

Observations sur les piétins des céréales en Suisse romande

Autor(en): **Défago, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **52 (1942)**

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36056>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Observations sur les piétins des céréales en Suisse romande.

Par G. Défago.

Station fédérale d'essais et de contrôle de semences, Lausanne (Mont Calme).
Manuscrit reçu le 4 août 1941.

Plan.	Page
I. Introduction	6
II. Causes des maladies du pied des céréales	7
A. Agents principaux des piétins	9
1. <i>Ophiobolus graminis</i> Sacc. agent principal des taches ou ronds de piétin et du piétin échaudage	9
a) Effets, répartition géographique, importance	9
b) Caractères morphologiques et systématiques	10
c) Biologie	13
d) Agressivité et virulence	15
e) Facteurs agissant sur le parasitisme d' <i>Ophiobolus graminis</i>	15
2. <i>Cercospora herpotrichoides</i> Fron, agent principal du piétin-verse et aussi d'un piétin échaudage	18
a) Actions sur les céréales	18
b) Répartition et importance pour la Suisse romande	19
c) Caractères morphologiques	19
d) Biologie	20
e) Réceptivité des différentes céréales et graminées	22
f) Influence des agents extérieurs sur le cours du piétin à <i>Cercospora herpotrichoides</i>	22
3. Quelques <i>Fusarium</i> agents principaux de la fonte des semis et d'un échaudage diffus	23
a) Fonte des semis d'orge, de blé, de seigle, de maïs, etc.	23
b) Piétin diffus	24
c) Espèces isolées en Suisse romande	25
B. Agents secondaires des maladies du pied des céréales	27
1. <i>Leptosphaeria culmifraga</i> (Fr.) Ces. et de Not.	27
2. <i>Leptosphaeria herpotrichoides</i> de Not.	27
3. <i>Wojnowicia graminis</i> (Mc Alp.) Sacc.	27
4. <i>Pleospora infectiora</i> Fuck.	28
5. <i>Pleospora herbarum</i> (Pers.) Rabh.	28
6. <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn (= <i>Corticium vagum</i> B. et Br.)	28
7. <i>Colletotrichum atramentarium</i> (B. et Br.) Taub.	29
8. <i>Dictyosporium opacum</i> Cooke et Hark.	29
9. <i>Lophodermium tritici</i> (Roum.) Tehon.	29
C. Agents encore peu connus des maladies du pied des céréales	29
1. <i>Ophiobolus herpotrichus</i> (Fr.) Sacc.	29
2. <i>Pythium</i>	31
3. <i>Sclerotium</i>	32

	Page
III. Comment lutter contre les maladies du pied des céréales	33
1. Rotation judicieuse des cultures	33
2. Fumures	34
3. Façons culturales	35
a) Labours	35
b) Hersage	36
c) Roulage	36
d) Epoque et profondeur des semis	36
e) Déchaumage	36
f) Brûlage des chaumes	37
4. Destruction des mauvaises herbes	37
5. Drainage	37
6. Sélection et choix des variétés	37
7. Lutte biologique	38
8. Moyens directs de lutte	39
IV. Résumé	41
V. Publications citées	43

I. Introduction.

Lors d'un cours de pathologie végétale donné en 1935 aux ingénieurs agronomes et maîtres d'agriculture, M. le Prof. Dr A. Volkart (1936, p. 754) constata non sans regret « qu'une étude systématique sur le piétin des céréales n'avait jamais été entreprise en Suisse. On sait seulement, disait-il, par des observations occasionnelles qu'*Ophiobolus* et *Leptosphaeria* se trouvent chez nous aussi, sur les plantes malades. »

Une telle lacune menace de nuire à l'effort intense qu'accomplit actuellement l'agriculteur pour assurer le pain quotidien de chacun. On peut craindre, en effet, que les dégâts dus aux piétins s'aggravent au cours des années prochaines, soit par la nécessité de semer plusieurs fois du blé sur le même champ ou bien d'ensemencer des terres nouvelles souvent peu favorables, soit aussi à cause du manque de connaissances exactes.

Nous espérons donc accomplir œuvre utile en résumant les observations et les expériences faites depuis notre entrée à la Station fédérale de Mont Calme (décembre 1934). Les recherches purement scientifiques, but éventuel d'autres publications, ne seront que sommairement exposées. Il importe surtout pour le moment de renseigner les agronomes et les agriculteurs sur les causes, les modalités et les remèdes des maladies s'attaquant chez nous au pied des céréales ainsi que sur les travaux importants parus à l'étranger.

Sans l'appui financier de la Fondation suisse pour le développement de l'économie nationale au moyen de recherches scientifiques et du Fonds du Jubilé de l'Ecole polytechnique fédérale, il nous serait absolument impossible de poursuivre l'étude des piétins. Nous expri-

mons toute notre gratitude à M. le Prof. Dr. E. G ä u m a n n , Zurich, aux membres des deux comités, à M. le Directeur G. B o l e n s , à nos dévoués collaborateurs MM. J.-P. C h a v a n , ing. agr., et Dr R. G a s s e r. Nous gardons un souvenir reconnaissant à M. le Directeur Et. F o ë x , Versailles, pour l'extrême amabilité avec laquelle il nous reçut à la Station centrale de pathologie végétale de France et nous initia à sa longue pratique de lutte contre le piétin.

II. Causes des maladies du pied des céréales.

Notions préliminaires. Les maladies attaquant les céréales à leur base sont multiples, bien que confondues sous le terme général de piétin, dont le sens exact n'est même pas encore établi. Les premiers agronomes qui s'en occupèrent pratiquement furent, en 1878, les membres de la Société nationale d'agriculture de France, parmi lesquels siégeait P a s t e u r. A lire leurs discussions (P l u c h e t , 1878) et le résumé de leur importante enquête, on s'aperçoit qu'ils connaissaient admirablement le côté pratique de ces maladies, mais en ignoraient complètement les causes. P l u c h e t décrit tantôt une pourriture noirâtre de la base des tiges, tantôt une verse anormale, comme si « un troupeau de volailles avait passé à travers les blés ». Les doctes membres s'inquiétaient à la même époque du piétin des moutons (fièvre aphteuse ?) qui rongeaient les pieds de ces animaux. Il semble donc bien que le premier sens du mot piétin fut celui de *maladie du pied* comme l'écrivaient tous les auteurs d'alors. Plus tard, M a n g i n (1899) pensa que ce nom vient de l'aspect des champs atteints (comme piétinés), acception qui nous paraît moins naturelle.

Quoi qu'il en soit, P r i l l i e u x et D e l a c r o i x prouvèrent, en 1890 déjà, qu'*Ophiobolus graminis* cause un piétin échaudage en tuant les chaumes à leur pied. M a n g i n (1899) considérait *Leptosphaeria herpotrichoides* comme plus nuisible. D'après lui, ce champignon provoquait la verse parasitaire des blés, dont l'agent causal véritable : *Cercospora herpotrichoides*, fut découvert en 1912 par F r o n.

Le long travail d'analyse qui s'est effectué dans les différents pays nous apprend que plusieurs dizaines de champignons peuvent vivre aux dépens du pied des céréales. Les uns se comportent en parasites semi-obligatoires, d'autres en parasites de faiblesse. Les uns et les autres concourent à détruire la plante vivante et à la rendre à la terre. Les premiers commencent la besogne que leur ravissent bientôt les seconds. Ainsi s'engage entre ces champignons une vraie lutte pour la vie. On ne saurait bien comprendre les maladies qu'ils produisent sans concevoir comme un tout, « un équilibre biologique » (G a r r e t , 1939 b) le sol où fourmillent une foule de microorganismes saprophytes et quelques

parasites, où la plante puise ses aliments et supporte, immobile, les fluctuations du climat ainsi que l'attaque de multiples agents extérieurs.

En Suisse, les piétins des céréales n'ont pas suscité jusqu'ici beaucoup d'intérêt scientifique. Ils ne semblaient pas connus de la Société économique de Berne, qui s'occupa si tôt de la carie du blé. D'après les observations annuelles contenues dans les Mémoires, il paraît probable que les piétins provoquent certaines mauvaises récoltes de blé signalées au siècle dernier. De nos jours, ces maladies sont très répandues dans les champs de céréales; elles détruisent parfois des emblavures entières (1935—1936), tandis qu'elles passent presque inaperçues certaines années (1938—1939). L'importance de leurs dégâts dépend non seulement de l'agressivité des microorganismes, mais étroitement des conditions climatiques, de la nature et fertilité des terres ainsi que des pratiques culturales.

Méthodes de travail. Pour les recherches que nous poursuivons, le matériel d'étude est soit récolté dans les champs, soit envoyé par les agriculteurs eux-mêmes. Certaines emblavures atteintes de piétins sont tenues sous contrôle durant toute leur croissance jusqu'à la moisson. Enfin, une vue générale est acquise chaque année grâce aux visites de cultures effectuées chez les sélectionneurs. Lorsque les plantes attaquées portent des fructifications, il est relativement aisé d'en isoler le champignon parasite. Mais, au début des infections, on ne trouve que des filaments dans les tissus brunis. Les isolements sont alors rendus plus difficiles. Malgré les stérilisations superficielles, on ne sait pas toujours si l'organisme isolé correspond vraiment à celui qui provoque les symptômes observés. Un premier et difficile travail consiste d'abord à déterminer l'espèce de microorganisme. Souvent, on ne le peut qu'après des années ou même pas du tout; certains mycélium restent, en effet, stériles, ou bien ne trouvent pas de nom dans les traités systématiques trop anciens.

Supposé au moins le genre connu, il reste encore à savoir si l'organisme en question produit vraiment la maladie observée. Pour résoudre cette inconnue, nous procédons de trois manières: Nous faisons d'abord croître aseptiquement le champignon sur gélose de Knop dans de grands tubes et nous y plantons un grain stérilisé. Ainsi, nous pouvons voir si le champignon est capable ou non d'attaquer les jeunes céréales dans des conditions qui lui sont quasi optimales. Nous voyons aussi comment et par où l'attaque se fait.

En second lieu, le champignon est mis à croître dans des flacons contenant de la paille hachée, humide et stérile. Lorsque cette paille est recouverte de mycélium, elle est mélangée, dans des pots, à de la terre préalablement désinfectée par la vapeur d'eau. Des semences également désinfectées y sont ensuite plantées et mises en observation. D'après les symptômes, on peut non seulement juger du parasitisme, mais on a également un moyen de reconnaître les maladies dans les champs.

Enfin, des infections massives sur de petites parcelles en pleine campagne permettent de connaître l'action des parasites dans des conditions naturelles. La grosse difficulté de ces derniers essais provient de l'impossibilité d'agir dans des terres ordinaires avec un seul champignon. Pour deux essais faits à Monthey (Valais) et un troisième à Marcellin, nous nous sommes contenté de noter l'influence des engrais et des désinfectants sur l'action globale des microorganismes et sur la vitalité des céréales cultivées.

A. Agents principaux des piétins.

Dans cette catégorie, nous rangeons les parasites qui, en Suisse romande, se sont révélés capables d'attaquer les céréales saines, soit aux racines, soit au collet, d'en provoquer le dépérissement et d'occasionner ainsi une perte de récolte importante.

1. *Ophiobolus graminis* Sacc. agent principal des taches ou ronds de piétin et du piétin échaudage.

a) Effets, répartition géographique, importance.

La présence de cet Ascomycète se signale peu après la fonte des neiges par un jaunissement prématuré des gaines et des deux premières feuilles. Si l'hiver et le printemps sont pluvieux, les plantes les plus atteintes périssent à fin mai ou début de juin, un peu avant l'épiage. A ce moment, les dégâts deviennent visibles pour les observateurs les moins avertis. Des places vides « taches ou ronds de piétin » apparaissent dans les froments. On n'y voit bientôt que de rares chaumes, courts et chétifs; les autres jaunissent de plus en plus et meurent. Dans le reste du champ, le blé semble en outre clairsemé, car de nombreuses talles ont péri avant de fleurir. Ce n'est pas tout. Une partie des tiges principales se dessèchent brusquement aux premières chaleurs de juillet. Leurs épis restent droits, blanchâtres; leurs grains sont mal nourris, légers, « échaudés », d'où le nom de *piétin échaudage*. Ces tiges apparemment saines ont été attaquées plus tardivement par *Ophiobolus graminis* qui en a pourtant tué les racines et encerclé petit à petit le collet.

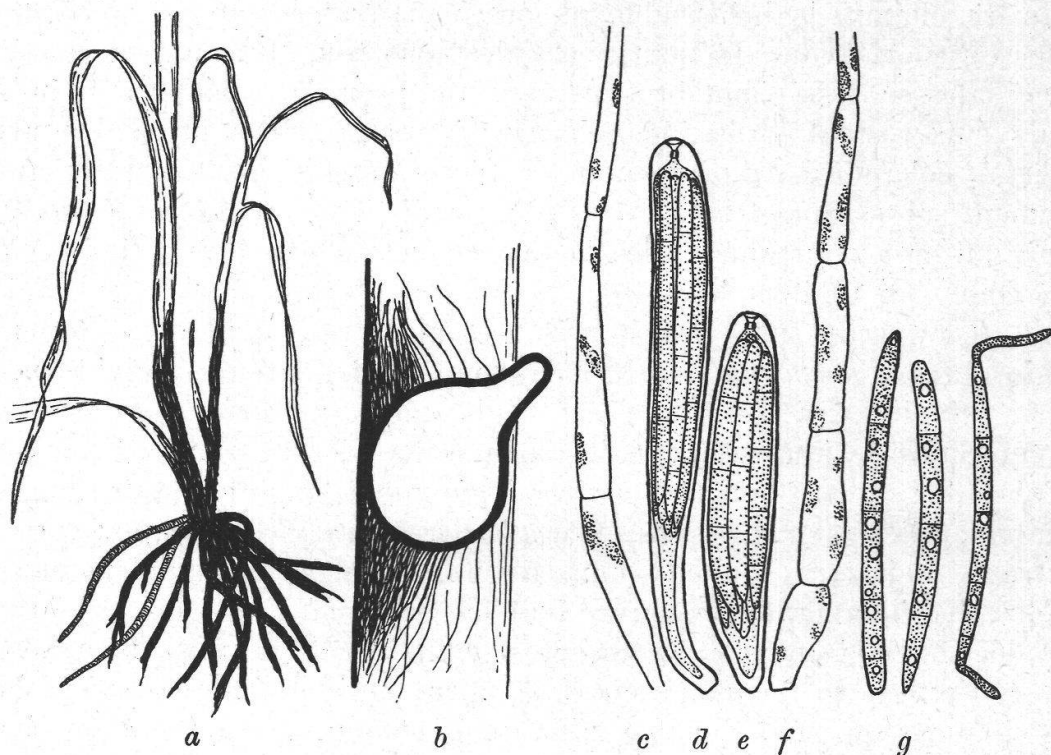
Dans les régions humides, les plantes mortes sont assez rapidement recouvertes par des moisissures noirâtres, banales (*Alternaria*, *Cladosporium herbarum*, etc.). Beaucoup d'agriculteurs croient reconnaître les piétins à ce signe. C'est évidemment une erreur, comme celle de confondre le jaunissement dû aux piétins avec la rouille. Le mal gît au pied des tiges. On n'a qu'à tirer légèrement sur elles pour s'en convaincre : Elles viennent sans effort, car leurs racines sont pourries. Un feutrage noirâtre, souvent nauséabond, formé principalement des hyphes du champignon, recouvre leur base jusqu'à 2—3 cm. de hauteur. Les dégâts produits par des insectes (courtilières, taupins, mouches de Hesse, tipules) se reconnaissent facilement en examinant aussi la base des chaumes qui sont dans ce cas rongés et non pas tués par un champignon.

Ophiobolus graminis est sans conteste le plus nocif, le plus répandu, donc le principal agent des piétins en Suisse romande. Nous l'avons trouvé dans la majeure partie des champs, depuis l'extrémité du Valais (Viège) au Jura bernois (Courtételle). La station la plus élevée et la plus excentrique que nous ayons observée jusqu'ici, se trouve en dessus de Châble (Valais) à 850 m.

Les dégâts occasionnés varient suivant les années : faibles en 1940 et 1939, moyens en 1938 et 1937, ils ont été élevés en 1936 et 1935. Ils varient aussi suivant les terrains. Certains sols alcalins, légers et perméables (Vallée du Rhône, Pied du Jura) sont si propices à ce microorganisme qu'il est même aléatoire d'y semer deux années consécutives du blé sur le même champ. Dans les fortes terres (Genève), on voit par contre des agriculteurs faire revenir le blé trois ou quatre fois sur la même surface, sans gros inconvénients.

b) Caractères morphologiques et systématiques.

Ophiobolus graminis forme, sur les racines de céréales, d'abord des filaments bruns parallèles, souvent réunis en faisceaux, puis, des plaques noirâtres dont la structure assez typique a été décrite en détail par Foëx et Rosella (1930). Lorsque la plante est épuisée par les hyphes intra-cellulaires fins et incolores, le champignon entoure la base du chaume d'un feutrage noirâtre (pied noir) (fig. 1 a), particulièrement dense au niveau du sol, entre la gaine et la tige. C'est là qu'il produit ses organes de fructification ou périthèces (fig. 1 b), corpuscules noirs.



R. Gasser et G. D. ad nat. del.

Fig. 1.

Ophiobolus graminis Sacc. (échantillons de Charrat et de Versailles).

a) plante atteinte avec talle tuée portant des périthèces.

b) périthèce (45 X), dans la gaine d'un chaume.

c, f) pseudoparaphyses (500 X).

d, e) Asques (500 X).

g) Ascospores (500 X), celle de droite germant.

ovoïdes, partiellement lisses et munis d'un col dirigé généralement vers la lumière, donc en haut. Quelques périthèces arrivent à maturité en mai déjà, mais le plus grand nombre mûrissent chez nous de juillet à décembre. Durant ces mois, on les récolte souvent en masse, si les conditions climatiques ont été propices. Les périthèces d'un échantillon cueilli à Châble (Valais), le 18.7.1940, mesurent $386,4 \mu$ de hauteur (270—450) et $358,8 \mu$ de largeur (270—450). La longueur de leurs cols atteint $119,6 \mu$ (90—210).

Selon Jones (1926), le périthèce débute par un hyphe de « Woronin » visible très tôt sur les gaines parmi les filaments ordinaires. Cet hyphe produit des ascogones avec trichogyne avorté. Aucune fécondation préalable n'a lieu. Les hyphes ascogènes se développeraient par pseudogamie, soit par fusion de deux ou plusieurs cellules végétatives. La fusion nucléaire n'aurait lieu que dans les asques, ces derniers naissant de n'importe quelle cellule binucléaire des hyphes ascogènes. L'archicarpe est entouré très tôt de filaments stériles formant d'abord un paraplectenchyme, puis une paroi avec les rudiments d'un col. Par suite de l'élargissement du conceptacle, le tissu interne se rompt longitudinalement en colonnes de cellules, produisant donc des pseudoparaphyses et non de vraies paraphyses comme indiqué généralement.

La coloration des asques au diamant-fuchsine permet d'en voir certains détails insuffisamment décrits jusqu'ici. La membrane devient d'abord plus nettement perceptible. On remarque que certains asques ont un pédicelle très long (fig. 1 d); d'autres appartenant au même périthèce sont très courts et correspondent à peu près aux dessins incomplets de Foëx et Rosella (1930). Cette variabilité de la longueur du pédicelle provoque évidemment une grosse variation de la longueur des asques (tab. 1).

Tableau 1.

Dimensions des asques de quelques échantillons d'*Ophiobolus graminis* (en μ , n = 50).

Matériel cueilli à	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Châble, 18.7.40	60—121	$94,5 \pm 17,8$	11—15	$14,0 \pm 0,77$
Charrat, 31.7.39	80—126	$112,9 \pm 12,2$	10—14	$12,6 \pm 0,82$
Echandens, 22.9.36 . . .	59—109	$82,0 \pm 14,1$	10—15	$13,2 \pm 0,97$
Granges, 17.7.35	64—116	$89,6 \pm 11,4$	10—14	$12,3 \pm 0,71$
Senarclens, 7.35	80—102	$84,0 \pm 9,5$	10—14	$12,4 \pm 0,81$
Versailles, 9.35	63—108	$91,0 \pm 10,1$	11—16	$13,6 \pm 1,00$

Le colorant rend aussi très visible au sommet de l'asque (fig. 1, d et e) un pore creusé comme un entonnoir et muni d'un anneau réfringent, semblable à celui des Diaporthacées. Jones (1926), qui eut peine à bien colorer ce pore, en donne un dessin ne correspondant pas

à ce que nous observons. Il pense en outre que le canal est trop étroit pour livrer passage aux ascospores et que celles-ci doivent être mises en liberté par rupture de la paroi de l'asque, comme l'observa M a n g i n (1899). Une telle rupture se constate, en effet, après 20 minutes déjà, lorsqu'on place les asques directement dans l'eau. Dans l'air sec, en revanche, les ascospores sont projetées par centaines (S a m u e l et G a r r e t, 1933). Cette propulsion ne s'explique guère sans une action de l'anneau réfringent et peut-être de la pellicule interne, comme on le sait pour plusieurs *Pleospora* et *Leptosphaeria* (cf. G ä u m a n n, 1926, p. 133).

Les ascospores sont généralement plus minces à une extrémité qu'à l'autre, ce qui doit jouer aussi un rôle dans la propulsion indiquée ci-dessus. Elles possèdent des gouttelettes d'huile et une à sept cloisons; trois ou cinq sont les nombres les plus fréquents chez nos échantillons. Ces cloisons ne deviennent bien visibles qu'à maturité complète ou lors de la germination. Les variations de la longueur des ascospores sont également grandes (tab. 2).

Tableau 2.

Dimensions des ascospores de quelques échantillons d'*Ophiobolus graminis* (en μ , n = 50).

Matériel cueilli à	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Châble, 18.7.40	67— 98	$81,2 \pm 6,8$	3,0—4,5	$4,0 \pm 0,33$
Charrat, 31.7.39	63— 95	$83,6 \pm 6,2$	2,5—4,0	$3,5 \pm 0,47$
Echandens, 22.9.36 . . .	65—105	$82,5 \pm 8,2$	3,0—5,0	$4,2 \pm 0,44$
Granges, 17.7.35	67— 95	$79,1 \pm 6,7$	2,5—4,5	$3,6 \pm 0,35$
Senarclens, 7.35	51— 83	$68,7 \pm 7,0$	3,0—5,0	$4,2 \pm 0,35$
Versailles, 9.35	62— 88	$77,0 \pm 6,0$	3,0—4,5	$4,0 \pm 0,45$

La germination des ascospores s'effectue d'ordinaire selon le mode normal : un tube sort soit à l'une des extrémités de la spore, soit aux deux, ou plus rarement à partir de l'un des segments. A Versailles, la souche que nous avons apportée de Senarclens (Vaud) nous a donné non pas des filaments, mais de petites spores ($7-10 \times 1-1,5 \mu$) telles que les vit M a n g i n (1899). Nous croyons qu'il s'agit là de simples conidies comme en produisent de nombreux Ascomycètes. On ne sait pas à quoi attribuer cette formation. On ignore aussi pourquoi les ascospores, ainsi que nous l'avons constaté, germent facilement en février, mars et juillet, mais difficilement en automne. J o n e s (l. c.) signale également chez *Ophiobolus graminis* l'existence de « spermaties » ($5-7 \times 1-1,5 \mu$) sans fonction, produites dans de petits conceptacles (« spermogones »). Même si ces spores appartiennent à *Ophiobolus graminis*, ce qui reste à prouver, elles ne sont probablement que des microconidies ainsi que l'explique G ä u m a n n (1940, p. 491—492).

Après 60 années de recherches, souvent très approfondies, la forme imparfaite principale d'*Ophiobolus graminis* reste encore complètement inconnue. Même la position systématique de cette espèce n'est pas encore stabilisée. G ä u m a n n (1940, p. 472) estime, vu les résultats contradictoires obtenus par K i r b y (1922), D a v i s (1925), J o n e s (l. c.), que le genre *Ophiobolus*, et avec lui l'espèce collective *Ophiobolus graminis*, se compose d'un mélange de *Pseudosphaeriales* et de vraies *Sphaeriales* apparentées à *Gnomonia*. Tous les échantillons d'*Ophiobolus graminis* examinés nous paraissent appartenir aux *Sphaeriales*, car ils ont un vrai col, une paroi et un « nucleus » semblables à ceux des Diaporthées (v. H ö h n e l). Ils contiennent tous, à ce qu'il nous semble, non pas des paraphyses, mais des pseudoparaphyses; à parois minces et dépourvues d'extrémité supérieure véritable (fig. 1 c, f).

c) Biologie.

Sur gélose à pommes de terre, *Ophiobolus graminis* produit ordinairement un mycélium gris-souris. Au microscope, ses filaments principaux sont bruns, souvent unis en faisceaux parallèles comme sur l'hôte. Ils deviennent ainsi visibles à l'œil nu, donnant aux cultures un aspect strié.

La comparaison d'isolements monospores montre que ce champignon comprend plusieurs races biologiques distinctes. Dix isolements du Bas Valais (région de Monthey à Vouvry) exhibent à peu près la même teinte grise que les mycélium provenant du Valais central ou allemand (Charrat, Granges, Finges) ainsi que du Pied du Jura (Orbe). Une souche isolée de matériel cueilli à Sedeilles dans la Broye a, par contre, un mycélium plus jaune que gris, tandis qu'une souche d'Echandens paraît blanc-crème. Dans les essais en pots, elles se sont pourtant montrées toutes deux virulentes et ont produit des périthèces ordinaires. La souche Dijon obligeamment donnée par M. F o ë x présente l'aspect habituel grisâtre; celle de S p r a g u e (U. S. A.) forme au contraire de nombreuses touffes de mycélium aérien blanchâtre.

La connaissance de cette fragmentation biologique revêt une grande importance. Elle seule permet de comprendre le vrai rôle d'*Ophiobolus graminis* et d'expliquer certaines contradictions entre résultats d'auteurs sérieux. K i r b y (1922) travailla, par exemple, avec des races exigeant pour croître un pH élevé (8 à 9), tandis que les souches de D a v i s (1925) croissaient le mieux à un pH de 6,8 à 7,4. L'action des ions H et OH sur la croissance dépend, par ailleurs, beaucoup de la nature du milieu nutritif.

F o ë x et R o s e l l a (1930) ont obtenu facilement des périthèces sur gélose aux flocons d'avoine. D a v i s (1925), puis R u s s e l (1934) et B u s s m a n n (1936) ont prouvé que la lumière, bien que retardant la croissance, est nécessaire aussi à la production du stade parfait.

C'est probablement pour cette raison que les conceptacles sexuels sont localisés au niveau du sol, à la base des chaumes. Les souches que nous avons isolées se sont montrées peu fertiles, ne fructifiant presque jamais in vitro. Elles ne sont pourtant nullement hétérothalliques car, dans les essais en pots, elles donnent de nombreux périthèces. D'ailleurs, Davis (1925, p. 806) opérant avec la souche soi-disant hétérothallique de Kirby, a prouvé qu'elle est, de fait, homothallique. Padwick (1939), White (1939) arrivent à la même conclusion.

La température met aussi en relief l'existence des races d'*Ophiobolus graminis*. Les unes ont leur optimum à 19° C, d'autres à 24° C, d'autres enfin à 26—27° C (cf. de Laar, 1931; Russel, l. c.; Krebs, 1933; Padwick, 1936, b). D'une manière générale, cette espèce ne semble guère capable de croître en dessous de 0°, ni en dessus de 36° C. En culture, son mycélium grandit le plus vite entre 20 et 25° C.

Padwick (1936, a) estime qu'une substance contenue dans les carottes, active la croissance d'*Ophiobolus graminis*. En solution synthétique à base de sels minéraux ordinaires et d'asparagine, l'aneurine n'a montré aucune action visible. Le pH (5,3) gênait beaucoup la croissance. Sur gélose longuement lavée, le mycélium prospéra aussi vite sans ou avec B₁. La nappe fut, toutefois, un peu plus épaisse dans les cultures contenant cette vitamine.

Dans le sol, le champignon ne peut persister qu'aux dépens de racines vivantes ou des restes de chaumes. Sa vie se résume (Garret, 1936) en une phase ascendante, soit sa période parasitaire, et une phase descendante, sa période saprophyte. Cette seconde phase débute avec la mort de la plante. Dès lors, ce parasite semi-obligatoire, n'étant plus à l'abri de son hôte (cf. Fischer et Gäumann, 1929) subit la compétition de toute la microflore souterraine pour laquelle les restes de chaumes sont désormais accessibles. Il devient peu à peu la proie des saprophytes et autres habitants souterrains qui utilisent ses réserves d'azote pour croître et décomposer la cellule (Garret, 1939 b). Dans une jachère sans plante vivante, mais dont la microflore est active, *Ophiobolus graminis* disparaît ainsi en quelques mois. Si, par contre, on laisse les chaumes se dessécher en surface, les grains repousser et les mauvaises herbes reverdir, le mycélium peut y persister fort longtemps et être transporté même à une certaine distance par les vents (Garret, 1939 b) ou par les machines agricoles (hermes, scarificateurs). Le rôle des ascospores dans la persistance du mycélium n'est pas clairement établi. Samuel et Garret (1933) avaient d'abord pensé que les ascospores se trouvent à l'origine des épidémies de piétin; puis Garret (1939 a) leur nia toute possibilité d'infecter des blés dans une terre ordinaire, non stérile. Nous ne pouvons partager entièrement cette opinion. Le fait constaté aussi par van de Laar (1931) que ces

spores germent mal en automne et beaucoup mieux au printemps, nous fait demander si elles ne seraient pas la cause directe des infections d'avril-mai. On peut très bien concevoir que les bises sèches de mars, jointes à l'action du soleil frappant sur les terres à peu près nues, effectuent une stérilisation partielle favorable au développement des ascospores d'*Ophiobolus graminis* et que les tubes germinaux trouvent dans l'eau hygroscopique souterraine tous les facteurs de croissance dont, selon P a d w i c k (1939), ils ont besoin.

d) Agressivité et virulence.

D'après un grand nombre d'essais exécutés même en plein champ (cf. F o ë x et R o s e l l a, 1934, R u s s e l, 1934, etc.), sur la base aussi de nos infections artificielles, nous pouvons affirmer qu'*Ophiobolus graminis* se comporte, non pas en parasite de faiblesse comme le dit N o a c k (1928, p. 645), mais bien en vrai parasite primaire capable d'attaquer toutes les variétés de blé d'automne et de printemps. L'épeautre, d'après un échantillon envoyé par M. le Dr R o o s, se montre susceptible. Les orges sont également très réceptives, bien qu'elles souffrent un peu moins que les blés. Le seigle fait preuve de plus de résistance. L'avoine enfin est pratiquement immune; certaines races peuvent toutefois l'attaquer (J o n e s, l. c., T u r n e r, E. M. 1940). On admet actuellement que les céréales se classent dans l'ordre suivant de réceptivité décroissante à *Ophiobolus graminis*: 1° Blés. 2° Orges. 3° Seigles. 4° Avoines.

Bien que toutes les variétés de blés soient réceptives, elles ne sont pas également sensibles. Les blés d'automne précoces sont plus gravement attaqués que les tardifs. Par contre, les variétés de printemps, très sensibles en soi, échappent souvent à l'infection grâce à leur croissance plus rapide. On n'a trouvé jusqu'ici aucun blé ayant un facteur de résistance à ce champignon. L'espoir de créer une variété réfractaire par sélection reste donc bien faible, en raison également des multiples races biologiques d'*Ophiobolus graminis*, dont les unes paraissent presque incapables d'attaquer une variété de blé et sont au contraire extrêmement actives sur une autre. Fait encore plus déconcertant, surtout pour les partisans d'un fixisme étroit, certaines souches selon R u s s e l (1939) changent de virulence au cours des années, d'autres la conservent égale et d'autres enfin la perdent complètement. La plupart de nos souches ont beaucoup diminué d'activité après quelques années de culture.

e) Facteurs agissant sur le parasitisme d'*Ophiobolus graminis*.

La gravité des dégâts de ce piétin dépend essentiellement de la rapidité avec laquelle les hyphes superficiels arrivent à monter des racines au collet de la plante. Tant que le parasite est encore cantonné

sur les extrémités des racines, la plante n'en souffre que peu, car les céréales ont l'importante faculté de former rapidement des racines secondaires suppléant à celles qui viennent d'être tuées. Mais, lorsque le parasite a atteint le collet et l'a entouré d'hyphes, il détruit les racines dès leur point d'insertion. Une sorte de course de vitesse se joue, dont dépend la vie du blé et du parasite. Comme, d'autre part, *Ophiobolus graminis* ne croît que lentement et que seuls les hyphes de surface lui permettent de progresser le long de son hôte (si on les coupe, les hyphes internes cessent de grandir), il subit fortement l'influence des facteurs extérieurs, notamment du sol et du climat.

Pour que la compétition puisse commencer, il faut évidemment que les racines de blé passent d'abord à proximité des restes de paille où végète le parasite. D'après *Fellows* et *Ficke* (1939), l'attaque d'*Ophiobolus graminis* ne serait fatale que si l'inoculum se trouve à 3 mm. au maximum de la semence (importance des labours profonds!). Lorsque l'infection débute à l'automne déjà, elle aboutit le plus souvent à la mort des céréales avant l'épiaison (ronds de piétin). Si elle commence tard au printemps, certains chaumes se dessèchent prématurément (échaudage); d'autres, suivant le terrain et les conditions climatiques, ne donnent presque aucun symptôme de maladie. Les causes de ces différences sont maintenant assez bien connues grâce surtout aux belles recherches de *Fellows* (1928, 1937), *Fellows* et *Ficke* et surtout de *Garret* (1934 à 1939).

D'après ces auteurs, l'accumulation dans le sol du gaz carbonique dégagé par la respiration des racines (surtout des malades) et du parasite constitue un poison pour les hyphes superficiels d'*Ophiobolus graminis*. Or, dans les sols acides et dans les sols compacts, cette accumulation est très grande; la progression du champignon le long des racines est fort ralentie. Les dégâts du piétin sont ainsi faibles, ce qui correspond bien aux observations de la pratique. Les terres alcalines, par contre, agissent comme accepteur du CO_2 et le réduisent en bicarbonate. Les terres trop aérées facilitent sa diffusion dans l'atmosphère. Il est frappant de constater que c'est justement dans les terres alcalines ou très légères (sables) qu'*Ophiobolus graminis* cause le plus de dégâts.

Sans doute, cette règle générale est modifiée maintes fois par d'autres agents (cf. *Winter*, 1940). L'un des principaux est l'antagonisme de la microflore souterraine, déjà cité plus avant. On connaît des sols où *Ophiobolus graminis* ne peut croître, car il y est digéré par divers saprophytes et bactéries qui envahissent les racines malades. Les plus importants compétiteurs semblent être selon *Lal* (1939) : *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma lignorum*, divers *Fusarium*, etc. Ces derniers, surtout *Fusarium culmorum* ainsi que *Mucor* sp. et *Penicillium* sp. (*Sadavisan*, 1939), pénètrent si rapidement dans les lésions cau-

sées par *Ophiobolus graminis* qu'après quelques semaines, il devient presque impossible d'en isoler à nouveau le parasite primaire. On n'obtient que des *Fusarium*. Pour cette raison, ces champignons ont été considérés, parfois à tort, surtout par des auteurs allemands, comme les seuls agents principaux du piétin. L'influence de la microflore souterraine est bien mise en évidence par une curieuse constatation : En terre stérilisée, l'optimum d'infection correspond à l'optimum de croissance d'*Ophiobolus graminis*, variant suivant les races de 20 à 25° C; en terre ordinaire, riche en saprophytes, l'action du parasite est d'autant plus réduite que la température est plus élevée; l'optimum d'infection descend à 10—15° C (Garret, 1936). Des conclusions importantes pour la pratique peuvent être tirées de la connaissance de l'antagonisme biologique. Une méthode de lutte est basée sur elle. L'ignorance de ce fait amène aussi des erreurs. Si l'on répand, par exemple, du nitrate de soude ou du sang desséché sur un champ atteint, on fournit aux microbes une source d'azote facile; ils attaquent moins fortement les hyphes d'*Ophiobolus graminis*, la maladie par conséquent s'aggrave.

L'humidité trop élevée du sol ne favorise pas directement le parasite, comme on se l'imagine. Parfois, elle ralentit même sa croissance en empêchant la libre diffusion du CO₂. Mais, la céréale en souffre encore plus que le champignon. Elle est souvent si affaiblie qu'elle succombe très vite. Les « ronds de piétin » correspondent, pour ce motif, fréquemment aux places « mouillantes ».

De tous les facteurs agissant sur la compétition pour la vie entre l'hôte et son parasite, la fertilité des terres est certainement le principal. La richesse en P, K et N ainsi que l'équilibre entre ces éléments conditionnent la vitesse de croissance de la plante, sa possibilité de former des racines secondaires et ainsi d'échapper aux parasites. Un déséquilibre, surtout en azote, la rend plus sensible. Les carences de quelques éléments oligodynamiques agissent aussi parfois comme causes prédisposantes. D'une manière générale, on peut dire que le piétin grave à *Ophiobolus graminis* est un indice de la pauvreté du sol ou de son épuisement par la succession des mêmes cultures.

Les conditions climatiques ont des répercussions plus complexes, car elles favorisent tantôt l'un des compétiteurs, tantôt l'autre, ou même les deux. Nous ne pouvons entrer dans tous les détails de leurs actions. L'expérience agricole nous enseigne que si l'hiver est rigoureux avec une bonne couverture de neige, si le printemps est plutôt sec et si un été normal suit, les dégâts de ce piétin sont faibles. Lorsque, au contraire, à un hiver doux et pluvieux succèdent un printemps et début d'été froids et humides, puis un mois de juillet brusquement torride, les blés sont fortement échaudés, les gerbes légères, les résultats du battage décevants.

2° *Cercospora herpotrichoides* Fron, agent principal du piétin-verse et aussi d'un piétin échaudage.

En 1938, nous avons isolé d'une façon certaine ce parasite alors inconnu en Suisse et l'avons signalé dans un petit article destiné aux agriculteurs (Défago, 1940 a).

a) Actions sur les céréales.

Foëx et Rosella (1930), Oort (1936), décrivent en détail les effets de *Cercospora herpotrichoides*. Nous nous attacherons surtout à en résumer les symptômes sur le blé d'automne.

Ce champignon imparfait commence ses dégâts ordinairement en novembre déjà. Sur les gaines ou sur les jeunes coléoptiles, apparaissent, au ras du sol, des taches latérales brunes, parfois rougeâtres; elles se décolorent peu à peu, sauf au centre où se constituent des amas noirâtres d'hyphes. Si l'on écarte la gaine, on remarque que la tige elle-même est atteinte. Elle porte une lésion plus longue que large, correspondant à celle de la gaine. Les tissus y sont aussi décolorés. A cause probablement d'une réaction de l'hôte, un liséré brun ou lie de vin, suivant la variété de blé, borde la place atteinte qui ressemble ainsi à une ocelle (*taches ocellées*). Au centre, s'amassent des plaques d'hyphes brunâtres. Les taches ocellées se trouvent généralement entre le sol et le premier nœud. Par suite de l'allongement naturel des chaumes, on en voit parfois à une certaine hauteur. Quelques infections secondaires peuvent aussi se développer sur le second entre-nœud.

Installé dans son hôte, le champignon y pénètre jusqu'à la moelle, affaiblissant latéralement les tiges. Celles-ci deviennent incapables de supporter leur propre poids ou de résister à la pluie et aux vents. Elles se coudent ou même cassent brusquement. C'est le *piétin-verse* qui se distingue sans peine de la verse ordinaire, car les chaumes tombent en tout sens sur le sol.

Cercospora herpotrichoides cause encore d'autres dommages. Il tue de nombreuses talles surtout pendant l'hiver, saison durant laquelle, contrairement à *Ophiobolus graminis*, il croît assez rapidement. Le blé paraît donc clairsemé au printemps.

En outre, le mycélium ne reste pas toujours cantonné dans les taches ocellées; il envahit le collet de la plante et provoque ainsi un piétin-échaudage très grave parce que affectant le champ presque entier. *Cercospora herpotrichoides* est, en effet, beaucoup plus infectieux qu'*Ophiobolus graminis*, car il produit au printemps beaucoup de conidies.

Ces deux piétins-échaudages ne se distinguent pas toujours facilement l'un de l'autre. Leur effet final est identique : dans les deux cas, le blé meurt trop tôt. Toutefois, si l'on essaie d'arracher les plantes

mortes, celles tuées par *Cercospora* se rompent ordinairement au ras du sol, car leurs racines sont restées saines. De plus, le revêtement d'hyphes au collet des tiges est peu visible, grisâtre. Les plantes atteintes d'*Ophiobolus graminis* viennent au contraire facilement lorsqu'on les arrache, car leurs racines sont décomposées; enfin, comme nous l'avons vu, leur pied est revêtu dans ce cas d'un feutrage noirâtre.

La recherche de l'agent primaire se complique souvent beaucoup par la présence de plusieurs *Fusarium* qui envahissent les taches ocellées et augmentent, semble-t-il, l'échaudage. Sur le seigle et quelquefois sur le blé, comme nous le verrons, certains d'entre eux produisent aussi une verve analogue, mais leurs lésions sont plus étendues et brunâtres.

b) Répartition et importance pour la Suisse romande.

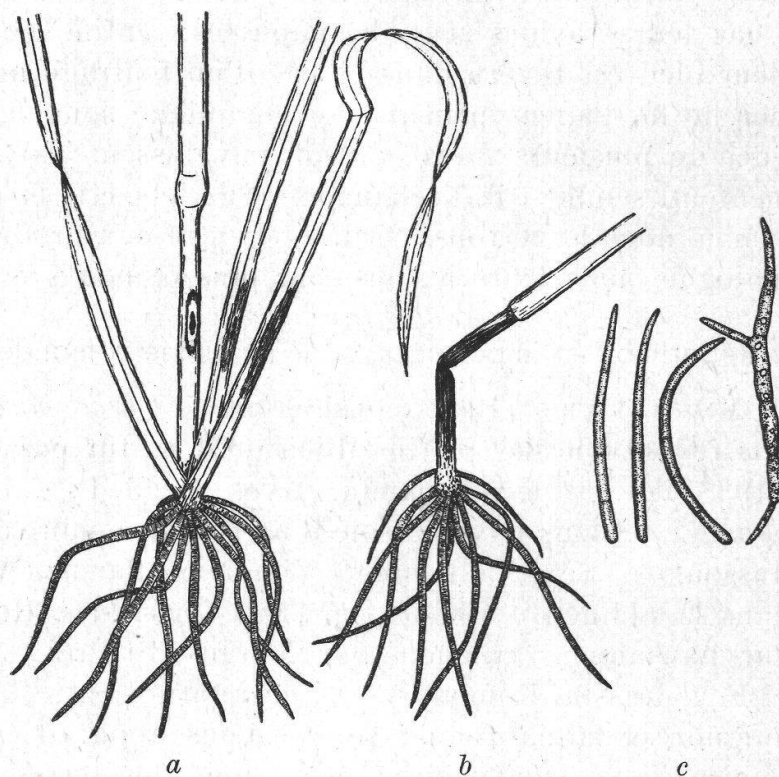
F o ë x , Miss G l y n e (1939) considèrent ce *Cercospora* comme l'agent le plus redoutable des piétins. Bien qu'il ne fût pas connu chez nous avant 1938, il y est très répandu. Avec M. J.-P. C h a v a n et M. le D^r R. G a s s e r, nous l'avons isolé d'un grand nombre de localités: Monthey, Massongex, Bex, Collombey, Vionnaz, Illarsaz, Vouvry, les Evouettes dans la plaine du Rhône; les Trois Chasseurs, Rovéréaz, les Croisettes sur Lausanne; Echichens sur Morges; St-Prex, Nyon, Mex, Borex, Orbe, Fey, Russin, Romont, etc. Une relation entre la fréquence de ce champignon et la nature du sol ne nous apparaît pas encore clairement, puisqu'il se trouve aussi bien dans les terres d'alluvions fines et les limons du Rhône que dans les sols lourds du Plateau. L'importance des dégâts, par contre, varie en fonction des conditions climatiques. Ils sont élevés lors de printemps longtemps froids et humides tels qu'en 1939 et, pour autant qu'on puisse déjà s'en rendre compte, en 1941. La verve parasitaire paraît, toutefois, plutôt rare en Suisse romande; *Cercospora* y produit surtout un échaudage presque aussi néfaste que celui d'*Ophiobolus graminis*.

c) Caractères morphologiques.

Les filaments de *Cercospora herpotrichoides* ont une couleur moins foncée et sont moins réunis en faisceaux que ceux d'*Ophiobolus graminis*. Les plaques, par contre, sont composées d'articles cellulaires plus définis et caractéristiques (cf. F o ë x et R o s e l l a, 1930).

Sur gélose, le mycélium paraît gris-argenté. Il ne s'étend pas rapidement en surface, mais forme d'abord une masse ovoïde arrondie assez élevée et caractéristique (voir photos de F o ë x et R o s e l l a). Les conidies naissent en grand nombre au printemps sur les taches ocellées. Effilées à une extrémité, plus arrondies à l'autre, elles sont légèrement arquées, hyalines et divisées par plusieurs cloisons (ordinairement 3 à 5). Elles atteignent en moyenne, dans les échantillons d'Orbe et

d'Echallens, $50,0 \pm 4,4 \times 2,0 \pm 0,14 \mu$ ($38-60 \times 1,5-3 \mu$). Les conidiophores qui les produisent par deux ou trois, sont très courts, légèrement renflés à leur base.



R. Gasser et G. D. ad nat. del.

Fig. 2.

Cercospora herpotrichoides Fron.
(Matériel provenant d'Orbe.)

- a) Tache ocellée.
- b) Résultat final de l'infection : piétin-verse.
- c) Conidies, celle de droite germant, 500 X.

Malgré les recherches fort nombreuses, la forme parfaite de ce champignon n'a pas encore été découverte. Elle doit probablement appartenir au « genre » *Leptosphaeria*.

d) Biologie.

En culture pure, *Cercospora herpotrichoides* se révèle composé de plusieurs races reconnaissables à la couleur de leur mycélium d'un gris plus ou moins foncé, au pigment diffusé dans la gélose ainsi qu'à diverses autres particularités.

Dans une solution nutritive purement synthétique, ce champignon ne se développe que si l'on ajoute une quantité suffisante de pyrimidine. Il s'avère donc capable de synthétiser le thiazol et n'a pas besoin pour croître de la molécule entière d'aneurine (Défago, 1940 b).

Les différentes races ne se montrent pas également fertiles. Foëx et Sprague ont dû tâtonner plusieurs années avant de voir enfin le champignon produire des conidies. La composition du milieu règle aussi la fertilité des souches. Les extraits de terre gélosés ou des décoctions de tiges vertes de pommes de terre (Schaffnit, 1933) provoquent le plus facilement la formation des conidies. Ce sont surtout les variations brusques de température qui déterminent la sporulation (Oort, 1936). Cette découverte correspond aux observations dans la nature. En effet, durant le mois d'avril, aux variations thermiques bien connues, *Cercospora* fructifie abondamment. Ce parasite, d'ailleurs, se range parmi ceux capables de se développer aux températures les plus basses (soit -4°C , Oort, 1936). En culture pure, l'optimum varie largement de 18 à 24° ainsi que le prouve le tab. 3.

Tableau 3.

Croissance de *Cercospora herpotrichoides* à des températures graduées (gélase à pommes de terre, durée 20 jours).

Température	Souche Massongex		Température	Souche Foëx
$^{\circ}\text{C}$	mm.	mg.	$^{\circ}\text{C}$	mm.
$-0,1$	$9 \pm 1,6$	$5 \pm 2,9$	$-0,2$	$5 \pm 1,1$
4,4	$12 \pm 3,9$	$10 \pm 4,7$	3,9	$18 \pm 1,8$
7,7	$31 \pm 1,3$	$51 \pm 10,8$	6,6	$30 \pm 2,5$
11,2	$37 \pm 2,8$	$86 \pm 16,2$	10,5	$41 \pm 1,2$
13,9	$46 \pm 0,6$	$94 \pm 7,9$	13,1	$48 \pm 0,7$
16,2	$44 \pm 5,4$	$83 \pm 17,3$	15,5	$54 \pm 0,6$
18,7	$45 \pm 3,6$	$75 \pm 13,6$	18,4	$58 \pm 1,4$
20,9	$47 \pm 4,2$	$111 \pm 33,2$	20,2	$59 \pm 0,9$
23,7	$30 \pm 0,7$	$55 \pm 5,1$	23,0	$43 \pm 1,5$
26,8	—	—	26,4	traces
30,3	—	—	30,0	—
36,0	—	—	34,1	—

L'optimum de croissance dans les plantes infectées oscille entre 5 et 10°C (Oort, 1936). Cette différence ne nous paraît guère imputable à la concurrence des autres microorganismes, puisque l'attaque a lieu hors du sol. L'abaissement de température doit plutôt modifier la résistance de la plante. Cette faculté de croître malgré le gel montre pourquoi *Cercospora* est nuisible même durant l'hiver et pourquoi il produit de gros dégâts lorsque le printemps reste humide et froid.

L'influence du pH sur la croissance n'est pas encore bien déterminée. Elle semble moins importante que pour *Ophiobolus graminis*. *Cercospora herpotrichoides* grandit, en effet, très bien sur nos milieux neutres et dans les solutions nutritives ayant un pH de 5,3.

La forme parfaite étant inconnue, on ignore aussi comment *Cercospora* persiste dans le sol en l'absence de plantes vivantes. Oort

(l. c.) l'ayant isolé de la terre pense que le mycélium peut s'y maintenir en vie. Vu l'antagonisme biologique, cela nous paraît improbable. Miss G l y n e (1939) a trouvé au printemps, sur le labour, des restes de chaumes recouverts de conidies de ce champignon. Elle croit, vraisemblablement avec raison, que ce sont ces restes qui permettent à *Cercospora* comme à *Ophiobolus* de végéter dans le terrain dénudé.

e) Réceptivité des différentes céréales et graminées.

Selon F o ë x et R o s e l l a (1934), F o ë x (1935), O o r t (1936), *Cercospora* attaque les blés et les orges d'automne ou de printemps, les avoines, les seigles ainsi que plusieurs graminées. Quelques-unes de ces dernières se rencontrent souvent dans les terres à céréales, par exemple : *Agropyron repens* (L.) Pal., *Agrostis Spica venti* L., *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Lolium perenne* L., *Lolium italicum* (A. Br.) Volk., *Poa pratensis* L., *Poa trivialis* L., etc. Les céréales cultivées chez nous se classent à peu près dans le même ordre de réceptivité décroissante que pour *Ophiobolus graminis*, l'orge et le seigle étant un peu moins attaqués. Certaines petites différences d'appréciation entre auteurs s'expliquent par la virulence des races. O o r t (l. c.) résume ainsi ses essais d'infection : Avec la souche Sp les graminées étudiées et l'avoine se montrent résistantes, mais le blé est réceptif; avec la souche C le blé est résistant, l'avoine et les graminées sont susceptibles; les souches E, F et H, enfin, attaquent aussi bien le blé que les avoines et les graminées.

Les orges et blés de printemps, aussi sensibles que ceux d'automne, échappent pourtant plus facilement à l'infection ou bien en souffrent moins à cause de leur croissance plus rapide et plus courte. Enfin, il ne semble pas complètement exclu de trouver ou de créer des variétés qui, même réceptives, résisteraient mieux soit à la verse, soit à la pénétration du champignon et donneraient des récoltes moins échaudées. Le blé de Vaulion, une de nos très anciennes variétés locales, posséderait, d'après une communication personnelle de M. F o ë x, quelques caractères de résistance.

f) Influence des agents extérieurs sur le cours du piétin à *Cercospora* herpotrichoïdes.

Passant une grande partie de son existence au-dessus du sol, ce champignon dépend moins de la nature des terres et de l'antagonisme biologique qu'*Ophiobolus graminis*. Le sol agit, par contre, d'une manière capitale sur la plante et conditionne son degré de résistance.

Le climat joue un rôle également de premier ordre sur le développement et les dégâts de ce piétin. Son influence a été étudiée spécialement par S p r a g u e (1937) en Amérique du Nord. Les dommages sont surtout importants si la teneur en eau des couches superficielles du sol

est élevée. Les gelées tardives favorisent le mal en affaiblissant la plante et, pensons-nous, en activant la sporulation. La lumière, par contre, n'exercerait pas d'effet notable. De fortes pluies au printemps et au début de l'été provoquent les plus graves pertes, ce que nous avons vérifié en 1939 et ce qui se confirme aussi en ce printemps 1941 trop humide. O o r t (l. c.) estime que *Cercospora herpotrichoides* est limité à une région étroite de climat maritime comprise entre les degrés de latitude 41 et 55. Sa présence fréquente en Suisse, sous un climat continental, montre que les limites de O o r t sont trop étroites.

3. Quelques *Fusarium* agents principaux de la fonte des semis et d'un échaudage diffus.

Plusieurs *Fusarium*, aux conidies si caractéristiques (fig. 3), sont connus comme nuisibles aux céréales. W o l l e n w e b e r et R e i n - k i n g (1935) en ont exposé les dégâts; nous nous bornerons donc à un bref aperçu.

a) Fonte des semis d'orge, de blé, de seigle, de maïs, etc.

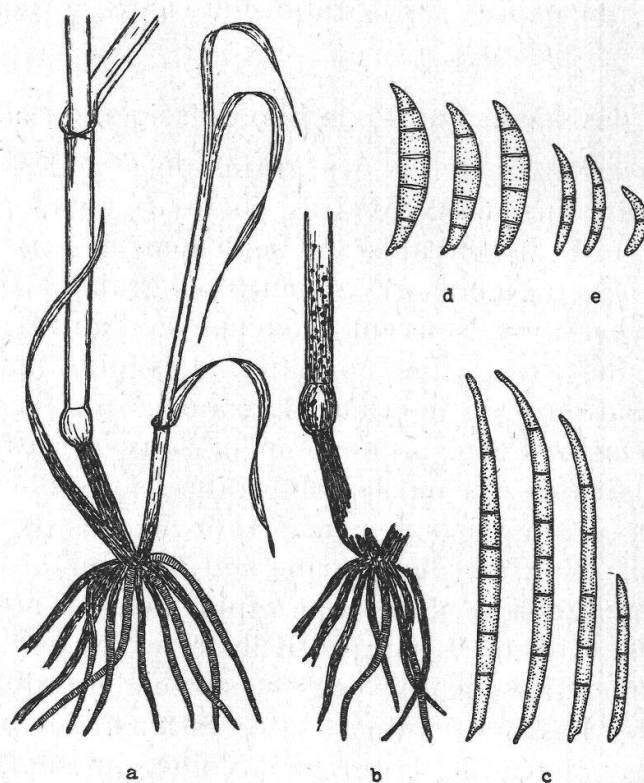
Certains *Fusarium* infectent les grains de céréales déjà lors de la floraison. Pénétrant jusqu'aux ovaires, ils les tuent et rendent l'épillet stérile. D'autres fois, ils envahissent seulement les tissus superficiels qu'ils modifient plus ou moins gravement. Les grains atteints paraissent ratatinés, pâles, cassants, souvent mouchetés; d'autres, par contre, se distinguent à peine des grains normaux. Les plus endommagés sont éliminés par la batteuse ou le trieur. Les autres restent dans la masse. S'imbibant facilement d'eau, ils deviennent souvent des foyers de moisissure. On connaît des cas où de tels grains, surtout ceux d'orge, ont provoqué de graves empoisonnements. D'ordinaire, ils sont moulus et passent inaperçus, bien que leur farine soit de mauvaise qualité. Si on les sème, le champignon se développe rapidement; il attaque le coléoptile et les racines, utilisant à son profit les réserves de l'endosperme. Le jeune germe se recourbe en tout sens et succombe ordinairement avant de sortir de terre. Les deux auteurs cités estiment les pertes ainsi causées de 2 à 20 % pour le blé, l'orge et l'avoine, qui souffrent surtout de *Fusarium graminearum* Schwabe (= *Giberella Saubinetii* [Mont.] Sacc.). B l a i r (1936) constata même des dégâts de 46 %.

Les semis de seigle ont comme principal ennemi de ce genre *Fusarium nivale* (= *Calonectria graminicola* [Berck. et Brme.] Wr.). Après la fonte des neiges, on aperçoit sur la terre des amas blanchâtres, ou légèrement rosés, formés par les filaments de ce parasite. Cette « moisissure des neiges » s'étend par larges taches, tuant les jeunes plantes. Elle provoque parfois de vrais désastres. W o l l e n w e b e r et R e i n - k i n g (l. c.) indiquent qu'en Allemagne, au printemps 1924, 600,000 ha. de seigle atteints ont dû être labourés à nouveau.

Ce même champignon et plusieurs autres *Fusarium* nuisent aussi grandement aux prairies artificielles et naturelles jusque dans les régions les plus élevées des Alpes. Leurs dégâts, comme ceux qu'ils causent aux emblavures, passent souvent inaperçus ou bien sont simplement attribués au « mauvais hivernage ».

b) Piétin diffus.

Si le coléoptile échappe à la première infection, la plante n'en reste pas moins à la merci des filaments. Ces derniers font périr les racines ainsi qu'on l'observe facilement au laboratoire. Ils envahissent ensuite petit à petit tout le collet, y provoquant des lésions brunâtres. Les plantes deviennent chlorotiques, puis jaunissent. Certaines feuilles prennent parfois des tons rougeâtres et leur extrémité brunit ou blanchit. Par suite de l'envahissement plus ou moins rapide du champ, certains



R. Gasser et G. D. ad nat. del.

Fig. 3.

Quelques *Fusarium* et leurs dégâts.

- a) Plante de blé attaquée par *F. graminearum*.
- b) Seigle de Birsfelden brisé par *F. nivale*.
- c) Conidies de *F. graminearum*, 500 X, matériel de Monthey.
- d) Conidies de *F. culmorum*, 500 X, matériel de Vaux.
- e) Conidies de *F. nivale*, 500 X, matériel de Birsfelden.

chaumes sont presque normaux, d'autres restent, au contraire, chétifs. L'emblavure prend un aspect irrégulier. Lorsque viennent les grandes chaleurs, beaucoup de tiges se dessèchent prématurément, non pas en rond comme avec *Ophiobolus graminis*, mais un peu dans toute la parcelle; c'est pourquoi nous parlons de *piétin diffus*. Si on arrache les plantes mortes, on constate que leur pied n'est pas noirâtre; il est revêtu de filaments grisâtres, blanchâtres ou même roses. Par temps humide, on voit sur les nœuds des masses gélatineuses rosâtres ou orange, formées par des amas de conidies.

Selon Wollenweber et Reinking (1935), *Fusarium graminearum*, *F. nivale*, *F. culmorum* et *F. avenaceum* seraient les causes les plus fréquentes du piétin diffus. Une dizaine d'autres espèces moins connues y concourent également. Les pertes moyennes sont évaluées à 2—8 %, pouvant atteindre jusqu'à 50 %.

Les influences du climat, du sol, de la fumure, de la température sur le parasitisme des *Fusarium* ont été étudiées dans un grand nombre de publications. Malgré la multitude des données, les inconnues restent encore bien nombreuses. Les expérimentateurs ne s'accordent pas entièrement sur le rôle et l'importance des différentes espèces. *Fusarium culmorum*, par exemple, est jugé tantôt comme tout à fait secondaire (Samuel et Greaney, 1937), tantôt comme très nuisible (Blair, 1936). La connaissance du parasitisme réel est encore rendue très difficile par la fragmentation des espèces en races biologiques d'agressivité et de virulence les plus diverses. Ainsi, la variété *majus* de *Fusarium nivale* isolée à Zurich d'un blé malade se montra inoffensive pour *Triticum vulgare*, tandis qu'elle réduisit le rendement du seigle de 68 % et celui de l'orge de 57 % (Wollenweber, 1932, p. 743). Les diverses races résistent aussi différemment aux désinfectants.

Plus complexes, plus ignorés encore, sont les effets des *Fusarium* unis à ceux des autres organismes du piétin. On a prouvé que cette attaque combinée peut être beaucoup plus nocive que l'action séparée de chaque parasite (Hynes, 1938). Toutefois, une diminution des dégâts paraît aussi très probable lorsque des *Fusarium* peu actifs tuent ou paralysent les agents primaires (*Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoides*).

c) Espèces isolées en Suisse romande.

En effectuant les visites de culture, nous avons trouvé des *Fusarium* dans, pour ainsi dire, tous les champs, soit au pied des plantes, soit plus rarement sur les épis. Avec l'aide de M. J. - P. Chavan, puis de M. le Dr R. Gasser, nous en avons isolé un grand nombre à partir des lésions des jeunes céréales. Sans nous adonner à leur étude approfondie, nous avons déterminé les espèces les plus communes décrites ci-après :

Fusarium graminearum et sa forme parfaite *Giberella Saubinetii* ont été trouvés dans tous les cantons romands, y compris le Jura bernois, sur les blés malades de février à juin, ainsi que très souvent sur les semences sélectionnées de blé, d'orge, d'avoine et de seigle. Les plantes atteintes portaient des taches brunes, allongées, soit sur les racines, soit surtout sur le bas de la gaine. Plusieurs échantillons nous sont parvenus dont les germes avaient été déformés en spirale et tués sous terre avant de lever. Des périthèces étaient même visibles sur des grains envoyés d'Athénaz (Genève) et de Courrendlin (Jura bernois).

En tubes, les souches essayées ont attaqué rapidement les jeunes plantules, détruisant les racines et le coléoptile. En pots, nous avons obtenu le brunissement des tiges constaté dans la nature.

De très fortes contaminations des grains se manifestent lors du contrôle des semences sélectionnées que fait chaque année la Station fédérale de Mont Calme. Certains lots de Huron provenant de Genève et de Neuchâtel (récolte 1940) s'avèrent totalement contaminés. Ce *Fusarium* y est difficilement détruit par les traitements même les plus efficaces.

Fusarium nivale a été isolé très fréquemment sur le blé dans toute la Suisse romande. Il produit au printemps, outre la fonte des semis, des taches brunes ou rougeâtres sur les feuilles touchant le sol. Les gaines sont également atteintes.

Le seigle étant moins cultivé que le blé, nous n'avons observé que rarement la moisissure des neiges. Des dommages sont pourtant signalés de-ci, de-là (à Martigny par exemple). M. le Dr Roos d'Oerlikon nous a envoyé un seigle provenant de Birsfelden (Bâle) dont un grand nombre de chaumes étaient cassés à leur base. Les dégâts rappellent ceux imputés autrefois à *Leptosphaeria herpotrichoides*. Mais, les gaines sont littéralement recouvertes de périthèces bruns-rosâtres, que nous avons identifiées comme *Calonectria graminicola*, forme parfaite de *F. nivale*.

Les essais en tubes et en pots nous ont confirmé le parasitisme de cette espèce. Le piétin qu'il cause est, toutefois, beaucoup moins grave que celui dû à *Ophiobolus graminis*.

Fusarium culmorum existe probablement partout. Les isollements essayés ont tué les plantes dans les tubes et réduit la levée des blés en pots. Le brunissement du bas des tiges ne paraît, toutefois, pas très grave.

Nous avons isolé encore quelques autres espèces que nous n'avons pas déterminées. Anliker (1935) a trouvé en outre sur le seigle : *Fusarium herbarum*, *F. solani* var. *Martii*, *F. orthoceras* var. *longius*, *F. equiseti*, *F. merismoides*, *Cylindrocarpon olidum*, et sur le blé, à Avenches, *Fusarium sambucinum*.

A part les recherches d'Anliker et les données ci-dessus, on ignore presque complètement la répartition, l'importance, la biologie des *Fusarium* s'attaquant chez nous aux céréales. Aussi souhaitons-nous vivement que M. J. - P. Chavan puisse apporter de la lumière dans cette question qu'il étudie depuis deux années.

B. Agents secondaires des maladies du pied des céréales.

Les isollements des parasites primaires à partir des lésions ne réussissent pas toujours aisément. On obtient souvent des organismes secondaires qu'il faut pourtant apprendre à connaître. D'autres, encore, fructifient sur les chaumes malades et s'y trouvent si fréquemment qu'on ne saurait simplement les ignorer.

1. *Leptosphaeria culmifraga* (Fr.) Ces. et de Not.

Nous avons récolté à plusieurs reprises les périthèces de ce champignon sur des chaumes, en octobre-novembre. Les ascospores ont leur troisième segment plus renflé que les autres.

En culture, le mycélium grisâtre ressemble d'abord beaucoup à celui de *Cercospora herpotrichoides*. Il devient ensuite floconneux, riche en hyphes aériens. Ce *Leptosphaeria* n'est donc pas la forme parfaite de *Cercospora herpotrichoides*. Dans les essais en tubes, il brunit légèrement les racines et le coléoptile, mais ne s'avère pas très actif.

2. *Leptosphaeria herpotrichoides* de Not.

D'après l'aspect des cultures remises obligeamment par M. Foëx, cette espèce n'est pas non plus la forme parfaite de *Cercospora herpotrichoides*. Elle prend une teinte vert-jaunâtre et forme des hyphes de surface réunis en faisceaux comme des cheveux. Nous ne l'avons pas encore récoltée en Suisse. Elle y existe probablement, au moins dans les traités de systématique ! Il est quelque peu étonnant que Winter (1897) ne l'ait pas trouvée en Allemagne, ni Oort (1936) en Hollande, alors qu'elle est si souvent donnée comme cause principale du piétin.

Nous avons essayé en tubes et en pots une souche portant ce nom, sans obtenir de dommages visibles. Foëx et Rosella (1934) la considèrent d'ailleurs comme parasite secondaire.

3. *Wojnowicia graminis* (McAlp.) Sacc.

C'est encore une espèce bien controversée. Même l'existence du genre en soi nous paraît sujette à caution. En effet, il ne se distingue d'*Hendersonia* que par des soies sur les pycnides. Sprague (1935) se demande pour quelle nécessité ce genre a été créé !

Jusqu'ici, nous n'avons trouvé que des *Hendersonia*. Une souche étiquetée *Wojnowicia graminis* ne s'est pas montrée capable de nuire au blé, ni dans les tubes, ni dans les essais en pots. Pendant longtemps, ce champignon imparfait a été indiqué, en Australie surtout, comme causant un piétin grave. Broadfoot (1933), Foëx et Rosella (1934), Sprague (1935), le considèrent comme un très faible parasite. Ludbrook (1936) l'étudia d'une manière intensive. Aucune des nombreuses souches d'Australie n'a été capable de diminuer la récolte; certaines stimulent même la croissance des céréales.

4. *Pleospora infectiora* Fuck.

Formant au pied des chaumes un indument noirâtre, ce champignon, récolté à Monthey, pourrait être confondu avec *Ophiobolus graminis*. Les cols de ses périthèces sont toutefois plus courts, les spores brunes ont 5 cloisons longitudinales et une transversale; les paraphyses sont nombreuses et étroites.

En culture le mycélium gris-brunâtre est resté stérile. Il provoque un brunissement peu grave des coléoptiles et des racines.

5. *Pleospora herbarum* (Pers.) Rabh.

Cette espèce, encore mal connue, est considérée parfois comme un parasite (Wollenweber, 1932, p. 703). Nous avons cueilli en automne, à Chavornay, des périthèces dont les asques et les ascospores concordent à peu près avec ceux décrits dans Rabenhorst. Nous ne pouvons, toutefois, faute de matériel et de littérature suffisants, être complètement satisfait de cette détermination.

Le mycélium sur gélose à pommes de terre produit une nappe d'hyphes grisâtres; il diffuse dans le milieu un pigment brun-roux, violacé. Aucune formation de conidies n'a pu être constatée. Dans les essais en tubes et en pots, l'isolement de Chavornay a produit un brunissement assez banal.

6. *Rhizoctonia solani* Kühn (= *Corticium vagum* B. et Br.).

Hynes (1937) a signalé des dégâts causés par ce Basidiomycète aux blés et aux avoines dans l'Australie du Sud. Les emblavures prennent, aux places atteintes, une teinte pourprée ou jaunâtre visible à distance. Les plantes restent rabougries et mûrissent tardivement.

Nous avons essayé en tubes une souche isolée d'un tubercule de pomme de terre et une autre isolée d'un blé portant des taches brunâtres. Elles ne se sont pas montrées bien virulentes. Nous croyons possible toutefois que ce champignon très commun ait des races plus agressives pour les céréales.

7. *Colletotrichum atramentarium* (B. et Br.) Taub.

Cet imparfait, répandu dans nos sols, s'attaque aux pommes de terre et provoque la « dartrose ». La souche essayée en tubes semble incapable d'infecter le blé.

8. *Dictyosporium opacum* Cooke et Hark.

On trouve fréquemment sur les chaumes morts de curieuses conidies, semblables à des palettes composées de segments disposés en rangées. Mangin (1899) les considérait comme la forme imparfaite de *Leptosphaeria herpotrichoides*. L'aspect des cultures roux-brunâtre prouve qu'il s'agit d'une espèce complètement différente. Nous l'avons isolée à l'état de mycélium sortant d'une lésion de *Cercospora herpotrichoides*. Cet isolement a fructifié sur gélose, mais s'est montré inoffensif pour le blé.

9. *Lophodermium tritici* (Roum.) Tehon.

Des périthèces ressemblant assez exactement à ceux de cette espèce ont été récoltés maintes fois sur des chaumes, surtout au printemps. Les essais d'infection exécutés par M. Chavan n'ont donné aucun résultat positif.

Sur le pied des blés malades se trouvent encore une foule de moisissures (*Mycospora Tulasnei*, *Phoma*, *Torula*, *Aspergillus*, *Alternaria*) que nous considérons comme banales bien que certaines puissent être nuisibles aux céréales (*Penicillium glaucum* et *Cladosporium herbarum*, par exemple, cf. Bennett, 1928). Il n'est pas rare non plus de voir des Hyménomycètes fixés par leur pied directement sur les tiges de blé. Ils y provoquent de petites brunissures, mais la plante se développe, en général, normalement. Sprague (1938) observa qu'en serre le mycélium de quelques-uns d'entre eux stimule même la croissance des céréales.

La connaissance exacte de tous ces organismes, même secondaires, demeure très souhaitable. Il ne s'agit pas uniquement de satisfaire notre curiosité scientifique, mais il faut comprendre de mieux en mieux leur action sur les plantes, combinée avec celles des parasites principaux.

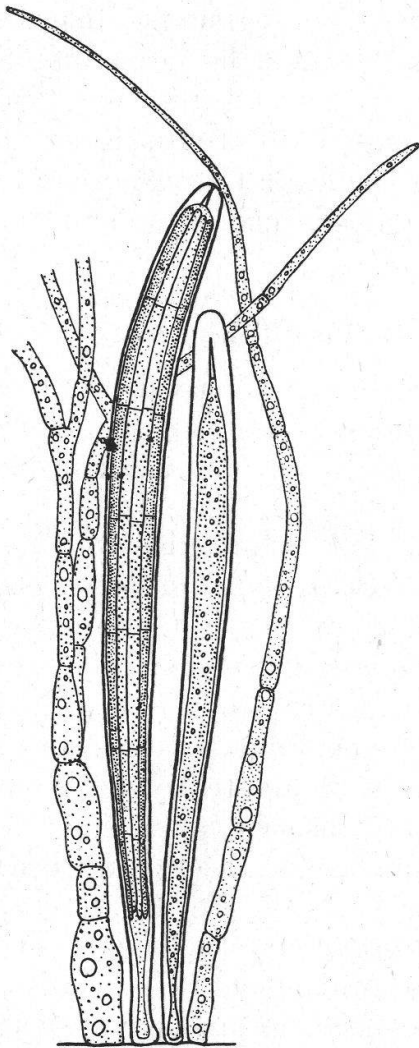
C. Agents encore peu connus des maladies du pied des céréales.

Plusieurs champignons nous ont donné des résultats contradictoires ou bien n'ont pas encore été étudiés complètement. Nous en énumérons ci-après les principaux.

1. *Ophiobolus herpotrichus* (Fr.) Sacc.

Cette espèce produit sur les chaumes morts de nombreux périthèces, hauts de 360 à 550 μ (441,6) et larges de 360—540 μ (414,0).

Contrairement à ceux d'*Ophiobolus graminis*, ils sont tout couverts de poils sauf au sommet du col et ne mûrissent qu'en avril de l'année suivant l'infection. Ils contiennent, en outre, de vraies paraphyses qui, pour autant que nous avons pu le voir, sont d'abord arrondies à leur sommet, puis s'allongent au-dessus des asques. Quelques-unes, très minces et simples, sont à peine visibles à maturité; d'autres, plus larges à leur bases, se ramifient vers le sommet.



a b c d

R. Gasser et G. D. ad nat. del.

Fig. 4.

Ophiobolus herpotrichus (Fr.) Sacc.
(Gros. 500 X).

Matériel cueilli à Morges.

a et d Paraphyses.

b Asque mûr.

c Asque jeune.

Les asques dépassent de beaucoup en longueur ceux d'*Ophiobolus graminis* (tab. 4). Leur pore, dépourvu d'anneau visible, est effilé comme un cône pointu (fig. 4 b et c). La paroi de l'asque, large apicalement, se rompt d'ordinaire au $\frac{1}{3}$ de sa longueur à partir du sommet et non de la base comme chez l'espèce précédente. Elle ne se dissout pas rapidement dans l'eau. Les ascospores très longues (tab. 4, b) ne sont pas jaune d'or, mais deviennent de plus en plus brunes au fur et à mesure qu'elles mûrissent. Leurs cloisons sont plus nombreuses (3 à 11,

généralement 5 et 7) et plus visibles que celles d'*Ophiobolus graminis*. Elles germent d'ordinaire à l'intérieur de l'asque directement, sans produire de sporidies.

Tableau 4.
Quelques dimensions d'*Ophiobolus herpotrichus*
(en μ , n = 50).

Matériel cueilli à	Organes	Longueurs		Largeurs	
		Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Marcelin, 26.2.40 .	asques	146—204	$175,9 \pm 11,1$	8 —12	$10,2 \pm 0,79$
Sévery, 8.4.30 . .	asques	144—204	$169,0 \pm 16,8$	10 —15	$11,7 \pm 1,35$
Sévery, 8.4.30 . .	ascospores	107—144	$128,9 \pm 10,1$	1,5— 5,0	$3,5 \pm 0,50$

La forme imparfaite serait d'après S a c c a r d o *Hendersonia herpotricha*, ce qui est nié par N o a k (1928). Nous avons trouvé maintes fois ces pycnides, mais nous n'avons pas encore pu obtenir des cultures, faute de temps aux moments propices. Les conidies d'un échantillon cueilli près de Monthey mesurent en moyenne $34,2 \pm 4,05 \times 5,0 \pm 0,63$ (extrêmes $28—42 \times 4—6$). Elles ont 6 à 10 cloisons, en général 7 ou 8.

Par la texture de ses périthèces, notamment par la formation du col et des paraphyses, *Ophiobolus herpotrichus* se rapproche beaucoup plus des Pseudosphaeriacees que des vraies *Sphaeriales*. Il donne sur gélose à pommes de terre un mycélium grisâtre doté d'hyphe aériens floconneux, ce qui distingue les cultures de cette espèce de celle d'*Ophiobolus graminis*. En solution synthétique, le mycélium se développe normalement sans aneurine et à un pH de 5,3, tandis que l'espèce précédente n'y croît pas. *Ophiobolus herpotrichus* semble même gêné par des doses élevées de B₁ (D é f a g o , 1940 b).

Considéré souvent comme la cause de piétins graves (T u l a s n e , 1863; C u g i n i , 1880; F r a n k , 1896; K a s s e l , 1927, etc.), *Ophiobolus herpotrichus* doit avoir été confondu maintes fois avec *Ophiobolus graminis*. F o ë x et R o s e l l a (1930) l'ont estimé de peu d'importance. V a n d e L a a r (1931) a prouvé, en revanche, qu'une de ses races attaque l'orge, mais non le blé, tandis qu'une seconde nuit à ces deux céréales, tuant les plantes sans en noircir la base.

Nos isolements n'ont pas montré jusqu'ici un vrai parasitisme. Puisqu'il n'est pas exclu que d'autres races soient réellement pathogènes, des recherches plus approfondies sont à entreprendre sur cet épiphyte si commun dans nos champs.

2. *Pythium*.

V a n t e r p o o l (1938) a décrit 6 espèces de *Pythium* nuisibles aux céréales en Angleterre et au Canada. Ces espèces ont toutes des sporanges lobés. Elles s'attaquent aux racines provoquant la mort des

jeunes plantes et l'échaudage des chaumes plus développés. D'autres formes, appartenant au groupe à sporanges sphériques, se montrent moins pathogènes. Elles prédisposent néanmoins les céréales à l'attaque des organismes principaux.

Nous avons isolé une de ces espèces que nous n'avons pas encore dénommée, les caractères donnés par V a n t e r p o o l, D r e c h s l e r et d'autres auteurs ne nous paraissant pas toujours très essentiels. En tubes, notre isolement a détruit germes et racines aussi vite que les *Fusarium* les plus agressifs. En pots, il produit une pourriture des racines, moins grave nous semble-t-il que celle due à *Ophiobolus graminis*. Nous ne connaissons pas encore les effets et les symptômes des *Pythium* dans les champs. Ils sont difficiles à séparer de ceux d'autres parasites (*Fusarium*) qui envahissent rapidement les organes malades.

3. *Sclerotium*.

M. C h a v a n a récolté dans deux localités genevoises des blés malades dont nous avons isolé un *Sclerotium* très voisin de celui que F o ë x et R o s e l l a (1937) ont dénommé *S. Costantini*. D'autres isolements ont été faits à partir de plantes provenant du canton de Vaud (Fey). Cet organisme provoque sur les gaines des blés des taches bordées de brun, assez semblables à celles de *Cercospora herpotrichoides*, mais incolores. Certaines plantes qui l'hébergent ne diffèrent pas des plantes saines; d'autres, par contre, sont échaudées, rabougries ou même versent. Y o u n g (1937) attribue au *Sclerotium fulvum* d'importants dégâts s'étendant chaque année à 100—500 acres de blé dans la contrée du Gallatin (Montana).

Les essais d'infection avec nos deux isolements ont donné des résultats positifs. En tube, les racines et les coléoptiles furent tués. En pots, un certain nombre de germes ont été, pour ainsi dire, coupés au ras du sol et comme tirés en terre par un mycélium grisâtre assez épais. D'autres feuilles avaient leur extrémité blanche et leur base brunâtre. Sur le bas des tiges, on remarquait des taches ocellées. Les champignons réisolés correspondent tout à fait, dans les deux séries de pots, à ceux inoculés. Nous ignorons l'importance de leurs dégâts; nous les croyons plutôt localisés.

Jusqu'ici, il ne nous a pas été donné de trouver *Helminthosporium sativum*. Bien que signalé comme produisant un piétin grave dans les contrées subtropicales, ce champignon ne doit pas jouer un rôle très important chez nous.

A part les champignons énumérés, nous avons encore isolé une quinzaine de mycélium différents vivant sur le pied des céréales malades. Parmi eux se trouvent des *Oospora*, des *Monilia*, des *Colletotrichum*, etc., dont le nom exact ainsi que le parasitisme restent à déter-

miner. *Lophiostoma caulium* (Fr.) de Not. envahit assez fréquemment le bas des chaumes, qui devient noirâtre. Les ascospores brunes d'un échantillon provenant de Sévery atteignent les dimensions moyennes de $22,4 \pm 2,22 \times 5,0 \pm 0,63$ (extrêmes $20-28 \times 4-6$). Les cloisons sont ordinairement au nombre de 5, variant de 3 à 6. Aucune étude sur l'action de cette espèce n'a pu être entreprise.

III. Comment lutter contre les maladies du pied des céréales.

Les méthodes indirectes de lutte, tendant à empêcher l'apparition des piétins, ont été en grande partie élaborées lentement par les expériences de la pratique agricole. Les méthodes directes plus récentes sont moins développées et peuvent être encore beaucoup améliorées. L'application et le perfectionnement des unes et des autres ne se feront avec fruit que si l'on connaît exactement les symptômes, la biologie et les effets des différents parasites en compétition dans le sol avec la plante et la microflore souterraine.

1. Rotation judicieuse des cultures.

Tous les organismes des piétins se maintiennent en vie grâce aux débris ou parties de plante restés dans la terre. Il est évident que si l'on multiplie plusieurs années de suite des céréales sensibles sur le même champ, on augmente de plus en plus la contamination du sol et, d'autre part, on l'appauvrit toujours davantage, cela précisément en éléments nécessaires aux céréales. D'un côté, les champignons sont extrêmement favorisés, cultivés pour ainsi dire; de l'autre, les céréales, affaiblies, sont rendues plus sensibles. Résultat : un piétin de plus en plus grave, des pertes de récoltes augmentant chaque année. Il faut donc absolument alterner les cultures.

Dans les sols légers, alcalins, comme nous l'avons dit, deux semis de blé consécutifs provoquent souvent, en seconde année déjà, une forte attaque d'*Ophiobolus graminis*. On y intercalera donc le blé entre les cultures sarclées ou les semis de prairies artificielles. Si l'on craint l'apparition du piétin sur une terre et que l'on soit quand même obligé d'y mettre une céréale, on recourra de préférence à un blé de printemps (Huron) ou mieux encore à l'avoine. Cette dernière, vu son excellente résistance, ne contamine pas le sol et rend de grands services dans les exploitations intensives. Les orges, par contre, surtout les variétés d'automne, sont de mauvais antécédents du blé. Il est également dangereux de semer du froment sur une rompie de trèfle ou bien après des pommes de terre précoces arrachées tôt. On connaît même des cas où, dans des terres spécialement sujettes aux piétins, non seulement la cul-

ture antérieure, mais même celle précédant de deux ans le blé, exercent une mauvaise influence. Runge (1938) a observé que la rotation : orge d'automne — pommes de terre — blé, amenait un piétin grave à *Cercospora herpotrichoides*; 90 % des tiges de blé furent atteintes de verse.

Les terres lourdes, légèrement acides, supportent plus longtemps le retour des céréales. Toutefois, l'alternance régulière des cultures y est aussi très recommandable. *Ophiobolus graminis* y cause certainement moins de mal, mais il y persiste plus longtemps (Fellow, 1937). Ces terres recèlent aussi un plus grand nombre de *Fusarium* qu'il ne faut pas multiplier et favoriser outre mesure si l'on veut éviter des pertes de récoltes.

2. Fumures.

Des réserves suffisantes dans le sol de phosphate, de potasse et d'azote, constituent le meilleur moyen de défendre les céréales. Les champignons n'en sont, sans doute, pas affaiblis, au contraire; mais, les plantes bien nourries leur échappent plus facilement, gagnent « la course de vitesse » que nous avons expliquée. Les céréales vigoureuses ont, en outre, le grand avantage de pouvoir former des racines secondaires à partir du collet et cela durant toute la période de végétation. Elles remplacent ainsi, comme nous l'avons vu, les racines tuées par les microorganismes.

Il faut donc répandre sur la terre labourée, avant de herser, les quantités d'engrais nécessaires pour couvrir les besoins de la céréale et rendre à la terre les matières nutritives enlevées au sol par la récolte précédente. Pour les sols alcalins ou neutres, il est indispensable de choisir des engrais à réaction physiologique acide. La raison en a déjà été expliquée : ces engrais favorisent l'accumulation du CO₂ autour des racines et retardent la progression des hyphes.

Une fumure complémentaire de 150—200 kg. par ha. de superphosphate *donné très tôt* au printemps produit souvent d'heureux effets. Cet épandage, préconisé depuis fort longtemps (Schribaux, 1892; Carré, 1935), agit principalement sur la plante dont il active la formation des racines secondaires. Le sulfate de zinc (10—15 kg./ha.) augmente encore cet effet (Millikan, 1938). Les résultats que nous avons obtenus avec ce produit sont, toutefois, peu probants.

Une fumure complémentaire azotée, contrairement à l'opinion fréquemment émise, est souvent indispensable aux blés. Toutes les études récentes montrent que, juste avant l'épiage, les céréales passent par une sorte de crise de croissance. Elles ont besoin alors rapidement de grandes quantités d'éléments nutritifs assimilables. Si ces derniers font défaut, on observe une chlorose des feuilles, suivie de mouchetures longitudinales et de nécroses. Inutile de dire que des plantes ainsi affaiblies succombent facilement aux attaques des organismes souterrains. Un

épandage en mars de 130—160 kg./ha. de sulfate d'ammoniaque remédie souvent aux jaunissements du mois de juin. Les nitrates de soude ou de chaux sont, par contre, à déconseiller car, de réaction physiologique alcaline, ils favorisent les piétins et aussi un peu plus la verse.

Nous avons effectué plusieurs années des essais d'engrais et d'autres produits. Il nous fut malheureusement souvent impossible de peser les récoltes. Le tableau 5 résume les essais de 1941 à Monthey.

Tableau 5.
Effets de quelques produits sur le rendement du blé à Monthey.

Produit épandu	Dose kg./ha.	Récolte q./ha.		
		totale	paille	grain
Sulfate d'ammoniaque	137	111	82,7	28,3
Acide borique	13,7	77	56,5	20,5
Témoin non traité	0	78	57,3	20,7
Acide borique (13,7) et sinter	137	77	56,5	20,5
Acide borique (13,7) et sulfate	137	108	80,4	27,6
Sulfate d'ammoniaque et sinter	137	113	84,2	28,8

Variété de blé : Mont-Calme 245.

Sol : Alluvions argilo-calcaires, fines mais caillouteuses, pH 7,8.

Altitude : 418 m.

Culture antérieure : pommes de terre.

Fumure à l'automne : superphosphate (200 kg./ha.), sels de potasse (400 kg./ha.).

Parcelles de 87,7 m², trois répétitions.

Epandage des produits, le 15 mars 1941.

Après trois semaines déjà, les parcelles ayant reçu du sulfate d'ammoniaque se distinguaient de loin par leur croissance vigoureuse et leur plus fort tallage. L'effet de cet engrais devint de plus en plus visible jusqu'à la moisson. L'augmentation de récolte atteint environ 40 % et couvre plus de dix fois le prix d'achat de l'engrais.

Le sinterphosphate utilisé faute de superphosphate n'exerça aucun effet certain. L'acide borique semble avoir plutôt nui, ce qui confirme des essais faits en pots.

L'influence d'autres éléments oligodynamiques sur les piétins reste encore inconnue.

3. Façons culturales.

Les méthodes de culture varient tellement selon la nature des terres et les conditions climatiques que nous nous bornons à émettre quelques principes généraux.

a) *Labours*. Les labours d'automne doivent être effectués profondément afin de placer les particules infectieuses aussi loin que possible des racines. On réglera les versoirs et les rasettes de la charrue de telle

façon que la terre ne soit pas simplement bouleversée, mais que la couche supérieure tombe bien au fond du sillon.

b) *Hersage*. Les terres à ensemençer ne doivent pas être trop ameublées, mais rester plutôt compactes et froides, ce qui s'explique par la biologie d'*Ophiobolus graminis*. Les hersages et binages de printemps, si utiles pour détruire les mauvaises herbes, sont à appliquer avec beaucoup de doigté; comme tous les remèdes, ils ont parfois des actions secondaires désagréables. En brisant la croûte superficielle, en aérant le sol, ils retardent l'avance des *Fusarium* et des autres mycélium. Toutefois, ils ne doivent pas laisser la terre trop « soulevée », ni trop affaiblir les plantes.

c) *Roulage*. Afin de donner au sol une fermeté suffisante et empêcher la diffusion trop rapide du CO_2 , on roule parfois, avant ou après les semailles, et herse ensuite légèrement. Cette opération réduit de beaucoup les dégâts d'*Ophiobolus graminis* en Australie (Garret, 1937). Chez nous, le roulage ne peut être conseillé dans les terres lourdes. Pour les sols sablonneux, argilocalcaires, légers, sa pratique sera parfois recommandable ainsi qu'après les rompues mal tassées.

Les roulages des emblavures au printemps retardent l'échaudage (accumulation du CO_2 !). Cet effet ne se prolonge malheureusement pas longtemps (Winter, 1940). On roulera donc assez tard, lorsque les céréales ont 20 à 30 cm. de hauteur et par temps sec, afin d'éviter la formation de croûte.

d) *Epoque et profondeur des semis*. L'expérience séculaire enseigne que les blés d'automne ne doivent pas être semés trop tôt. En Suisse romande, la meilleure période pour les semailles s'étend du 10 au 30 octobre. Si l'on sème en septembre déjà, on ne récolte pas une lourde moisson, car les racines de blé arrivent trop vite à proximité des fragments de paille contaminée et la progression du champignon se continue durant tout l'hiver. Il ne faut pourtant pas trop attendre. Certaines variétés ont besoin d'assez de chaleur pour lever (Mont Calme 245, par exemple). Si l'on sème trop tard, la germination se fait lentement et risque d'être très compromise par les *Fusarium*. Les plantes des semis tardifs tallent moins. Après la Toussaint, il faut donc employer plus de semences à l'unité de surface.

Les céréales de printemps, surtout l'avoine et le blé, sont, au contraire, à semer très tôt, l'orge peut attendre plus longtemps, jusqu'en mai.

La profondeur des semis varie de 2 à 3 cm. Si les grains sont enterrés plus profonds, ils germent trop lentement et deviennent la proie des *Fusarium* et autres microorganismes.

e) *Déchaumage*. Cette opération, chaudement recommandée, a surtout pour effet de détruire les mauvaises herbes. Son action sur les piétins peut être bonne ou mauvaise. Elle diminue ces maladies en détruisant les plantes adventices et aussi les jeunes céréales qui hébergent

les champignons dans leurs racines et leur permettent de vivre jusqu'à l'automne. Mais, pour cela, le déchaumage doit être suivi de plusieurs hersages par temps sec. Si ces hersages ne sont pas faits, les grains tombés lors de la moisson germent, le chiendent reverdit et le mal devient pire qu'avant. Nous estimons qu'il faudrait, en outre, lors du déchaumage, enterrer légèrement les chaumes afin qu'ils soient rapidement décomposés. S'ils sont simplement étendus en surface, comme c'est souvent le cas, *Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoides*, etc., y végètent facilement jusqu'en automne, voire jusqu'au printemps suivant. L'exécution du déchaumage conditionne donc son efficacité. Pour prévenir ce qu'il pourrait avoir de fâcheux, on labourera très profondément à l'automne.

f) *Le brûlage des chaumes* n'entre pas en considération chez nous, par suite du manque de paille et des précipitations atmosphériques trop élevées.

4. Destruction des mauvaises herbes.

Nous avons montré que la plupart des parasites étudiés s'attaquent aussi aux graminées adventices. Le chiendent maintient dans le sol *Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoides*, *Fusarium culmorum*, etc. Sprague (1934) constate une étroite relation entre le piétin et la présence de la fétuque : *Cercospora* apparut presque dans toutes les places où se trouvait précédemment une prairie à fétuque. Il en est de même pour d'autres graminées (*Lolium perenne*, *L. italium*, *Poa trivialis*, *P. pratensis*, *Agrostis Spica venti*, etc.). On comprend donc sans peine l'importance d'une lutte efficace contre toutes les mauvaises herbes. On semble moins comprendre, par contre, que ces plantes adventices doivent être combattues non seulement dans les emblavures, mais surtout dans la culture ou la jachère qui précède la céréale.

5. Drainage.

L'eau stagnante, ainsi que nous l'avons vu, nuit aux céréales, surtout durant la saison froide. Les plantes affaiblies deviennent facilement la proie des champignons (*Fusarium*, *Ophiobolus*, *Cercospora*, etc.). Il faut donc autant que possible assainir les places « mouillantes » et faciliter l'écoulement des eaux de surface.

6. Sélection et choix des variétés.

L'obtention de blés et d'orges réfractaires à *Ophiobolus graminis* et à *Cercospora herpotrichoides* paraît improbable. Les centaines de sélections essayées par Russel (1934), Foëx et Rosella (1934), Ort (1936), Sprague (1936), etc., se sont avérées toutes plus ou moins susceptibles. Les seigles et les avoines ont, par contre, des lignées résistantes.

Envers les *Fusarium*, les différentes céréales semblent pouvoir mieux se défendre et posséder des caractères de résistance transmissibles (Christensen, Stakman, Immer, 1929; Baltzer, U., 1930).

Selon quelques travaux américains et russes récents, les croisements intergénériques (Seigle $\times$ Agropyron) ou interspécifiques (Blé $\times$ Triticum Timopheevi) ainsi que les hybrides amphiploïdes (Blé $\times$ Seigle) permettront peut-être d'améliorer la résistance de nos céréales (Roemer et alii, 1938). Mais, le but immédiat d'une sélection contre les piétins est plutôt de créer des variétés qui subissent l'attaque des divers microorganismes sans être trop affaiblies et sans trop diminuer de rendement. De telles variétés sont connues dans la pratique depuis fort longtemps. L'enquête faite en 1878 sur le piétin par l'Académie d'agriculture de France en avait révélé plusieurs. Schribaux (1892) signalait déjà que les blés rouges tardifs sont moins endommagés que les blancs précoces. L'enquête de 1924, dont les résultats ont été publiés par M^{lle} Gaudineau et Guyot (1925), montra que l'Hybride de la Paix et le Téversion ne sont que faiblement attaqués. Samuel (1937) constate également une meilleure résistance des froments rouges. En Suisse romande, nous avons remarqué que l'Hybride Mont Calme 245 est souvent plus atteint que le Plaine et le Tronchet. L'étude comparative de nos diverses sortes locales, des variétés suisses actuelles et des variétés étrangères digne d'intérêt serait fort souhaitable, déjà du point de vue résistance aux piétins. Les essais que nous avons entrepris à ce sujet ont dû être abandonnés, faute de temps.

7. Lutte biologique.

La lutte biologique, point nouvelle en soi, n'est appliquée systématiquement et sciemment que depuis peu. Son principe fort simple a été exposé par Garret (1939 b), dont nous reproduisons ci-après une partie des explications : La population microbienne du sol est un équilibre biologique dynamique. En faisant revenir continuellement une culture sur une parcelle, on y accroît le nombre des parasites nuisibles à cette culture; en appliquant, par contre, un engrais organique, on active la multiplication des saprophytes. Ces derniers freinent l'action des parasites végétaux soit par leur assimilation, leur respiration et leurs sécrétions, soit en attaquant directement et décomposant le mycélium des parasites.

Cette méthode de lutte s'emploie avec succès principalement contre les parasites semi-obligatoires qui sont des « intrus » dans la flore souterraine. Il est, en revanche, beaucoup plus difficile d'extirper les « habitants du sol », c'est-à-dire les parasites peu spécialisés (*Fusarium*) capables de vivre dans la terre même en l'absence de leur hôte.

On pensera peut-être que l'inoculation du sol avec des saprophytes connus par leur antagonisme actif (*Trichoderma lignorum*) constitue la base de la lutte biologique. Il n'en est rien. Une telle inoculation ne produit qu'un effet éphémère. Il ne montre une certaine utilité que dans les terres préalablement stérilisées (couches à semis) où l'apparition d'un seul organisme peut avoir des effets beaucoup plus graves qu'en terre normale.

L'incorporation au sol d'un engrais vert, de la paille ou d'autre matériel organique riche en cellulose, mais pauvre en azote, permet de faire disparaître *Ophiobolus graminis*. Les saprophytes se multiplient, décomposent la cellulose et avec elle les hyphes de notre champignon, dans lesquels ils trouvent l'azote nécessaire. Pendant la phase de parasitisme actif d'*Ophiobolus*, donc durant la période de végétation, on s'efforcera d'arrêter la progression des hyphes en accumulant le CO₂ autour des racines. On épand pour cela (cf. supra) des engrais à réaction physiologique acide, ou bien on roule le sol.

Plus que les autres méthodes, la lutte biologique est efficace dans la mesure où la biologie du parasite lui-même et celle de son hôte ont été étudiées. Leur connaissance insuffisante provoque souvent des succès. Ainsi l'épandage de nitrate de soude ou de chaux au lieu de sulfate d'ammoniaque aggrave le piétin (G l y n e, 1939). De même, un engrais vert ou du fumier « paillu » enfouis trop tard à l'automne ne se décomposent que lentement, maintiennent la terre soulevée et peuvent amener un piétin très destructif. D'heureux résultats ont été obtenus par la lutte biologique non seulement contre *Ophiobolus graminis*, mais aussi contre d'autres parasites souterrains tels que ceux qui provoquent la gale commune de la pomme de terre, la pourriture des racines du cotonnier, du citronnier, etc. Nul doute que son emploi se justifie toujours plus contre les piétins au fur et à mesure de la progression de nos connaissances.

8. Moyens directs de lutte.

Nous avons expliqué pourquoi le superphosphate et surtout le sulfate d'ammoniaque épandus très tôt au printemps permettent de diminuer les dommages causés par les piétins. Cette action se remarque très fortement dans les essais entrepris cette année à Monthey. O o r t (1936) a obtenu une augmentation de récolte par la cyanamide, sans toutefois diminuer l'infection. Cet engrais agit plutôt sur la plante qu'il fortifie.

D'autres moyens directs de lutte, si désirés par la pratique, ne peuvent pas encore être recommandés. La désinfection des semences, par exemple, absolument nécessaire contre la carie du blé, le charbon nu de l'avoine, etc., ne protège pas longtemps les jeunes plantes contre les attaques des parasites du piétin. Sans doute, les sels de mercure ou de cuivre, surtout le formol (F o ë x, 1936), tuent d'abord les micro-organismes autour du grain; mais, ils sont bientôt absorbés et neutra-

lisés par l'argile et les autres colloïdes du sol. De plus, les racines grandissent et sortent en quelques jours de la zone de protection. Enfin, les champignons causant le piétin, à part certains *Fusarium*, ne sont ordinairement pas transportés par les semences; *Cercospora herpotrichoides* attaque même les plantes hors de terre. Il est donc compréhensible que la désinfection des graines ne soit pas d'un grand secours dans la lutte contre les piétins.

Aucun résultat n'a été obtenu par O o r t (1936) au moyen du sulfate de cuivre et du carbolineum. Le traitement à l'acide sulfurique des emblavures, proposé par R a b a t é (10—12 % H_2SO_4 à 65° Bé, 1000 à 1200 l./h.) donne tantôt de bons résultats, tantôt de vrais désastres. M^{lle} G a u d i n e a u et G u y o t (1925) ont obtenu une diminution de 30 % de l'attaque d'*Ophiobolus graminis* dans un champ. F o ë x (1936) réduisit parfois l'infection de *Cercospora herpotrichoides*, surtout en traitant au mois de mai, tandis que les pulvérisations en février-mars nuisirent au rendement. Voici d'ailleurs la conclusion de F o ë x (l. c.) : « Suivant les années (et les régions !) l'époque favorable se situe en mars, en avril ou en mai. Il est impossible d'indiquer à l'avance quand il sera opportun d'opérer. C'est là un grave inconvénient de la méthode de lutte par l'acide sulfurique qui ne paraît pas avoir répondu jusqu'à ce jour aux espoirs que R a b a t é avait fondés en elle. » On voit donc, comme le disent d'ailleurs G a u d i n e a u et G u y o t (l. c.), que l'emploi de l'acide sulfurique contre le piétin peut être relativement efficace, mais qu'il ne doit pas encore être recommandé à la grande pratique, faute de connaissances exactes.

Le sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine (Cryptonol) a été vivement conseillé par F r o n (1934, 1935, 1937). Ce produit organique possède sans aucun doute une assez forte action fongicide, mais il a été lancé dans le commerce sans avoir été essayé systématiquement. A forte dose, il provoque des brûlures, à dose trop faible, il est d'efficacité insuffisante. A Monthey et à Marcelin, aucun effet certain ne fut constaté. En France, les résultats les plus contradictoires ont été enregistrés. Les agriculteurs feront donc bien d'attendre que ce produit soit mieux étudié, soit chimiquement (isomères !), soit biologiquement.

Cette étude fort abrégée montre que le problème des piétins est beaucoup plus vaste qu'on ne se l'imagine souvent. Il touche à toute la conduite de l'exploitation. Les conditions de sol et de climat, les connaissances et les moyens de l'exploitant y jouent leur rôle. On peut même dire que de forts dégâts indiquent une erreur commise dans l'exploitation du domaine. De telles erreurs se comprennent sans doute facilement, quand on voit combien d'inconnues ont été soulevées au cours des recherches exposées. Les résultats obtenus et les remèdes indiqués paraîtront pour certains des détails; mais, ceux qui les auront compris et mis à profit sauveront leur récolte.

IV. Résumé.

Le piétin n'est pas une maladie unique, mais un complexe de plusieurs affections ayant leur siège au pied des céréales.

Les observations et les recherches faites depuis 1934 en Suisse romande nous ont permis de délimiter jusqu'ici trois sortes d'agents principaux très répandus et très nocifs. Plusieurs organismes ne jouent, en revanche, qu'un rôle secondaire, d'autres enfin n'ont pas encore pu être suffisamment étudiés.

Les agents principaux des piétins sont *Ophiobolus graminis*, *Cercospora herpotrichoïdes* et quelques *Fusarium*.

De tous, *Ophiobolus graminis* est, chez nous, le plus redoutable et le plus commun. Lors d'attaques précoces, il tue les plantes généralement en rond. Si les attaques sont plus tardives et les conditions moins propices, les céréales paraissent chlorotiques et meurent quelques semaines avant la moisson. Les grains restent ouverts, « échaudés ». En outre, de nombreuses talles périssent avant d'épier au grand détriment de la récolte. La mise en culture de plusieurs isolements et les essais en tubes ou en pots montrent que cet héli-parasite comprend plusieurs races de virulence très différente. De grosses variations sont également visibles dans la structure des périthèces et les dimensions des asques ou des ascospores. D'une manière générale, tous les blés et les orges sont susceptibles. Les seigles et les avoines sont moins atteints. L'attaque commence dans le sol. Le champignon remonte d'abord le long des racines jusqu'au collet par des hyphes superficiels seuls capables de progresser. Il s'installe entre la gaine et la tige. Le pied des céréales devient noir jusqu'à quelques centimètres au-dessus du sol; il se recouvre d'une sorte de croûtes formées de filaments et de terre. Les sols alcalins, pauvres, trop meubles, les printemps humides, la répétition des céréales, les engrais basiques, favorisent les infections graves.

Cercospora herpotrichoïdes, bien que découvert chez nous en 1938 seulement, est très répandu. Il tue les jeunes plantes et les talles, produit le piétin-verse ainsi qu'un échaudage.

Les premiers symptômes de cette maladie sont les lésions latérales à la base des tiges (taches ocellées). Ces lésions s'agrandissent, les chaumes se brisent ou se coudent, tombant en tout sens sur le sol. Le mycélium peut envahir le collet, y formant des taches brunâtres, puis de nombreuses plaques. Contrairement à ce que nous avons vu pour *Ophiobolus graminis*, les plantes malades ont des racines presque saines. Lorsqu'on essaie de les arracher, elles se brisent au ras du sol. Leur pied est grisâtre, non pas noir. En culture, le mycélium gris-souris se développe lentement et d'abord en boule. Grâce à un optimum d'infection très bas, ce champignon continue ses ravages durant l'hiver. De nombreuses races en ont été déterminées; elles attaquent surtout le blé. Les

autres céréales, orge, seigle, avoine, en souffrent assez peu, bien qu'ayant le même ordre de réceptivité que pour *Ophiobolus graminis*. La nature du sol ne semble pas jouer un rôle prédominant sur le champignon, bien par contre, sur la sensibilité des céréales. Les déficiences en P et N, les gels et les longues séries de pluies au printemps aggravent ce piétin.

Quelques *Fusarium* sont nocifs aux céréales en provoquant surtout la fonte des semis. *Fusarium graminearum* (*Gibberella Saubinetii*) paraît très fréquent sur les blés, les orges et les avoines, dont il diminue la faculté germinative, détruit les germes et fait pourrir les plantes à leur base (piétin échaudage, piétin diffus).

Fusarium culmorum existe dans presque tous les sols. Il étouffe aussi les germes et provoque un échaudage assez peu grave, semble-t-il.

Fusarium nivale (*Calonectria graminicola*) produit chez le seigle la redoutable « moisissure des neiges » ainsi qu'une verse analogue à celle de *Cercospora*. Il est également très répandu dans les champs d'autres céréales, signalant sa présence par des taches sur les racines, les gaines et les feuilles.

Leptosphaeria culmifraga, *L. herpotrichoides*, *Wojnowicia graminis*, *Pleospora infectiora*, *Pl. herbarum*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum atramentarium*, *Dictyosporium opacum*, *Lophodermium tritici* sont considérés comme des agents secondaires.

Ophiobolus herpotrichus, divers *Pythium*, *Sclerotium* (*Constantini* ?), *Lophiostoma caulium* ainsi qu'une quinzaine de mycélium non déterminés sont encore à l'étude. Une espèce de *Pythium* et le *Sclerotium* (*Constantini*) se comportent comme des parasites assez redoutables.

Les méthodes de lutte applicables à tous les piétins sont la rotation judicieuse des cultures, une fumure rationnelle, des labours profonds, des roulages dans les terres trop meubles, des semis peu profonds, pas trop précoces pour les céréales d'automne, mais très tôt pour celles de printemps, la destruction des mauvaises herbes, le choix de variétés résistantes, l'épandage de superphosphate et de sulfate d'ammoniaque au printemps.

Contre *Ophiobolus graminis*, la lutte biologique est spécialement applicable. La désinfection des semences peut diminuer l'attaque des *Fusarium*, très peu celle des autres agents.

Les traitements au sulfate de cuivre, au carbolineum, au Cryptonol, ne donnent pas de résultats satisfaisants. L'acide sulfurique peut réduire l'infection ou produire des effets désastreux.

V. Publications citées.

- Anliker, J., 1935. Beiträge zur Kenntnis der Fusariose des Roggens. (Thèse, E. P. F. Zurich, 115 p., 3 pl.)
- Baltzer, U., 1930. Untersuchungen über die Anfälligkeit des Roggens für Fusariosen. (Phytopath. Ztschr. **2**, 377—441.)
- Bennet, F. T., 1928. On Cladosporium herbarum, parasitism on wheat. (Ann. appl. biol., **15**, 191—212.)
- Blair, J. D., 1936. The foot rot disease of wheat. (N. Z. J. Agr., **52**, 129—137.)
- Broadfoot, W. C., 1933. The pathogenicity of Wojnowicia graminis. (Phytop., **23**, 1001—1002.)
- and Tyner, L. E. Studies on foot and root rot of wheat. (I. Can. Journ. Res., **8**, 483—491, 1933; II. Can. Journ. Res., **8**, 545—552, 1933; III. Can. Journ. Res., **10**, 95—114, 1934; V. Can. Journ. Res., **16**, 125—134, 1938; VI. Can. Journ. Res., **16**, 253—261, 1938.)
- Bussmann, B., 1936. Untersuchungen über die Virulenz von Ophiobolus graminis Sacc. (Phyt. Zeitschr., **9**, 571—583.)
- Carré, G., 1935. A propos de la lutte contre le piétin. (J. Agr. prat., **52**, 540.)
- Christensen, J. J., Stakman, E. C., and Immer, F. R., 1929. Susceptibility of wheat varieties and hybrids to fusarial head blight. (Minn. Agr. Exp. St. Techn. Bull., **59**, 24 p.)
- Cugini, G., 1880. Sopra una malattia del frumento... (Giorn. agr. ital., **14**, 3 p.; Foëx et Rosella, 1930.)
- Davis, R. J., 1925. Studies on Ophiobolus graminis... (J. Agr. Res., **31**, 801—827.)
- Défago, G., 1940 a. Le piétin des céréales. (Alm. Agr. Suisse romande, **78**, 60—64.)
- 1940 b. Effets de l'aneurine, de ses composants et de l'hétéro-auxine sur la croissance de trois parasites du blé. (Phytop. Zeitschr., **13**, 293—315.)
- Fellows, H., 1928. The influence of O₂ and CO₂ on the growth of Ophiobolus graminis. (J. Agr. Res., **37**, 349—355.)
- 1937. The infestation of soil with Oph. graminis and its subsequent increase and spread in the soil. — Effect of climatic conditions on the prevalence of Oph. graminis in the soil. (Phytop., **27**, p. 956.)
- and Ficke, C. H., 1934. Effects on wheat plants of Oph. graminis at different levels in the soil. (J. Agr. Res., **49**, 871—881.)
- and Ficke, C. H., 1939. Soil infestation by Oph. graminis and its spread. (J. Agr. Res., **58**, 505—519.)
- Fischer, E., und Gäumann, E., 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Fischer, Jena.
- Foëx, E., 1935. Quelques observations sur les maladies du pied des céréales. (C. R. Ac. Agr. France, **21**, 501—505.)
- 1936. Etude expérimentale des piétins du blé... (Ann. Epiph. et Phytogén., N. S. **2**, 1—11, et C. R. Ac. Agr. 5 févr. 1936.)
- et Rosella, E., 1930. Recherches sur le piétin. (Ann. Epiph., **16**, 51—82.)
- et Rosella, E., 1934. Les piétins du blé. (Rev. path. vég. et entom. agr. **21**, 9—14.)
- et Rosella, E., 1937. Un Sclerotium parasite du blé. (Ann. Sc. nat. Bot., **10**, XIX, 221—231.)
- Frank, A. B., 1896. Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl. Bd. 2, Breslau, p. 306—307.
- Fron, G., 1912. Contribution à l'étude de la maladie du pied noir des céréales... (Ann. Sc. Agr. sér. **4**, **1**, 3—29.)
- 1934. Nouveaux essais de lutte contre la maladie du piétin du blé. (C. R. Ac. Agr. France, **20**, 644—650.)

- Fron, G., 1935. Observations au cours de la campagne 1935... (C. R. Ac. Agr. France, **21**, 922—930.)
- 1937. La maladie du piétin des céréales en 1936 et 1937. (Agr. prat., **51**, 1791—1792.)
- Garret, S. D., 1934. Factors affecting the pathogenicity of cereal foot rot fungi. (Biol. Rev., **9**, 351—361.)
- 1936. Soil conditions and the take-all disease of wheat. (Ann. Appl. Biol., **23**, 667—669.)
- 1937. Soil conditions... II. The relations between soil reaction and soil aeration. (Ann. Appl. Biol., **24**, 747—751.)
- 1938. Soil conditions... III. Decomposition of the resting mycelium of *Oph. graminis* in infected wheat strubble buried in the soil. (Ann. Appl. Biol., **25**, 742—766.)
- 1939 a. Soil conditions... IV. Factors limiting infection by ascospores of *Oph. graminis*. (Ann. Appl. Biol., **26**, 47—55.)
- 1939 b. Soil-borne fungi and the control of root disease. (Techn. Comm. Imp. bureau of soil science, n° **38**, 54 p.)
- Gaudineau, M., et Guyot, A.-L., 1925. De quelques facteurs qui influencent le développement de la maladie du piétin du blé. (Rev. path. vég. et entom. agr., **12**, 317—342.)
- Gaul, F., 1938. Beobachtungen über Getreide-Fusskrankheiten, insbesondere Halmbruchkrankheit. (D. L. Pr., **65**, 461—462.)
- Gäumann, E., 1926. Vergleichende Morphologie der Pilze. Fischer, Jena, 626 p.
- 1940. Neuere Erfahrungen über die Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten. (Zeitschr. f. Bot., **35**, 433—513.)
- Glyne, M. D., 1935. Incidence of take-all on wheat and barley on experimental plots at Woburn. (Ann. Appl. Biol., **22**, 225.)
- 1939. Eyespot lodging of wheat caused by *Cercospora herpotrichoides* Fron. (Agr. Progress, **16**, 5 p.)
- Greaney, F. J., 1938. The effect of phosphate deficiencies on infection of wheat by *Fusarium culmorum*. (Can. J. Res., **16**, 27—37.)
- Hynes, H. J., 1937. Studies of *Rhizoctonia* root rot of wheat and oat. (Sc. Bull. Dep. Agr. N. S. W., **58**, 42 p.; R. A. M., **17**, 166—167.)
- 1938. Studies on *Helmintosporium* root rot of wheat and other cereals. III et IV. (Sc. Bull. Dep. Agr. N. S. W., **61**, 67 p.; R. A. M., **17**, 805—806.)
- Jones, S. G., 1926. The development of perithecia of *Oph. graminis* Sacc. (Ann. of Bot., **40**, 607—629.)
- Kassel, 1927. Der Weizenhalmtöter (*Oph. herpotrichus*). (Ill. Ldw. Zeitschr., **48**, p. 409; Foëx et Rosella, 1930.)
- Kirby, R. S., 1922. The take-all disease of cereals and grasses. (Phytopath., **12**, 66—68.)
- Krebs, J., 1933. Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Infektion von Weizenkeimlingen durch *Oph. graminis*. (Schw. Landw. Monatshefte, **11**, 285—291.)
- Laar, van de, J. H. J., 1931. Onderzoekingen over *Oph. gram.* en *Oph. herp.* (Medel. Lab. Myc. en Aardappelonderzoek., n° **55**, 1—146.)
- Lal, A., 1939. Interaction of soil microorganisms with *Oph. gram.* (Ann. Appl. Biol., **26**, 247—261.)
- Ludbrook, W. V., 1936. *Wojnowicia graminis* (McAl.) Sacc. in relation to foot rot of wheat in Australia. (Counc. f. scient. and industr. Res. Bull. **103**, 23 p.)
- Mangin, M.-L., 1899. Sur le piétin ou maladie du pied du blé. (Bull. Soc. myc. de France, **15**, 210—240.)
- Noak, M., 1928. Fungi. (Sorauer, Hdbuch. der Pflanzenkr., 2 Bd., 644—650.)

- Millikan, C. R., 1938. A preliminary note on the relation of zinc to disease in cereals. (J. Agr. Vict., **36**, 409—416; R. A. M., **18**, p. 97.)
- Oort, A. J. P., 1936. De oogvlekkenziekte van de granen veroorzaakt door *Cercospora herpotrichoides* Fron. (Med. **78**, Inst. voor phytopath., Wageningen, 179—234.)
- Padwick, G. W., 1936 a. A growth factor influencing the development of *Ophiobolus graminis* Sacc. (Sc. Agr. **16**, p. 365—372; R. A. M., **15**, 490.)
 — 1936 b. Biologic strains of *Ophiobolus graminis* Sacc. (Ann. Appl. Biol., **23**, 45—56.)
 — 1939. Note on the limitation of infection of wheat by ascospores of *Ophiobolus graminis* Sacc. (Ann. Appl. Biol., **26**, 823—825.)
- Pluchet, E., 1878. Sur l'état de la récolte du blé et la maladie du piétain. (Bull. Soc. Nat. Agr. France, **38**, p. 368—370, 394—396; **47**, p. 414—415.)
- Prilleux, E., et Delacroix, G., 1890. La maladie du pied du blé, causée par l'*Ophiobolus graminis* Sacc. (Bull. Soc. Myc. de France, **6**, 110—113.)
- Roemer, Th., Fuchs, W. H., und Isenbeck, K., 1938. Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. (P. Parey, Berlin, 384—394.)
- Runge, 1938. Beobachtungen zur Halmbruchkrankheit des Weizens. (D. L. Pr., **65**, p. 421; R. A. M., **18**, p. 15.)
- Russel, R. C., 1934. Studies of Take-all and its causal organism, *Ophiobolus graminis* (Dom. Canada, Dep. Agr. Bull., **170**, 64 p.)
 — 1939. Pathogenicity tests with cultures of *Ophiobolus graminis* Sacc. (Sc. Agr., **19**, 662—669; Exp. St. Rec., **82**, 346.)
- Sadavisan, T. S., 1939. Succession of fungi decomposing wheat straw in different soils, with special reference to *Fusarium culmorum*. (Ann. App. Biol., **26**, 497—508.)
- Samuel, G., 1937. Whiteheads or Take-all in wheat. (J. Ministry Agr., **44**, 231—241.)
 — and Garret, S. D., 1933. Ascospores discharge in *Ophiobolus graminis*. (Phytopath. **23**, 721—728.)
 — and Greaney, F. J., 1937. Some observations of the occurrence of *Fusarium culmorum* in wheat. (Trans. Brit. myc. Soc., **21**, 114—117; R. A. M., **17**, 229.)
- Schaffnit, E., 1933. *Cercospora herpotrichoides* (Fron) als Ursache der Halmbruchkrankheit des Getreides. (Phytopath. Zeitschr., **5**, 493—513.)
- Schmidt, E. W., und Freistritzer, W., 1933. Beiträge zur Fusskrankheit des Getreides und ihrer Bekämpfung. (Arch. f. Pflzbau., **10**, 391—421.)
- Schribaux, E., 1892. Le piétin ou maladie du pied des céréales. (J. Agr. prat., **56**, 317—320.)
- Sprague, R., 1934. The association of *Cercospora herpotrichoides* with *Festuca consociation*. (Phytop., **24**, 669—676.)
 — 1935. *Wojnowicia graminis* as a very weak, secondary parasite of winter cereal crops. (Phytop., **25**, 405—415.)
 — 1936. Relative susceptibility of certain species of gramineen to *Cercospora herpotrichoides*. (J. Agr. Res., **53**, 659—670.)
 — 1937. Influence of climatological factors in the development of *Cercospora* foot rot of winter wheat. (Circ. USA. Dep. Agr., **451**, 40 p.; R. A. M., **17**, p. 513.)
 — 1938. Gill fungi associated with the roots of cereals. (Phytop., **28**, 78—79; R. A. M., **17**, 380—381.)
- Tulasne, L. R. et C., 1863. Selecta fung. (Carpol. II, p. 255, Paris.)
- Turner, Miss, E. M., 1940. The reaction of oats to different strains of *Ophiobolus graminis*. (Trans. Brit. mycol. Soc., **24**, p. 267.)
- Vanterpool, T. C., 1938. Some species of *Pythium* parasitic of wheat in Canada and England. (Ann. Appl. Biol., **25**, 529—543.)

- Volkart, A., 1936. Die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten durch die Züchtung immuner und resistenter Sorten. (Ann. Agr. de la Suisse, **37**, 744—759.)
- White, N. H., 1939. The sexuality of *Ophiobolus graminis* Sacc. (J. Coun. Sc. industr. Austr., **12**, 209—212; R. A. M., **19**, p. 141, 1940.)
- Winter, A. G., 1940. Weitere Untersuchungen über... *Ophiobolus graminis*. (Zentralbl. für Bakt., 2. Abt., **101**, 364—388.)
- Wollenweber, H. W., 1932. Fungi imperfecti. (Sorauer, Hdb. Pflzkr., Bd. **3**, 5. Aufl., 557—830.)
- und Reinking, O. A., 1935. Die Fusarien... P. Parey, Berlin, 355 p.
- Young, P. A., 1937. Sclerotium blight of wheat. (Phytop., **27**, 1113—1118.)
-