	29,67
"Roazon x <u>T. timophoevi</u> "	26,86

Coefficient de variation moyen : 10,8 p. 100

*Les valeurs regroupées dans une même accolade ne diffèrent pas significativement entre elles (au seuil de 0,05).

II COMPARAISON DE DEUX SOUCHES DE C. HERPOTRICHOIDES

a) Pouvoir pathogène :

Le pouvoir pathogène d'un parasite peut varier par sa virulence si les souches manifestent des interactions différentes avec l'hôte, ou par leur agressivité s'il n'y a pas de différence significative dans leurs interactions.

Nous avons étudié les interactions (souches x hôtes) de deux souches de C. herpotrichoïdes sur 16 espèces ou cultivars, afin de vérifier la variabilité de la virulence ou de l'agressivité du parasite.

L'analyse de la variance de l'interaction "hôtes x souches" n'est pas significative. Les souches R/81 et L/81 varient donc en agressivité et non en virulence (figure 1). Les comportements des souches R/81 et L/81 sont presque analogues pour les différents hôtes utilisés. Avec ces souches, les variétés T. speltaïdes n° 30, T. urartu n° 7796 et T. araraticum n° 77111 sont nettement plus attaquées que les autres variétés ou lignées. Ensuite par ordre de sensibilité, nous avons : T. turgidum n° 7054, T. timophoevi n° 805, T. sphaerococcum n° 7750, T. dicoccoïdes n° 7032, T. compactum n° 53, Etoile de Choisy, T. beoticum n° 828, T. dicoccum n° 802 et T. monococcum n° 7551. La lignée Ae. ventricosa n° 11 et la variété Roazon sont les moins attaquées par l'une et l'autre souches. Toutefois, on observe que la souche R/81 est plus virulente à l'égard de la lignée Ae. squarrosa n° 33 que la souche L/81 ; tandis que la souche L/81 est plus virulente que la souche R/81 dans le cas de la lignée Ae. squarrosa n° 15. Il est donc possible

que les souches puissent posséder des gènes de virulence qui surpassent les gènes de résistance des différents hôtes. Cependant, chaque souche nous permet de distinguer, selon leur sensibilité, trois catégories parmi les hôtes utilisés.

Jusqu'à présent, deux types de souches de C. herpotrichoides Fron. ont été mises en évidence par leur pouvoir pathogène vis-à-vis de plantes hôtes infectées au stade plantule (SCOTT et al. (1975) ; LANG-DE LA CAMP (1966b)). Les souches qui sont plus virulentes sur la variété de Seigle "Petkus spring" et sur la lignée Ae. squarrosa possèdent le pouvoir pathogène "R-type" ; tandis que les souches qui attaquent plus facilement le Blé ont le pouvoir pathogène "W-type".

L'analyse du comportement des deux souches utilisées montre que nous n'avons qu'un seul type de pouvoir pathogène chez les souches R/81 et L/81. La lignée Ae. squarrosa n° 15 étant moins sensible que les variétés de Blé à chacune des deux souches, il semble donc que leur activité soit analogue à celle qui a le pouvoir pathogène "W-type". Le pourcentage moyen des gaines attaquées est plus élevé dans la lignée Ae. squarrosa n° 33 lorsque l'infection est faite par R/81, ce fait suggère que cette souche a un pouvoir pathogène un peu différent de celui de la souche L/81.

La lignée Ae. ventricosa n° 11 a une faible sensibilité qui est pratiquement constante d'une souche à l'autre, ce qui confirme les résultats obtenus par CUNNINGHAM (1971) avec 5 souches de C. herpotrichoides.

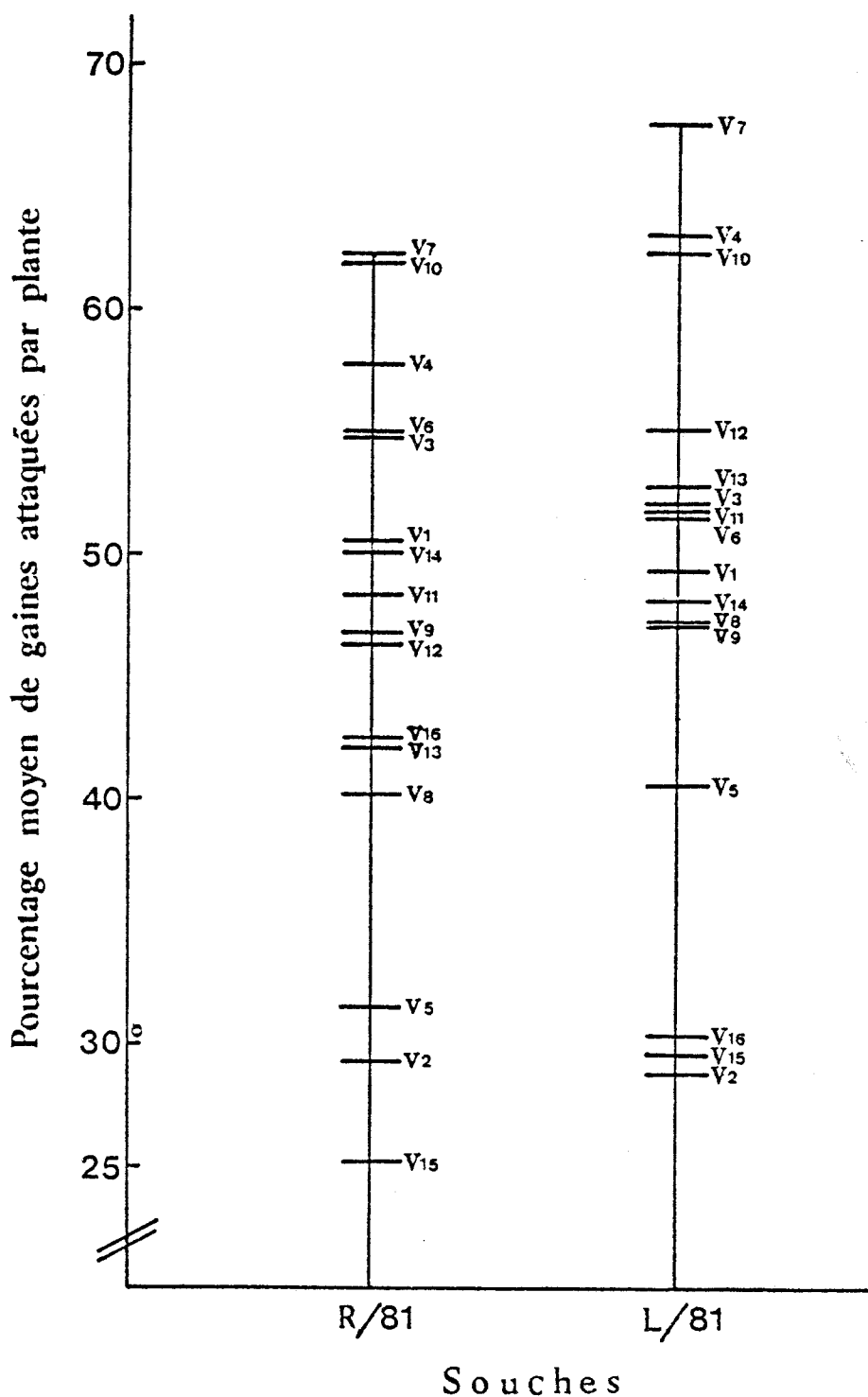


Figure 1 : Niveaux d'attaque moyens de 16 hôtes différents par les deux souches de *Cercospora herpotrichoides* Fron. (V₁=Etoile de Choisy; V₂=Roazon; V₃=*T. timophoevi* n°805; V₄=*T. araraticum* n°77111; V₅=*Ae. squarrosa* n°15; V₆=*T. turgidum* n°7054; V₇=*T. speltoïdes* n°30; V₈=*T. monococcum* n°7551; V₉=*T. dicoccum* n°802; V₁₀=*T. urartu* n°7796; V₁₁=*T. compactum* n°53; V₁₂=*T. sphaerococcum* n°7750; V₁₃=*T. dicoccoïdes* n°7032; V₁₄=*T. beoticum* n°828; V₁₅=*Ae. ventricosa* n°11; V₁₆=*Ae. squarrosa* n°33).

b) Morphologie :

A la périphérie des colonies en croissance des deux souches R/81 et L/81, nous avons prélevé de petits fragments que nous avons déposés au centre de boîtes de Pétri à la surface du milieu artificiel.

Nous avons suivi l'évolution des colonies des deux souches. Après 7 jours, la souche L/81 produit une quantité importante de mycélium qui recouvre l'ensemble de l'explantat. Principalement à la face supérieure de l'explantat, se forme un mycélium aérien donnant aux colonies un aspect duveteux.

Par contre, dans le cas de la souche R/81, le mycélium se développe surtout à la face inférieure de l'explantat et s'étale à la surface du milieu de culture ; le mycélium ne se développe pas à la face supérieure de l'explantat et les colonies restent compactes. Les colonies de la souche L/81 sont gris-fumé au centre avec une marge blanche ; alors que la souche R/81 donne des colonies légèrement beige avec un anneau verdâtre entouré par une épaisse marge blanche (Pl. 1 ; Fig. 1). A ce stade de développement, le milieu ne présente aucune pigmentation, dans un cas comme dans l'autre.

Après 14 jours de croissance, les colonies de la souche L/81 deviennent marron avec une marge blanche mal délimitée, le milieu a une pigmentation verdâtre. En ce qui concerne la souche R/81, toute la colonie devient gris-verdâtre avec une marge blanche, régulière et bien délimitée. Il n'y a pas de pigmentation du milieu (Pl. 1 ; Fig. 2).

Au 21ème jour de croissance, les colonies de la souche L/81 deviennent duveteuses sur toute la surface et la pigmentation dans le milieu s'accroît (Pl. 2 ; Fig. 3).

Au 28ème jour, les colonies marron de la souche L/81, s'entourent d'un anneau gris foncé et la pigmentation du milieu devient nettement verte. Les colonies de la souche R/81 deviennent gris foncé avec formation de stries au centre (Pl. 1 ; Fig. 4).

Si les souches L/81 et R/81 semblent différentes du point de vue morphologique, puisqu'elles varient nettement par leur couleur, leur mode de production de mycélium aérien au centre de la colonie et la pigmentation du milieu de culture, ces variations morphologiques ne semblent pas correspondre à une différence de virulence. Certes, les souches peuvent modifier leurs caractères morphologiques ou physiologiques d'un lieu à l'autre en conservant le même pouvoir pathogène ; de même, l'une de nos souches qui pouvait avoir un pouvoir pathogène plus élevé peut avoir atténué sa virulence au cours de sa culture sur le milieu artificiel.

c) Vitesse de croissance :

Par rapport à d'autres champignons, le C. herpotrichoides Fron. croît très lentement sur un milieu artificiel. Il faut au moins quatre semaines pour qu'une souche colonise entièrement une boîte de Pétri. Après le repiquage des explantats, nous avons mesuré le diamètre des colonies après 1, 2, 3 et 4 semaines de culture à 20°C.

Chaque essai a été répété 4 fois.

Les résultats reportés dans la figure 2 montrent qu'il n'y a pas de différence importante entre la vitesse de croissance des deux souches, même si la vitesse de croissance de la souche L/81 est légèrement inférieure au cours des trois premières semaines de culture.

Nous avons vu précédemment que les souches L/81 et R/81 diffèrent par leur agressivité. Celle-ci n'est donc pas liée à la vitesse de croissance (JAHIER, 1978). Ces résultats confirment donc que les souches L/81 et R/81 sont du même type : elles ont un pouvoir pathogène "W-type".

LEGENDE

Planche 1 : Colonies de Cercospora herpotrichoïdes Fron. cultivées sur le milieu "gélrose-pomme de terre - glucosé" à 20°C.

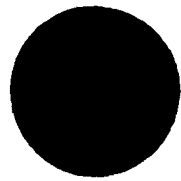
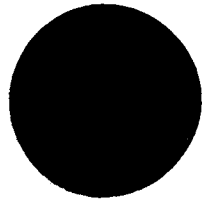
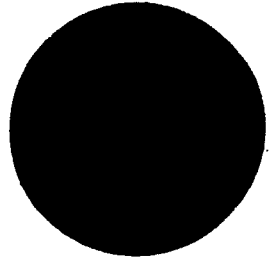
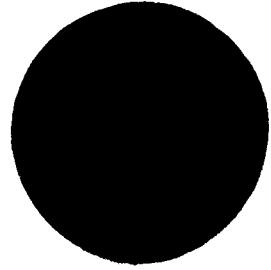
Figure 1 : Après 1 semaine de culture .

Figure 2 : Après 2 semaines de culture .

Figure 3 : Après 3 semaines de culture .

Figure 4 : Après 4 semaines de culture .

(à gauche - souche L/81 ; à droite - souche R/81)



2

4

1

3

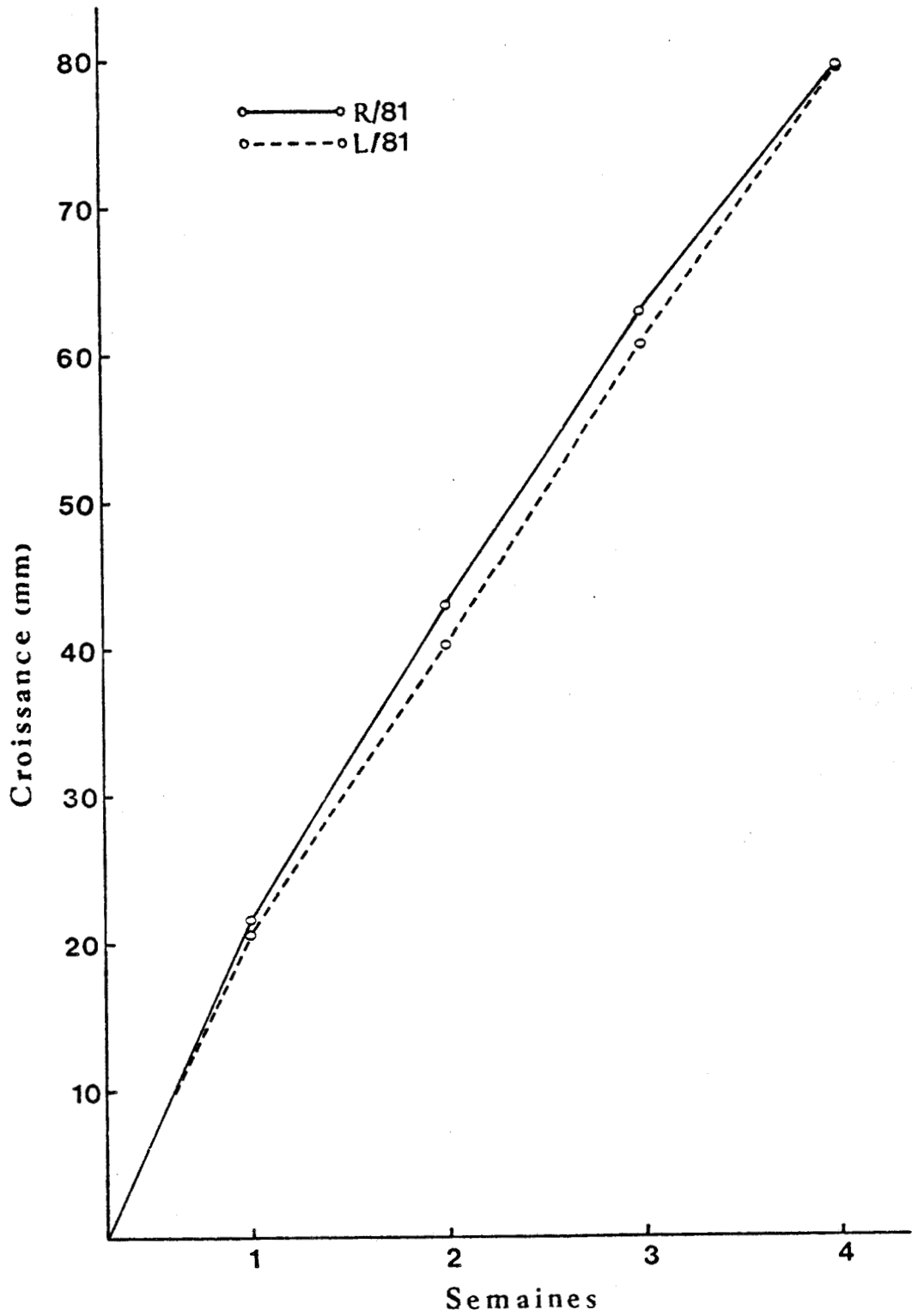


Figure 2 : Vitesse de croissance de deux souches de Cercospora herpotrichoides Fron. sur le milieu "géluse-pomme de terre-glucosé" à 20°C pendant 4 semaines.

III LIAISON ENTRE LA RESISTANCE ET LE TYPE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTES VARIETES DE BLE

Compte tenu de l'hypothèse couramment avancée, que le retard de développement joue un rôle important dans l'expression de la résistance au Piétin-verse chez les variétés de Blé, nous avons cherché un lien éventuel entre la résistance et le rythme de développement des variétés. On sait en effet que le C. herpotrichoides est plus actif durant le stade précoce de la montaison et nos expériences n'ont porté que sur le stade plantule, nous avons donc noté les dates de montaison, afin de déterminer la précocité des variétés utilisées et vérifier s'il pouvait y avoir une relation avec le comportement de ces variétés vis-à-vis du parasite.

Dans les figures 3 A et 3 B, nous avons reporté d'une part, les dates d'apparition des premiers noeuds qui marquent le début de l'allongement rapide de la tige (indication de la précocité de la montaison) et d'autre part, les divers degrés de résistance, selon la méthode utilisée précédemment. On constate que la plupart des variétés à montaison précoce sont plus sensibles au champignon pathogène. Inversement, les variétés tardives le sont relativement moins. Ces observations sembleraient donc confirmer l'hypothèse qu'il existe un lien entre la sensibilité au Piétin-verse et la précocité. Cependant cette hypothèse ne semble pas absolue, en effet, la variété Roazon est assez précoce et néanmoins résistante (Fig. 3 A). Inversement, la variété T. araraticum n° 77111 (Fig. 3 A) et la descendance du croisement "Roazon x Etoile de Choisy" (Fig. 3 B) sont assez tardives et pourtant très sensibles.

La variété T. urartu n° 7796 (Fig. 3 A) bien que de précocité moyenne, est l'une des plus sensibles.

Il apparaît donc que pour une même précocité, il peut exister chez les variétés de Blé des différences variétales de comportement vis-à-vis du Piétin-verse.

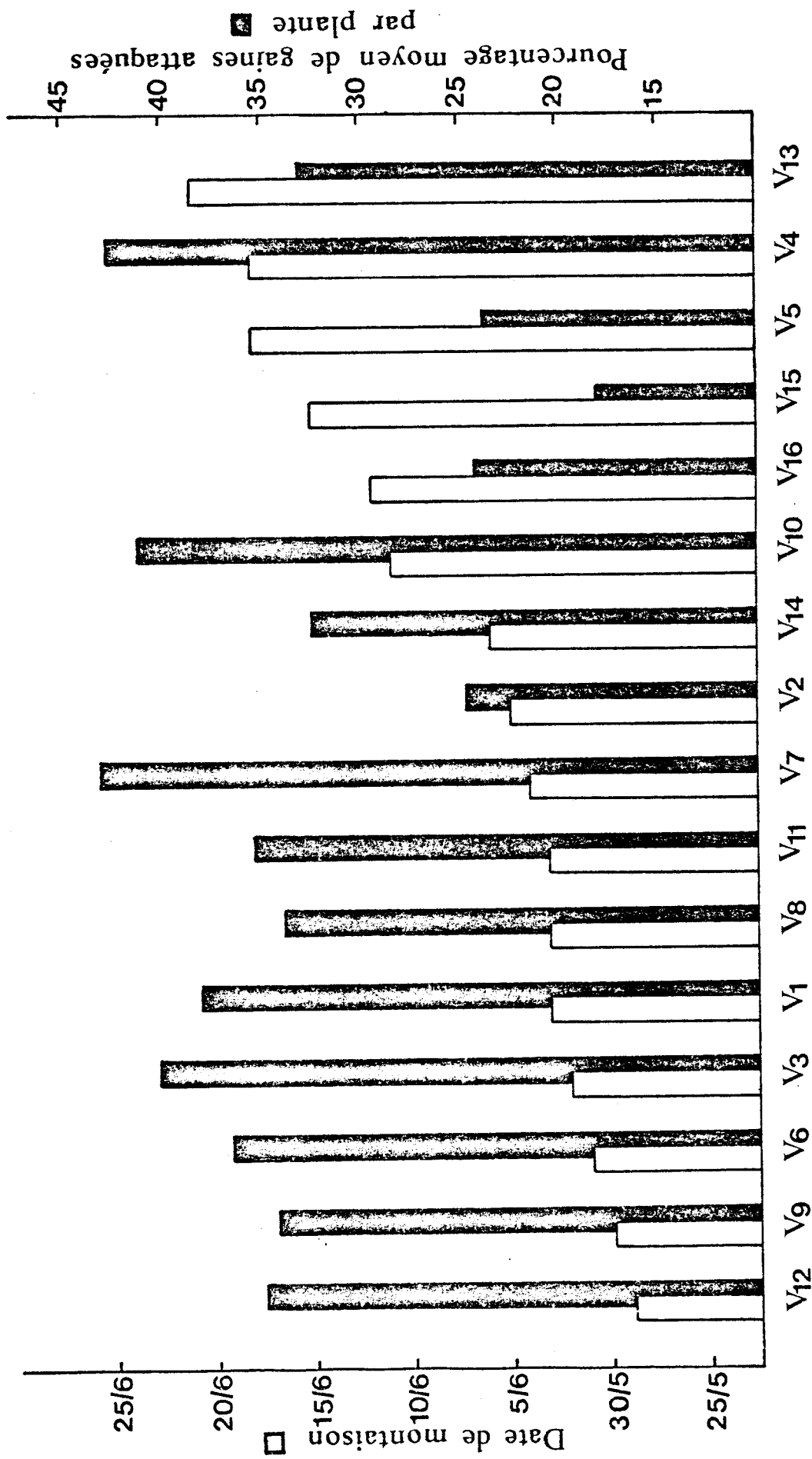


Figure 3 A : Répartition de 16 variétés et lignées de Triticinées, selon leur sensibilité à *Cercospora herpotrichoides* Fron. et leur précocité de montage (V₁ = Etoile de Choisy ; V₂ = Roazon ; V₃ = *T. timophevi* n° 805 ; V₄ = *T. araraticum* n° 77111 ; V₅ = *Ae. squarrosa* n° 15 ; V₆ = *T. turgidum* n° 7054 ; V₇ = *T. speltoïdes* n° 30 ; V₈ = *T. monococcum* n° 7551 ; V₉ = *T. dicoccum* n° 802 ; V₁₀ = *T. urartu* n° 7796 ; V₁₁ = *T. compactum* n° 53 ; V₁₂ = *T. sphaerococcum* n° 7750 ; V₁₃ = *T. dicoccoïdes* n° 7032 ; V₁₄ = *T. beoticum* n° 828 ; V₁₅ = *Ae. ventricosa* n° 11 ; V₁₆ = *Ae. squarrosa* n° 333).

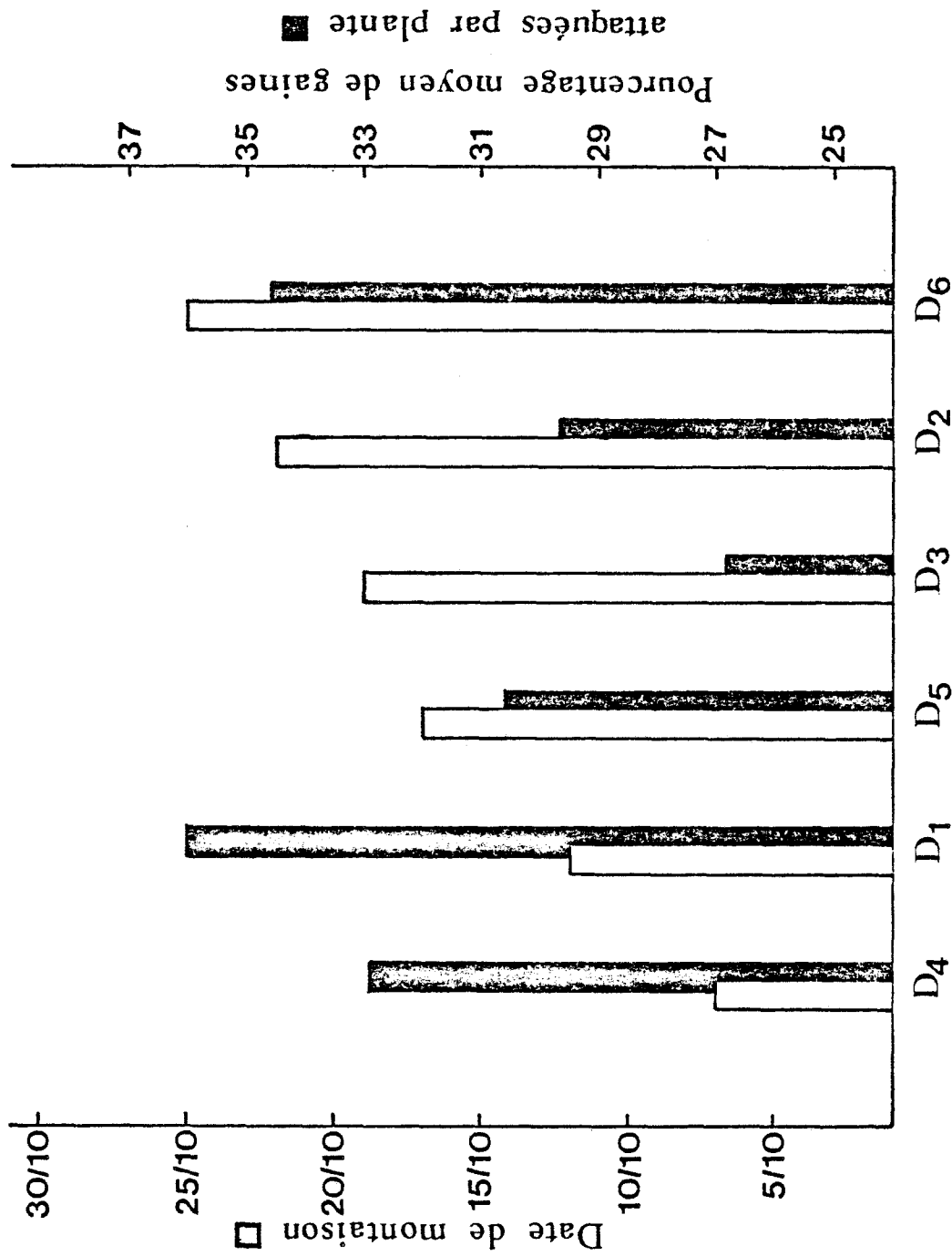


Figure 3 B : Répartition de 6 descendance en croisement, selon leur sensibilité à *Cercospora* herpotrichoïdes Fron. et leur précocité de montage (D₁ = "Roazon x *T. spelta*"; D₂ = "*Roazon* x *T. compactum*"; D₃ = "*Roazon* x *T. timopheevi*"; D₄ = "*Roazon* x *T. sphaerococcum*"; D₅ = "*Roazon* x *T. dicoccoides*"; D₆ = "*Roazon* x *Etoile de Choisy*").

RECHERCHE D'UNE RELATION ENTRE LA PRESENCE D'ANTHOCYANES ET LA RESISTANCE AU PIETIN-VERSE

Certains auteurs ont signalé que la présence d'anthocyanes dans les coléoptiles pouvait jouer un rôle dans le mécanisme de résistance au Piétin-verse. Nous avons essayé de vérifier s'il existe une corrélation entre la résistance et la pigmentation des coléoptiles de Blé.

I PRESENCE D'ANTHOCYANES ET SENSIBILITE

A partir d'une même quantité de matière fraîche de coléoptiles pour chaque variété, nous avons extrait et purifié les anthocyanes que nous avons dosés par mesure de la densité optique à 520 nm. Nous avons comparé les résultats obtenus aux degrés de sensibilité préalablement exprimés (Fig. 4).

On constate que des variétés telles que T. speltoïdes n° 30, T. araraticum n° 77111 et T. urartu n° 7796, qui sont sensibles au parasite, sont riches en anthocyanes. Les variétés T. monococcum n° 7551, T. turgidum n° 7054, T. dicoccum n° 802 et T. compactum n° 53 qui ne métabolisent pratiquement pas d'anthocyanes dans leurs coléoptiles sont également sensibles. Chez les variétés résistantes, nous n'avons pas trouvé davantage de relation avec la possibilité de synthèse d'anthocyanes dans les coléoptiles. Quelle que soit la sensibilité, une variété peut produire des quantités très diverses d'anthocyanes dans les coléoptiles. En effet, parmi les trois variétés sensibles, T. sphaerococcum n° 7750 a une forte pigmentation tandis que T. compactum n° 53 et T. dicoccum n° 802 sont pratiquement dépourvus d'anthocyanes. De même, chez Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33 et chez la varié-

té Roazon qui sont toutes trois résistantes, la première a une forte teneur en anthocyanes, la dernière en est pratiquement dépourvue, tandis que Ae.squarrosa n° 30 a une teneur intermédiaire. Il n'y a donc pas de relation entre la pigmentation anthocyanique des coléoptiles et la résistance au Piétin-verse.

II EFFET DES ANTHOCYANES SUR LA CROISSANCE DE C. HERPOTRICHOIDES

Nous avons également voulu vérifier si les anthocyanes ne pouvaient pas modifier la croissance du C. herpotrichoïdes. Après avoir prélevé des disques de mycélium de 6 mm de diamètre à la périphérie des colonies en croissance, nous les avons placés dans des conditions aseptiques, au centre des boîtes de Pétri, à la surface d'un milieu "gélose-pomme de terre-glucosé". Sur ce milieu, nous avons également disposé à la périphérie des fragments de mycélium, des morceaux de papier filtre imbibés d'une solution d'anthocyanes, extraites des coléoptiles, à différentes concentrations (50, 30 et 10 mg/ml). Les boîtes de Pétri ont été incubées à 20°C pendant 4 semaines. La présence d'anthocyanes, quelle que soit leur concentration n'a nullement modifié la croissance du champignon (Photo 2) ce qui confirme, en quelque sorte, nos observations précédentes.

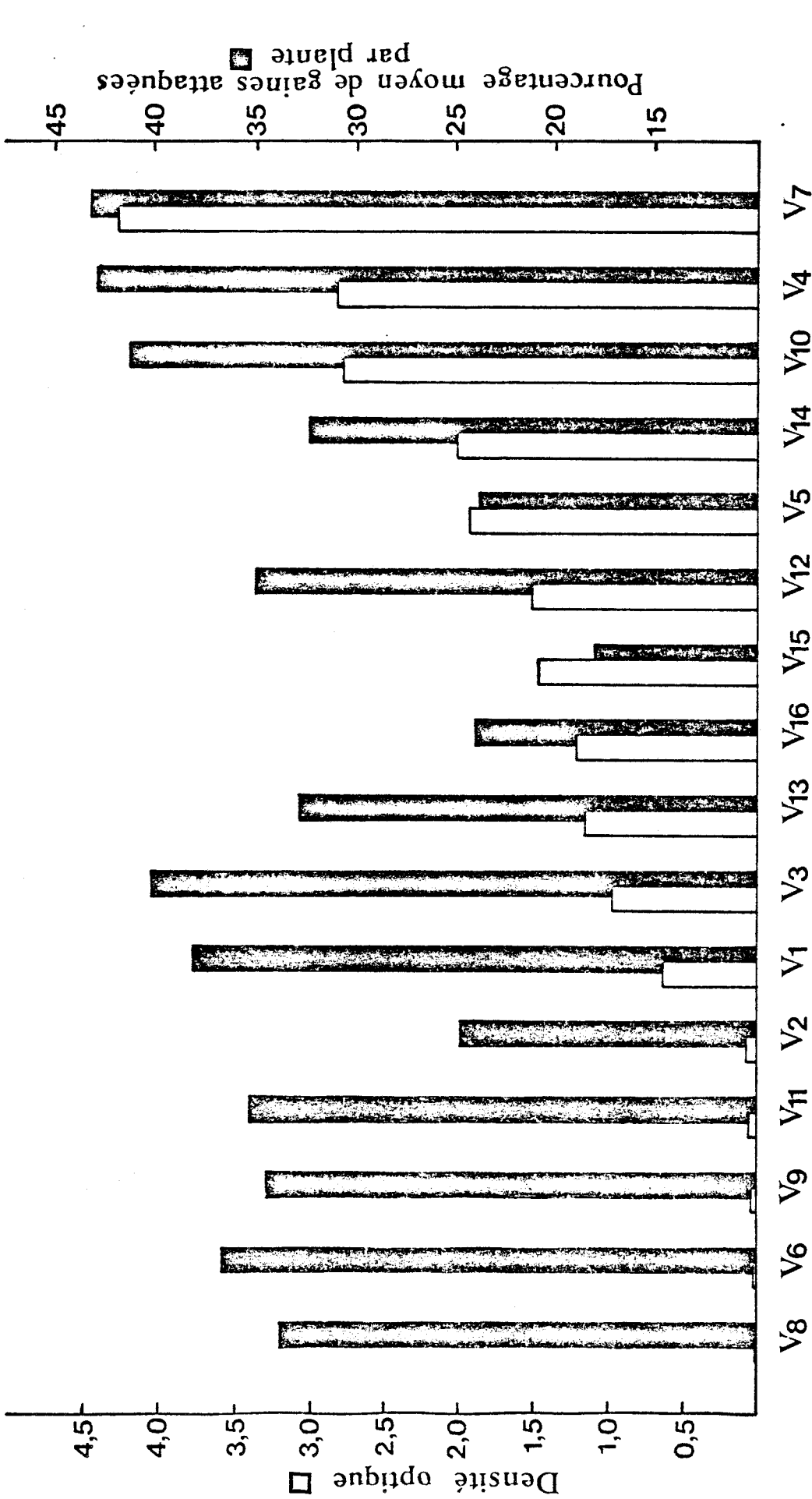


Figure 4 : Répartition de 16 variétés et lignées de Triticinées, selon la sensibilité à *Cercospora herpotrichoides* Fron. et la pigmentation anthocyanique des coléoptiles (V₁ = Etoile de Choisy ; V₂ = Roazon ; V₃ = *T. timophevi* n° 805 ; V₄ = *T. araraticum* n° 77111 ; V₅ = *Ae. squarrosa* n° 15 ; V₆ = *T. turgidum* n° 7034 ; V₇ = *T. speltoïdes* n° 30 ; V₈ = *T. monococcum* n° 7551 ; V₉ = *T. dicoccum* n° 802 ; V₁₀ = *T. urartu* n° 7796 ; V₁₁ = *T. compactum* n° 53 ; V₁₂ = *T. sphaerococcum* n° 7750 ; V₁₃ = *T. dicoccoides* n° 19032 ; V₁₄ = *T. beoticum* n° 828 ; V₁₅ = *Ae. ventricosa* n° 11 ; V₁₆ = *Ae. squarrosa* n° 33).

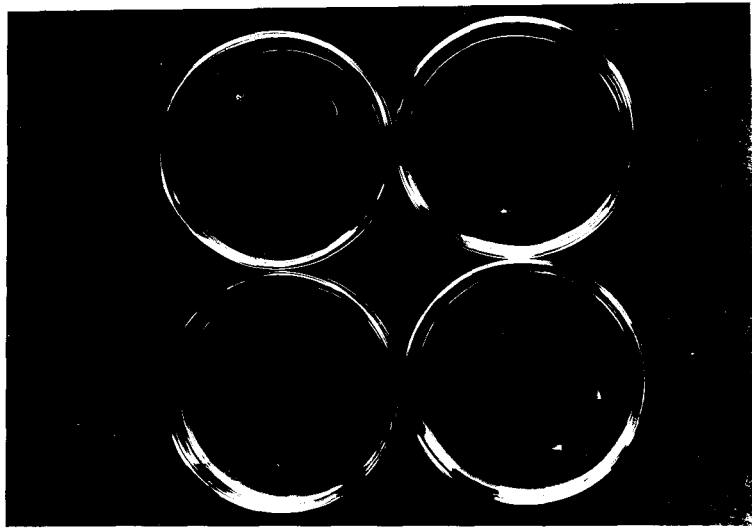


Photo 2. Colonies de Cercospora herpotrichoides Fron. cultivées sur le milieu "gélrose-pomme de terre - glucosé" en présence de papier filtre imbibé d'anthocyanes à différentes concentrations (A : 50 mg/ml ; B : 30 mg/ml ; C : 0 mg/ml ; D : 10 mg/ml).

OBSERVATIONS SUR LE MODE D'INFECTION DE VARIETES
SENSIBLES ET RESISTANTES

Les variétés et lignées expérimentées sont Triticum spelta n° 30 (très sensible), Triticum monococcum n° 7551 (sensible) et Roazon (résistante). Après la germination des graines, l'inoculation du champignon a été réalisée avec une suspension de conidies quand les plantules atteignent le stade "une feuille"; ces plantules sont placées dans une enceinte où sont maintenues des conditions favorables à l'infection.

Par observation microscopique, nous avons suivi l'évolution des conidies; 24 heures après l'inoculation, il n'y a aucune modification des conidies déposées à la surface des feuilles. Après 48 heures, on observe le début de germination sur T. spelta n° 30 et sur T. monococcum n° 7551; les conidies se gonflent et leurs cloisons transversales s'accusent, il y a parfois rupture des cloisons qui entraîne la séparation des cellules conidiennes (Pl. II; Fig. 1 et 2). La germination peut se manifester, soit à partir de la cellule terminale, soit à partir d'une autre cellule (Pl. II; Fig. 3 et 4). Les conidies produisent parfois un ou plusieurs éléments, analogues à la conidie elle-même (Pl. II; Fig. 5), qui germent à leur tour en donnant un filament terminal. Après 8 jours, nous avons remarqué la formation d'appressoriums sur T. spelta n° 30 et T. monococcum n° 7551 (Pl. II; Fig. 6 et 7), à ce moment la longueur des tubes germinatifs est le triple ou le quadruple de la longueur de la conidie. C'est à partir du 15^e jour que sur ces lignées on observe la première pénétration dans les tissus; elle se révèle par une teinte bleue d'ailleurs plus prononcée sur T. spelta n° 30

(Pl. II, Fig. 8) que sur T. monococcum n° 7551 (Pl. III, Fig. 9). Vingt et un jours après l'inoculation, les points de pénétration se multiplient, celle-ci se réalise directement au travers de l'épiderme, tout le long du mycélium issu de la conidie ; ce mycélium se propage et se ramifie à la surface de l'épiderme (Pl. III, Fig. 10 et 11).

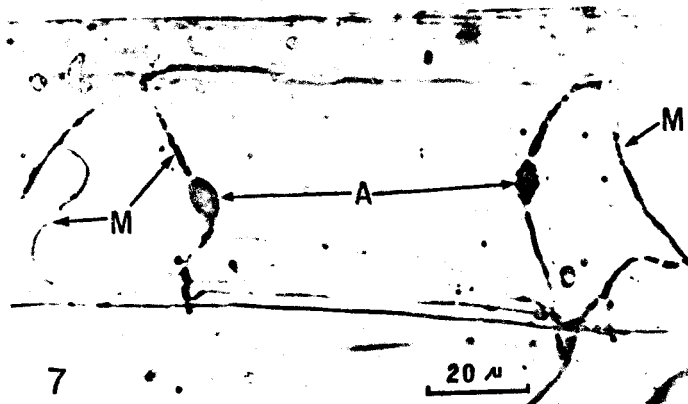
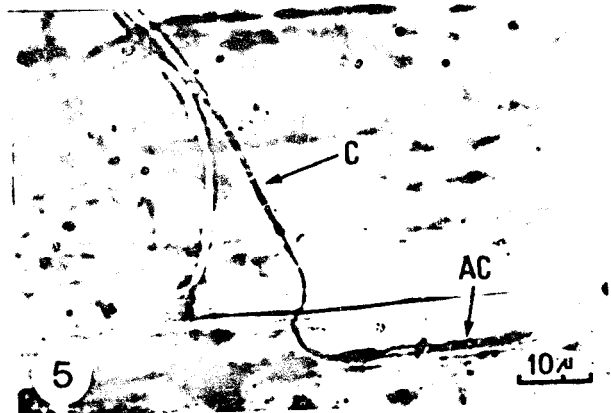
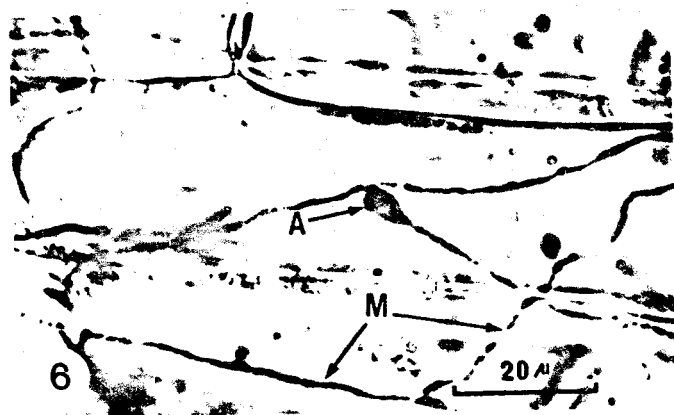
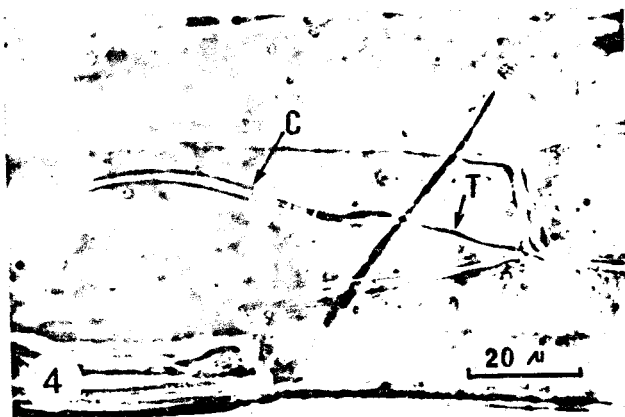
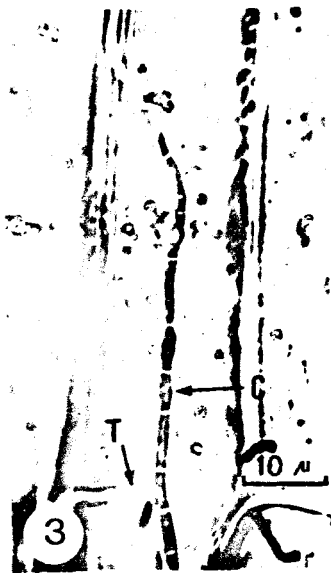
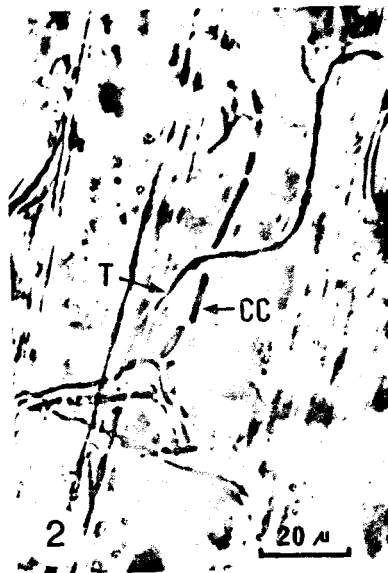
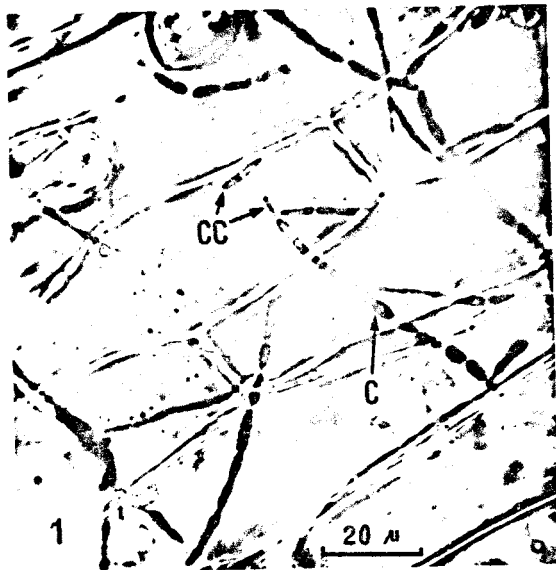
Sur la variété Roazon l'évolution des conidies est beaucoup plus lente, les premières germinations n'interviennent que 96 heures après l'inoculation, le gonflement des conidies est plus important (Pl. III ; Fig. 12). Après 8 jours, les cellules conidiennes se multiplient et leur gonflement évoque le début de formation d'un stroma à la surface de l'épiderme des feuilles (Pl. III ; Fig. 13). La formation des appressoriums se manifeste 15 jours après l'inoculation, mais la croissance du mycélium issu des conidies semble s'arrêter. Après 30 jours, on constate un début de pénétration mais en même temps, se produit une réaction des parois qui forment un "bouton" enroulant le mycélium (Pl. III ; Fig. 14).

Si la pénétration du champignon suit à peu près le même processus dans les trois variétés, elle est beaucoup plus lente chez Roazon et la diffusion du colorant bleu dans les cellules épidermiques de cette variété est plus limitée.

77
LEGENDE

Planche II :

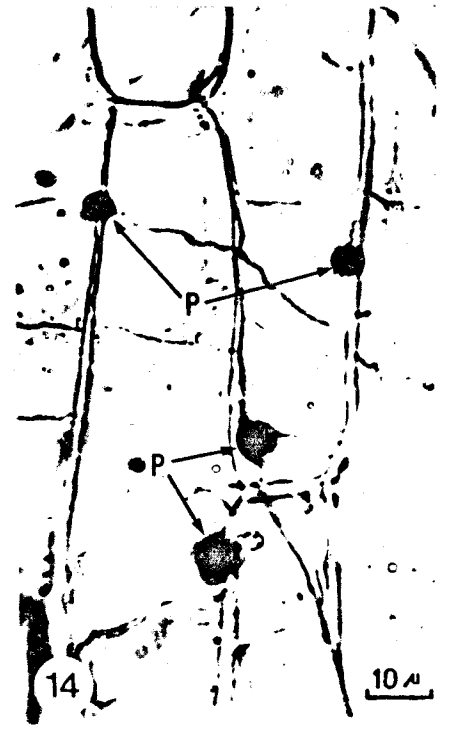
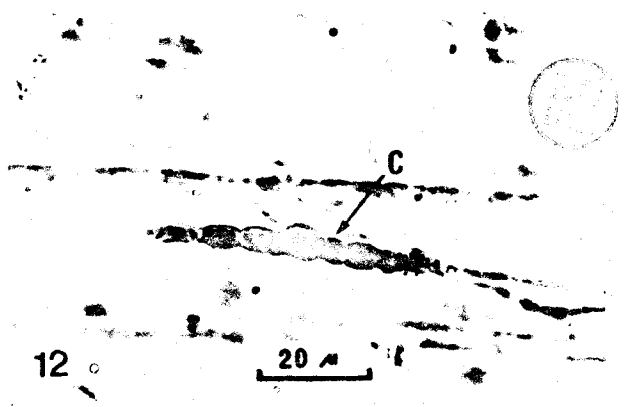
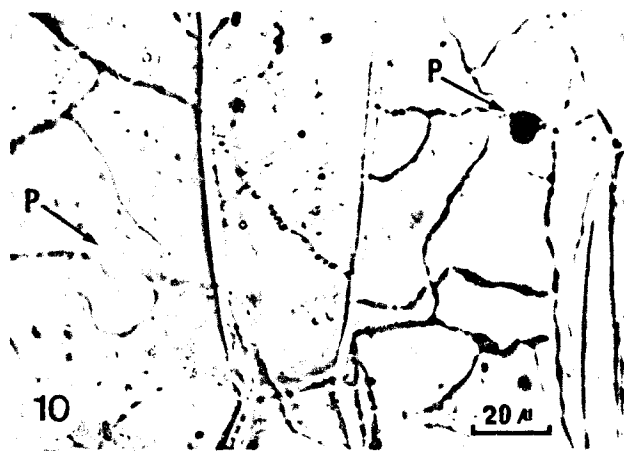
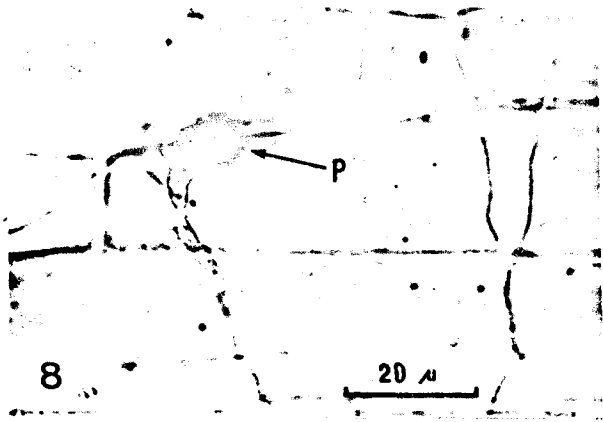
- Figure 1 : Gonflement et séparation des cellules conidiennes
48 heures après l'inoculation sur T. speltoïdes n° 30
(x 450).
(C : conidie ; CC : cellule conidienne)
- Figure 2 : Germination des conidies et séparation des cellules
conidiennes sur T. monococcum n° 7551 48 heures après
l'inoculation (x 450).
(CC : cellule conidienne ; T : tube germinatif)
- Figure 3 : Germination d'une conidie sur T. speltoïdes n° 30
48 heures après l'inoculation (x 630).
(C : conidie ; T : tube germinatif)
- Figure 4 : Germination d'une conidie par la cellule terminale
sur T. monococcum n° 7551 48 heures après l'inocula-
tion (x 630).
(C : conidie ; T : tube germinatif)
- Figure 5 : Production d'un analogue de conidie sur T. speltoïdes
n° 30 48 heures après l'inoculation (x 630).
(AC : analogue de conidie ; C : conidie)
- Figure 6 : Formation d' appressorium sur T. speltoïdes n° 30
8 jours après l'inoculation (x 630).
(A : appressorium ; M : mycélium)
- Figure 7 : Formation des appressoriums sur T. monococcum n° 7551
8 jours après l'inoculation (x 450).
(A : appressorium ; M : mycélium)



LEGENDE

Planche III :

- Figure 8 : Pénétration 15 jours après l'inoculation sur
T. speltoïdes n° 30 (x 630).
(P : pénétration)
- Figure 9 : Pénétration 15 jours après l'inoculation sur
T. monococcum n° 7551 (x 630).
(P : pénétration)
- Figure 10: Evolution 21 jours après l'inoculation sur
T. speltoïdes n° 30 ; pénétration avec réaction
pariétale (x 450)
(P : pénétration)
- Figure 11: Evolution 21 jours après l'inoculation sur
T. monococcum n° 7551 ; pénétration avec réaction
pariétale (x 630).
(P : pénétration)
- Figure 12: Germination de la conidie avec gonflement important
des cellules conidiennes sur Roazon 96 heures
après l'inoculation (x 630).
(C : conidie)
- Figure 13: Multiplication des cellules conidiennes et
gonflement de celles-ci sur Roazon 8 jours après
l'inoculation (x 630).
(CC : cellules conidiennes)
- Figure 14: Evolution 30 jours après l'inoculation sur Roazon ;
pénétration avec réaction pariétale (x 630).
(P : pénétration ; M : mycélium)



OBSERVATIONS HISTOLOGIQUES DE PLANTES SENSIBLES OU
RESISTANTES A C. HERPOTRICHOIDES

Les variétés utilisées sont Etoile de Choisy (sensible), Roazon (résistante) et Aegilops ventricosa n° 11 (très résistante). Après avoir été inoculées, les plantules sont maintenues dans des conditions de température, d'humidité et de lumière constantes (voir Matériels et Méthodes) pendant 9 semaines.

I OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES

L'observation à l'oeil nu révèle à la base des chaumes de la variété Etoile de Choisy, la présence de taches ocellées de 2 à 3 cm de longueur, de couleur fauve-brun, recouvrant la gaine foliaire la plus externe sur toute sa largeur (Pl. IV ; Fig. 1). A ce niveau, la tige est légèrement contractée et présente souvent de petites ruptures de la première gaine au centre de la tache. On observe également un nombre important de petites plaques mycéliennes à la surface, elles sont noires et mesurent environ 1 mm de largeur. La coloration fauve-brun atteint très souvent les deuxième et troisième gaines foliaires sous-jacentes, en particulier au-dessous de la tache de la première gaine.

Les taches à la base des chaumes chez les plantules de la variété Roazon ne présentent pas tout à fait le même aspect : les taches sont beaucoup plus petites (Pl. V ; Fig.13) ; leur longueur atteint de 0,5 à 1 cm ; la coloration est d'un ton brun plus accentué. Par ailleurs, l'extension aux tissus sous-jacents est moins marquée, la deuxième gaine foliaire n'est que rarement atteinte et la tige reste normale. Enfin, aucune plaque mycélienne n'a été décelée à la surface

des taches.

Sur les plantules de la lignée Ag. ventricosa n° 11, nous n'avons pas observé de taches ocellées à la base des chaumes. Par contre, il y avait de petits points bruns très localisés à la surface de la première gaine, faisant penser à des plaques mycéliennes (Pl. VI ; Fig. 19). Ces petits points bruns ne se retrouvent pas sur la deuxième gaine foliaire et les tiges sont apparemment saines.

II OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES

L'examen de coupes transversales sériées, pratiquées sur des échantillons prélevés au niveau des taches apparues à la base des chaumes montre les différents aspects du champignon dans les tissus parasités ainsi que les réactions cellulaires de l'hôte selon leur degré de résistance.

Nous avons observé que le mycélium dans les tissus parasités se présente à la fois sous la forme de filaments et d'éléments unicellulaires ou pluricellulaires.

- Les hyphes filamenteux mesurent de 15 à 30 μm de longueur et de 2 à 4 μm de diamètre et ils sont cloisonnés. Leur paroi est assez fine avec un cytoplasme plus ou moins dilaté (Pl. IV ; Fig. 4).

- Les hyphes unicellulaires ou pluricellulaires sont courts, élargis, arrondis ou ovales et mesurent de 4 à 8 μm de largeur. Leur paroi est plus épaisse avec un cytoplasme assez dense (Pl. IV ; Fig. 8 et Pl. V ; Fig. 9 et 10).

Nous avons suivi les réactions tissulaires dans différentes gaines malades. Dans les plantules de la variété Etoile de Choisy, la maladie atteint rapidement l'ensemble des tissus des deux gaines foliaires les plus externes (Pl. IV ; Fig. 2). La troisième gaine est, elle aussi, envahie dans certaines zones par le mycélium de C. herpotrichoïdes (Pl. IV; Fig. 3 et 4). Quand les gaines foliaires les plus externes sont entièrement envahies par le parasite, leurs tissus sont désorganisés et remplacés par des amas mycéliens (Pl. IV; Fig. 5 et 6) qui peuvent évoluer en stromas ou en plaques mycéliennes. Les stromas observés dans ou entre les gaines sont formés par des hyphes compacts ramifiés et cloisonnés (Pl. V; Fig. 11). La coupe transversale d'un stroma est présentée sur la planche V ; Fig. 12. Les hyphes issus des stromas ou des plaques mycéliennes pénètrent soit directement dans les cellules épidermiques, soit entre ces cellules. Après leur pénétration dans la gaine, les hyphes donnent naissance à un réseau à la fois intracellulaire et intercellulaire qui parcourt l'ensemble des tissus. On observe également la présence d'hyphes dans toutes les parties de la troisième gaine et même à l'intérieur des vaisseaux (Pl. IV ; Fig. 6). Les parois cellulaires de l'hôte se dissolvent à leur contact (Pl. IV ; Fig. 7). Dans les zones où les hyphes sont abondants, la dissolution des parois cellulaires entraîne la destruction progressive de ces parois et les cellules dégénèrent (Pl. V ; Fig. 9 et 10). Dans les zones où les gaines sont les plus atteintes, le cytoplasme prend un aspect granuleux et coagulé (Pl. V ; Fig. 9 et 10). Nos observations montrent que les tissus des trois gaines les plus externes de la variété Etoile de Choisy

sont progressivement détruits et remplacés par des amas d'hyphes.

Chez la variété Roazon qui présente une sensibilité moindre à la maladie, on observe que la gaine la plus externe est entièrement envahie par les hyphes mycéliens ainsi que certaines zones de la deuxième gaine. Nous n'avons observé que des hyphes courts, arrondis ou ovales (Pl. V ; Fig. 14, 15 et 16). D'une manière générale, les réactions cellulaires sont les mêmes que celles observées avec la variété Etoile de Choisy (Pl. V ; Fig. 14, 15, 16 et Pl. VI ; Fig. 17 et 18). Cependant, il est rare que des amas mycéliens se développent dans les zones infectées et on observe plutôt des espaces vides là où les cellules-hôtes sont détruites par le parasite (Pl. V ; Fig. 14, 15 et 16). D'autre part, nous avons rarement trouvé des plaques mycéliennes entre les gaines. Il semble que les tissus des deux gaines les plus externes de la variété Roazon soient progressivement détruits mais que l'infection ne s'étende pas en profondeur au-delà de la deuxième gaine.

L'examen de coupes transversales de la lignée Ae. ventricosa n° 11 montre que même la gaine la plus externe n'est pas véritablement envahie par le champignon. Toutefois, on a noté la présence de formations mycéliennes où les hyphes semblent se regrouper au niveau des cellules épidermiques (Pl. VI ; Fig. 20 et 21). Ces formations mycéliennes en contact avec les cellules-hôtes ont un aspect dilaté et dégénèrent (Pl. VI ; Fig. 21). On a également observé quelques rares hyphes courts et arrondis qui se trouvent dans les couches cellulaires les plus superficielles de la gaine. La forme filamenteuse n'a jamais été observée. Quant à la réaction cellulaire, on observe également le processus de

dissolution des parois et la destruction de cellules comme dans les cas précédents. Nous n'avons jamais trouvé de plaques mycéliennes entre les gaines. Dans le cas d'Ae. ventricosa n° 11, il semble bien que l'infection reste limitée aux deux ou trois premières couches cellulaires de la première gaine.

84
LEGENDE

Planche IV :

Figure 1 : Plantule de la variété Etoile de Choisy âgée de 9 semaines , parasitée par C. herpotrichoïdes Fron.

Figure 2 : Coupe transversale pratiquée au niveau de la tache ocellée de la variété Etoile de Choisy. Evolution progressive de la maladie au travers des gaines (x 200).

(G₁ : 1ère gaine ; G₂ : 2ème gaine ; G₃ : 3ème gaine ; S : stroma mycélien).

Figure 3 : Formation mycélienne dans la zone de cellules épidermiques ainsi que dans la zone tissulaire de la 3ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Destruction tissulaire apparente (x 630).

(G₂ : 2ème gaine ; G₃ : 3ème gaine ; F : formation mycélienne).

Figure 4 : Hyphe filamenteux et mince développé dans la 3ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Cellules-hôtes désorganisées (x 1000).

(H : hyphe ; S : stroma mycélien).

Figure 5 : Tissus désorganisés et remplacés par des amas mycéliens dans la 2ème gaine de la variété Etoile de Choisy (x 1000).

(A : amas mycélien).

Figure 6 : Tissus désorganisés et remplacés par des amas mycéliens dans la 3ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Mycélium situé à l'intérieur d'un vaisseau (x 450).

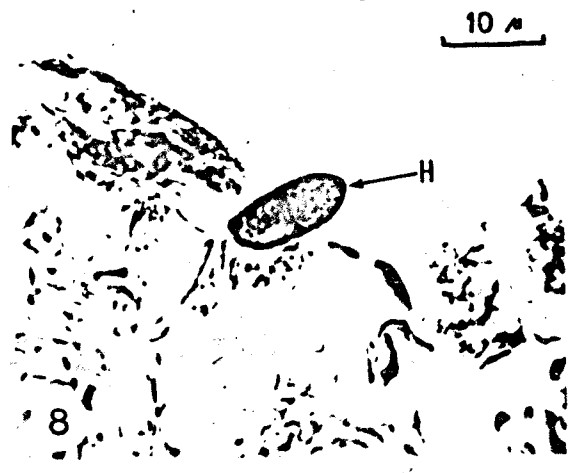
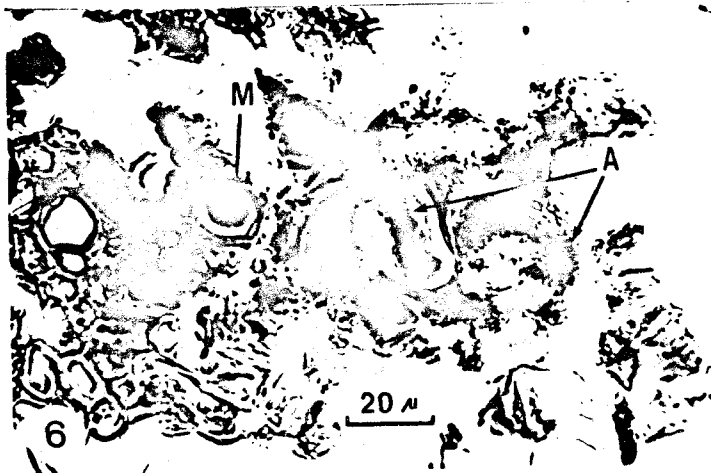
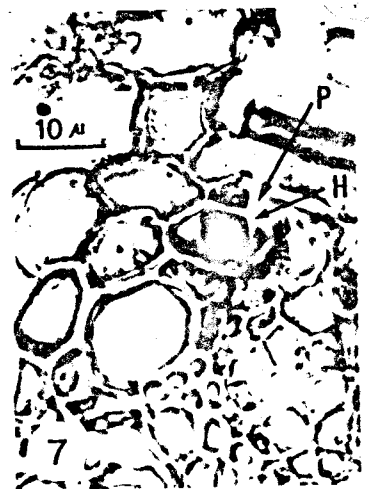
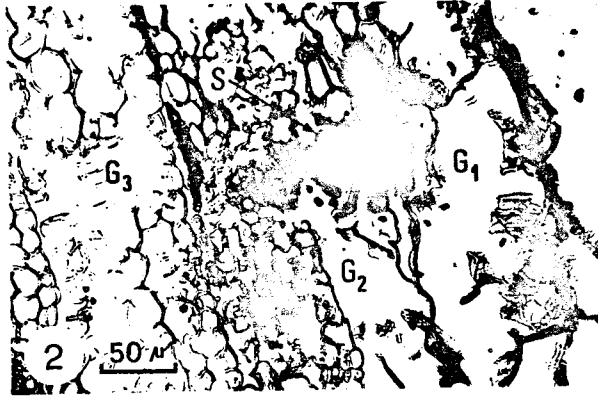
(A : amas mycélien ; M : mycélium).

Figure 7 : Hyphe court développé dans une cellule de la 3ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Paroi de cellule-hôte dissoute au contact de l'hyphe (x 1000).

(P : paroi cellulaire de l'hôte ; H : hyphe).

Figure 8 : Hyphe court, ovale, bi-cellulaire se développant dans la zone épidermique de la 2ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Cellules-dégénérées, n'étant plus reconnaissables (x 1000)

(H : hyphe).



85
LEGENDE

Planche V :

Figure 9 et 10 : Hyphes courts, élargis, développés dans la zone la plus attaquée de la 3ème gaine de la variété Etoile de Choisy. Cellules-hôtes situées autour des hyphes complètement dégénérées et méconnaissables (x 1000).

(H : hyphe).

Figure 11 : Stromas mycéliens situés dans la 2ème gaine de la variété Etoile de Choisy (x 1000).

(S : stroma mycélien).

Figure 12 : Coupe transversale d'un stroma mycélien. Les cellules, pour la plupart uninuclées, sont de forme et de taille variables (x 1000).

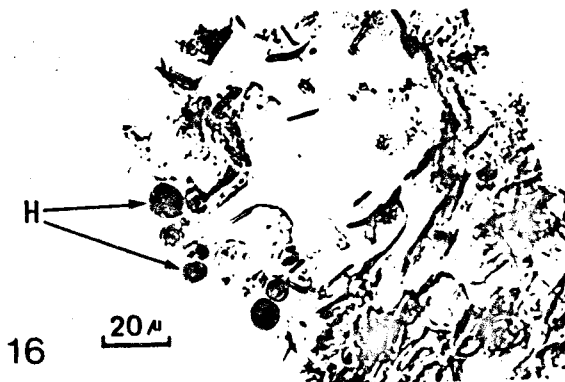
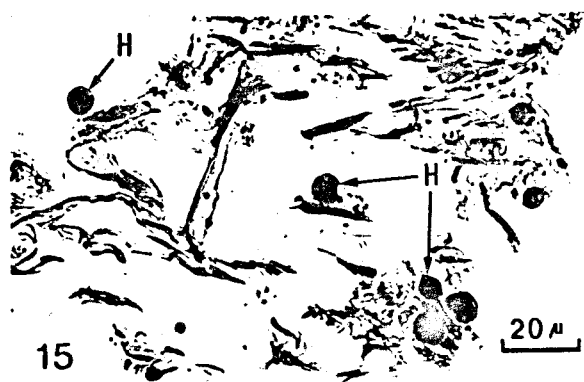
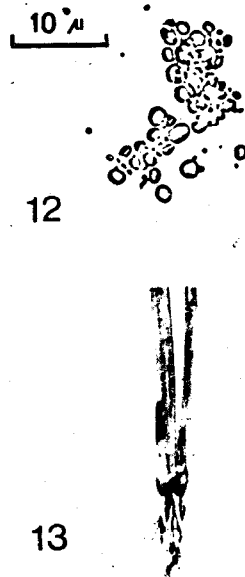
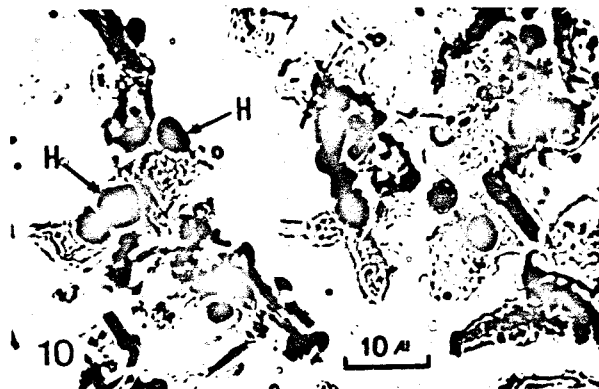
Figure 13 : Plantule de la variété Roazon parasitée par le C. herpotrichoïdes âgée de 9 semaines.

Figure 14 : Hyphe bicellulaire, ovale, court, élargi situé dans la 1ère gaine de la variété Roazon. Cellules-hôtes autour dégénérées et méconnaissables (x 1000).

(H : hyphe).

Figure 15 et 16 : Hyphes courts, arrondis développés dans les zones les plus attaquées par le champignon de la 1ère gaine de la variété Roazon. Cellules-hôtes détruites, n'étant plus reconnaissables (x 450).

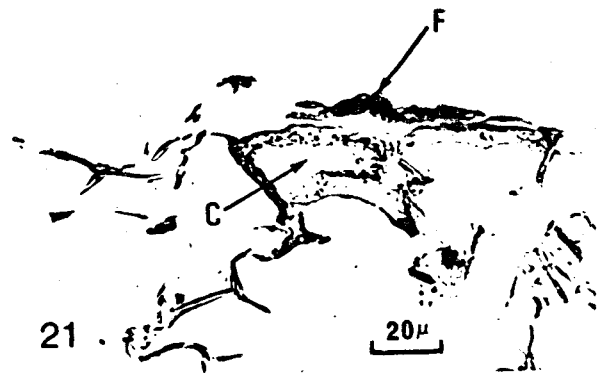
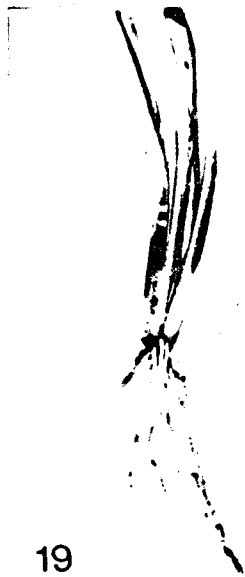
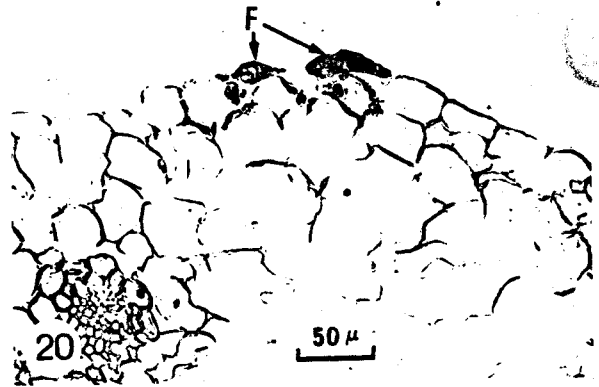
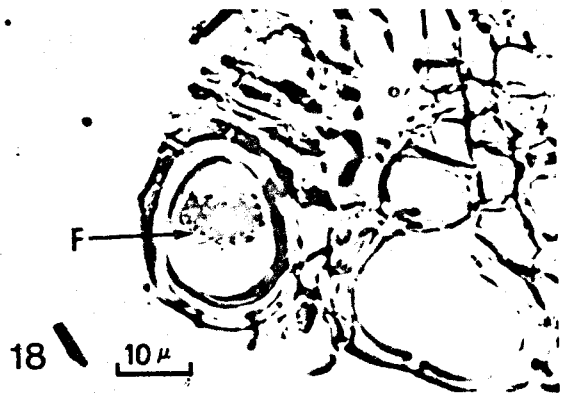
(H : hyphe).



LEGENDE

Planche VI :

- Figure 17 : Parois cellulaires dans la 2ème gaine de la variété Roazon dissoutes au contact de l'hyphe (x 1000).
(P : paroi cellulaire de l'hôte ; H : hyphe).
- Figure 18 : Formation mycélienne située à l'intérieur d'un vaisseau dans la 1ère gaine de la variété Roazon. Zones tissulaires autour détruites (x 1000).
(F : formation mycélienne).
- Figure 19 : Plantule de la lignée Ae. ventricosa n° 11 âgée de 9 semaines, parasitée par C. herpotrichoides Fron.
- Figure 20 : Coupe transversale pratiquée au niveau des petits points bruns de la 1ère gaine d'Ae. ventricosa n° 11. Infection au niveau des deux premières couches cellulaires (x 200).
(F : formation mycélienne).
- Figure 21 : Destruction des cellules et dilatation de la formation mycélienne dans la 1ère gaine d'Ae. ventricosa n° 11 (x 450).
(F : formation mycélienne ; C : cellule-hôte).



D I S C U S S I O N

Le succès d'un test de résistance dépend de différents facteurs. L'inoculation de plantules en croissance par la méthode utilisée dans notre essai fournit une technique efficace pour déterminer les plantules résistantes et les plantules sensibles. Toutefois, l'utilisation de cette technique est réalisée selon des conditions d'infection qui ne sont pas naturelles, en effet :

- d'une part, l'inoculation a lieu très tôt au cours du développement des plantules par des hyphes mycéliens dont la croissance est active.

- d'autre part, le champignon n'est pas initialement en compétition avec d'autres microorganismes du sol. Dans ces conditions, le pouvoir pathogène de l'inoculum est nettement plus élevé que lorsque les inoculums sont constitués par une seule conidie pour infecter des plantules déjà entièrement formées ou bien développées.

- par ailleurs, on ne connaît que peu de choses sur les modalités d'infection par C. herpotrichoïdes. Il est possible que le choix du stade coléoptile pour l'inoculation corresponde à une période où la plante n'est pas résistante et qu'à ce stade, elle est prédisposée aux attaques de C. herpotrichoïdes.

Bien que cette technique soit tout à fait artificielle, il semble bien

qu'elle permette de mesurer efficacement la résistance au développement de C. herpotrichoïdes dans les tissus des gaines et que ce paramètre soit directement lié au développement de la maladie au champ. Mais, il ne doit pas cependant être dissocié des conditions de végétation.

Les conditions expérimentales, c'est-à-dire froid et humidité, ont été imposées à toutes les espèces de Triticinées utilisées, sans tenir compte des climats où ces espèces végètent naturellement. En adoptant une température voisine de 10°C et une humidité relative élevée, nous avons réuni des conditions écologiques plutôt favorables au parasite. Dans un essai comme le nôtre, il n'est pas possible de placer chaque espèce dans les conditions de végétation optimales qui favorisent au maximum les mécanismes de défense inscrits dans le patrimoine héréditaire.

La notation de l'infection varie selon la nature de la plante utilisée dans nos essais. D'une façon générale, on mesure la résistance des céréales à l'infection de C. herpotrichoïdes en considérant la profondeur de la pénétration du mycélium dans les gaines. Pourtant, les résultats obtenus par cette technique de notation pour les espèces d'Aegilops ont une tendance à être variables par rapport aux résultats obtenus pour les espèces de Triticum ; ceci est dû à la difficulté d'obtenir des infections uniformes avec des plantules ayant de petits coléoptiles. Cette variabilité des résultats a été aussi remarquée par d'autres auteurs lorsqu'ils ont utilisé cette méthode de notation pour évaluer la résistance de différentes espèces de Triticinées ((SIMONET (1952) ; MACER (1966)). Sans tenir compte des lectures effec-

tuées en mesurant la profondeur de pénétration des mycéliums dans les gaines de chaque plantule, la sensibilité se signale par l'apparition d'une chlorose généralisée de la première feuille des plantules des variétés sensibles. Ceci est dû sans doute à la pénétration en des endroits multiples des gaines par les hyphes de l'inoculum qui détruisent les tissus vasculaires. Ce phénomène de chlorose des feuilles pourrait être un critère d'évaluation, car il permet une sélection rapide des plantes résistantes qui restent vertes.

La résistance des variétés de Blé au Piétin-verse semble dépendre de trois facteurs principaux qui ne sont pas liés de façon absolue :

- la résistance des plantes à la contamination
- la résistance des gaines à la pénétration du parasite
- la résistance des tiges à l'envahissement par le champignon

((DCOUSSINAULT (1973))).

Pour déterminer la sensibilité d'une variété de Blé, il faut donc considérer les trois facteurs. Nos études n'ayant été effectuées qu'au stade plantule, elles ne nous permettent pas de considérer le troisième facteur, c'est-à-dire, la résistance à l'envahissement des tiges. Après l'infection artificielle, nous pouvons mesurer les deux premiers paramètres qui conditionnent le comportement au stade plantule : la contamination des plantules et la pénétration des gaines ; toutefois, ce dernier est souvent un élément déterminant de la sensibilité variétale. En outre, une variété peut être résistante au stade plantule et devenir sensible au stade adulte et vice-versa. Chez le Blé, il existe des varié-

tés et lignées dans lesquelles les mécanismes de la résistance s'opposent au développement du parasite au niveau des deux premières gaines (JAHIER (1978)). Par conséquent, ces variétés et lignées présentent une pénétration très lente du parasite à travers les deux premières gaines et, ainsi, manifestent des symptômes d'infection très tardifs dans la vie de la plante. Ces phénomènes de résistance peuvent exister au niveau des talles, et non au niveau des deux premières gaines. Dans ce cas, les symptômes de la maladie apparaissent très tôt dans la vie des plantes, bien qu'elles soient résistantes. Ce phénomène de résistance est possible à cause de la modification du métabolisme des plantes susceptible de provoquer une sensibilité décroissante au Piétin-verse. Une bonne connaissance de la sensibilité variétale vis-à-vis de C. herpotrichoïdes nécessite donc au moins deux notations :

- l'une au stade plantule,
- l'autre au stade adulte.

Les réactions comparées des variétés et lignées testées ont révélé que même s'il n'y a pas d'espèce immune, on observe néanmoins, une plus grande résistance aux attaques du Piétin-verse au stade plantule chez les lignées Ae. ventricosa n° 11, Ae. squarrosa n° 15 et Ae. squarrosa n° 33 et la variété Roazon. La performance de ces lignées et variétés est nettement satisfaisante par rapport aux autres. Jusqu'à présent, de nombreux auteurs ont constaté le bon comportement d'Ae. ventricosa n° 11 vis-à-vis du Piétin-verse au stade plantule (SPRAGUE (1934) ; SIMONET (1952) ; MIELKE (1970) ; VANDAM et al. (1974) ;

DOSBA et al. (1977) ; JAHIER (1978)), tandis qu'au sein du genre Triticum, on n'a pas détecté de bon niveau de résistance. Nos observations confirment aussi l'intérêt de l'espèce Ae. ventricosa comme la source de caractères résistants au Piétin-verse. Certaines formes de cette espèce ont déjà été utilisées pour l'obtention d'amphidiploïdes. L'une de celles-ci (Ae. ventricosa x T. persicum) a été recroisée par la variété de Blé tendre "Marne" (MAIA (1964)). Après plusieurs rétrocroisements, c'est la lignée VPM₁ qui a été obtenue; elle présente actuellement le plus haut niveau de résistance connue chez le Blé tendre ; mais elle ne manifeste pas la résistance d'Aegilops ventricosa dont elle est issue. Les différentes tentatives d'introduction des facteurs de résistance d'Ae. ventricosa chez le Blé tendre n'ont pas totalement abouti (KIMBER (1967) ; DOUSSINAULT et al. (1974) ; DELIBES et al. (1977) ; DOSBA et al. (1977) (1978)).

D'autres espèces d'Aegilops telles qu'Ae. cylindrica (SPRAUGE (1936)), Ae. caudata et Ae. triuncialis (MACER (1966)) ; Ae. squarrosa (VANDAM et al. (1974)) ont un bon niveau de résistance. DOUSSINAULT (1972) a constaté particulièrement le bon comportement de deux souches d'Ae. squarrosa. Les lignées Ae. squarrosa n° 15 et Ae. squarrosa n° 33 sont nettement plus attaquées que la lignée Ae. ventricosa n° 11 ce qui a été aussi observé par VANDAM et al. (1974). Ces deux premières lignées d'Ae. squarrosa ont à peu près le même comportement qui est très proche également de celui de la variété Roazon. Mais ces deux lignées Ae. squarrosa n° 15 et Ae. squarrosa n° 33 se comportent différemment vis-à-vis des souches de C. herpotrichoïdes. Vis-à-vis de la souche R/81, c'est la

lignée Ae. squarrosa n° 15 qui est la plus résistante ; tandis que pour la souche L/81, c'est Ae. squarrosa n° 33. Cette observation ne corrobore pas les observations de JAHIER (1978) qui montre que la lignée Ae. squarrosa n° 15 présente un bon niveau de résistance à toutes les souches de C. herpotrichoides par rapport à d'autres lignées d'Ae. squarrosa. Il semble donc qu'il existe une certaine variabilité dans le comportement de chaque lignée d'Ae. squarrosa vis-à-vis de C. herpotrichoides ; Il faudrait donc entreprendre une recherche pour différencier efficacement la résistance des génotypes d'Aegilops squarrosa.

Différents auteurs ont tenté de trouver une ou des lignées parmi les espèces du genre Triticum et les espèces de la sous-tribu des Triticinées, qui aient un bon niveau de résistance au Piétin-verse. Dès 1936, SPRAGUE a signalé le bon comportement de T. dicoccum et de T. monococcum. DEFOSSE et VANDAM (1968) ont confirmé que T. dicoccoides et T. monococcum sont moins sensibles au Piétin-verse que le Blé tendre. Si l'on considère seulement les espèces de genre Triticum testées dans notre essai, on trouve que les espèces T. monococcum, T. dicoccum et T. dicoccoides sont aussi moins sensibles au Piétin-verse que d'autres espèces. Ces observations semblent en accord avec celles de SPRAGUE (1936) et DEFOSSE et al. (1968). Toutefois, nos résultats nous permettent d'ajouter une autre espèce telle que T. beoticum qui semble avoir un niveau de résistance au Piétin-verse égal ou supérieur à celui de T. monococcum, T. dicoccum, et T. dicoccoides.

Bien que les variétés cultivées de Blé tendre soient plus ou moins sensibles, quelques unes offrent une certaine résistance génétique à l'infection du C. herpotrichoïdes. Dès 1934, SPRAGUE et al. ont mis en évidence des différences variétales de sensibilité au Piétin-verse. En France, VINCENT et al. (1952) précisent le comportement des variétés alors cultivées dans le pays. Ils montrent qu'aucune n'est vraiment résistante, mais ils signalent le bon comportement de Cappelle. D'autres variétés françaises montrent le même niveau de résistance, parmi celles-ci : Artois et Elite. Il ressort de notre étude que la résistance au Piétin-verse existe chez le Blé tendre, la variété Roazon en est un exemple. Nos observations confirment aussi celles de JAHIER (1978). Le bon comportement vis-à-vis du Piétin-verse de la variété Roazon est dû en grande partie à des gènes de résistance portés par le chromosome 7 D (JAHIER (1978)). Jusqu'à présent, plusieurs voies ont été plus ou moins suivies pour augmenter la résistance du Blé au C. herpotrichoïdes. La première, préconisée par SIMONET (1952) et MAIA (1967), consiste à obtenir des amphidiploïdes entre Ae. ventricosa et les Blés tétraploïdes (T. timophevi, T. persicum, T. dicoccum). Une autre voie a été indiquée par ECOCHARD (1963) : elle repose sur l'introduction dans T. vulgare des gènes de résistance propres à T. aethiopicum. La participation du chromosome 7 D de la variété Roazon dans les variétés sensibles, pour élever leur niveau de résistance et aussi dans le croisement pour la recherche d'une lignée ayant une résistance plus élevée que VPM₁, ouvrira une nouvelle voie de recherche pour les sélectionneurs.

Pour impliquer ce chromosome, la variété Roazon a été croisée avec T. spelta, T. compactum, T. timophoevi, T. sphaerococcum, T. dicoccoïdes et Etoile de Choisy qui sont sensibles au Piétin-verse. La descendance issue du croisement "Roazon x T. timophoevi" à l'égard du Piétin-verse a un comportement supérieur. JOHNSON et al. (1966) ont obtenu les deux lignées : TP 128 et TP 107, issues du croisement "Cappelle x Thatcher", plus résistantes que Cappelle. Il reste à vérifier que l'hybride "Roazon x T. timophoevi" possède également un niveau de résistance égal ou supérieur à celui de la variété Roazon. Il faudrait aussi effectuer le test de résistance avec les plantes de la génération F₂.

Quant à l'influence de C. herpotrichoïdes sur la taille de la plantule, nous avons observé qu'il n'y a pas d'effet inhibiteur de la croissance linéaire de la partie aérienne des plantules. Ces observations sont en accord avec celles de JORGENSEN (1964). Il a signalé, en effet, que la hauteur reste la même que les plantes soient inoculées ou non. Par contre, SCOTT (1974) a observé que la taille de la plante augmente significativement lors de l'attaque de C. herpotrichoïdes.

En ce qui concerne le poids des plantules, nous avons observé que le poids sec de la partie aérienne des plantules non inoculées est inférieur à celui des plantules inoculées. Ceci n'est d'ailleurs pas habituel et, est sans doute dû à la présence de talles plus nombreux chez les plantules inoculées. Ce qui permet de constater que le champignon C. herpotrichoïdes provoque la formation de talles chez le Blé. Cette constatation ne corrobore pas celle de SCOTT (1974) qui, en montrant l'effet indirect du Piétin-verse sur le rendement,

a constaté que le Piétin-verse réduit le tallage. Des résultats similaires ont été obtenus par JONES et al. (1969) chez l'Orge. Nous n'avons pas observé de différence significative dans le poids sec de la partie souterraine des plantules inoculées et des plantules non inoculées. Ces observations ne sont pas en accord avec celles de DICKENS (1964). En effet, il a observé une différence significative entre le poids sec de plantes inoculées et celui de plantes non inoculées. Mais, il a travaillé sur la partie racinaire de plantes adultes au moment où les tiges sont infectées et où intervient la translocation d'éléments nutritifs dans les racines.

Nos observations ne nous permettent pas de dire s'il existe un lien entre la résistance et le type de développement des variétés. Certains chercheurs ont signalé que les tiges de variétés à montée précoce étaient atteintes avant celles de variétés à montée tardive (MAIA (1967) ; DOUSSINAULT (1969)). Il semble que les observations de ces auteurs aient été limitées à quelques variétés. Pour notre part, nous avons certes constaté que les variétés à montée précoce sont sensibles, toutefois les essais réalisés avec T. araraticum n° 77111, T. urartu n° 7796, T. dicoccoïdes n° 7032, Roazon et la descendance du croisement "Roazon x Etoile de Choisy" ne permettent pas de confirmer ce point de vue.

L'origine des souches d'un parasite joue un rôle important dans l'étude de la résistance variétale. En effet, à tout moment la résistance d'une variété peut différer d'une souche à l'autre, c'est la raison pour laquelle il est nécessaire de pratiquer les tests de

résistance en utilisant des races géographiques différentes du parasite.

Toutefois, en comparant les deux souches que nous avons utilisées il ne nous a pas été possible de révéler une différence de leur pouvoir pathogène. Ae. ventricosa n°11, Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33 et Roazon sont très peu touchées par les deux souches. Pourtant des différences morphologiques existent entre les deux souches quant à leur couleur, leur formation de mycéliums et la production de la pigmentation dans le milieu. Ces observations confirment celles de OORT (1936), de GLYNNE (1953), de LANGE-DE LA CAMP (1966b) et de DIERCKS (1965). Bien que les souches R/81 et L/81 ne varient pas en virulence, des différences en culture et en agressivité ont été cependant observées. Des résultats similaires sont obtenus par CUNNINGHAM (1965) et DAVIES et al. (1970). La réaction de lignée Ae. squarrosa n° 15 confirme que les souches R/81 et L/81 possèdent le même type de pouvoir pathogène, c'est-à-dire, le "W-type" selon la définition fournie par LANGE-DE LA CAMP (1966b) et SCOTT et al. (1975). Les caractères morphologiques des colonies des deux souches sur milieu artificiel confirment ce classement, car les colonies des souches de "R-type" ont des fronts de croissance très irréguliers, peu de mycéliums aériens et une croissance très lente (2 à 4 cm de diamètre pour une colonie de 4 semaines) (SCOTT et al. (1975)).

De nombreuses espèces de Triticinées sont susceptibles de produire des pigments anthocyaniques (VAN BRAGT et al. (1967)). On s'est demandé s'il n'y avait pas une relation entre la présence de ces pigments dans les coléoptiles et la résistance du Blé à certaines mala-

dies. En effet, la résistance des Blés d'Ethiopie à Puccinia graminis est liée à la possibilité de synthétiser des anthocyanes (ECOCHARD (1963)). Bien que cela n'ait pas été parfaitement démontré, certains chercheurs ont signalé qu'il pourrait exister une relation analogue avec la résistance au Piétin-verse (DEFOSSE et al. (1969) ; DOUSSINAULT et al. (1974)). Toutefois, nos résultats ne permettent pas de confirmer une telle hypothèse.

Certes, les anthocyanes inhibent dans certains cas le développement de certains microorganismes, mais d'autres fois, elles n'ont pas d'effet inhibiteur (YARWOOD et al. (1969) ; DION et al. (1944) ; RIEMAN (1931)). Ces résultats contradictoires peuvent s'expliquer par le fait que les organismes font la biosynthèse d'anthocyanes de types différents qui pourraient présenter des réactions diverses selon les parasites. Il serait sans doute intéressant d'approfondir ce problème pour préciser les réactions hôte-parasite.

Jusqu'à présent, nous n'avons que très peu de données expérimentales précises concernant la pénétration du C. herpotrichoïdes dans les végétaux parasités. Néanmoins, il a été démontré que, dans la nature, ce sont les conidies qui semblent être les agents infectieux (PONCHET (1959)). Nos observations, sur des plantules inoculées et placées dans des conditions semblables à celles qui règnent dans la nature, montrent que la germination des conidies débute 48 heures après l'inoculation sur les variétés sensibles (T. speltoïdes et T. monococcum) ; tandis que sur une variété résistante comme Roazon, la germination a lieu seulement après 96 heures. La pénétration a lieu entre le 11ème et le

15ème jour après l'inoculation sur les variétés sensibles et entre le 21ème et le 30ème jour sur les variétés résistantes. Bien que la période entre la germination des conidies et la pénétration semble très longue, nos observations nous permettent de constater que T. speltoïdes et T. monococcum sont les hôtes les plus rapidement envahis. Sur la variété Roazon, la pénétration est beaucoup plus difficile. La plante oppose une résistance remarquable à la pénétration : il faut attendre plus de 21 jours pour obtenir quelques pénétrations. Nos résultats sur la longueur de la période entre la germination des conidies et la pénétration, ne corroborent pas ceux de DEFOSSE (1966) qui a observé que la pénétration commence 48 heures après l'inoculation sur la variété de froment "Filby". Cette différence de temps de pénétration observée pourrait s'expliquer pour deux raisons :

- premièrement, on ne connaît pas la sensibilité de la variété "Filby" utilisée par DEFOSSE (1966). Cette variété peut être beaucoup plus sensible que celle que nous avons utilisée.

- deuxièmement, la pénétration est peut-être moins rapide à une température constante de 10°C que si celle-ci varie de 8 à 15°C (DEFOSSE (1966)).

La virulence du parasite est remarquable. Plusieurs tubes germinatifs naissent à partir d'une seule conidie et évoluent en mycélium très agressif qui produit souvent les appressoriums et ainsi, multiplient les points de pénétration à la surface de l'épiderme. Malgré l'examen de nombreuses préparations, nous n'avons jamais observé de pénétration ayant eu lieu par la voie des stomates comme l'observe le plus souvent

VIENNOT (1949) .La diffusion du colorant aux points de la pénétration présente un aspect un peu différent selon les hôtes utilisés. Sur les variétés T. speltoïdes et T. monococcum, le colorant se répand d'une façon diffuse dans les cellules épidermiques tandis que sur la variété Roazon, la diffusion du colorant est limitée. Cette différence dans le phénomène de diffusion du colorant pourrait s'expliquer par la perméabilité plus élevée des cellules envahies chez les variétés T. speltoïdes et T. monococcum que chez la variété Roazon, ou bien, par le fait que la pénétration du parasite s'accompagne d'une action enzymatique qui altère plus ou moins l'épiderme des hôtes selon leur sensibilité. Nos observations nous permettent de classer la variété Roazon comme étant plus résistante que les variétés T. speltoïdes et T. monococcum.

Nos études sur le parasitisme montrent des différences notables entre les variétés sensibles et résistantes. L'infection chez les jeunes plantules âgées de 9 semaines appartenant à la variété Roazon est toujours moins étendue qu'avec la variété Etoile de Choisy .

L'examen de coupes transversales pratiquées au niveau des taches ocellées nous permet de suivre l'évolution du parasite au travers des différentes gaines. Chez la variété Etoile de Choisy les 1ère, 2ème et 3ème gaines et chez la variété Roazon , les 1ère et 2ème gaines sont envahies par un nombre important d'hyphes qui suivent dans tous les sens indifféremment un parcours intercellulaire ou intracellulaire. Comme dans d'autres cas d'infections fongiques de végétaux supérieurs (CAPORALI et al. (1979)), l'attaque du C. herpotrichoïdes provoque des

réactions cellulaires chez les hôtes. Les parois cellulaires de l'hôte sont dissoutes au contact des hyphes mycéliens. Ce phénomène de dissolution des parois semble résulter d'une lyse enzymatique des parois provoquée par le champignon. On remarque également que le développement du parasite se poursuit par la dégradation du cytoplasme. Ces observations sont en accord avec celles de GUILLOT et al. (1981) et de KAMEL (1979). En effet, la croissance du parasite s'accompagne essentiellement de la digestion du cytoplasme de la cellule-hôte, de ce fait, on observe des espaces vides dans les zones cellulaires. Chez la variété sensible 'Etoile de Choisy', dans laquelle la prolifération des hyphes est très rapide, on observe la formation d'une grande quantité d'amas mycéliens dispersés dans les zones tissulaires détruites. Ces amas mycéliens peuvent naturellement se trouver dans des espaces vides. Dans la variété 'Roazon', moins sensible, la prolifération des hyphes est lente. Il est donc normal que les amas mycéliens soient absents et que les espaces restent vides dans les zones tissulaires dégradées. Enfin, il semble bien que cette dégradation du cytoplasme serait due à la sécrétion de produits toxiques par le parasite. Par ailleurs, chez la variété 'Etoile de Choisy', on observe des hyphes filamenteux ainsi que des hyphes courts ; les premiers ne se rencontrent pas chez la variété 'Roazon'. Il est probable que la nature des hyphes produits dépende du degré de résistance des tissus à la maladie. Toutefois, dans les gaines de la variété 'Etoile de Choisy', les hyphes du type court sont très abondants tandis que ces hyphes le sont moins chez la variété 'Roazon'. Il semble donc que dans le cas de la variété 'Roazon',

des réactions fongitoxiques de l'hôte puissent, dans une certaine mesure, limiter le développement du parasite. Les différentes modalités d'infection entre les variétés Etoile de Choisy et Roazon traduisent vraisemblablement la différence de sensibilité des deux hôtes.

La lignée Ae. ventricosa n° 11 a des réactions totalement différentes. Au lieu de véritables taches ocellées, nous avons observé des petits points bruns, très superficiels à la base de la gaine foliaire la plus externe. L'examen de coupes transversales montre que la pénétration du champignon reste limitée dans les couches cellulaires les plus extérieures de la 1ère gaine. Les hyphes courts, rencontrés à l'intérieur de ces couches cellulaires, sont très rares et dilatés. Les formations mycéliennes trouvées au niveau des cellules épidermiques de la 1ère gaine offrent aussi, une structure dilatée et dégénéréscente. Ces phénomènes de dilatation et de dégradation des structures fongiques pourraient s'expliquer par la production d'enzymes fongitoxiques synthétisées par les tissus résistants.

Les cellules-hôtes directement en contact avec des structures fongiques sont également dégénérées. La dilation complète de leur paroi se poursuit par leur éclatement ; tandis qu'aucune anomalie structurale n'a été observée chez les autres cellules de la gaine qui ne sont pas en contact avec le champignon. Ceci laisse supposer que les cellules-hôtes infectées au cours de leur destruction, sous l'effet du produit toxique secrété par le parasite, libèrent à leur tour des enzymes fongitoxiques qui détruisent le parasite. Il semble donc que la réaction fongitoxique des tissus des gaines d'Ae. ventricosa n° 11 limite ainsi le développement du C. herpotrichoides.

C O N C L U S I O N

L'étude de la sensibilité de 16 variétés (ou lignées) de Triticinées à C. herpotrichoïdes montre que, quelle que soit la souche du champignon utilisée, l'importance des attaques sur les plantules est beaucoup plus marquée chez T. speltaïdes n° 30, T. araraticum n° 77111, T. urartu n° 7796, T. timophoevi n° 805 et Etoile de Choisy que chez Ae. ventricosa n° 11, Ae. squarrosa n° 15, Ae. squarrosa n° 33 et Roazon. Ae. ventricosa n° 11 est nettement la plus résistante de toutes les variétés ou lignées utilisées. Parmi les Triticum étudiés, c'est Roazon qui a montré la moindre sensibilité. Des différents croisements entre Roazon et variétés sensibles, le croisement "Roazon x T. timophoevi" s'est avéré le plus résistant. Il semble donc que la résistance au Piétin-verse de la variété Roazon puisse être utilisée pour améliorer celle de variétés sensibles, d'où l'importance de la variété Roazon comme géniteur de la résistance.

En ce qui concerne la longueur et le poids sec du système racinaire des plantules, il n'y a pas de différence significative entre les plantules inoculées et les témoins ; par contre, on observe une augmentation du poids sec de la partie aérienne des plantules inoculées.

Le mode de développement (précocité de montée) des différentes variétés de Blé, ne semble pas avoir d'influence importante sur la résistance au Piétin-verse.

L'étude de deux souches de C. herpotrichoïdes a mis en évidence certaines variations dans leur :

- 1) pouvoir pathogène : les souches R/81 et L/81 ont la même virulence, mais elles diffèrent par leur agressivité. Il semble que ces deux souches

possèdent le même type de pouvoir pathogène.

- 2) morphologie des colonies : les colonies de la souche R/81 passent avec l'âge, du beige au gris-verdâtre puis, au gris-foncé. Elles ont une marge régulière et forment en vieillissant des stries au centre. Par contre, les souches L/81 sont plus ou moins duveteuses avec une marge mal délimitée. De gris-fumé, elles deviennent marron avec l'âge et pigmentent le milieu de culture.
- 3) vitesse de croissance : la différence de la vitesse de croissance entre les deux souches n'est pas importante ; toutefois, celle de la souche L/81 est légèrement inférieure à celle de R/81 au cours des trois premières semaines.

Nous avons constaté qu'il n'y a pas de relation entre la pigmentation anthocyanique des coléoptiles de Blé et leur résistance au Piétin-verse. De plus, les anthocyanes n'ont pas d'effet inhibiteur sur la croissance de C. herpotrichoides en milieu artificiel.

L'étude du mode d'infection montre qu'à 10°C, la germination des conidies de C. herpotrichoides sur l'épiderme des variétés sensibles (T. speltaoides n° 30 et T. monococcum n° 7551) débute 48 heures après l'inoculation. Au 8ème jour, on observe la formation d'appressoriums sur le trajet du mycélium issu de la conidie et à partir de ces appressoriums la pénétration a lieu 15 jours après l'inoculation. La pénétration est directe et s'accompagne d'une diffusion du colorant bleu coton dans

les cellules épidermiques. Chez la variété résistante Roazon, l'évolution est plus lente ; la germination des conidies nécessite 96 heures et la formation des appressoriums se fait après 15 jours d'inoculation. La pénétration débute 30 jours après l'inoculation avec une réaction pariétale. La diffusion du colorant est plus accentuée aux endroits de pénétration sur Roazon que sur T. speltoïdes n° 30 et T. monococcum n° 7551.

Les observations macroscopique et microscopique mettent en évidence des différences importantes entre les variétés sensibles et résistantes au cours de la pathogénèse. Les taches développées à la base de la tige sont, selon la sensibilité de l'hôte, différentes par leur taille, leur couleur et leur profondeur. Les mycéliums intercellulaires ou intracellulaires se présentent à la fois sous forme filamenteuse, plus ou moins dilatés, à paroi fine, ou en articles courts, denses ou pluricellulaires chez la variété sensible. Par contre, chez la variété résistante, on n'observe que la forme en articles courts. La maladie atteint rapidement l'ensemble des tissus des trois premières gaines chez la variété Etoile de Choisy et seulement les deux premières gaines dans la variété Roazon. Les tissus de ces deux variétés sont progressivement détruits au contact des hyphes de C. herpotrichoïdes ; mais ces hyphes semblent rester intacts. Toutefois, chez Etoile de Choisy les hyphes se développent abondamment, alors que chez Roazon ce phénomène reste assez limité. Dans la lignée Ae. ventricosa n° 11, très résistante, le parasite pénètre rarement dans les couches cellulaires les plus externes de la première gaine foliaire. Ces cellules-

hôtes envahies sont détruites par le champignon mais, en même temps, les mycéliums dégénèrent et se dilatent à leur tour. Les tissus d'Ae. ventricosa n° 11 semblent donc le siège d'une forte réaction fongitoxique.

B I B L I O G R A P H I E

1. ANONYME. 1960. Staining Procedures.
The Williams and Wilkins Company, Baltimore,
N.Y., U.S.A., 289 p.
2. ASEN, S. 1961. Anthocyanins in Flower of Salvia splendens cultivars
Violet Flame.
Amer. Soc. Horti. Sci., 78, 586-592.
3. BARNETT, H.L. 1960. Illustrated Genera of Imperfect fungi.
Burgess Publishing Company, Minncapolis, p. 72-73.
4. BAWDEN, F.C. 1951. Cereal foot and root rots.
Roth. Expt. Sta. Rept., p. 85-87.
5. BAWDEN, F.C. 1953. Cereal foot and root rots.
Roth. Expt. Sta. Rept., p. 94-95.
6. BOCKIAN, A.H., KEPNER, R.E., WEBB, A.D. 1955. Skin pigments
of the Cabernet Sauvignon grapes.
J. Agr. Food chem., 3 : 695.
7. BOCKMANN, H. 1951. Über die Halmbbruchkrankheit des Weizens und
ihren Erreger Cercospora herpotrichoides Fron.
Phytopathol. Z., 17 : 293-304.
8. BOCKMANN, H. 1953. Untersuchungen über die Anfälligkeit verschiede-
ner Weizensorten gegen die Halmbbruchkrankheit des getreides.
Z. Pflanzenzücht., 32 : 361-372.
9. BOCKMANN, H. 1962a. Künstliche Freilandinfektionen mit den Erregern
der Fuss- und Ährenkrankheiten des weizens I.
Nachr. Bl. dt. Pflanzenschutzdienst, Stuttg., 14 : 153-158.

10. BOCKMANN, H. 1962b. Fruchtforge und Fusskrankheitsgefahr beim Weizen.
Sonderdruck Praxis und Forschung, 14, Jg. N°2.
11. BOCKMANN, H. 1963. Künstliche Freilandinfektionen mit den Erregern der Fuss- und Ährenkrankheiten des Weizens III. Die Sehadensanalyse.
Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 15 : 135-139.
12. BOJARCZUK, J. 1968. Studies on Resistance of Rye varieties to stem break (Cercospora herpotrichoides Fron.).
Hodowla Roslin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 12 (6) : 645-656.
13. BOJARCZUK, J. 1970. Badania nad odpornością ozimej na łamliwość źdźbła (Cercospora herpotrichoides Fron.). Część II. Odporność odmian. Wpływ porażenia na plon i elementy jego struktury.
Hodowla Roslin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 14 : 405-426.
14. BOJARCZUK, J., BOJARCZUK, M. 1972. Evaluation of new rye varieties and strains with regard to their susceptibility to eyespot (Cercospora herpotrichoides Fron.).
Biuletyn Instytutu Hodowli, 1 : 67-71.
15. BOJARCZUK, J., BOJARCZUK, M. 1974. Współdziałanie odmian Pszenicy ze szczepami grzyba Cercospora herpotrichoides Fron.
Hodowla Roslin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 18 (5) : 313-326.
16. BOJARCZUK, J., BOJARCZUK, M. 1978. Biotic properties of the Cercospora herpotrichoides Fron. fungus in connection with the investigation of resistance of cereals to foot rot and with other control methods of the disease.
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 198 : 91-109.

17. BRUEHL, G.W., CUNFER, B. 1972. Control of Cercospora Footrot of wheat by Benomyl.
Plant Dis. Repr., 56 (1) : 20-23.
18. BRUEHL, G.W., MANANDHAR, J.B. 1972. Some water relations of Cercospora herpotrichoides.
Plant Dis. Repr. 56 (7) : 594-596.
19. BRUEHL, G.W., NELSON, W.L. 1964. Technique for mass inoculations of winter wheat in the field with Cercospora herpotrichoides.
Plant Dis. Repr., 48 (11) : 863-865.
20. BRUEHL, G.W., NELSON, W.L., KOEHLER, F., VOGEL, O.A. 1968. Experiments with Cercospora foot rot (Straw breaker) disease of winter wheat.
Bull. Wash. agric. Expt. Stn., N° 694.
21. BRUEHL, G.W., PETERSON, C.J.Jr., MACHTMES, R. 1974. Influence of seeding date, resistance and benomyl on Cercospora footrot of winterwheat.
Plant Dis. Repr., 58 (6) : 554-558.
22. CAPORALI, L., CUREY, M.N. 1979. Sur la pénétration et le développement du Phytophthora infestans (Mont.) De Bary. dans des tiges du Solanum tuberosum.
Acad. Sci., Paris, Série D, 288 : 1175-1178.
23. CHANG, E.P., TYLER, L.J. 1964. Sporulation by Cercospora herpotrichoides on Artificial Media.
Phytopath., 54 : 729-735.
24. CHEZ, D. 1974. Etude préliminaire sur les attaques de Piétin-verse au Quebec.
Phytoprotection, 55 (1) : 38-42.

25. CLEMENTS, E.E., SHEAR, C.L. 1931. The genera of fungi.
H.W. Wilson, New York, 498 p.
26. CORNU, A., PAVNOT, M. 1969. Hérité et analyse chromatographique
de la pigmentation anthocyanique des fleurs et bractées
de Salvia horminum L.
Ann. Amélior. Plantes, 19 (1) : 5-13.
27. CUNNINGHAM, P.C. 1965. Cercospora herpotrichoides Fron. on gra-
minaceous hosts in Ireland.
Nature, 207 : 1414-1415.
28. CUNNINGHAM, P.C. 1968. Host specificity of isolates of Cercospora-
herpotrichoides.
Plant Sciences and Crop Husbandry Division, Dublin, Res.
Rept. for 1967 : 92-93.
29. CUNNINGHAM, P.C. 1971. Cercospora herpotrichoides in relation
to various graminaceous host.
Plant Sciences and Crop Husbandry Division, Dublin, Res.
Rept. for 1970 : 43-44.
30. DAVIES, J.M.L., GARETH, J.D. 1970. The response of seven barley
varieties to inoculation in the field with different isolates
of Cercospora herpotrichoides Fron.
J. Agric. Sci., 74 : 391-396.
31. DEFOSSE, L. 1963. Essais de lutte chimique contre le Piétin-verse
(Cercospora herpotrichoides Fron.) avec le chlorure de
méthoxyéthylmercure : efficacité du traitement en fonction
de l'évolution pathologique.
Communication présentée à l'A.E.R.Z.A.P., Gembloux, p. 116-124.

32. DEFOSSE, L. 1966. Les premiers stades de l'infection du Cercospora herpotrichoïdes Fron. sur Froment, Orge, Seigle et Avoine.
Bull. Rech. Agron., Gembloux, 1 (4) : 561-569.
33. DEFOSSE, L. 1967. Etude, en conditions expérimentales, des facteurs qui régissent l'inoculation et l'infection du froment par Cercospora herpotrichoïdes Fron.
Bull. Rech. Agron., Gembloux, 2 (1) : 38-51.
34. DEFOSSE, L. 1970. Essais de lutte chimique contre le Piétin-verse (Cercospora herpotrichoïdes Fron.) avec un fongicide systémique.
Parasitica, 26 (1) : 4-14.
35. DEFOSSE, L. 1971. Recherches histo-chimiques sur la pénétration du Cercospora herpotrichoïdes Fron. dans les gaines foliaires des céréales.
Phytopathol. Z., 70 : 1-10.
36. DEFOSSE, L., DEKEGEL, D. 1974. Pénétration de Cercospora herpotrichoïdes Fron. (Pseudocercospora herpotrichoïdes Fron. Deighton) dans le coléoptile du froment (Triticum vulgare) observée en microscopie électronique.
Ann. Phytopathol., 6 (4) : 471-474.
37. DEFOSSE, L., RIXHON, L. 1968. Influence d'une série de précédents culturaux sur les piétins des froments.
Parasitica, 24 : 107-120.
38. DEFOSSE, L., VANDAM, J. 1968. La sensibilité du genre Triticum au Cercospora herpotrichoïdes Fron. I. Sensibilité des principales espèces.
Bull. Rech. Agron. Gembloux, 3 (1) : 36-54.

39. DEFOSSE, L., VANDAM, J. 1969. La sensibilité du genre Triticum au Cercospora herpotrichoides Fron.
II : 1) Sélection d'espèces moins sensibles.
2) Résultats d'une hybridation interspécifique
T. aethiopicum x T. vulgare (Jufy).
Bull. Rech. Agron., Gembloux, 4 (3-4) : 411-419.
40. DEIBNER, L., BOURZEIX, M. 1963. Sur l'extraction des composés polyphénoliques colorés des vins rouges à l'aide de l'acétate de plomb.
Ann. Technol. Agric., 12 : 287-312.
41. DELIBES, A., DOSBA, F., DOUSSINAULT, G., GARCIAOLMEDO, F., SANCHEZ-MONGE, R. 1977. Resistance to Eyespot (Cercospora herpotrichoides) and Distribution of Biochemical Markers in Hexaploid Lines Derive from a Double Cross (Triticum turgidum x Aegilops ventricosa) x T. aestivum.
Proc. 8th EUCARPIA Congress, Madrid, p. 91-97.
42. DESTROUX, L. 1946. Recherches sur le piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.)
Parasitica, 11 (1) : 1-13.
43. DESTROUX, L. 1964. Méthode pratique d'inoculation du piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.).
Parasitica, 2 : 86-88.
44. DICKENS, L.E. 1964. Eyespot foot rot of winter wheat caused by Cercospora herpotrichoides.
Memoir 390, Cornell Univ. Agri. Expt. Stn., New York State College of Agriculture, Ithaca, New York, 39 p.

45. DIERCKS, R. 1965. Die Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des getreides (Cercospora herpotrichoides) unter besonderer Berücksichtigung chemischer Verfahren.
Bayer. landw. Jb., 42 (4) : 135.
46. DIERCKS, R. 1966. Die meteorologischen grenzen bei voraussage einer Halmbruchepest.
Z. Pflanzenkrankh und Pflanzensch., 73, 117-136.
47. DION, W.M., LORD 1944. A comparison of the toxicity of certain dyestuffs to the conidia of Fusarium culmorum.
Ann. Appl. Biol., p. 221-231.
48. DOSBA, F., DOUSSINAULT, G. 1977. Introduction into wheat of the Resistance to Eyespot in Aegilops ventricosa.
Proc. 8th EUCARPIA Congress, Madrid, p. 99-107.
49. DOSBA, F., DOUSSINAULT, G. 1978. Création de lignées de blé présentant les caractéristiques agronomiques favorables d'Aegilops ventricosa.
Ann. Amélior. Plantes, 28 (1) : 27-44.
50. DOUSSINAULT, G. 1970. Problèmes posés par l'amélioration de la résistance du blé tendre vis-à-vis du Piétin-verse, Cercospora herpotrichoides Fron.
Ann. Amélior. Plantes, 20 (4) : 433-452.
51. DOUSSINAULT, G. 1972. La Résistance Génétique : cas du Piétin-verse.
Phytiatrie-Phytopharmacie, N° spécial, p. 131-140.

52. DOUSSINAULT, G. 1973. Comportement de 12 variétés de blé tendre vis-à-vis du Piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.). Conséquences pour la sélection. Ann. Amélior. Plantes, 23 (4) : 333-346.
53. DOUSSINAULT, G. (communication personnelle). Nature et variabilité des interactions hôte-parasite dans le cas des Triticinées et du Piétin-verse.
54. DOUSSINAULT, G., DOSBA, F. 1977. An investigation into increasing the variability for resistance to Eyespot in wheat. Z. Pflanzenzüchtg., 79 : 122-133.
55. DOUSSINAULT, G. DOUAIRE, G. 1978. Analyse d'un croisement diallèle chez le Blé tendre pour l'étude de la résistance au Piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.). Ann. Amélior. Plantes, 28 (5) : 479-491.
56. DOUSSINAULT, G., KOLLER, J. TOUVIN, H., DOSBA, F. 1974. Utilisation des géniteurs VPM₁ dans l'amélioration de l'état sanitaire du blé tendre. Ann. Amélior. Plantes, 24 (3) : 215-241.
57. DOUSSINAULT, G., RUEL, P. 1970. Effets des attaques de Piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.) sur quelques composantes du rendement chez le Blé tendre. Sciences Agronomiques, Rennes, p. 6.
58. ECOCHARD, R. 1963. Caractéristiques génétiques de certains Triticum d'Ethiopie résistants à C. herpotrichoides et à P. graminis. Ann. Amélior. Plantes, 13 (1) : 5-25.

59. EVANS, M.E., RAWLINSON, C.J. 1975. A method for inoculating wheat with Cercospora herpotrichoides.
Ann. Appl. Biol., 80 : 339-341.
60. FEHRMANN, H., MENDGEN, K. 1975. Ultrastruktur von weizenkoleoptillzellen nach Infektion mit Cercospora herpotrichoides.
Phytopathol. Z., 83 (3) : 267-280.
61. FEHRMANN, H., SCHRÖDTER, H. 1971. Ökologische Untersuchungen Zur Epidemiologie von Cercospora herpotrichoides.
I. Die jahreszeitliche Abhängigkeit von Weizeninfektionen in Freiland.
Phytopathol. Z., 71 : 62-82.
62. FEHRMANN, H., SCHRÖDTER, H. 1972. Ökologische Untersuchungen Zur Epidemiologie von Cercospora herpotrichoides.
IV. Erarbeitung eines praxisnahen verfahrens Zur Bekämpfung der Halmbrechkrankheit des Weizens mit systemischen Fungiziden.
Phytopathol. Z., 74 (2) : 161-174.
63. FERNANDEZ, J.A., DURAN, R., SCHAFER, J.F. 1978. Histopathological Aspects of Dwarf Bunt Resistance in Wheat.
Phytopath., 68 : 1417-1421.
64. FOEX, E. 1918. Observations sur le piétin du blé.
Ann. Epiphy., 6 : 200-213.
65. FOEX, E., ROSELLA, E. 1930. Recherche sur le piétin.
Ann. Epiphy., 16 : 51-82.
66. FOEX, E., ROSELLA, E. 1931. Quelques observations sur le piétin des céréales.
Rev. Path. Vég. et d'Ent. Agr., 20 : 172-187.

67. FRANCIS, F.J., HARBORNE, J.B. 1966. Anthocyanins and Flavonol glycosides of Magnolia Flowers.
Amer. Soc. Horti. Sci., 89 : 657-665.
68. FRON, G. 1912. Contribution à l'étude de la maladie du pied noir des céréales ou maladie du Piétin.
Ann. Sci. Agri. française et étrangère, 1 : 3.
69. FULEKI, T., FRANCIS, F.J. 1968. Quantitative methods for Anthocyanins. 3. Purification of Cranberry Anthocyanins.
J. Food Sci., 33 : 266-274.
70. GAUDINEAU, A., GUYOT, A.L. 1925. De quelques facteurs qui influencent le développement de la maladie du Piétin du blé.
Rev. Pathol. végét., 12 (4) : 1-26.
71. GERARD, C. 1977-78. Cercospora herpotrichoïdes : développement du Piétin-verse ; possibilité de Prévision.
Mémoire présenté à l'Agricole d'Arras, 10 p.
72. GINDRAT, D., VEZ, A. 1973. La lutte contre le piétin-verse des céréales. I. Connaissance du parasite et possibilités de lutte chimique.
Rev. suisse d'Agri., 5 (2) : 39-44.
73. GLYNNE, M.D. 1944. Eyespot, Cercospora herpotrichoïdes Fron. and lodging of wheat.
Ann. Appl. Biol., 31 : 377-378.
74. GLYNNE, M.D. 1945. Eyespot of wheat and barley.
Gr. Brit. Minist. Agr. Adv. Leaf, 321 : 4.
75. GLYNNE, M.D. 1946. Eyespot of wheat and barley in Scotland in 1944.
Ann. Appl. Biol., 33 : 35-39.

76. GLYNNE, M.D. 1952. Production of spores by Cercospora herpotrichoides.
Trans. Brit. Mycol. Soc., 36 : 46-51.
77. GLYNNE, M.D. 1957. Eyespot and take-all of wheat and barley.
Agric. Rev., 2 : 10-15.
78. GLYNNE, M.D., DION, W.M., WEIL, J.W. 1945. The effect of eyespot (Cercospora herpotrichoides Fron.) on wheat and the influence of nitrogen on the disease.
Ann. Appl. Biol., 32 : 297-303.
79. GUILLOT, S., DOUSSINAULT, G. 1981. Nature des interactions hôte-parasite lors de l'infection par Cercospora herpotrichoides Fron. de diverses lignées de Triticinées sensibles et résistantes. I. Etude ultrastructurale des tissus au cours de la pathogenèse.
Agronomie, 1 (4) : 277-288.
80. GUYOT, A.L. 1932. De l'évolution du Piétin des céréales en rapport avec certains facteurs météorologiques.
Rev. Pathol. végét., 19 (6-7) 215-228.
81. HANSEN, F. 1958. Anatomische Untersuchungen über Eindringen und Ausbreitung von Tilletia-Arten in Getreidepflanzen in Abhängigkeit vom Entwicklungszustand der Wirtspflanze.
Phytopathol. Z., 34 : 169-208.
82. HANSSLER, G. 1973a. Zur Bildung pektolytischer und cellulolytischer Enzyme durch Cercospora herpotrichoides Fron. I. Voraussetzungen der Enzymproduktion in einer Nährlösung.
Phytopathol. Z., 77 : 1-19.

83. HANSSLER, G. 1973b. Zur Bildung pektolytischer und cellulolytischer Enzyme durch Cercospora herpotrichoides Fron.
II. Charakterisierung der pektolytischer Enzyme sowie mazerierende Fähigkeiten der Kulturfiltrate.
Phytopathol. Z., 77 : 138-156.
84. HANSSLER, G. 1973c. Zur Bildung pektolytischer und cellulolytischer Enzyme durch Cercospora herpotrichoides Fron.
III. Cellulolytische Enzyme.
Phytopathol. Z., 77 : 198-208.
85. HANSSLER, G., MENKE, G., GROSSMAN, F. 1971. Production of pectolytic and cellulolytic enzyme by Cercospora herpotrichoides Fron.
Experientia, 27 : 1022.
86. HARBORNE, J.B. 1958. Spectral methods of characterizing Anthocyanins.
Biochem. J., 70 : 22-28.
87. HEALD, F.D. 1924. Foot rot of wheat.
Wash. Agr. Expt. Stn. Bull., 187 : 71.
88. HUBER, D.M., MULANAX, M.W. 1972. Benomyl rates and application time for wheat footrot control.
Plant Dis. Repr., 56 (4) : 342-344.
89. JAHIER, J. 1978. Etude des relations hôtes-parasites, aux stades plantule et adulte chez les Triticinées, dans le cas de Cercospora herpotrichoides Fron., agent du Piétin-verse.
Thèse présentée devant l'Ecole nationale Supérieure agronomique de Rennes, 76 p.
90. JOHANSEN, D.A. 1940. Plant Microtechnique.
Mc Grw-Hill Book Company, Inc., N.Y., U.S.A., 523 p.

91. JOHNSON, R., WOLFE, M.S. 1966. Pathology Diseases of Wheat.
Plant Breed. Inst., Cambridge, Annual Rept., p. 109-113.
92. JONES, D.G., DAVIES, J.M.L. 1969. A comparison of field inoculation methods with Cercospora herpotrichoides Fron. on spring barley.
J. Agric. Sci., 73 : 437-444.
93. JORGENSEN, J. 1964a. Some observations on the effect of temperature on the sporulation of Cercospora herpotrichoides Fron.
Acta. Agri. Scandinavica, 14 (2-3) : 126-128.
94. JORGENSEN, J. 1964b. Investigations on loss in yield due to attack by Cercospora herpotrichoides Fron. in field experiments with winter wheat.
Acta. Agri. Scandinavica, 14 (1) : 11-20
95. KAMEL, Y. 1979. Observations histologiques et cytologiques sur le parasitisme du Cercospora herpotrichoides Fron.
Mémoire présenté pour obtenir le Diplôme d'Etudes Approfondies de Biologie Végétale, 23 p.
96. KIEWNICK, L. 1964. Bekämpfung der Halmbrechkrankheit des Winter Weizens.
Mitt. der D.L.G. Sonderdruck auf Heft, 2.
97. KIMBER, G. 1967. The incorporation of the resistance of Aegilops ventricosa to Cercospora herpotrichoides into Triticum aestivum.
J. Agric. Sci., 68 : 373-376.
98. LANGE-DE LA CAMP, M. 1959. Gewächshausinfektionen mit Cercospora herpotrichoides Fron.
Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 41 (3) : 294-304.

99. LANGE-DE LA CAMP, M. 1960. Die durch Cercospora herpotrichoides Fron. hervorgerufenen Schäden.
Albrecht-Thaer-Arch., 4 : 91-119.
100. LANGE-DE LA CAMP, M. 1966. Die Wirkungsweise von Cercospora herpotrichoides Fron. dem Erreger der Halmbrechkrankheit des Getreides. II. Aggressivität des Erregers.
Phytopathol. Z., 56 : 155-190.
101. LANGERON, M. 1949. Précis de microscopie.
Masson et Cie, Paris, 1430 p.
102. LARGE, E.C. 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the Feckes scale.
Plant Pathol., 3 : 128-129.
103. LAROSE, E., VANDERWALLE, R. 1935. Les maladies du pied chez le froment.
Rapports et comptes rendus des Journées nationales pour la protection sanitaire des plantes cultivées.
104. LECLERC, C. 1979. Etude des relations hôtes-parasites, aux stades plantule et adulte, chez les Triticinées, dans le cas de Cercospora herpotrichoides Fron., agent du Piétin-verse.
Mémoire présenté à l'Institut Supérieur agricole de Beauvais.
105. LIAO, F.W.H., LUH, B.S. 1970. Anthocyanin Pigments in Tinto Cao grapes.
J. Food Sci., 35 : 41-46.
106. LUPTON, F.G.H., MACER, R.C.F. 1955. Winter wheats resistant to eyespot.
Agriculture, 62 : 52-56.

107. MACER, R.C.F. 1966. Resistance to eyespot disease (Cercospora herpotrichoides Fron.) determined by a seedling test in some forms of Triticum, Aegilops, Secale and Hordeum.
J. Agric. Sci., 67 : 389-396.
108. MAIA, N. 1967. Obtention de Blés tendres résistants au Piétin-verse par croisement interspécifique Blés x Aegilops.
C. R. Acad. Agric., 53 (2) : 149-154.
109. MANGIN, L. 1899. Sur le piétin ou la maladie du pied du blé.
Bull. Soc. mycol. France.
110. MASQUELIER, J. 1958. The bactericidal action of certain phenolics of grapes and wines.
Symposium on the Pharmacology of Plant Phenolics, Academic Press Ltd, London.
111. McKINNEY, H.H. 1925. Foot rot diseases of wheat in America.
U.S.D.A. Bull., 1347 : 40
112. MIELKE, H. 1970. Befallstoleranz und Halmbruchresistenz verschiedener weizensortengegen Cercospora herpotrichoides Fron.
Z. Pflanzenzüchtung, 64 : 248-288.
113. MORTON, J.B., MATHRE, D.E. and JOHNSTON, R.H. 1980. Relation between foliar symptoms and systemic advance of Cephalosporium gramineum during winter wheat development.
Phytopath., 70 : 802-807.
114. OBST, V.A., KRUMREY, G., HOYOS, F.G., KLOSE, A., KLEIN, E., HEUSER, H. 1973. Zur gezielten Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des Weizens (Cercospora herpotrichoides) mit benomyl.
Sonderdruck aus "Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch",
50 (1) : 105-112.

115. OORT, A.J.P. 1936. De oogvlekkenziekte van de granen veroorzaakt door Cercospora herpotrichoides Fron.
Tijdschrift over Plantenziekten, 42 : 179-234.
116. PETERSEN, V.H.I., CHRISTENSEN, B.D. 1968. Ophiotheca graminis Sacc. og Cercospora herpotrichoides Fron. Undersogelse over Svampenes levetid pa celluloscholdigt materiale nedgravet i forskellige dybder.
T. Planteavl., 71 : 534-537.
117. PLUCHET 1878. Sur l'état de la récolte du Blé et sur la maladie du Piétin.
Bull. Centr. Agr., France, 38 : 368.
118. PONCHET, J. 1958. La prévision des épidémies du Piétin-verse, Cercospora herpotrichoides Fron.
Phytiatrie-Phytopharm., 7 : 133-144.
119. PONCHET, J. 1959. La maladie du Piétin-verse des céréales : Cercospora herpotrichoides Fron., importance agronomique, biologie et épiphytologie.
Ann. Epiphy., 1 : 45-98.
120. POWERS, J.J., SOMAATMADJA, D., PRATT, D.E., HAMDY, M.K. 1960. Anthocyanin. II. Action of Anthocyanin Pigments and Related Compounds on the Growth of Certain Microorganisms.
Food Technology, 14 (12) : 626-632.
121. PRATT, D.E., POWERS, J.J., SOMAATMADJA, D. 1960. Anthocyanin. I. The influence of strawberry and grape anthocyanins on the growth of Certain bacteria.
Food Res., 25 : 26.

122. PREW, R.D., McINTOSH, A.H. 1975. Effects of Benomyl and Other Fungicides on Take-all, Eyespot and Sharp Eyespot Diseases of Winter Wheat.
Plant Path., 24 : 67-71.
123. RASSEL, A. 1974. Observation en microscopie électronique de cellules mycéliennes de Cercospora herpotrichoides Fron. dans les cellules de gaines foliaires de froment.
Ann. Phytopathol., 6 (1) : 25-34.
124. RIEMAN, G.M. 1931. Genetic factors for pigmentation in the Onion and their relation to disease resistance.
J. Agric. Res., 42 : 251-278.
125. ROWE, R.C., POWELSON, R.L. 1973. Epidemiology of Cercospora foot rot of wheat : spore production.
Phytopath., 63 (8) : 981-984.
126. SCHULZ, V. 1970. Angreb af fodsyrge (Cercospora herpotrichoides Fron. Og Ophiobolus graminis Sacc.) Ved forskellige satider, sa-og Kvaelstofmaengder i vinterrug og vinterhvede.
T. Planteavl., 74 (5) : 412-418.
127. SCOTT, P.R. 1971. The effect of temperature on eyespot (Cercospora herpotrichoides) in wheat seedlings.
Ann. Appl. Biol., 68 : 169-277.
128. SCOTT, P.R., DEFOSSE, L., VANDAM, J., DOUSSINAULT, G. 1976. Infection of lines of Triticum, Secale, Aegilops and Hordeum by isolates of Cercospora herpotrichoides.
Trans. Brit. Mycol. Soc., 66 (2) : 205-210.
129. SCOTT, P.R., HOLLINS, T.W. 1974. Effect of eyespot on the yield of winter wheat.
Ann. Appl. Biol., 78 : 269-279.

130. SCOTT, P.R., HOLLINS, T.W., MUIR, P. 1975. Pathogenicity of Cercospora herpotrichoides to wheat, Barley, Oats and Rye.
Trans. Brit. Mycol. Soc., 65 (3) : 529-539.
131. SIMONET, M. 1952. Sur l'étude méiotique des hybrides d'Aegilops ventricosa avec des Triticum tetraploïdes et de leurs trihybrides Ae. ventricosa x Tr. durum et Ae. ventricosa x Tr. dicoccum avec Triticum vulgare.
Ann. Amélior. Plantes, 2 : 175-188.
132. S'JACOB, J.C. 1966. Verslagen van literatuuronderzoek op het gebied der graanziekten ten dienste van de veredeling. II. Oogvlekkenziekte (Voetziekte) (Cercospora herpotrichoides Fron.) van tarwe.
Wegeningen : Stichting Nederlands Graan-Centrum.
133. SOMAATMADJA, D. and POWERS, J.J. 1963. Anthocyanins.
IV. Anthocyanin Pigments of Cabernet Sauvignon Grapes.
J. Food Sci., 28 (6) : 617-622.
134. SOSNOVA, V. and ULRYCHOVA, M. 1972. Tobacco Mosaic Virus Reproduction in Plants with an Increased Anthocyanin Content Induced by Phosphorus Deficiency.
Biologica Plantarum, 14 (2) : 133-139.
135. SPRAGUE, R. 1931. Cercospora herpotrichoides Fron., the cause of the Columbia Basin footrot of winter wheat.
Science, 74 : 51-53.
136. SPRAGUE, R. 1934a. The association of Cercospora herpotrichoides with the Festuca consociation.
Phytopath., 24 : 669-679.

137. SPRAGUE, R. 1934b. *Cercospora* foot rot of winter grains in the Pacific north-west.
Bureau of Plant Industry, U.S.A.
138. SPRAGUE, R. 1936. Relative susceptibility of certain species of Gramineae to *Cercospora herpotrichoides*.
J. Agr. Res., 53 : 659-670.
139. SPRAGUE, R. 1937a. Undescribed species of *Cercospora* and *Cercospora* on certain grasses in Oregon and Washington.
Mycologia, 29 : 199-206.
140. SPRAGUE, R. 1937b. Influence of climatological factors in the development of *Cercospora* foot rot of winter wheat.
U.S.D.A. Cir., 431 : 40.
141. SPRAGUE, R., FELLOWS, H. 1934. *Cercospora* Foot rot of Winter Cereals.
Tech. Bull. n° 428, U.S. Dept of Agri. p. 1-24.
142. ULRYCHOVA, M., BRCAK, J. 1967. Hemmwirkung der Anthozyane auf die Vermehrung des Tabakmosaikvirus.
Phytopathol. Z., 58 : 87-91.
143. VAN BRAGT, J., BROUWER, J.B., ZEVEN, A.C. 1967. The colour of the coleoptile of wheat. 1. Anthocyanins of the coleoptiles of some Triticinae.
Wheat Information Service, 25 : 2-3.
144. VANDAM, J., DEFOSSE, L. 1974. Observations sur la sensibilité d'une collection d'*Aegilops* sp. à *Cercospora herpotrichoides* Fron., agent du Piétin-verse.
Parasitica, 30 (2) : 58-62.

145. VANDERSPEK, J., MAENHOUT, C.A., TENHAG, B.A. 1974. Foot rot of wheat in the Netherlands and the chemical control of Eyespot.
Tenschappen Gent., 39 (2) : 925-933.
146. VASSILEV, A. 1972. Attack of basal rot (Cercospora herpotrichoides) on wheat grown in monoculture and its effect on the quality of produce.
Plant Sci., 9 (2) : 103-109.
147. VEZ, A. 1968. Examen de l'influence de la date de semis et de l'application de C.C.C. sur un froment en "repiage".
Agric. Rom., 7 : 2-3.
148. VEZ, A. 1969. Examen de divers types de rotation sur l'état sanitaire et les rendements du blé.
Rev. Suisse Agric., 1 : 38-41.
149. VEZ, A., GINDRAT, D. 1973. La lutte contre le piétin-verse (Cercospora herpotrichoides Fron.). II. Par mesures culturales et sélection.
Rev. Suisse Agric., 3 : 71-75.
150. VIENNOT, B. 1949. Les champignons parasites des plantes cultivées.
Masson et Cie, Paris, Tome II, 1471 p.
151. VINCENT, A., PONCHET, J., KOLLER, J. 1952. Recherche de variétés de blés tendres peu sensibles au Piétin-verse. Résultats préliminaires.
Ann. Amélior. Plantes, 2 : 459-472.
152. VOGEL, O.A., CRADDOCK, J.C., MUIR, C.E., EVERSON, E.H., ROHDE, C.R. 1956. Semidwarf growth habit in winter wheat improvement for the Pacific North-West.
Agron. J., 48 : 76-78.

153. WANN, E.V., THOMPSON, A.E. 1965. Anthocyanin pigments in Asparagus.
Amer. Soc. Horti. Sci., 87 : 270-273.
154. WITCHALLS, J.T., CLOSE, R. 1971. Control of Eyespot Lodging in Wheat by Benomyl.
Plant Dis. Repr., 55 (1) : 45-47.
155. WOOLMAN, H.M. 1930. Infection phenomena and host reactions caused by Tilletia tritici in susceptible and non-susceptible varieties of wheat.
Phytopath., 20 : 637-652.
156. YARWOOD, C.E., HATIRO, I., BATRA, K.K. 1969. Heat-Induced Anthocyanin Polysaccharide and Transpiration.
Phytopath., 59 : 596-602.