

Rentabilité des fongicides sur le blé d'automne

D. GINDRAT, P. FREI et D. PELLET, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1

 E-mail: peter.frei@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 377.

Résumé

Les données recueillies dans des essais de traitements fongicides du blé d'automne Arina dans quatre régions de Suisse romande de 1987 à 2002 ont été examinées. Une relation étroite a été établie dans les essais individuels entre l'intensité totale des maladies du pied, des feuilles et des épis aux stades 69-75 et le rendement. Pour l'ensemble des essais, la probabilité d'un gain significatif de rendement a été à peu près la même après un traitement en présence ou en l'absence d'un seuil d'intervention. En revanche, le respect des seuils d'intervention – piétin-verse excepté – augmente les chances de gain dans les régions de la plaine de l'Orbe (terres noires) et en altitude. Dans les régions de Changins et du Chablais vaudois, l'intérêt du traitement fongicide, même sur la variété Arina, est discutable. La probabilité d'obtenir un gain financier après l'usage d'un fongicide est liée à celle de l'augmentation du rendement, qui doit être pour cela supérieure à 1,2-2,1 q/ha selon le prix du produit (conditions de 2003).

Introduction

L'évolution des diverses maladies cryptogamiques du blé d'automne, l'efficacité des fongicides et leur effet sur le rendement ont fait l'objet de suivis et d'expérimentations au champ depuis plus d'un quart de siècle en Suisse romande (GINDRAT *et al.*, 1995, 1996, 2001 et 2002; MAILLARD et GINDRAT, 1989; VEZ et GINDRAT, 1978 et 1981). Jusqu'en 1986, les effets des traitements sur les rendements ont été étudiés sur plusieurs variétés actuellement disparues, puis seulement sur la variété Arina, toujours actuelle. Les effets de la région, du stade de traitement et de la pression des maladies sur les rendements ont été mis en évidence, parfois avec des fongicides qui ne sont actuellement plus disponibles. De même, des données ont été obtenues sur l'efficacité et l'influence sur le rendement de traitements réalisés à certains seuils d'intervention disponibles à l'époque et qui ont été révisés depuis. Quant aux relations entre l'intensité des maladies et le rendement, elles ne se sont pas révélées très étroites. Finalement, une brève analyse économique a été présentée pour les essais de la période 1995 à 1999.

Cette étude reprend l'ensemble des données recueillies sur la variété Arina de 1987 à 2002. Son objectif est de définir la rentabilité, actualisée à l'année 2003, des traitements réalisés durant cette période. Régions, seuils d'intervention, stades de traitement et fongicides seront considérés. En guise de préambule, la relation entre le niveau des maladies et le rendement sera ré-examinée.

Matériel et méthodes

Stades de développement du blé

Les stades BBCH sont utilisés, comme précédemment décrit (GINDRAT *et al.*, 2002).

Essais au champ

Les essais réalisés de 1987 à 1999 ont été décrits dans des publications antérieures (GINDRAT *et al.*, 1993, 1994 et 2001). De 2000 à 2002, d'autres essais ont été effectués suivant le même pro-

tole que les précédents. Les essais ont été implantés à Changins (430 m), dans la région du Gros-de-Vaud/Jorat (610-830 m), à Ependes (plaine de l'Orbe, 440 m) et dans le Chablais vaudois (Bex et Saint-Triphon, 430 m).

Fongicides

Les fongicides utilisés étaient encore disponibles sur le marché suisse en 2003. Ils sont présentés dans le tableau 1. D'autres fongicides autorisés par le passé ont été employés, mais ils ont disparu du marché. Les résultats de ces essais ont été également pris en compte. Les traitements ont été réalisés à l'aide d'un pulvérisateur à dos (500 l/ha).

Notation des maladies et seuils d'intervention

L'évaluation de la fréquence (nombre de pousses atteintes) et de l'intensité (surface foliaire atteinte) de l'oïdium, de la rouille brune et des septorioses foliaires, ainsi que l'estimation de la gravité du piétin-verse (échelle de 0 à 4) et de la septoriose de l'épi ont été précédemment décrites dans le détail (GINDRAT *et al.*, 1993, 1996 et 2001).

Tableau 1. Fongicides utilisés encore disponibles sur le marché en 2003.

Produits	Matières actives, g/l, g/kg ou %	Dose d'emploi (l ou kg/ha)
Acanto	Picoxystrobine 250	1,0
Agora / Dexter	Trifloxystrobine 172 + cyproconazole 80	1,0
Allegro	Krésoxym-méthyl 126 + époxycyconazole 125	1,0
Alto 100 SL	Cyproconazole 100	0,6 ou 0,8 ^a
Amistar	Azoxystrobine 250	1,0
Bion	Bendicar-thiométhyl 50%	1,0
Bravo 500	Chlorothalonil 500	3,0
Calypso	Chlorothalonil 300 + hexaconazole 75	2,5
Capitan (= Punch 25 EC)	Flusilazole 250	1,0 ou 1,2 ^b
Charisma	Flusilazole 107 + famoxadone 100	1,5 ou 2,8 ^b
Corbel	Fenpropimorph 750	1,5
Dyrène SC 480	Anilazine 480	4,0
Flamenco Plus	Prochloraz 174 + fluquinconazole 54	2,3
Horizont	Tébuconazole 250	0,5 - 1,0 ^a
Lemanor	Hexaconazole 22,9%	0,5 - 1,0 ^a
Opera	Pyraclostrobin 133 + époxycyconazole 50	1,75
Opus	Époxycyconazole 125	0,5 - 1,0 ^a
Opus Top	Époxycyconazole 83,7 + fenpropimorph 250	0,75 - 1,5 ^a
Pronto Plus	Tébuconazole 133 + spiroxamine 400	1,5
Radius	Cyprodinil 40% + cyproconazole 5,33%	1,5
Sirocco	Metconazole 60	1,5
Sportak	Prochloraz 450	1,0
Bingo 2 (= Tilt 2 CT)	Chlorothalonil 375 + propiconazole 62,9	2,0
Tiptor	Prochloraz 300 + cyproconazole 79,7	1,0

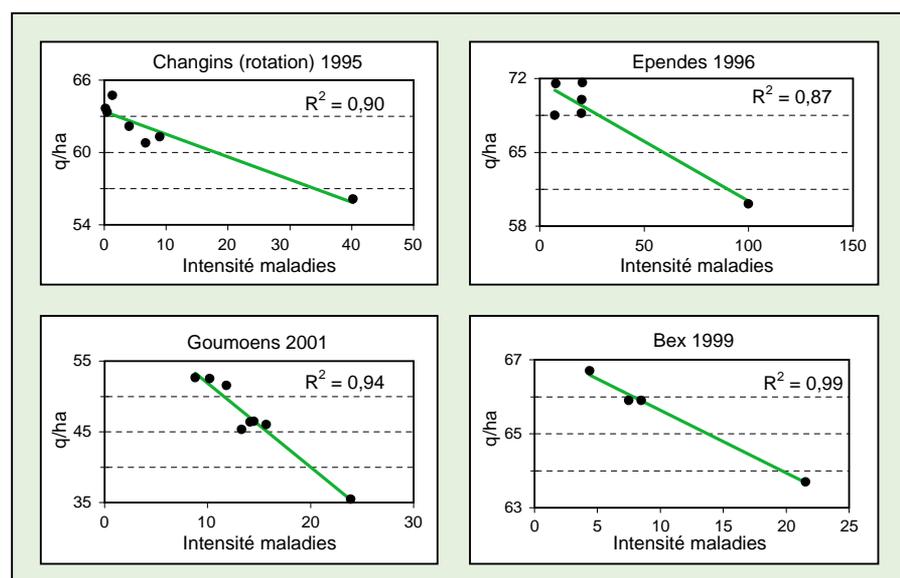
^a Selon niveau d'attaque. ^b Dose élevée seulement contre le piétin-verse.

Tableau 2. Seuils d'intervention utilisés.

Maladies	Stades du blé	Fréquences-seuils ^a	Remarques
Piétin-verse	31 - 32	15%	Symptômes dus à <i>P. herpotrichoides</i> ^b
Oïdium	31 à 59	25%	> 2 taches/pousse
Septorioses	41 à 59	15%	1 tache de <i>S. nodorum</i> et/ou <i>S. tritici</i> par pousse
Rouille brune	37 à 43 45 à 61	5% 1%	1 pustule/pousse

^a Pourcentage de pousses atteintes (maîtres-brins, puis tiges individuelles dès le stade 41). Oïdium, septorioses et rouille brune: observation sur les trois feuilles supérieures étalées.

^b Contrôle au laboratoire.



Les seuils d'intervention présentés dans le tableau 2 ont été développés au cours de l'expérimentation. Certains (par exemple pour les septorioses foliaires) ont été modifiés en cours d'expérimentation. Pour des raisons d'homogénéité des résultats et de leur interprétation, les seuils mentionnés ont été appliqués rétroactivement à tous les essais.

Résultats

Effets des maladies sur le rendement

Une relation a été recherchée entre l'intensité des maladies aux stades 69-75 et le rendement de la récolte exprimé en q/ha. L'intensité des maladies, en pour-cent, a été obtenue en additionnant la surface foliaire moyenne de la dernière et de l'avant-dernière feuille atteinte par l'une ou l'autre maladie, la surface de l'épi atteinte de septoriose. Une valeur de 25% a été ajoutée en cas de note de lésion de piétin-verse atteignant 3 sur l'échelle de 0 à 4. Cette note 3 constitue le seuil de nuisibilité en termes de rendement selon GINDRAT *et al.* (1993 et 2003). Seuls les essais avec notations complètes des maladies et dont les rendements (q/ha) ont offert des différences significatives ($P < 0,05$) ont été pris en compte (26 essais). A titre d'exemple, les résultats de quatre essais sont présentés dans la figure 1. La note de maladies la plus élevée correspond au témoin non traité, les autres aux parcelles traitées. Les coefficients de détermination R^2 proches de 0,90 indiquent que 90% de la variation du rendement a été déterminée par le niveau des maladies telles qu'elles ont été observées lors de la maturation du grain. Les régressions calculées pour les 17 essais comportant au moins quatre données fournissent un coefficient de détermination R^2 moyen de 0,78 alors que la médiane des 17 coefficients est de 0,87 (tabl. 3). Lorsque tous les essais sont considérés et que les y sont constitués par les rendements en q/ha transformés en pourcentage des rendements des parcelles non traitées (100%), le coefficient de détermination R^2 s'abaisse à 0,08.

◁ Fig. 1. Exemples de relation entre l'intensité des maladies aux stades 69 à 75 et le rendement du blé d'automne Arina dans les quatre régions d'essais. L'intensité des maladies a été calculée ainsi: pourcentage de surface foliaire moyenne atteinte par l'oïdium, la rouille brune et les septorioses + pourcentage de surface de l'épi atteint par la septoriose + 25 si la note de lésion de piétin-verse est d'au moins 3 sur une échelle de 0 à 4.

Effets des traitements sur les rendements

L'impact des interventions fongicides sur le rendement peut être considéré sous divers aspects: les effets du *type de produit*, du positionnement en fonction du *seuil d'intervention* (défini par un niveau de maladie observé lors d'une période déterminée de la culture) ou du positionnement en fonction du *stade de développement* du blé. En outre, l'élément régional doit être introduit. L'aspect du produit lui-même sera traité plus loin, dans le cadre de l'analyse économique, le prix du fongicide étant essentiel pour les calculs.

Cas du piétin-verse

Cette maladie est traitée séparément, car elle se distingue des autres par le moment de l'application et par la gamme des produits recommandés. Les augmentations moyennes de rendement observées après un traitement avec un fongicide contre le piétin-verse entre les stades 25 et 32 sont présentées dans la figure 2. Moins de 30% des traitements à un stade ou à un autre ont augmenté significativement la récolte. Les traitements précoces (stades 25-27 et 30), antérieurs aux stades 31-32 où le seuil d'intervention peut être défini, ont été suivis d'augmentations de rendement dans 20 à moins de 30% des cas. Suivent l'intervention au stade 31, la plus fréquente, puis le traitement au stade 32 avec moins de 10% d'augmentations de rendement. Les traitements respectant le seuil d'intervention contre le piétin-verse ont représenté une petite partie des interventions qui ont conduit à des augmentations significatives de rendement.

Seuils d'intervention

L'effet d'une intervention en présence ou en l'absence d'un ou de plusieurs seuils d'intervention (tabl. 2) est présenté dans la figure 3. Les augmentations de rendement ont été converties en pour-cent du rendement des témoins non traités. Lorsque tous les cas ont été considérés, le traitement respectant au moins un seuil d'intervention a déterminé une augmentation moyenne de rendement significativement supérieure à celle obtenue en l'absence de seuil. En revanche, si l'on ne tient compte que des cas où les rendements des parcelles traitées étaient significativement différents de ceux des parcelles non traitées, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des procédés «avec seuil» et «sans seuil».

Tableau 3. Effet de l'état sanitaire du blé d'automne aux stades 69-75 sur le rendement. Dix-sept essais de 1989 à 2002 avec différences significatives ($P < 0,05$) de rendement et au moins quatre valeurs (trois données après traitement, une sans traitement). X = indice de maladie (% moyen surface foliaire F1 et F2 atteinte par rouille brune, oïdium et septorioses + % surface épi avec septoriose + 25 si indice de lésion piétin-verse ≥ 3 sur échelle 0 à 4). Y = rendement en q/ha.

Nombre de valeurs prises en compte par essai		Coefficient de détermination R ²	
Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
6	6	0,78	0,87

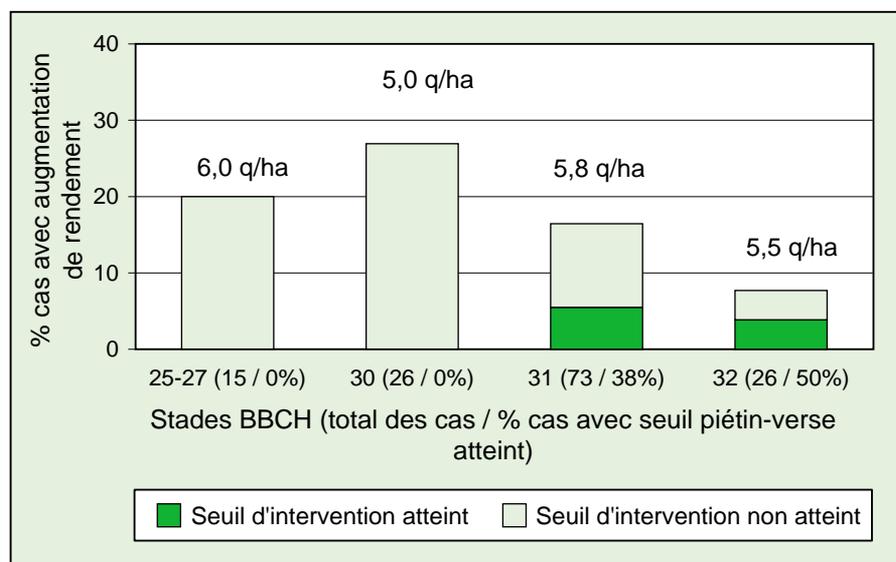


Fig. 2. Augmentations significatives ($P < 0,05$) du rendement (q/ha) selon le stade et le seuil d'intervention piétin-verse lors du traitement (1987 à 2002). Produits: Capitan, Charisma, Flamenco Plus, Radius, Sportak, Tiptor. Les augmentations moyennes de rendement sont mentionnées au-dessus des barres.

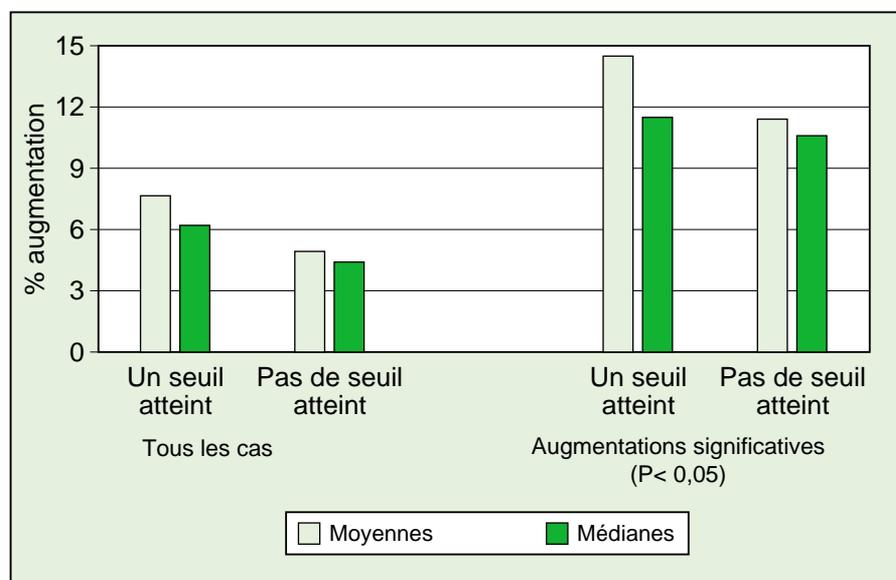


Fig. 3. Augmentations moyennes de rendement (q/ha) en pour-cent des témoins sans fongicide après traitement où un seuil d'intervention était atteint ou non. Tous fongicides confondus. Tous les cas: les moyennes obtenues en présence d'au moins un seuil et transformées en arc sinus sont significativement plus souvent supérieures à celles obtenues en l'absence de tout seuil d'intervention ($P < 0,001$; test de Mann-Whitney); nombre de cas: seuil atteint = 450, seuil non atteint: 278. **Augmentations significatives ($P < 0,05$) par rapport aux témoins non traités:** les moyennes obtenues en présence ou en l'absence de seuil d'intervention et transformées en arc sinus ne sont pas significativement différentes (test de Mann-Whitney); nombre de cas: seuil atteint = 149, seuil non atteint = 68.

Les effets des traitements regroupés par région et par seuils d'intervention sont présentés dans la figure 4. A Changins et dans le Chablais, aucun traitement réalisé à l'un ou l'autre moment respectant un ou plusieurs seuils d'intervention contre une maladie foliaire n'a augmenté le rendement au moins une fois sur deux. A Changins, seuls les positionnements aux seuils oïdium + sep-

torioses foliaires ± rouille brune se sont quelque peu distingués des traitements en l'absence de tout seuil d'intervention. Dans le Chablais, les interventions aux seuils septorioses foliaires ± rouille brune ont été un peu plus souvent à l'origine d'un gain de rendement que le traitement en l'absence de seuil. A Ependes, l'effet du traitement ne tenant compte que du seuil oïdium – le

cas le plus fréquent – s'est révélé inférieur (un succès sur deux et 4,0 à 6,0 q/ha de gain) à celui des interventions considérant aussi les septorioses foliaires ou la rouille brune qui ont toutes été efficaces en termes de rendement (6,1 à 8,0 q/ha) trois fois sur quatre ou davantage. Dans le Gros-de-Vaud/Jorat, toutes les interventions visant une ou plusieurs

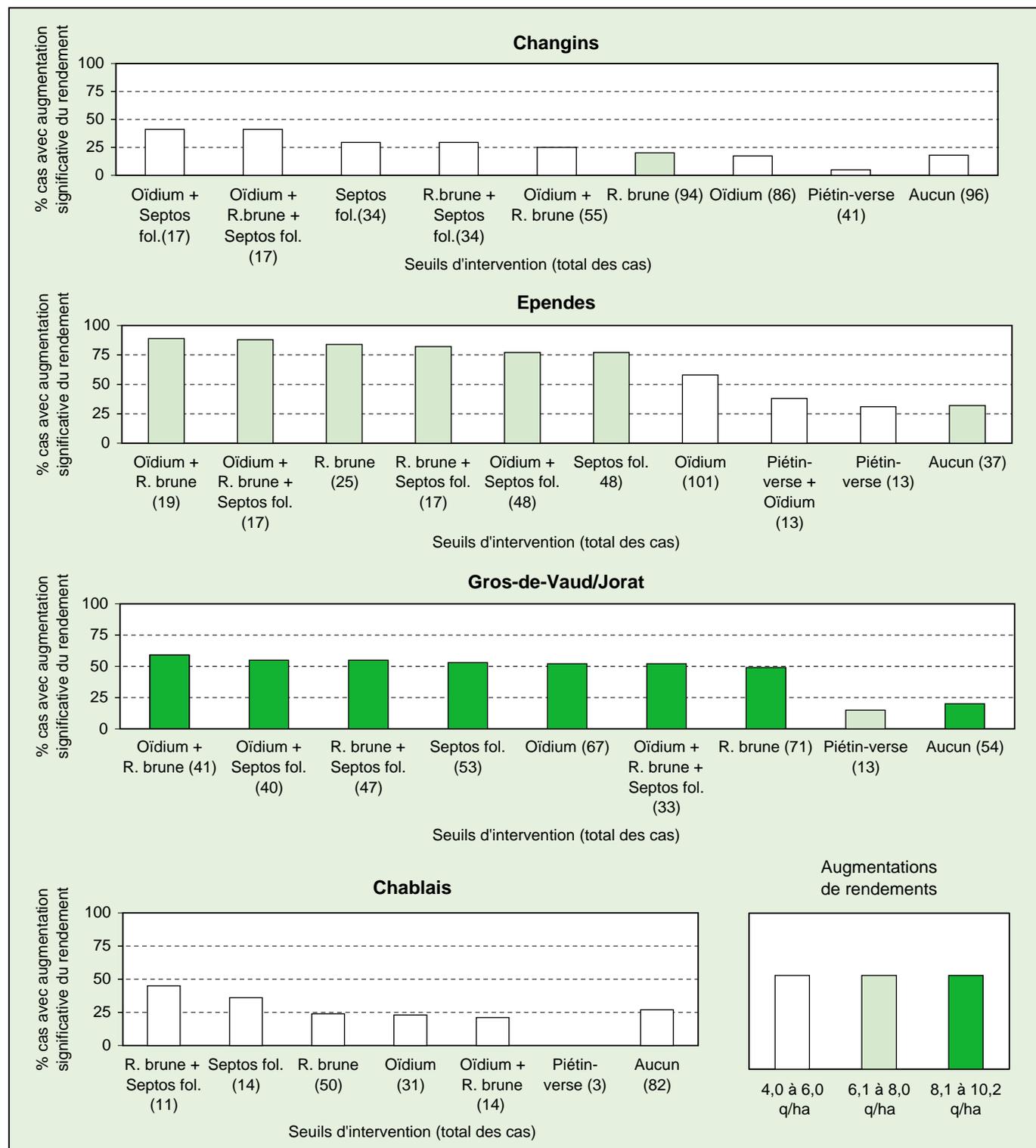


Fig. 4. Augmentations significatives ($P < 0,05$) du rendement (q/ha) selon la région et le(s) seuil(s) d'intervention atteint(s) lors du traitement (1987 à 2002). Chaque seuil est d'abord considéré séparément et, le cas échéant, regroupé avec un ou deux autres seuils observés simultanément.

maladies foliaires parvenues au seuil d'intervention ont augmenté le rendement une fois sur deux, aucune ne se distinguant nettement des autres. C'est dans cette région que les augmentations de rendement ont été les plus élevées (8,1 à 10,2 q/ha), sinon les plus fréquentes.

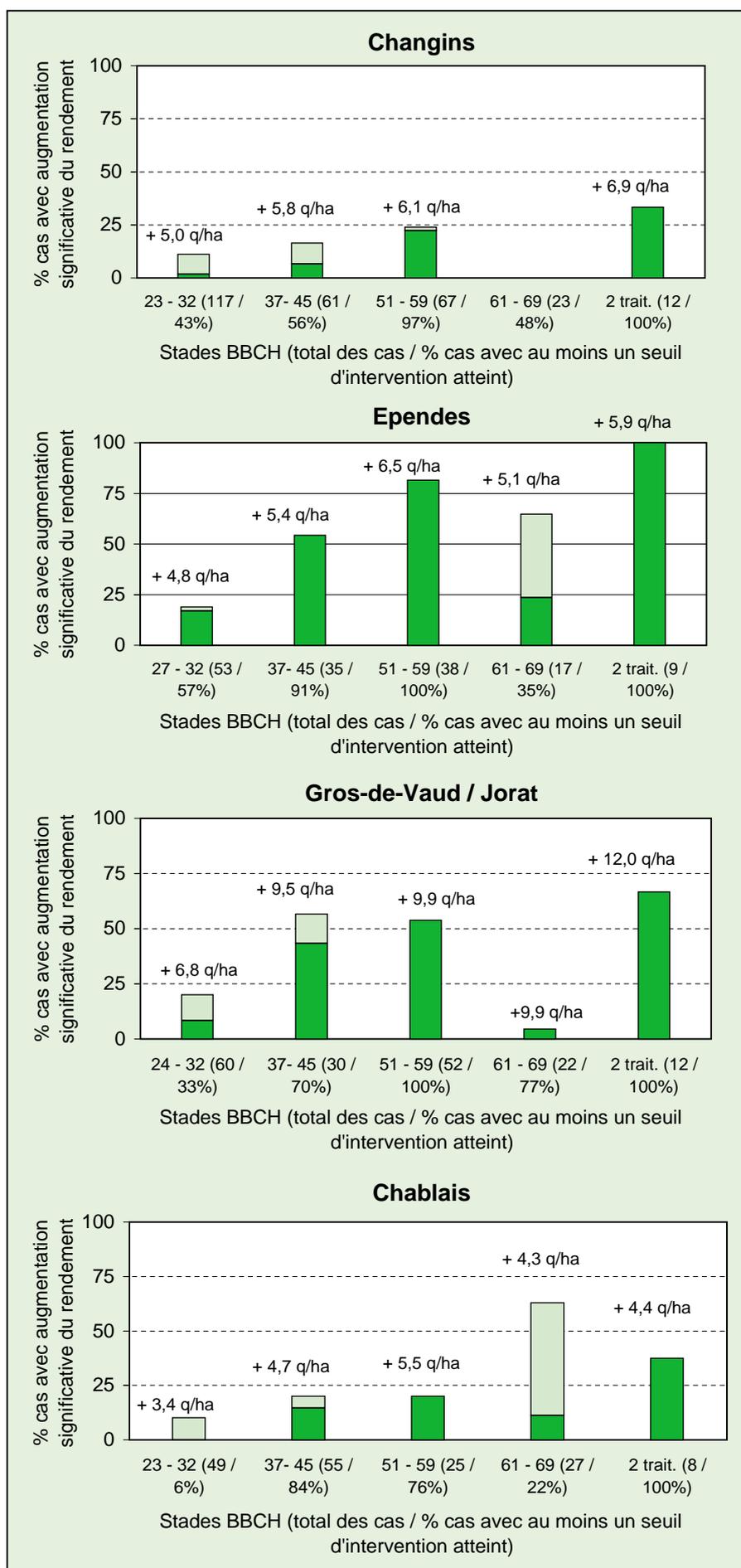
Finalement, le traitement au seuil du piétin-verse n'a, en moyenne, pas augmenté les rendements par rapport aux applications en l'absence de seuil d'intervention.

Stades de développement du blé

En termes d'augmentation significative de rendement, le succès des traitements selon la région et le stade du blé lors de l'application est présenté dans la figure 5. La proportion de cas où un seuil d'intervention était atteint lors de l'intervention fongicide est également indiquée. Le traitement entre les stades 23 et 32 a correspondu à une augmentation de rendement seulement dans moins de 25% des cas. A Ependes et dans le Gros-de-Vaud/Jorat, un traitement appliqué entre les stades 37 et 59 a déterminé une augmentation du rendement dans plus de 50% des cas (environ 80% à Ependes pour les stades 51 à 59). A Changins et dans le Chablais, les interventions entre les mêmes stades 37 et 59 n'ont été suivies d'augmentations de rendement que dans moins de 25% des cas. L'effet du traitement aux stades 61-69 a été nul à Changins et quasi nul dans le Gros-de-Vaud/Jorat. En revanche, cette application tardive a été la plus intéressante dans le Chablais avec plus de 60% des interventions suivies de gains de rendement, comme dans le Gros-de-Vaud/Jorat. Le double traitement (stades 30-32 + stades 51-59) a augmenté le rendement dans 100% des cas à Ependes, environ 70% des cas dans le Gros-de-Vaud/Jorat et un peu plus de 30% des cas à Changins et dans le Chablais.

D'une manière très globale, les traitements ayant apporté un gain de rendement sont ceux qui ont été effectués alors qu'un seuil d'intervention avait

Fig. 5. Augmentations significatives ($P < 0,05$) du rendement (q/ha) selon la région et le positionnement des traitements (1987 à 2002). Les moyennes des augmentations de rendement figurent au-dessus des histogrammes. Deux traitements: stades 30-37 + stades 51-59. Barres pleines: au moins un seuil d'intervention atteint lors du traitement (pour le procédé à deux traitements: seuil atteint à l'une ou l'autre application); barres vides: aucun seuil d'intervention atteint lors du traitement.



été atteint. Exceptions: les interventions précoces (stades 23 à 32) sauf à Ependes, et celles opérées entre les stades 37 et 45 à Changins. Les traitements pendant la floraison (stades 61 à 69) n'ont guère augmenté le rendement à Changins et dans le Gros-de-Vaud/Jorat bien qu'un seuil d'intervention ait été atteint dans respectivement 48 et 77% des cas. En revanche, les mêmes interventions ont augmenté les rendements à Ependes et dans le Chablais dans plus de 60% des cas alors qu'un seuil d'intervention avait été observé dans seulement 35 et 22% des situations.

Lorsqu'elles se sont réalisées, les augmentations de rendement ont été les plus élevées dans le Gros-de-Vaud/Jorat (de 6,8 à 12,0 q/ha), intermédiaires à Changins (5,0-6,9 q/ha) et à Ependes (4,8-6,5 q/ha) et les plus basses dans le Chablais (3,4-5,5 q/ha).

Traitements au seuil d'intervention: aspects économiques

L'analyse économique des traitements fongicides fait entrer en jeu:

- le *coût du traitement*, qui se limite ici au *prix du produit*; le coût du travail, voire le coût écologique de l'intervention, peuvent être calculés en sus (DERRON, 1984);
- le *prix payé pour la livraison du blé*;
- le *gain de récolte* (q/ha) par rapport aux parcelles non traitées.

Les augmentations moyennes de rendement obtenues après un traitement fongicide en présence de l'un ou de l'autre seuil d'intervention sont présentées dans

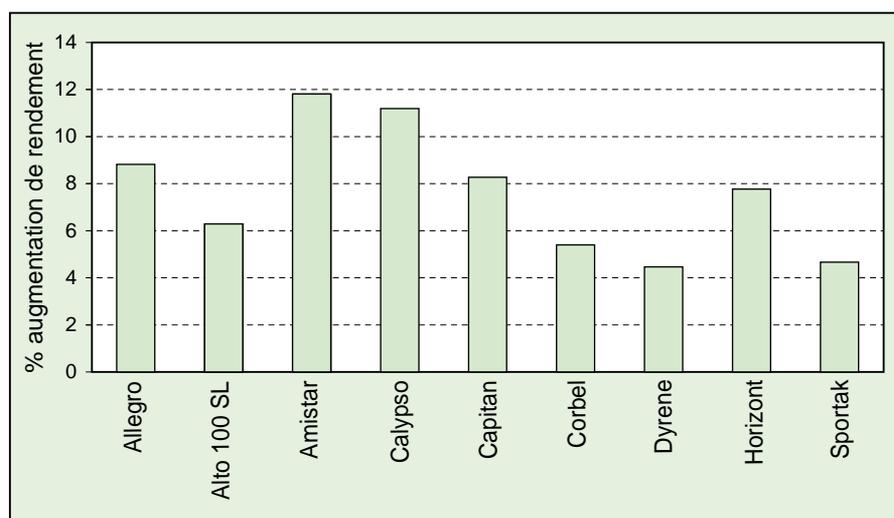


Fig. 6. Augmentations moyennes de rendement en q/ha (%) par rapport aux témoins sans fongicide après traitement avec un seuil d'intervention atteint. Nombre de cas: Allegro: 15; Alto 100 SL: 11; Amistar: 14; Calypso: 14; Capitan: 41; Corbel: 34; Dyrene: 10; Horizont: 27; Sportak: 36. Aucune différence significative ($P < 0,05$) entre les moyennes (ANOVA, Kruskal-Wallis); calculs après transformation en arc sinus.

la figure 6. Malgré des différences marquées entre produits, les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

En termes de gain financier par hectare, les performances de plusieurs fongicides appliqués en présence d'un seuil d'intervention sont présentées dans les tableaux 4 à 9. Les produits ont été choisis en fonction d'un nombre suffisant de données et de leur disponibilité sur le marché en 2003. Les prix de certains produits varient selon les distributeurs. Aussi des prix moyens, donc approximatifs, ont-ils été parfois utilisés. Le lecteur peut à sa guise calculer les gains nets selon les chiffres qu'il a à sa disposition. Le coût du traitement n'inclut que le prix du fongicide: ici aussi, un calcul tenant compte du coût du tra-

vail, de la machine et de divers autres éléments peut être aisément effectué.

Lorsqu'un seuil d'intervention quelconque était atteint lors du traitement, une augmentation significative de rendement dans au moins 50% des cas a été observée pour trois produits (Amistar, Calypso, Tilt 2 CT) (tabl. 4). En présence des seuils d'intervention pour la rouille brune, les septorioses foliaires ou l'oïdium, outre ces trois produits, Allegro (seuil oïdium), Capitan et Corbel (seuil septorioses), Horizont (seuils septorioses et oïdium) et Lemanor (seuil oïdium) ont également déterminé une augmentation significative de rendement dans 50% des cas ou davantage. En considérant les proportions de cas avec augmentation significative du ren-

Tableau 4. Performances des fongicides appliqués lorsqu'un seuil au moins était atteint lors du traitement. Toutes régions. 1987-2002. Au moins 10 cas/produit.

Fongicides		Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)					Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	Prix actualisé 2003 (CHF/ha)		%	Rendement moyen témoins non traités (q/ha)	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF)*		%	Gain net moyen/ha (CHF)*		
						Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
Allegro	122	14	29	50,5	10,5 (5,5 - 14,0)	487	197 - 690	71	-18	-221 à 290	
Alto 100 SL	73	11	36	48,0	3,5 (2,9 - 3,8)	130	95 - 147	64	97	-183 à 478	
Amistar	118	12	50	53,7	9,4 (4,2 - 13,9)	427	126 - 688	50	-5	-153 à 155	
Calypso	100	14	50	43,8	5,3 (3,5 - 8,3)	207	103 - 381	50	265	-100 à 741	
Capitan	120	45	33	51,8	6,7 (2,9 - 12,2)	269	48 - 588	67	32	-184 à 361	
Corbel	74	34	38	52,7	4,7 (3,4 - 7,4)	199	123 - 355	62	26	-190 à 251	
Dyrene	73	11	18	56,8	6,1 (5,9 - 6,4)	281	169 - 298	82	33	-3 à 229	
Horizont	75	25	44	52,6	7,5 (2,9 - 12,2)	360	93 - 633	56	13	-359 à 241	
Sportak	67	34	12	49,5	4,4 (2,1 - 7,4)	188	55 - 362	88	51	-380 à 246	
Tilt 2 CT**	90	26	54	49,5	7,4 (3,6 - 21,9)	339	119 - 1180	46	91	-90 à 589	

*Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF - prix du produit pour 1 ha.

**Bingo 2.

Tableau 5. Performances des fongicides appliqués lorsque le seuil rouille brune était atteint lors du traitement. Toutes régions. 1987-2002. Au moins 5 cas/produit.

Fongicides		Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)					Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	Prix actualisé 2003 (CHF/ha)		%	Rendement moyen témoins non traités (q/ha)	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF)*		%	Gain net moyen/ha (CHF)*		
						Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
Allegro	122	11	27	46,2	12,1 (10,9 - 14,0)	580	510 - 690	73	53	-294 - 726	
Alto 100 SL	73	5	20	49,6	3,5	130	–	80	176	-183 - 478	
Amistar	118	10	60	53,6	9,9 (4,6 - 16,1)	456	149 - 816	40	-8	-153 - 85	
Calypso	100	9	33	46,2	3,5 (3,5 - 3,6)	103	103 - 109	67	294	-36 - 7121	
Capitan	120	12	42	51,1	8,7 (4,7 - 12,2)	385	153 - 588	58	66	-120 - 187	
Corbel	74	13	23	55,2	5,6 (3,4 - 7,4)	251	123 - 355	77	49	-189 - 252	
Dyrene	73	9	22	56,8	6,2 (5,9 - 6,4)	287	269 - 298	78	8	-137 - 124	
Horizont	75	20	45	52,3	7,7 (2,9 - 12,2)	372	93 - 633	55	38	-200 - 241	
Opus	97	7	43	45,6	7,1 (4,6 - 10,5)	315	170 - 512	57	-64	-203 - 35	
Tilt 2 CT**	90	25	44	53,0	7,9 (3,6 - 21,9)	368	119 - 1180	56	87	-75 - 604	

*Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF – prix du produit pour 1 ha.

**Bingo 2.

Tableau 6. Performances des fongicides appliqués lorsque le seuil septorioses foliaires était atteint lors du traitement. Toutes régions. 1987-2002. Au moins 5 cas/produit.

Fongicides		Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)					Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	Prix actualisé 2003 (CHF/ha)		%	Rendement moyen témoins non traités (q/ha)	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF)*		%	Gain net moyen/ha (CHF)*		
						Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
Allegro	122	5	40	47,8	11,2 (10,9 - 11,5)	528	510 - 545	60	93	-81 - 290	
Calypso	100	6	67	44,6	5,3 (3,5 - 7,7)	207	103 - 347	33	144	144 - 149	
Capitan	120	8	50	51,2	7,4 (5,2 - 12,0)	309	182 - 576	50	31	2 - 100	
Corbel	74	14	50	53,4	4,7 (3,4 - 7,4)	199	123 - 355	50	106	7 - 251	
Dyrene	73	8	25	56,8	6,1 (5,9 - 6,4)	281	269 - 298	75	55	-108 - 229	
Horizont	75	12	58	53,1	7,1 (2,9 - 11,4)	337	93 - 586	42	41	-58 - 174	
Tilt 2 CT**	90	18	67	50,3	7,5 (3,6 - 21,9)	345	119 - 1180	33	165	-3 - 513	

*Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF – prix du produit pour 1 ha.

**Bingo 2.

Tableau 7. Performances des fongicides appliqués lorsque le seuil oïdium (25% de pousses avec oïdium) était atteint lors du traitement. Toutes régions. 1987-2002. Au moins 5 cas/produit.

Fongicides		Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)					Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	Prix actualisé 2003 (CHF/ha)		%	Rendement moyen témoins non traités (q/ha)	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF)*		%	Gain net moyen/ha (CHF)*		
						Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
Allegro	122	8	50	50,5	10,5 (5,5 - 14,0)	487	197 - 690	50	-12	-128 - 69	
Alto 100 SL	73	10	40	44,6	3,5 (2,9 - 3,8)	130	95 - 147	60	101	-137 - 478	
Amistar	118	8	75	48,4	11,3 (4,2 - 16,1)	537	126 - 816	25	-37	-72 - -2	
Calypso	100	12	50	44,6	5,6 (3,5 - 8,3)	225	103 - 381	50	306	-100 - 741	
Capitan	120	29	41	52,7	6,3 (2,9 - 12,2)	245	48 - 588	59	42	-184 - 361	
Corbel	74	29	38	53,9	4,1 (3,4 - 5,8)	164	123 - 262	62	1	-190 - 146	
Horizont	75	15	60	55,9	6,4 (2,9 - 12,2)	296	93 - 633	40	82	-58 - 256	
Lemanor	70	7	57	40,3	4,7 (2,7 - 6,0)	203	87 - 278	43	429	-87 - 893	
Sportak	67	14	21	49,3	3,4 (2,1 - 5,5)	130	55 - 252	79	61	-55 - 246	
Tilt 2 CT**	90	12	67	49,0	5,6 (3,9 - 7,9)	325	136 - 368	33	328	96 - 589	

*Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF – prix du produit pour 1 ha.

**Bingo 2.

Tableau 8. Performances des fongicides appliqués lorsque le seuil piétin-verse était atteint lors du traitement. Toutes régions. 1987-2002. Au moins 5 cas/produit.

Fongicides		Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)					Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	Prix actualisé 2003 (CHF/ha)		%	Rendement moyen témoins non traités (q/ha)	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF)*		%	Gain net moyen/ha (CHF)*		
						Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
Capitan	120	13	23	48,5	6,0 (4,5 - 7,6)	228	141 - 321	77	37	-150 - 269	
Sportak	67	20	5	50,3	7,4 (-)	362	-	95	72	-119 - 223	

*Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF – prix du produit pour 1 ha.

Tableau 9. Performances du double traitement aux stades 30-37 et 51-59. Un seuil au moins était atteint lors d'un traitement^a. Toutes régions. 1987-2002.

Total des cas	Cas avec augmentation significative du rendement (q/ha)				Cas sans augmentation significative du rendement (q/ha)			
	%	Augmentation moyenne du rendement et extrêmes après traitement (q/ha)	Gain net moyen/ha (CHF) ^b		%	Gain net moyen/ha (CHF) ^b		
			Moyenne	Extrêmes		Moyenne	Extrêmes	
37	54	8,4 (3,6 - 21,8)	316	50 - 1107	46	-35	-387 - 502	

^a Fongicides: Sportak-Tilt 2 CT (23 cas), Capitan-Tilt 2 CT (8 cas), Amistar-Horizont (2 cas), Corbel-Tilt 2 CT (2 cas), Sportak-Amistar et Sportak-Horizont (1 cas).

^b Calculs basés sur le prix de CHF 58.-/q de blé Arina. Augmentation de rendement × 58 CHF – prix du produit pour 1 ha.

dement et les gains nets moyens, les performances les plus élevées ont été celles du produit Amistar pour tous les seuils d'intervention, excepté celui des septorioses foliaires pour lequel les données sur ce produit n'étaient pas suffisantes. Les autres fongicides qui se distinguent ainsi sont: Tilt 2 CT (= Bingo 2) et Allegro (seuils septorioses foliaires et oïdium), et Horizont (seuil septorioses foliaires). Le gain maximum (CHF 1180.-/ha) a été obtenu après une intervention avec Tilt 2CT au seuil d'intervention pour la rouille brune.

Lorsqu'il n'y a eu aucune différence significative entre les rendements des procédés avec et sans fongicide, les gains nets moyens ont été dans la plupart des cas inférieurs à ceux obtenus avec augmentations significatives de rendement. Exceptions: Calypso (tabl. 4, 5 et 7), Alto 100 SL (tabl. 4), Lemanor et Tilt 2 CT (tabl. 7). La perte maximum, mais non significative, a été enregistrée après le traitement au Sportak (seuil rouille brune, ne figure pas dans le tableau 5 en raison du petit nombre de cas): CHF 380.-.

Dans la lutte contre le piétin-verse, le Capitan a augmenté significativement le rendement dans 23% des cas (3 cas sur 13) contre 5% (1 cas sur 20) pour le Sportak, avec des gains nets moyens de respectivement CHF 228.- et 362.-.

Finalement, le double traitement aux stades 30-37 et 51-59 a entraîné un gain financier moyen de CHF 316.- (valeur médiane = CHF 202.-) ou une perte de CHF 35.- environ une fois sur deux (tabl. 9).

Discussion

Une expérimentation de plusieurs années a permis de montrer au niveau de la plupart des essais une relation étroite entre l'état sanitaire du blé Arina lors de la maturation (stades 69 à 75) et le rendement. Maladies présentes sur les deux feuilles supérieures, piétin-verse et septoriose de l'épi interviennent dans cette relation. Lorsqu'on la limite aux essais individuels et qu'on prend en compte le rendement réel et non les pour-cent d'augmentation par rapport aux témoins, cette relation est meilleure que celle établie précédemment sur une série d'essais et sur la base des seules maladies foliaires (GINDRAT *et al.*, 2002). Toutefois, comme elle est établie tardivement, elle ne permet pas d'envisager des mesures de lutte. En revanche, elle démontre l'intérêt de la maîtrise de ces diverses maladies pour un rendement optimal de la culture.

Dans cette étude portant sur 16 années, le succès en termes de rendement significativement augmenté a été obtenu par un seul traitement dans 30% des 728 cas, tous fongicides et toutes situations confondus. Lorsqu'un seuil d'intervention au moins a été observé lors du traitement (450 cas), cette proportion ne s'élève cependant qu'à 33%. Développement faible des maladies, efficacité problématique du traitement, effets secondaires indésirables du traitement, tolérance de la culture aux maladies présentes sont autant d'explications possibles à l'échec d'une application de fongicide respectant un seuil d'in-

tervention. Ces chiffres doivent cependant encore être pondérés en fonction de l'augmentation de rendement qui doit être supérieure au coût du traitement, soit s'élever à plus de 1,2 à 2,1 q/ha pour rembourser le prix du produit selon les données des tableaux 4 à 8.

Les chances de succès varient beaucoup lorsque les aspects région et produit sont considérés au même titre que les seuils d'intervention. La chance de rentabilité d'un traitement réalisé en respectant quelque seuil d'intervention que ce soit est assez faible à Changins et dans le Chablais vaudois (environ 25% d'augmentations significatives de rendement). Elle est par contre élevée dans la plaine de l'Orbe (Ependes) et assez élevée dans le Gros-de-Vaud/Jorat. C'est à Ependes aussi que le double traitement aux stades 30-37 et 51-59 a été profitable dans 9 cas sur 9. En moyenne pour les quatre régions, il n'a toutefois apporté un gain financier significatif qu'une fois sur deux. Ces résultats s'expliquent par le développement différent des maladies dans les diverses régions (GINDRAT *et al.*, 2001 et 2003). La région d'Ependes se distingue des trois autres par un développement souvent important et durable de l'oïdium, et parfois grave des septorioses foliaires et de l'épi. Dans le Gros-de-Vaud/Jorat, les septorioses foliaires dominent chaque année; en outre, les fortes attaques de piétin-verse sont assez fréquentes. Dans le Chablais vaudois, septorioses foliaires et rouille brune restent très sporadiques. A Changins, seule la rouille brune est régulièrement observée. L'effet de cette seule maladie sur les rendements semble donc assez faible sur Arina pourtant réputée sensible. La tolérance de cette variété à la rouille brune est donc peut-être plus élevée qu'il n'y paraîtrait.

Le cas du traitement pendant la floraison (stades 61 à 69), le plus souvent en l'absence de tout seuil d'intervention, est particulier: assez intéressant à Ependes, ce procédé n'a rencontré pratiquement aucun succès à Changins ni dans le Gros-de-Vaud/Jorat, mais a constitué le seul traitement d'intérêt dans le Chablais vaudois. L'importance relative des maladies dans les régions

ne paraît pas devoir expliquer cette singularité.

La pertinence, pour les régions d'Ependes et du Gros-de-Vaud/Jorat, des seuils d'intervention suivis dans cette étude (tabl. 2), à l'exception de celui du piétin-verse, ressort de la figure 4: un traitement en l'absence de seuil d'intervention a conduit moins souvent à des augmentations significatives de rendement. L'utilité des seuils d'intervention à Changins et dans le Chablais vaudois est, en revanche, moins évidente: les traitements ont moins souvent déterminé des rendements significativement supérieurs aux témoins.

L'observation du seuil d'intervention contre le piétin-verse défini dans cette étude (tabl. 2) n'a apporté aucun avantage. La prévision du risque de piétin-verse devrait reposer sur un modèle lié à la météo (GINDRAT *et al.*, 2003) plutôt que sur un seuil de maladie impossible à définir au moment du traitement. La prévision des maladies foliaires est en revanche tout à fait possible avec les seuils indiqués ici, qui ne semblent vraiment utiles que dans les régions propices aux maladies: terres noires de la plaine de l'Orbe et zones d'altitude du Gros-de-Vaud et du Jorat. Pour les régions moins favorables aux maladies (par exemple Changins, Chablais vaudois), des seuils plus élevés pourraient être étudiés afin de limiter les traitements aux quelques situations à haut risque de pertes de récolte. Les seuils pour l'oïdium et la rouille brune sont visiblement trop bas à Changins et dans le Chablais vaudois où nos résultats suggèrent aussi que la culture extenso, même sur Arina, pourrait peut-être s'étendre sans trop de risques économiques.

La variabilité des chances de gain financier après un traitement avec l'un ou l'autre des fongicides mentionnés dans cette étude est liée à celle des gains de récolte. Certains produits se sont toutefois illustrés dans certaines conditions, alors que d'autres ont eu de plus modestes effets économiques (tabl. 4 à 7). Le prix des produits n'a pas été un obstacle à la rentabilité des traitements, puisque le produit qui s'est révélé le plus régulièrement performant en termes économiques est relativement cher.

Remerciements

Les auteurs remercient M^{mes} N. Badel et S. Perrier et MM. V. Bovet, P. Jaquier et P.-A. Nussbaum de leur assistance technique, ainsi que MM. les agriculteurs qui ont accueilli leurs essais: J. Gavillet à Peney-le-Jorat, U. Hochuli à Ependes (VD), M. Moret à Saint-Triphon et O. Schwitzgebel à Bex.

Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeit der Fungizide für Winterweizen

Fungizidversuche (1987 bis 2002) auf Weizen (Arina) aus vier Regionen der Westschweiz wurden analysiert. In den einzelnen Versuchen konnte eine enge Beziehung zwischen der Intensität der Fuss-, Blatt-, und Ährenkrankheiten in den Stadien BBCH 69-75 und dem Ertrag gefunden werden. Nach einer Behandlung mit oder ohne Beachtung der Schadschwellen war die Wahrscheinlichkeit eines Mehrertrages für die Gesamtheit der Versuche in etwa gleich gross. Bei Anwendung der Schadschwellen (ausgenommen Halmbruch) in der Orbebene (schwarze Erde) und in höheren Lagen steigt die Chance auf einen Mehrertrag. In den Regionen von Changins und im unteren Rhonetal (Chablais vaudois) sind die Fungizidbehandlungen selbst für die Sorte Arina diskutabel. Die Wahrscheinlichkeit eines finanziellen Mehrertrages nach einer Fungizidbehandlung ist abhängig vom erhöhten Körnertrag, der je nach Preis des Fungizides höher als 1,2-2,1 q/ha sein muss (Preisbasis 2003).

Summary

Profitability of fungicides on winter wheat

Data from field experiments with winter wheat cv. Arina in four areas of Western Switzerland from 1987 to 2002 have been examined. In individual trials, a close relation was found between the total intensity of foot, leaf and ear diseases at growth stages 69-75 and yield. In the whole of all trials, the probability of a significant yield increase after a fungicide spray in the presence or in the absence of a disease threshold was about the same. However, following a disease threshold – except for eyespot – increased probability of a gain in yield in the Plaine de l'Orbe area (peat soils) and in an altitude area (Gros-de-Vaud, Jorat). In Changins and Chablais vaudois the interest of fungicides on winter wheat (cv. Arina) was questionable. The probability of financial gain after a fungicide spray depended on a yield increase of 1.2 to 2.1 dt/ha according to the cost of the product (at 2003 prices).

Key words: winter wheat, disease control, fungicides, yield, financial gain, disease thresholds.

Conclusions

- ❑ La relation directe entre l'état sanitaire du blé d'automne et le rendement démontre l'intérêt de maîtriser les maladies.
- ❑ L'intérêt d'une lutte chimique est discutable dans les conditions les plus courantes des régions de La Côte et du Chablais vaudois. Il est plus évident dans la plaine de l'Orbe et dans les zones d'altitude (Gros-de-Vaud et Jorat).
- ❑ Le seuil d'intervention contre le piétin-verse basé sur l'observation des symptômes à la base des tiges est sans utilité.
- ❑ Les seuils d'intervention contre les maladies foliaires augmentent les chances de gain financier dans les régions à risque sans toutefois les garantir. Ils devraient être revus à la hausse pour les régions à risque moindre.

Bibliographie

- DERRON J. O., 1984. Seuil de tolérance et techniques intensives. *Revue suisse Agric.* **16** (2), 59-63.
- 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** (1), 53-60.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1994. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande. II. Piétin-verse (1992-1993). *Revue suisse Agric.* **26** (5), 303-309.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1995. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande. III. Maladies du feuillage et des épis: développement de l'oïdium, de la rouille brune et des septorioses (1987-1993). *Revue suisse Agric.* **27** (1), 41-48.
- GINDRAT D., FREI P., MAILLARD A., 1996. Essais de lutte contre les maladies du blé d'automne en Suisse romande. IV. Effets des traitements fongicides visant l'oïdium, la rouille brune et la septoriose de l'épi (1987-1993). *Revue suisse Agric.* **28** (1), 47-56.
- GINDRAT D., FREI P., PELLET D., 2001. Lutte contre les maladies foliaires du blé d'automne de 1995 à 1999. 1. Développement des maladies. *Revue suisse Agric.* **33** (2), 55-60.
- GINDRAT D., FREI P., PELLET D., 2002. Lutte contre les maladies foliaires du blé d'automne de 1995 à 1999. 2. Effets des fongicides. *Revue suisse Agric.* **34** (2), 59-65.
- GINDRAT D., FREI P., PELLET D., 2003. Prévision du risque de piétin-verse sur le blé d'automne en Suisse. *Revue suisse Agric.* **35** (3), 113-116.
- MAILLARD A., GINDRAT D., 1989. Influence des traitements fongicides sur le rendement du blé d'automne en Suisse romande (1971 à 1988). *Revue suisse Agric.* **21** (1), 5-10.
- VEZ A., GINDRAT D., 1978. Lutte contre les maladies cryptogamiques du blé par des traitements fongicides en cours de végétation. *Revue suisse Agric.* **10** (1), 5-11.
- VEZ A., GINDRAT D., 1981. Expérience pratique de lutte contre les maladies des blés et opportunité des traitements. *Revue suisse Agric.* **13** (2), 53-61.