



La météo, un élément clef pour la prévision du risque de piétin-verse pour le blé d'automne

D. GINDRAT et P. FREI, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, CH-1260 Nyon

@ E-mail: daniel.gindrat@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22/36 34 444.

Résumé

Des observations réalisées à Changins (plaine) et dans le Gros-de-Vaud/Jorat (altitude) de 1987 à 1998 montrent que la note finale de piétin-verse du blé d'automne en rotation de culture est corrélée avec les températures moyennes journalières de novembre. A Changins, une corrélation existe également avec la somme des précipitations comprises entre le semis et le 28 février. Les variations dans la gravité du piétin-verse entre trois régions (Changins, Gros-de-Vaud/Jorat et Chablais) pourraient s'expliquer par les différences de température existant au niveau du sol, en particulier en novembre, et qui sont liées à la topographie locale. Ces données devraient constituer la base d'un système de prévision du risque de piétin-verse pour le blé d'automne.

Introduction

Deux éléments rendent difficile la prévision de l'attaque de piétin-verse (due au champignon *Pseudocercospora herpotrichoides*) au moment de la maturité du blé d'automne (GINDRAT et FREI, 1999):

- dans la plupart des cas, et surtout en rotation de culture, il n'y a pas de relation entre la fréquence des lésions visibles au moment du traitement (stade BBCH 31) et la gravité de l'attaque à la maturité du blé;
- l'intensité du piétin-verse en rotation de culture présente de grandes différences entre les régions.

Ces données, ajoutées à nos résultats sur les relations entre la météo de l'hiver et le piétin-verse de l'orge d'automne (GINDRAT *et al.*, 1996), suggèrent qu'une prise en compte des paramètres climatologiques de la saison froide, propice aux infections, pourrait sensiblement améliorer l'aide à la décision actuelle (ANONYME, 1996). Il serait ainsi possible de déterminer avec plus d'exactitude

le potentiel infectieux du piétin-verse sur le blé au moment du traitement. En outre, une explication climatologique aux différences locales de l'intensité du piétin-verse permettrait d'introduire un paramètre régional.

Nous présentons ici des résultats obtenus entre 1987 et 1998 sur les relations entre la gravité du piétin-verse du blé d'automne et le climat.

Matériel et méthodes

Les observations ont été réalisées en rotation de culture (fréquence de céréales sensibles dans les rotations $\leq 40\%$), dans des parcelles non traitées d'essais annuels de fongicides, semés de 1986 à 1997 à Changins (420 m) et dans le Chablais vaudois (Bex, Saint-Triphon, 430 m) et de 1990 à 1997 dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat (Peney-le-Jorat, 830 m, et Goumoens-la-Ville, 610 m). Six essais en 2^e ou 3^e année de blé d'automne (essais en répiage) ont également été réalisés à Changins de 1993 à 1997. Les précédents culturaux, les dates de semis et les notes d'attaque de piétin-verse ont été décrits dans un précédent article (GINDRAT et FREI, 1999).



La station ANETZ de l'Institut suisse de météorologie, à Aigle (VD).

Les données météorologiques ont été obtenues des stations ANETZ (ISM) de Changins et d'Aigle (essais dans le Chablais) et de stations Madd Etrelec (1990-1993) et Campbell (1993-1998) à Goumoens-la-Ville, pour les essais dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat. Aucune station ne se trouve à plus de 10 km des sites d'essais auxquels elle est associée. Les statistiques sont calculées avec le logiciel Sigmastat 2.0 (Jandel Corp., USA).

Résultats

Effet du climat de l'année

Les notes de lésion de piétin-verse à la maturité du blé provenant de 12 essais annuels de 1987 à 1998 en rotation de culture ont été mises en relation avec les données de la station météo de Changins pour la période allant du semis au 15 mars (date approximative où la décision du traitement est prise). Parmi

TJM = température journalière moyenne de l'air calculée à partir des 144 mesures journalières sous abri à 2 m du sol (thermomètre ventilé).

G-min = température minimum de l'air mesurée par un thermomètre libre (sans abri) à 5 cm au-dessus du gazon.

BBCH 31 = stade 1 nœud du blé.

les paramètres disponibles, seules la **température journalière moyenne** (moyenne de 144 mesures journalières par thermomètre ventilé sous abri à 2 m au-dessus du sol = **TJM**) de novembre et la **somme des précipitations** (mm) du semis au 28 février de l'année suivante ont présenté une relation assez constante avec la gravité du piétin-verse (fig. 1). Les régressions présentées dans le tableau 1 le confirment et soulignent également l'importance du seuil de température moyenne de 4 ou 5 °C en novembre.

L'examen des divers paramètres météo d'autres périodes situées entre le semis et le 15 mars n'a apporté aucun élément supplémentaire. Les statistiques de la régression où y = note de lésion de piétin-verse à maturité et x = somme TJM de novembre (tabl. 1) indiquent quelques différences importantes entre le y observé et le y calculé. En 1991 et 1998, il y a eu moins de piétin-verse que prévu par le calcul (respectivement: y calculés = 1,3 et 1,3; y observés = 0,3 et 0,4), alors qu'il y en a eu davantage en 1990 et 1997.

Un examen des données pluviométriques pour la période du 1^{er} mars au 30 juin indique des quantités de précipitations sensiblement plus élevées pour les mois de mai et de juin 1990 et 1997 (fig. 2). Ces pluies sont à mettre en re-

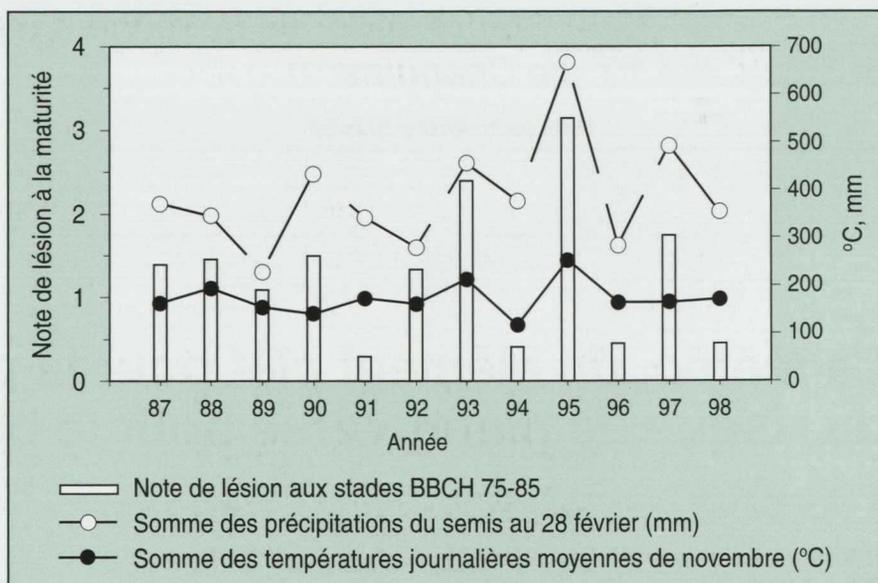


Fig. 1. Notes de lésions de piétin-verse à la maturité du blé cultivé en rotation et météo à Changins, 1987-1998.

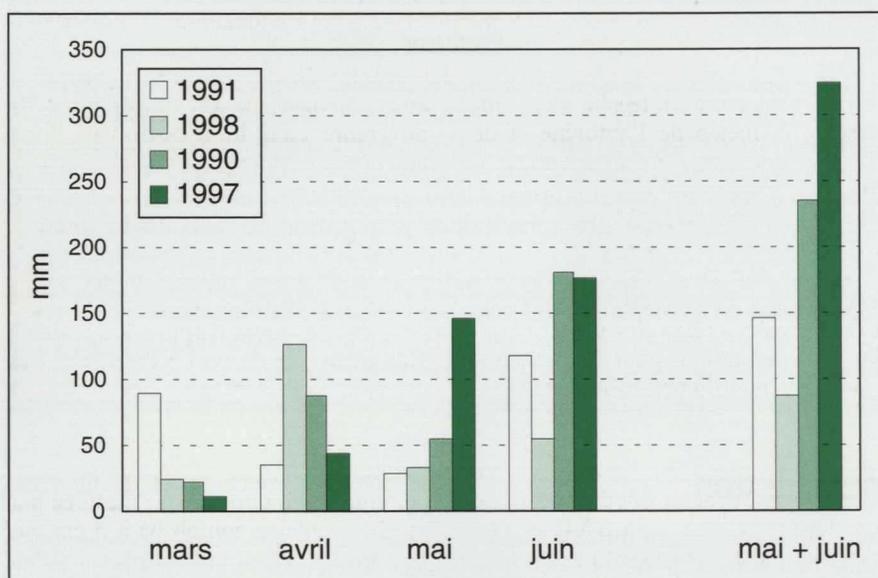


Fig. 2. Précipitations après le stade BBCH 31, les années où il y a eu moins (1991, 1998) ou plus (1990, 1997) de piétin-verse que prévu sur la base de la somme des températures journalières moyennes de novembre (Changins, rotation).

Tableau 1. Corrélations (régressions linéaires) entre l'intensité des lésions de piétin-verse à la maturité du blé d'automne et des paramètres météorologiques (températures de novembre, précipitations du semis au 28 février). Changins, un essai annuel en rotation de culture, années de récolte 1987 à 1998.

Régressions ^a	r ²	P	X ₁ ^b	X ₂
$Y = -1,852 + 0,0184X_1$	0,55	< 0,01	STJM novembre	—
$Y = -1,593 + 0,137X_1$	0,46	0,02	Jours de novembre avec TJM ≥ 4 °C	—
$Y = -0,891 + 0,129X_1$	0,53	< 0,01	Jours de novembre avec TJM ≥ 5 °C	—
$Y = -0,860 + 0,00563X_1$	0,58	< 0,01	mm du semis au 28 février	—
$Y = -1,953 + 0,0109X_1 + 0,0036X_2$	0,70	< 0,01	STJM novembre	mm du semis au 28 février
$Y = -2,096 + 0,0837X_1 + 0,00422X_2$	0,71	< 0,01	Jours de novembre avec TJM ≥ 4 °C	mm du semis au 28 février
$Y = -1,334 + 0,0711X_1 + 0,00371X_2$	0,67	< 0,01	Jours de novembre avec TJM ≥ 5 °C	mm du semis au 28 février

^aY = note de lésion de piétin-verse à maturité du blé.

^bSTJM = somme des températures journalières moyennes de l'air. TJM = température journalière moyenne de l'air.

Tableau 2. Corrélations (régressions linéaires) entre l'intensité des lésions de piétin-verse à la maturité du blé d'automne et des paramètres météorologiques (températures de novembre, précipitations du semis au 28 février). Gros-de-Vaud/Jorat, un essai annuel en rotation de culture, années de récolte 1991 à 1998.

Régressions ^a	r ²	P	X ₁ ^b	X ₂
$Y = 2,437 + 0,00674X_1$	0,50	0,05	STJM novembre	–
$Y = 2,476 + 0,0515X_1$	0,70	< 0,01	Jours de novembre avec TJM ≥ 4 °C	–
$Y = 2,706 + 0,0459X_1$	0,49	0,05	Jours de novembre avec TJM ≥ 5 °C	–
$Y = 2,865 + 0,00147X_1$	0,10	0,31	mm du semis au 28 février	–
$Y = 2,781 + 0,0116X_1 - 0,00312X_2$	0,66	0,07	STJM novembre	mm du semis au 28 février
$Y = 2,897 + 0,0731X_1 - 0,00245X_2$	0,84	0,01	Jours de novembre avec TJM ≥ 4 °C	mm du semis au 28 février
$Y = 3,330 + 0,0873X_1 - 0,00372X_2$	0,70	0,05	Jours de novembre avec TJM ≥ 5 °C	mm du semis au 28 février

^aY = note de lésion de piétin-verse à maturité du blé.

^bSTJM = somme des températures journalières moyennes de l'air. TJM = température journalière moyenne de l'air.

lation avec le développement de la maladie au-delà de l'intensité qui avait été calculée sur la base des températures de novembre. Le faible piétin-verse observé en 1991 et 1998 correspond au temps sec d'avril et mai 1991 et de mai et juin 1998.

Les relations entre l'intensité du piétin-verse et la météo de l'automne et de l'hiver établies pour les essais en rotation à Changins ont été testées dans les autres régions d'essais et dans les essais en répiage de Changins. Les régressions (tabl. 1) ont été appliquées en utilisant les notes de lésions observées et les données météo des stations correspondantes (Aigle pour le Chablais, Goumoens pour Peney-le-Jorat et Goumoens, et Changins). Aucune relation n'a été établie pour les 12 essais du Chablais (1987-1998), les coefficients de régression r² étant inférieurs à 0,10. Pour les 6 essais en répiage à Changins (1993-1998), les coefficients r² les plus élevés ont été obtenus avec les régressions multiples, mais n'ont pas excédé 0,32. En revanche, dans les 8 essais en rotation dans le Gros-de-Vaud/Jorat

(1991-1998), des corrélations proches de celles obtenues à Changins ont été trouvées avec les TJM de novembre (tabl. 2). Contrairement au cas de Changins, la corrélation entre la note de piétin-verse et les précipitations a été faible (r² = 0,10). La relation graphique entre piétin-verse et températures de novembre dans le Gros-de-Vaud/Jorat est présentée dans la figure 3.

Effet du climat local

Une comparaison des relevés météo entre les trois régions montre que les TJM sont généralement un peu plus basses à Goumoens en raison de l'altitude. Les précipitations sont plus abondantes à Changins de novembre à janvier et plus faibles en mai dans le Chablais. En revanche, les températures G-min (température minimum de l'air mesurée par un thermomètre non abrité à 5 cm au-dessus du gazon) moyennes de novembre diffèrent nettement entre les trois régions. Voisine de -2 °C dans le Chablais et de + 0,5 °C à Changins, la température G-min de novembre est d'environ

+ 1,0 °C à Goumoens pour les années de récolte 1994 à 1998 (seules années où ce paramètre a été enregistré dans les trois stations météo). Ces différences dans les températures G-min de novembre, observées d'ailleurs durant l'ensemble de l'année, sont en relation avec les notes moyennes de lésion de piétin-verse enregistrées durant la même période (fig. 4). La température G-min fournit une bonne indication des températures régnant au voisinage de la surface du sol où *P. herpotrichoides* est actif.

Discussion

La météo de l'automne et de l'hiver, en particulier lorsqu'elle est exprimée par les températures moyennes de l'air et G-min de novembre et les précipitations du semis au 28 février, exerce un effet marquant sur le piétin-verse du blé d'automne en rotation de culture en Suisse romande.

Le nombre de jours de novembre où la température atteint 4 ou 5 °C, soit la

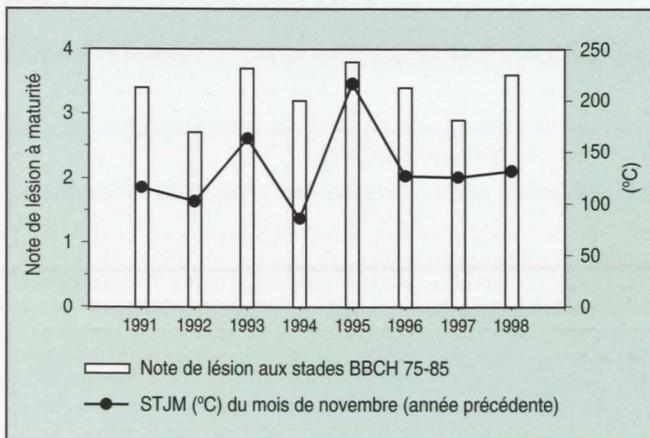


Fig. 3. Notes de lésions de piétin-verse à la maturité du blé en rotation et somme des températures journalières moyennes (= STJM) de novembre dans le Gros-de-Vaud/Jorat, 1991-1998.

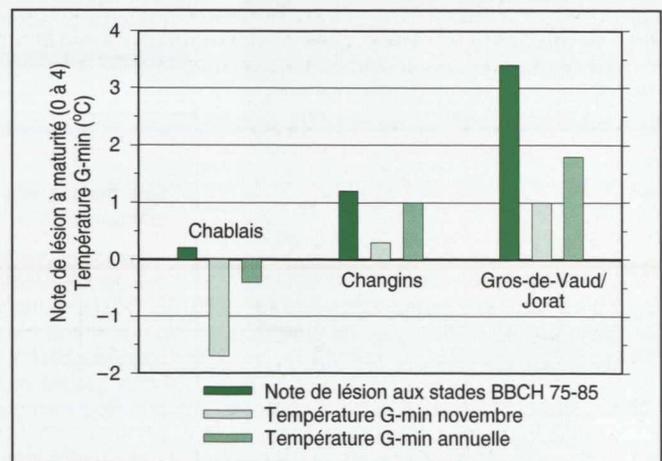


Fig. 4. Gravité du piétin-verse et températures G-min (moyennes 1994 à 1998).

température optimale pour la sporulation de *P. herpotrichoides* (5 °C) et pour l'infection du blé, joue un rôle important dans le développement des fortes attaques de piétin-verse (SCHRÖDTER et FEHRMANN, 1971; SIEBRASSE et FEHRMANN, 1987; FITT *et al.*, 1988). Le mois de novembre paraît donc propice à la multiplication de l'inoculum du champignon et, peut-être, aux premières infections. Celles-ci sont en outre favorisées par les précipitations en automne et en hiver (HOLLINS et SCOTT, 1980). Le rôle des infections précoces dans le développement d'un piétin-verse grave avait été déjà montré il y a plus de soixante ans par FOEX (1936).

Les données de température G-min de novembre indiquent qu'un microclimat favorable au piétin-verse (températures au sol parvenant au seuil de 4-5 °C) se présente plus fréquemment dans le Gros-de-Vaud/Jorat qu'à Changins et, surtout, que dans le Chablais. Dans les zones de relief, l'air froid tend à s'écouler des pentes et à s'accumuler au sol dans les cuvettes ou les zones de plaine (PALTJ, 1981). C'est probablement l'explication des différences dans la gravité du piétin-verse, constamment observées depuis des années entre nos trois régions d'essais.

La date de semis joue un rôle dans le développement de la maladie (DICKENS, 1964; PALTJ, 1981; GOULDS et FITT, 1990). Elle est prise en compte dans l'effet des précipitations cumulées entre le semis et le 28 février (tabl. 1).

Ensuite, les conditions météo, et en particulier les précipitations, qui adviennent après le stade BBCH 31 du blé (fig. 2) influent également sur le développement du piétin-verse (DIERCKS, 1966; SAUR *et al.*, 1980; DAAMEN et STOL, 1990).

Conclusions

- La météo de la saison froide, en particulier les températures de novembre et les précipitations enregistrées entre le semis et la fin de février, jouent un rôle clef dans le développement du piétin-verse du blé d'automne en Suisse romande.
- Le phénomène d'inversion des températures mesurées juste au-dessus du sol, lié à la topographie, pourrait expliquer les différences de gravité de la maladie entre les régions.
- Ces données devraient servir de base au développement d'une méthode de prévision du risque de piétin-verse du blé d'automne, particulièrement lorsqu'il est cultivé en rotation.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement MM. D. Pellet et V. Bovet pour l'organisation, la mise en place et la bonne marche des essais; MM. les agriculteurs de Peney-le-Jorat, Bex et Saint-Triphon, qui ont mis leurs parcelles à leur disposition; M^{me} N. Badel pour son assistance technique; MM. F. Calame et M. Ryser pour leurs conseils en matière d'agroclimatologie; M. A. Maillard pour sa collaboration à une partie de l'expérimentation et pour sa lecture critique du manuscrit.

Bibliographie

- ANONYME, 1996. Fiche technique grandes cultures N° 1.59. Service romand de vulgarisation agricole, Lausanne.
- DAAMEN R. A., STOL W., 1990. Surveys of cereal diseases and pests in the Netherlands. 2. Stem-base diseases of winter wheat. *Neth. J. Pl. Path.* **96**, 251-260.
- DICKENS L. E., 1964. Eyespot footrot of winter wheat caused by *Cercosporium herpotrichoides*. *Cornell Univ. Agric. Res. Sta. Mem.* **390**, 39 p.
- DIERCKS R., 1966. Die meteorologischen Grenzen bei Voraussage einer Halmbruch-Epidemie unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Süddeutschland. *Z. Pflanzenkrankh.* **73**, 117-137.
- FITT B. D. L., GOULDS A., POLLEY R. W., 1988. Eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) epidemiology in relation to prediction of disease severity and yield loss in winter wheat - a review. *Pl. Path.* **37**, 311-328.

- FOEX E., 1936. Etude expérimentale des piétins du blé au cours de la campagne 1934-1935. *Ann. Epiphyt., N.S.*, **1**, 1-11. (*In: Rev. Pl. Path.* **15**, 709, 1936).
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., COLLAUD J.-F., 1996. Le piétin-verse de l'orge d'automne: épidémiologie et lutte (Changins, 1988-1995). *Revue suisse Agric.* **28** (6), 370-376.
- GINDRAT D., FREI P., 1999. Quelques particularités du piétin-verse du blé d'automne. *Revue suisse Agric.* **31** (5), 213-216.
- GOULDS A., FITT B. D. L., 1990. The development of eyespot on seedling leaf sheaths in winter wheat and winter barley crops inoculated with W-type and R-type isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides*. *J. Phytopath.* **130**, 161-173.
- HOLLINS T. W., SCOTT P. R., 1980. Epidemiology of eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) on winter wheat, with particular reference to the period of infection. *Ann. appl. Biol.* **95**, 19-29.
- PALTJ J., 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York, 243 p.
- SAUR R., HAMPEL M., LÖCHER F., MAPPES C., 1980. Siebenjährige Untersuchungen über die Ertragswirkung der Fusskrankheitsbekämpfung bei Winterweizen in Abhängigkeit von Befallsdruck und Standorten. *Z. Pflanzenkrankh.* **87**, 328-334.
- SCHRÖDTER H., FEHRMANN H., 1971. Ökologische Untersuchungen zur Epidemiologie von *Cercospora herpotrichoides*. II. Die Abhängigkeit des Infektionserfolges von einzelnen meteorologischen Faktoren. *Phytopath. Z.* **71**, 97-112.
- SIEBRASSE G., FEHRMANN H., 1987. Ein erweitertes Modell zur praxisgerechten Bekämpfung des Erregers der Halmbruchkrankheit *Pseudocercospora herpotrichoides* in Winterweizen. *Z. Pflanzenkrankh.* **94**, 137-149.

Summary

Climate, a key factor in the prevision of eyespot on winter wheat

Eyespot severity on winter wheat in crop rotation was compared in two areas of Western Switzerland (Changins, 430 m a.s.l.; Gros-de-Vaud/Jorat, 610-830 m a.s.l.) from 1987 to 1998. The disease severity at wheat growth stage BBCH 75-85 was correlated to November average daily air temperatures. A correlation with total precipitation from sowing to the end of February was also found in Changins. Differences in eyespot severity between three areas, Gros-de-Vaud/Jorat, Changins and Chablais (420 m a.s.l.), might be explained by differences in temperature just above the soil surface, particularly in November. Temperature near the soil surface is closely related to local topographic features.

These data should be of valuable use to develop a method of prevision of eyespot on winter wheat in crop rotation.

Key words: *Pseudocercospora herpotrichoides*, winter wheat, crop rotation, climate, prevision.

Zusammenfassung

Das Wetter, ein Schlüsselement zur Vorhersage des Halmbruch-Risikos im Winterweizen

Beobachtungen in Changins (Flachland) und im Gros-de-Vaud/Jorat (Höhenregion) in den Jahren 1997 und 1998 im Winterweizen zeigten eine Korrelation zwischen der Befallsintensität des Halmbruchbefalls im Stadium BBCH 83 und der mittleren Tagestemperatur im Monat November. Für Changins wurde auch eine Korrelation zwischen Halmbruchbefall und der Summe der Niederschläge vom Saattermin bis zum 28. Februar gefunden. Die Unterschiede in der Befallsintensität des Halmbruchbefalls in drei Regionen (Changins, Gros-de-Vaud/Jorat und Chablais) könnten durch die Temperaturunterschiede in Bodennähe im November erklärt werden, wobei die lokale Topographie eine grosse Rolle spielt. Die vorliegenden Daten bieten eine Basis für ein Vorhersagesystem des Halmbruch-Risikos im Winterweizen.