



Prévision du risque de piétin-verse sur le blé d'automne en Suisse

D. GINDRAT, P. FREI et D. PELLET, 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

Le seuil de dommages économiques possibles de 3 sur une échelle de 0 à 4 en termes de lésions de piétin-verse à la maturité du blé est confirmé. A la suite d'une étude réalisée de 1987 à 2002, avec un nombre d'essais annuels limité, la prévision de l'intensité de la maladie sur le blé d'automne en rotation de culture a été partiellement rendue possible à l'aide de régressions linéaires où les variables indépendantes sont des paramètres météorologiques (précipitations totales, température à la surface du sol de novembre à mars ou avril, températures de l'air de novembre). Le poids de ces paramètres dans le calcul de la prévision varie cependant considérablement entre une région de plaine (430 m) et une région d'altitude (600-800 m). Dans une prochaine étape, la valeur des régressions pour la prévision de la maladie sera vérifiée sur un plus grand nombre de parcelles dans diverses régions et situations topographiques.

deux régions, la combinaison dans des régressions multiples des températures de novembre et des précipitations cumulées fournissait des coefficients de détermination entre 0,70 et 0,85.

Finalement, la température à la surface du sol avait été mise en relation avec la gravité du piétin-verse, ce paramètre dépendant de la topographie régionale, un élément important en Suisse (lacs d'air froid en plaine, température au sol plus élevée en altitude).

L'examen de ces relations a été poursuivi jusqu'en 2002. Les résultats sont présentés ci-dessous.

Introduction

Les facteurs climatiques régnant dans les premiers centimètres au-dessus de la surface du sol jouent un rôle déterminant dans l'épidémiologie du piétin-verse (*Pseudocercospora herpotrichoides* = forme asexuée de *Tapesia yallundae* et de *T. aciformis*). Les spores du champignon se forment de façon optimale à une température proche de 5°C sur les restes des cultures précédentes. Elles peuvent toutefois être produites entre 1 et 20°C (HIGGINS et FITT, 1984). Quant à l'infection de la base des pousses de blé, elle se réalise le mieux entre 4 et 13°C, en présence d'humidité suffisante (SCHRÖDTER et FEHRMANN, 1971), les gouttes de pluie constituant le moyen de diffusion des spores le plus important (FITT et BAINBRIDGE, 1983). Les blés sont infectés de l'automne au printemps, lorsque les conditions climatiques sont favorables (HOLLINS et SCOTT, 1980).

A défaut d'une aide fiable à la décision pour le traitement fongicide aux stades BBCH 30-32 (fin mars-fin avril selon

l'altitude), nombre d'applications inutiles sont réalisées, la maladie étant souvent discrète en rotation de culture. Le traitement contre le piétin-verse est en revanche conseillé pour les blés semés après une céréale (sauf l'avoine), une situation à haut risque pour cette maladie. Les bases d'une prévision du piétin-verse du blé d'automne **cultivé en rotation**, établie sur des paramètres météorologiques intervenant dans l'épidémiologie de la maladie, ont été présentées (GINDRAT et FREI, 1999). Dans les conditions de Changins de 1987 à 1998, l'intensité de la maladie à maturité du blé dans un essai annuel en rotation de culture était partiellement expliquée par la température de l'air de novembre et par les précipitations cumulées entre la date de semis et le 28 février (coefficients de détermination $R^2 = 0,55$ et $0,58$). Pour la région d'altitude du Gros-de-Vaud/Jorat, les températures de novembre, mais non les précipitations cumulées, entraînent également dans l'explication de la variabilité de l'intensité de la maladie ($R^2 = 0,50$ pour la période de 1991 à 1998). Dans les

Matériel et méthodes

Notations de piétin-verse

Elles ont été réalisées dans des parcelles d'essais (18 ou 36 m², non traitées par un fongicide) avec la variété de blé d'automne Arina en rotation de culture (deux à trois cultures de blé en cinq ans) à Changins (alt. 430 m) de 1987 à 2002, dans la région Gros-de-Vaud/Jorat (Fey, alt. 640 m, en 1987 et 1988; Peney-le-Jorat, alt. 840 m, de 1989 à 1995; Goumoens-la-Ville, 620 m, de 1996 à 1998 et en 2001 et 2002) et dans le Chablais vaudois (région de Bex-Saint-Triphon, alt. 420 m, de 1987 à 1999). L'indice de piétin-verse à maturité pâteuse du blé (BBCH 83-85) est calculé sur un total de 100 plantes prélevées dans les quatre parcelles de chaque essai. Une échelle de 0 à 4 est utilisée: 0 = pas de lésion; 4 = base de la tige entièrement nécrosée. Pour l'évaluation du seuil des dommages économiques, les notations portent aussi sur des essais en monoculture de blé d'automne (var. Arina) à Changins.

Données météorologiques

Elles ont été obtenues des stations ANETZ (MétéoSuisse) de Changins et d'Aigle et Campbell de Goumoens-la-Ville.

Statistiques

Elles ont été calculées avec le logiciel Sig-mastat 2.0 (Jandel Corp., USA).

Résultats et discussion

Seuil de dommages économiques possibles

Dans les conditions de la Suisse, un seuil de dommages économiques de 3 sur une échelle de 0 à 4 en termes de lésions de piétin-verse à maturité du blé a été proposé (GINDRAT *et al.*, 1993). Ce seuil a été réévalué par une analyse économique de 30 essais réalisés de 1987 à 2001, dans lesquels un traitement contre le piétin-verse avec le fongicide Sportak a été réalisé (tabl. 1). Le rendement de la variété Arina a été significativement augmenté après le traitement dans quatre des 13 essais où la note de piétin-verse était supérieure à 3 (échelle 0 à 4) chez le témoin. Ainsi, dans 31% des cas avec forte attaque de piétin-verse, un gain net d'environ CHF 200.-/ha a été réalisé. Dans les 17 essais qui présentaient une note finale entre 1,4 et 2,7, une augmentation significative du rendement n'a été observée qu'une seule fois (6% des cas), en présence d'une attaque modeste de piétin-verse et avec un gain d'environ CHF 215.-/ha. Bien que la maladie se soit révélée finalement assez peu dommageable sur le plan économique (cinq cas sur 30, soit 17%, ont montré une augmentation significative du rendement après le traitement au Sportak), un seuil de dégât économique possible de 3 (note de lésion moyenne à maturité du blé) paraît donc raisonnable. Les faibles différences de sensibilité au

Tableau 1. Rentabilité du traitement du blé Arina contre le piétin-verse. Fongicide: Sportak. Trente essais (1987-2001) avec note finale de lésion de piétin-verse supérieure à 1 (échelle de 0 à 4).

Note finale de piétin-verse	Nombre d'essais	Essais avec différences significatives (P < 0,05) entre rendements avec Sportak ^a et témoin non traité				
		N	(%)	Augmentation moyenne de rendement après Sportak q/ha (%)	Gain (CHF/ha)	
					Brut ^b	Net ^c
1,4 à 2,7	17	1 ^d	6	5,8 (10,9)	336,40	216,40
3,1 à 3,7	13	4	31	5,6 (12,4)	324,80	204,80

^a Sportak: prochloraz (450 g/l). Un traitement (1 l/ha) au stade BBCH 30-32.

^b Prix Arina en 2002 = CHF 0,58/kg. Gain brut = gain de rendement en kg * CHF 0,58.

^c Gain net = gain brut - coût du traitement. Coût du traitement = prix du produit/ha (CHF 70.-) + coût travail + machine/ha (CHF 50.-).

^d Note de piétin-verse dans les parcelles non traitées: 1,4.

piétin-verse des variétés de blé d'automne permettent d'extrapoler ces données aux variétés autres qu'Arina.

Piétin-verse et météo dans trois régions

L'application des régressions présentées précédemment (période de 1987 à 1998) a été poursuivie jusqu'en 2002. A Changins, l'année de récolte 1999 a été exclue, la parcelle étudiée n'étant pas représentative d'un blé en rotation, car elle était infestée de graminées adventices sensibles au piétin-verse depuis plusieurs années (GINDRAT et FREI, 2000). Sur la base des résultats obtenus jusqu'en 2002, un nouveau paramètre météo a été introduit, la température Gmin¹. Les variables indépendantes des régressions ont été ajustées afin de conserver des coefficients de détermination les plus élevés possible. Les nouvelles régressions sont

¹ **Température Gmin:** température minimale de l'air mesurée par un thermomètre libre (sans abri), à 5 cm au-dessus du sol.

présentées dans le tableau 2. Dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat, les données antérieures à 1994 n'ont pas été prises en compte, la station de Goumoens n'ayant pas fourni de données de température Gmin avant 1993.

Le relevé des précipitations a été étendu au 15 mars (Changins) et au 15 avril (Gros-de-Vaud/Jorat), la décision de traiter pouvant encore être prise après ces dates. La période du 1^{er} novembre au 15 février a été préférée à d'autres périodes pour le calcul de la moyenne des températures Gmin moyennes journalières, en raison d'un meilleur coefficient de détermination pour les deux régions.

A Changins, la somme des précipitations du semis au 15 mars explique pour 64% la variabilité (variance) de l'intensité du piétin-verse (rég. 2). Cette relation est linéaire (fig. 1): le piétin-verse augmente avec les précipitations. Elle pourrait s'expliquer par un plus grand nombre de périodes de contamination durant la saison froide; en outre, des pluies abondantes traduisent un automne et un hiver doux. Cependant, la régression appliquée au

Tableau 2. Régressions pour les régions de Changins (CHA) et du Gros-de-Vaud/Jorat (GDVJ), où: Y = intensité du piétin-verse à maturité du blé d'automne Arina en rotation de culture^a et X₁, X₂ = paramètres météorologiques. Périodes de 1987 à 2002 (CHA) et 1994 à 2002 (GDVJ)^b.

N°	X ₁	X ₂	R ²		Y	
			CHA	GDVJ	CHA	GDVJ
1	Somme des températures journalières moyennes de novembre (°C)	-	0,43	0,27	-1,143 + 0,0152X ₁	0,457 + 0,0154X ₁
2	Somme des précipitations du semis au 15 mars (CHA) ou au 15 avril (GDVJ) (mm)	-	0,64	0,00	-0,845 + 0,00529X ₁	2,435 - 0,000292X ₁
3	Température Gmin moyenne du 1 ^{er} novembre au 15 février (°C)	-	0,24	0,40	2,093 + 0,425X ₁	3,269 + 0,744X ₁
4	Somme des températures journalières moyennes de novembre (°C)	Somme des précipitations du semis au 15 mars (CHA) ou au 15 avril (GDVJ) (mm)	0,73	0,53	-1,705 + 0,00805X ₁ + 0,00417X ₂	1,502 + 0,0289X ₁ - 0,00626X ₂
5	Température Gmin moyenne du 1 ^{er} novembre au 15 février (°C)	Somme des précipitations du semis au 15 mars (CHA) ou au 15 avril (GDVJ) (mm)	0,66	0,76	-0,386 + 0,148X ₁ + 0,00479X ₂	7,179 + 1,361X ₁ - 0,00729X ₂

^aUne parcelle examinée par lieu et par année.

^bGDVJ: données météo de la station de Goumoens; essais à Peney-le-Jorat en 1994 et 1995 et à Goumoens dès 1996.

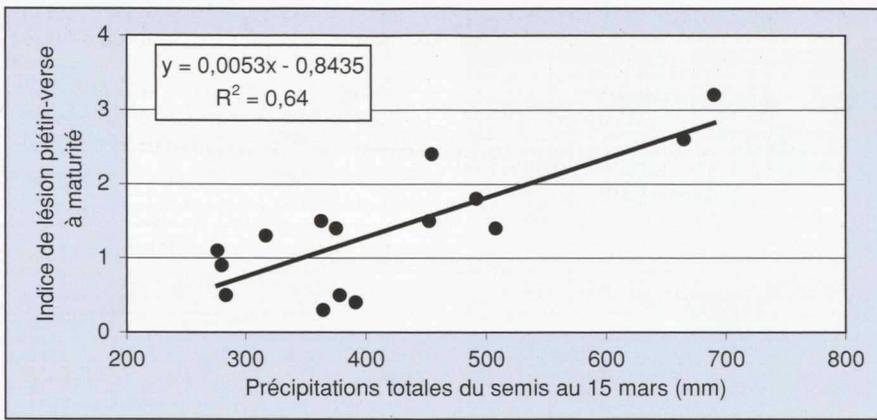


Fig. 1. Régression linéaire où Y est l'intensité du piétin-verse sur le blé à maturité et X le cumul des précipitations du semis au 15 mars. Changins, 1987 à 2002.

Gros-de-Vaud n'indique aucun effet des précipitations sur le piétin-verse ($R^2 = 0,00$). Une relation contraire ressort même de la régression multiple incluant, en plus des précipitations, la température Gmin moyenne de novembre au 15 février (X_2 négatif dans la régression 5) et fournissant un coefficient de détermination R^2 de 0,76. Ce résultat est à première vue inexplicable, bien que la température Gmin influence à elle seule 40% de la variabilité de l'intensité de la maladie (rég. 3). A Changins, la même régression multiple (rég. 5) produit un R^2 de 0,66: la température Gmin n'a ainsi rien apporté aux précipitations totales considérées comme seule variable indépendante

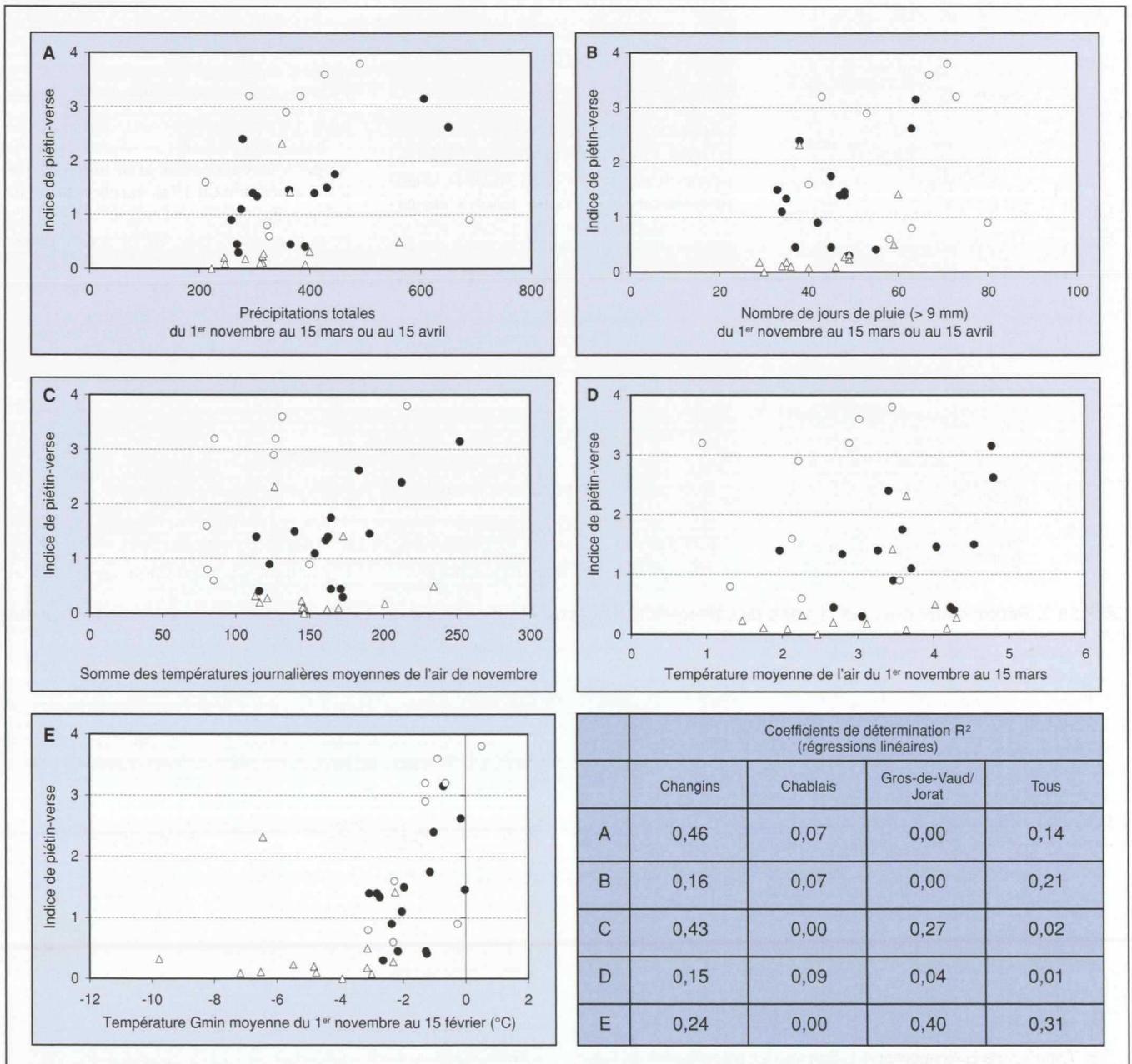


Fig. 2. Relations entre quatre paramètres météo (X) et l'intensité du piétin-verse (Y) sur le blé à maturité. Trente-sept observations, à Changins (15 essais), dans le Chablais vaudois (Bex, Saint-Triphon: 13 essais) et le Gros-de-Vaud/Jorat (Peney-le-Jorat, Goumoens-la-Ville: 9 essais) entre 1987 et 2002. Données météorologiques des stations de Changins (●), Aigle pour le Chablais vaudois (△) et Goumoens-la-Ville (○) pour le Gros-de-Vaud/Jorat.

et elle n'explique que de 24% la variabilité de l'intensité du piétin-verse (rég. 3). Les températures moyennes de l'air de novembre fournissent des R^2 inférieurs à 0,50 (rég. 1), mais produisent la meilleure valeur pour Changins ($R^2 = 0,73$) lorsqu'elles sont combinées aux précipitations (rég. 4).

Les valeurs de température proches de la surface du sol sont probablement plus importantes pour la prévision du piétin-verse que celles de la température de l'air, habituellement mesurée à 2 m du sol. Des régressions ont été calculées pour l'ensemble des trois régions de Changins, du Gros-de-Vaud/Jorat et du Chablais vaudois, différentes sur le plan de la topographie (fig. 2). Pour l'ensemble des trois régions, les régressions fournissent des coefficients de détermination R^2 proches de zéro pour la température de l'air (2 m du sol). En revanche, un R^2 de 0,31 est obtenu avec la température G_{min} moyenne du 1^{er} novembre au 15 février. Dans le Chablais vaudois, soumis aux G_{min} les plus basses en raison de la proximité des reliefs, l'intensité du piétin-verse n'a jamais atteint l'indice 3 (échelle 0 à 4) et a dépassé l'indice 2 une seule fois; aucun des paramètres météorologiques choisis n'explique la variabilité des attaques de piétin-verse. Dans le Gros-de-Vaud/Jorat (altitude), bénéficiant des températures G_{min} les plus élevées, l'indice de maladie a dépassé la note 3 à quatre reprises. Quant au cumul et à la fréquence des précipitations entre le 1^{er} novembre et le 15 mars (Changins, Chablais) ou le 15 avril (Gros-de-Vaud/Jorat), ils fournissent pour l'ensemble des régions des R^2 légèrement supérieurs – mais encore bas – à ceux obtenus avec les températures de l'air (2 m du sol).

Les résultats présentés ici sont basés sur une parcelle par année et par région. Très contrastés entre régions, ils suggèrent que les trois paramètres météorologiques sélectionnés (tabl. 2) n'expliquent probablement pas seuls la variabilité de l'intensité du piétin-verse sur le blé en rotation de culture, bien que leur choix ait été basé sur des données biologiques et épidémiologiques. La prochaine étape de ces recherches sera la vérification de la prévision fournie par les régressions présentées dans le tableau 2. Ce travail concernera un plus grand nombre de parcelles et diverses régions (plaine et altitude). La proportion de cas où les calculs conduiront, en mars-avril, à une recommandation de traitement ($Y \geq 3$) confirmée par l'observation des bases de tiges des blés à maturité permettra d'évaluer l'importance réelle de ces paramètres climatiques dans la prévision du piétin-verse.

Conclusions

- ❑ Une intensité du piétin-verse de 3 sur une échelle de 0 à 4 en termes de lésions à la base des tiges aux stades BBCH 83-85 du blé d'automne est proposée comme seuil de perte économique possible (var. Arina).
- ❑ Dans des régressions linéaires, des paramètres météorologiques choisis sur des bases biologiques et épidémiologiques expliquent partiellement la variabilité de l'intensité de la maladie ($R^2 = 0,64$ à 0,73).
- ❑ L'importance de ces paramètres est toutefois différente à Changins (430 m d'altitude) et dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat (altitude: 620-840 m). Cela suggère que d'autres paramètres, probablement non météorologiques, sont aussi à prendre en considération.
- ❑ La prochaine étape de cette étude sera de vérifier la valeur des régressions présentées pour la prévision du piétin-verse dans un plus grand nombre de parcelles de diverses régions de Suisse.

Remerciements

Les auteurs remercient leurs collègues V. Bovet, N. Badel et S. Perrier pour leur collaboration technique et J. Derron, O. Viret et P. Vuilliod pour leurs remarques et conseils lors de la préparation du manuscrit.

Bibliographie

- FITT B. D. L., BAINBRIDGE A., 1983. Dispersal of *Pseudocercospora herpotrichoides* spores from infected wheat straw. *Phytopath. Z.* **106**, 214-225.
- GINDRAT D., FREI P., 1999. La météo, un élément clef pour la prévision du risque de piétin-verse pour le blé d'automne. *Revue suisse Agric.* **31** (5), 217-220.
- GINDRAT D., FREI P., 2000. 1999: une année instructive pour la prévision des maladies en grandes cultures. *Revue suisse Agric.* **32** (4), 145-147.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1993. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande (1987-1991). I. Piétin-verse (*Pseudocercospora herpotrichoides*). *Revue suisse Agric.* **25**, 53-60.
- HIGGINS S., FITT B. D. L., 1984. Production and pathogenicity to wheat of *Pseudocercospora herpotrichoides* conidia. *Phytopath. Z.* **111**, 222-231.
- 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.
- 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.

Zusammenfassung

Vorhersage des Halmbruchrisikos auf Winterweizen in der Schweiz

Bei einer Krankheits-Intensität der Halmbruchkrankheit im Winterweizen von 3 (Skala von 0 bis 4) konnte die mögliche wirtschaftliche Schadschwelle bestätigt werden. In zahlenmässig beschränkten Versuchen (Winterweizen in Fruchtwechsel) von 1987 bis 2002 konnte die Voraussage der Intensität der Krankheit teilweise durch lineare Regressionen realisiert werden. Die dazu benutzten unabhängigen Variablen sind Wetterparameter wie Gesamtniederschläge und Temperatur der Bodenoberfläche von November bis März oder April sowie die Lufttemperaturen im November. Die Gewichtung der Parameter variiert aber stark zwischen dem Flachland (430 m.ü.M.) und den höher gelegenen Gebieten (600-800 m.ü.M.). In einer weiteren Etappe sollen nun diese Regressionen für die Halmbruchkrankheit in einer grösseren Anzahl von Parzellen in verschiedenen Regionen und topographischen Situationen geprüft werden.

Summary

Prediction of eyespot of winter wheat in Switzerland

In winter wheat in crop rotation an index of 3 (eyespot lesions at growth stages 83-85, 0-4 scale) was confirmed as a threshold of possible economical loss. Studies from 1987 to 2002 in a limited number of fields per year resulted in a prediction model based on linear regressions where meteorological parameters (total rainfall from planting to March, mean air temperature at the soil surface from November to March, and air temperature [2 m] in November) partly predicted eyespot index at growth stages 83-85. However, the weight of single parameters largely differed between a plain situation (430 m a.s.l) and a higher region (600-800 m a.s.l). In a next step, the importance of the regressions in the prediction of eyespot will be evaluated in a larger number of fields in various regions and topographical situations.

Key words: winter wheat, eyespot, Tapesia, forecasting, meteorology.