

**AFPP - SIXIEME CONFERENCE INTERNATIONALE
SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS, France, 6-7-8 DECEMBRE 2000**

**PROTECTION FONGICIDE DU BLE INTEGREE AU MODE DE
CONDUITE DE LA CULTURE: EXEMPLE DE LA BELGIQUE**

B. BODSON¹, P. MEEUS², J-M. MOREAU², F. VANCUTSEM¹ et A. FALISSE¹

¹ Unité de Phytotechnie des Régions tempérées
Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques - 5030 GEMBLoux - Belgique

² Département de Phytopharmacie
Centre de Recherches Agronomiques - 5030 GEMBLoux - Belgique

RESUME

Les rendements en blé ont augmenté de près de 3 T/ha en 20 ans, entre autres parce que la plante a été progressivement transformée.

Dans l'élaboration du rendement des cultures à 10 tonnes de grain et plus par hectare la phase de remplissage du grain est devenue prépondérante. Il convient dès lors d'adapter le mode de conduite de la culture entre autre en accroissant la part des apports azotés apportée autour du stade dernière feuille. La protection fongicide doit aussi être raisonnée en fonction de ces évolutions. Elle a pour objectif essentiel le maintien de l'état sanitaire sur les étages supérieurs de la plante.

Mots-clés: blé, rendement, fongicide, fumure azotée, maladies.

SUMMARY

**WHEAT FUNGICIDE PROTECTION INTEGRATED AT THE WAY OF
CROP GROWING: BELGIUM EXAMPLE**

Yields of wheat crop have increased by nearly 3T/ha during the last twenty years, due to amongst other things progressive transformation of the wheat plant. The grain filling phasis became preponderant in the yield elaboration of crops with 10 tons and more per hectare. Consequently it is necessary to adapt the way of crop growing, especially increasing nitrogen dressing at flat leave. The fungicide protection must be reasoned according to these evolutions and have as main objective to maintain the upper parts of the plant without disease.

Key-words: wheat, yield, fungicide, nitrogen dressing, diseases.

EVOLUTION DE LA CULTURE

Au cours des deux dernières décennies, les rendements du blé ont fortement progressé. En Belgique l'accroissement est de l'ordre de 3000 kg de grains/ha sur base des résultats moyens des essais variétaux réalisés annuellement sur le site expérimental de Lonzée près de Gembloux (figure 1). La croissance des performances de la culture du blé vient entre autres du progrès réalisé dans l'utilisation raisonnée des intrants, notamment la protection phytosanitaire de plus en plus efficace, ainsi que du fait que la plante de blé a changé sans que le céréaliculteur s'en soit toujours parfaitement rendu compte. L'analyse du rendement de 2 cultures conduites avec une fumure azotée économiquement optimale selon les bonnes pratiques agricoles en vigueur dans la région de Gembloux à près de 20 ans d'écart est prise comme exemple pour illustrer cette évolution (tableau I).

Figure 1 - Evolution des rendements du blé en Belgique. Résultats moyens des essais variétaux sur le site expérimental de Lonzée

Figure 1 - Wheat crop yields evolution in Belgium. Mean results of variety trials on the Lonzée experimental field

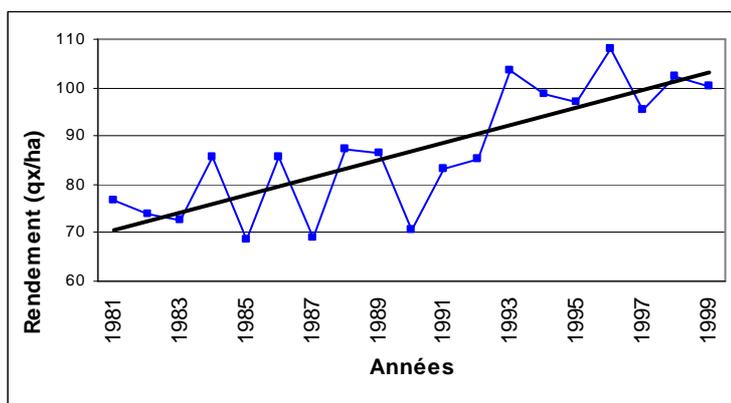


Tableau I - Analyse comparative du rendement de 2 cultures de blé réalisées en 1980 et en 1997 dans la région de Gembloux

Tableau I - Comparative analysis of the yield of 2 wheat crops carried out in 1980 and 1997 in the Gembloux area

	ANNEE 1980 Variété Zemon	ANNEE 1997 Variété Rialto	DIFFERENCE EN % DE 1980
Rendement en kg/ha de grains à 85 % de M.S.	6569	10685	+ 62 %
Nombre d'épis/m²	620	509	- 18 %
Nombre de grains/épis	30,7	48,3	+ 57 %
Nombre de grains/m²	19035	24593	+ 29 %
Poids de mille grains en g	34,5	43,5	+ 26 %

Le gain de rendement entre ces deux situations est de plus de 50 % , il est principalement dû à un plus grand nombre de grains par épi et à des grains plus gros. La structure de végétation a par contre peu changé et on observe maintenant des populations d'épis souvent un peu plus faibles qu'au début des années 80.

La fertilité des épis et le poids moyen des grains ont été fortement améliorés grâce au savoir-faire et à la perspicacité des sélectionneurs. L'utilisation intensive du gène de nanisme Rht2 et les lignées issues du "Plant Breeding Institute of Cambridge" ont à cet égard joué un rôle majeur (AUSTIN *et al*, 1980).

Ces bonifications de deux des principales composantes du rendement ont radicalement transformé la culture. Le nombre et la capacité des "puits" pour le stockage des assimilats ont nettement augmenté. Pour les remplir, la part de la matière sèche produite après la mise en place de l'appareil photosynthétique est largement prépondérante. Dans une culture de blé à 100 quintaux/ha, près de deux tiers de la matière sèche est photosynthétisée après le stade dernière feuille étalée. Environ la moitié des besoins azotés est également prélevé après ce stade (tableau II).

Tableau II - Quantité de biomasse aérienne (en kg de m.s/ha) produite au stade dernière feuille (GS 39) et à la récolte et rendement en grains (en kg/ha à 85 % de m.s.)

Tableau II - Amount of aerial biomass (in kg of d.m./ha) produced at flag leaf stage (GS 39) and at harvest and grain yields (in kg/ha at 85 % d.m.)

Lieux et années	Variétés	Quantités de matière sèche produite (kg/ha)			Rendement en grains (kg/ha)
		Au stade 39 (1)	A la récolte (2)	Entre (1) et (2) en % de (2)	
Lonzée 1995	Torfrida	6109	18806	68 %	9878
Lonzée 1997	Rialto	6248	17130	64 %	10884
Lonzée 1998	Rialto	5912	17937	67 %	9651
Gembloux 1998	Tilburi	6628	16345	59 %	8636
Gembloux 1999	Tremie	7326	18852	61 %	10374
Gesves 1999	Tremie	5916	18586	68 %	10657

Cette évolution s'accroît avec la poursuite de la progression des rendements et avec l'arrivée des blés hybrides pour lesquels le gain de productivité est principalement lié à l'accroissement du poids de mille grains (OURY *et al.*, 1995).

Cette transformation a évidemment des conséquences importantes sur la conduite optimale de la culture. Parallèlement, les contraintes environnementales et

économiques se sont accentuées, imposant à la fois des restrictions dans l'utilisation des intrants et des normes plus sévères au niveau de la qualité des récoltes.

EVOLUTION DU MODE DE CONDUITE DE LA CULTURE

Bien que les progrès de la mécanisation, l'évolution des marchés et surtout des règlements de la politique agricole européenne aient sensiblement déstructuré les rotations, le blé reste en Belgique traditionnellement la culture qui suit la tête de rotation (betterave, pomme de terre, maïs ensilage). Les emblavements sont donc généralement étalés entre le début octobre et le début décembre.

Les densités de semis recommandées, croissantes en fonction de la tardivité du semis visent, depuis plus de 25 ans, à atteindre des populations de l'ordre de 200 plantes/m² en sortie d'hiver. Cette densité est réduite de 30 à 40 % pour les blés hybrides (BODSON *et al.*, 1997a).

Le changement le plus important dans la gestion de la culture porte sur la nécessaire adaptation des modalités d'apport de la fertilisation azotée pour se plier au rythme des besoins réels des plantes. Dans le cas de cultures à haut potentiel de rendement, la matière sèche produite après le stade dernière feuille est proportionnellement la plus importante. Il est donc préférable de réserver une large part de la fumure aux stades les plus proches de cette période de consommation intense d'azote par la culture.

Cette manière d'apporter la fumure azotée à la culture permet aussi une meilleure efficacité de l'engrais azoté. Les coefficients réels d'utilisation (CRU) de l'engrais mesurés depuis plusieurs années grâce à l'utilisation d'engrais azoté enrichi en ¹⁵N dans des conditions pédoclimatiques assez variables l'attestent (DESTAIN *et al.*, 1997). Le tableau III montre que les CRU observés pour les apports au stade dernière feuille (GS 37-39) sont en effet sensiblement plus élevés que ceux des applications en sortie d'hiver (GS 25) mais sont également légèrement supérieurs aux apports au stade "épi à 1 cm" (GS 30).

Les recommandations de fumure ont suivi l'évolution de la culture. La fumure de référence conseillée aux agriculteurs comme base de raisonnement de la dose à appliquer pour chaque parcelle individuellement est progressivement passée de 25 kgN/ha, 70 kgN/ha et 25 kgN/ha en 1980, à 50-50-50 en 1990, 50-50-65 en 1996 et 50-60-75 en 2000, respectivement pour les fractions de la sortie de l'hiver, du redressement et à la dernière feuille (FALISSE A. et MEEUS P., 2000).

Tableau III - Coefficients réels d'utilisation (CRU) de l'engrais azoté observés à la récolte pour chacune des fractions de la fumure dans des essais réalisés à Lonzée entre 1993 et 1998

Tableau III - Real coefficients of utilisation of fertilizer observed at harvest for each application in trials carried out in Lonzée between 1993 and 1998

Années / Stades	Fumures (kg/ha) au stade			C.R.U. (%)		
	25	30	37-39	25	30	37-39
1993	60	40	60	57,0	73,3	74,7
1994	60	40	60	51,1	70,2	74,6
1995	50	50	60	54,2 ⁽¹⁾		76,1
1996	50	50	65	58	72,4	73,9
1998	60	60	60	61,3	72,5	79,3

⁽¹⁾ CRU de la somme des 2 premières fractions

L'augmentation de la dose totale est consécutive à la croissance du potentiel de rendement. Le dernier renforcement en date est aussi la conséquence de l'utilisation quasi systématique des fongicides de la familles des strobilurines. Le gain de productivité engendré par la meilleure protection du feuillage et de l'épi induit un relèvement d'une quinzaine d'unités N/ha de la fumure économiquement optimale (tableau IV). Ce besoin supplémentaire a pu être évalué expérimentalement sur base des différences de réponse à la fumure azotée de cultures ayant reçu différentes modalités de protection fongicides (BODSON *et al.*, 1994).

Tableau IV - Fumures calculées comme étant économiquement optimales et rendement pour différentes protections fongicides(Moyennes des essais réalisés en 96, 97 et 98 à Lonzée)

Tableau IV - Nitrogen dressing calculated for an economic optimum and yield for different types of fungicide protection (Average of trials carried out in 1996, 1997 et 1998 in Lonzée)

Protection fongicide		Fumure économiquement optimale (kg N/ha)					Rendement kg/ha
Stade dernière feuille	Stade épiaison	Tallage	Redres- sement	Derniè- re feuille	Total	Diffé- rence	Rendement kg/ha
-	-	23	7	80	110	-	9296
-	Triazole	13	40	83	136	-	10193
-	Strobilurine	0	80	70	150	+ 14	10548
Triazole	Triazole	0	80	77	157	-	10968
Strobilurine	Strobilurine	3	93	73	170	+ 13	11584

La tendance confirmée par de nombreux résultats d'expérimentation sera à l'avenir de réduire, voire de supprimer, les apports de sortie hiver et de les reporter au stade dernière feuille.

Limiter dans un premier temps l'alimentation azotée de la culture aux besoins de la mise en place de l'appareil photosynthétique et ,à partir du stade dernière feuille, alimenter les plantes à satiété pour qu'elles puissent poursuivre le plus longtemps et avec un rendement optimal leur activité photosynthétique; telle doit être la philosophie à adopter pour le raisonnement de la fertilisation azotée d'une culture de blé à très haut potentiel de rendement.

PROTECTION FONGICIDE INTEGREE

En Belgique, les maladies les plus dommageables en culture de blé sont *Septoria tritici*, *Fusarium sp.* sur épis, *Septoria nodorum*, *Erisiphe graminis*, *Puccinia recondita*. La rouille jaune (*Puccinia striiformis*) est présente environ une année sur six sur les variétés sensibles, sauf dans les régions proches de la côte où elle apparaît presque annuellement.

Les conditions climatiques durant le printemps et la période de maturation de la céréale conditionnent largement l'importance des infections cryptogamiques; mais la conduite des cultures et en particulier la gestion de l'alimentation azotée des plantes peuvent influencer clairement sur le rythme de développement de l'oïdium mais aussi des septorioses des feuilles comme le montre les observations réalisées dans un essai réalisé en 2000 à Gembloux (tableau V) . Ainsi, lorsque durant la phase de montaison, on évite une suralimentation azotée momentanée de la culture, on freine légèrement le développement de la septoriose . Les applications importantes d'azote au stade dernière feuille sensibilisent néanmoins la culture aux infections cryptogamiques, mais plus tardivement (BODSON *et al.*, 1997c).

La septoriose exerce souvent une influence négative très grande sur le rendement. Une application fongicide réalisée dès le stade 39 permet de lutter avec succès contre son développement (tableaux VI et VII). Par contre, ce type d'application ne permet pas une lutte efficace contre les maladies de l'épi et ne protège pas les étages supérieurs de la plante jusqu'à la récolte (GODWIN *et al.*, 1997). La présence d'une coloration grisâtre sur les épis, causée principalement par des champignons secondaires et éventuellement producteurs de mycotoxines, est notamment le signe de l'absence ou de l'insuffisance de la redistribution à ce niveau de la plante des fongicides appliqués sur les feuilles au stade 39. Le traitement unique au stade épiaison apporte une protection de l'épi efficace et rémanente durant la période de remplissage des grains, mais le risque existe de laisser la maladie s'installer sur le feuillage avant la pulvérisation. Dans l'un et l'autre cas, ce qui est gagné d'un côté est généralement perdu de l'autre, comme le montre les résultats d'essais repris dans les tableaux VI et VII.

Tableau V - Pourcentage de surface foliaire touchée par la septoriose sur les différents étages foliaires (F1 = dernière feuille) et rendement en grains en fonction des modalités de fractionnement d'une fumure de 200 kgN/ha et de la protection fongicide

Tableau V - Percentage of foliar surface touched by septoria on different foliar levels (F1 = last leaf) and grain yield as a function of different nitrogen dressing (200 kg/ha) and of fungicide protection

Fumure azotée en kgN/ha			% de surface touchée par <i>Septoria tritici</i>										Rendement en grains en kg/ha	
			Observation du 8/6						Observation du 3/7					
GS 25	GS 30	GS 39	F4		F3		F2		F2		F1		NT	T
			NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T		
100	100	0	96	93	28	30	7	2	89	25	40	4	7839	9880
100	0	100	69	44	12	6	5	2	86	8	17	4	8773	10623
0	100	100	74	65	18	8	5	2	85	11	28	3	8221	10707
50	50	100	68	69	12	5	4	1	78	11	23	3	8661	10709
50	0	150	69	21	12	4	4	1	78	8	17	3	8639	10558
0	50	150	67	40	10	5	4	2	74	7	18	4	8671	10584

NT = non traité

T = époxiconazole 125g/ha + fenpropimorphe 375 g/ha le 15/5 (GS39) et azoxystrobine 250 g/ha + metconazole 60 g/ha le 8/6 (GS59)

Le double traitement aux stades 39 et 59 permet une protection plus complète. Avancer le premier traitement au stade 2° nœud (GS 32) pour agir de manière plus préventive est souvent moins efficace (BODSON *et al*, 1997b) sauf lorsque la rouille jaune se développe très précocement.

Les résultats du tableau 6 montrent cependant que deux interventions ne doivent pas être réalisées systématiquement. Les gains de rendement observés essai par essai entre une double application par rapport à une simple application à l'épiaison [(39 + 59) - 59] ne permettent pas de rentabiliser le premier traitement dans près de 50 % des situations.

Un inventaire précis des risques est nécessaire avant de s'engager dans un schéma de traitement comprenant deux interventions. Il existe certes une corrélation entre les gains observés et l'intensité annuelle moyenne de la septoriose, mais le développement de cette maladie peut être fort différent d'un champ à l'autre durant une même année notamment en fonction des conditions culturales, en particulier la date de semis, la variété et le régime de nutrition azotée.

Un modèle de simulation du risque "septoriose" intégrant la phénologie du blé, les conditions climatiques et culturales est en cours de validation (J-M. MOREAU et H. MARAITE, 1999). Cet outil devrait être disponible via Internet et permettre aux agriculteurs ou aux prescripteurs de mieux appréhender la décision d'intervention autour du stade dernière feuille.

Lorsque la pression des maladies est importante, un traitement avec un fongicide à action curative appliqué au stade dernière feuille suffit le plus souvent à protéger les deux feuilles supérieures, les plus efficaces dans l'élaboration du rendement, et à freiner le développement de l'inoculum présent sur les étages inférieurs. Des fongicides moins coûteux comme les triazoles seules ou associées aux morpholines trouvent à ce niveau leur meilleure place (tableau VIII).

Les strobilurines grâce à leur persistance d'action et leur vaste spectre d'activités contre les diverses maladies qui peuvent affecter l'épi conviennent particulièrement bien pour le traitement d'épiaison surtout lorsqu'elles sont appliquées à pleine dose (MEEUS et BODSON, 1998). En ce sens elles remplacent, en mieux encore, les anciens fongicides de contact tels que le chlorothalonil ou le captafol. Ce traitement d'épiaison permet une couverture préventive de l'épi qui vient d'émerger et la poursuite de celle des étages supérieurs du feuillage, en principe jusque là indemnes de contamination importante.

Tableau VI - Augmentations de rendement (en kg/ha par rapport au témoin) obtenues pour des fongicides à base strobilurines appliqués à différents stades de 1995 à 1999.

Tableau VI - Yield increases (in kg/ha compared to untreated plots) obtained for strobilurine-based fungicides applied at different growth stages between 1995 and 1999.

Stade d'application	1995	1996	1997	1998	1999	
	6 essais	4 essais	9 essais	10 essais	6 essais*	4 essais**
39	1261	750	1319	1443	890	2652
59	1076	746	1413	1426	949	2141
39 et 59	1645	944	1865	1976	1100	3319
(39 et 59)-59	569	198	452	550	151	1178

* : sans rouille jaune.

** : avec rouille jaune.

Tableau VII - Influence sur le rendement du positionnement de traitements fongicides à base de strobilurines (azoxystrobine et kresoxim-méthyl + epoxiconazole). Augmentation de rendement par rapport au témoin non traité (en kg/ha).

Tableau VII - Influence on the yield on the position of fungicide treatments based on strobilurines (azoxystrobine et kresoxim-méthyl + epoxiconazole). Yield increase compared to untreated plots (in kg/ha).

Stades d'applications					Années culturales				Moy- enne
32	37	39	45	59	1995	1996	1998	1999	
X					443	773	822	1040	769
	X				679	550	698	900	706
		X			755	592	839	1051	809
			X		927	498	909	969	826
				X	796	731	872	924	831
X				X	1289	752	1426	1077	1196
		X		X	1372	700	1529	1420	1255
Rendement du témoin non traité					8288	11755	9156	10091	

Tableau VIII - Augmentation de rendement (kg/ha, par rapport au témoin) pour différents traitements fongicides appliqués aux stades 39 et/ou 59.

Tableau VIII - Yield increase in kg/ha, compared to untreated plots for different fungicide treatments applied at growth stages 39 and/or 59.

Stades		1997	1998	1999
39	59	3 essais	2 essais	1 essai
-	Strobilurine	1088	1398	1553
Strobilurine	Triazole	922	1947	1602
Triazole	Strobilurine	1587	2193	1580
Strobilurine	Strobilurine	1531	2398	1747

CONCLUSION

Dans ce mode de conduite de culture de blé à haut potentiel de rendement où tout est mis en œuvre pour favoriser la phase de remplissage des grains, la protection fongicide n'a pas pour objectif de limiter dès la montaison le développement des maladies stimulées par des apports massifs d'azote au stade épi à 1 cm mais plutôt de protéger essentiellement les parties de la plante qui sont les plus impliquées dans les processus de photosynthèse et d'accumulation de l'amidon et de protéines. L'efficacité d'un traitement fongicide ou d'un programme de traitements ne doit pas être jugée sur ses facultés de réduction de l'importance des symptômes mais plutôt sur sa capacité à maintenir à son plus haut niveau et le plus longtemps possible les activités de photosynthèse et de translocation des plantes.

Dans cette optique, le phytopharmacien est plus proche du phytotechnicien que du phytopathologiste. Il ne se contente pas de limiter les pertes de rendement, il est partie prenante dans l'élaboration du rendement et de la qualité de la récolte.

BIBLIOGRAPHIE

- AUSTIN R.B., BINGHAM J., BLACKWELL R.D., EVANS L.T., FORD M.A., MORGAN C.L. and TAYLOR M. (1980). *Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes*. J. agric. Sci. Camb., 94 : 675-689.
- BODSON B., MEEUS P. et FALISSE A. (1994). *Fumure azotée et protection fongicide des céréales d'hiver en Belgique*. ANPP Quatrième Conférence sur les maladies des plantes. Bordeaux, France 6-7-8 décembre 1994: 279-286.
- BODSON B., FRANC J., DESTAIN J.P., DURDU M.H. and FALISSE A. (1997a). *Hybrid wheat*. Aspects of Applied Biology 50 : 23-30.
- BODSON B. et MEEUS P. (1997b). *Intérêt et positionnement d'un traitement fongicide avant le stade épiaison sur froment d'hiver dans les conditions culturales de la Belgique*. Med. Fac. Landbouww Rijks univ. Gent, 62/3b: 1009-1115.
- BODSON B., MEEUS P. et FALISSE A. (1997c). *Influence de l'évolution de la phytotechnie du blé sur le raisonnement de la protection fongicide*. ANPP Cinquième Conférence sur les maladies des plantes, Tours, France, 3-4-5 décembre 1997 - (1) : 305-311.
- DESTAIN J.P., BODSON B., HERMAN J-L., FRANCOIS E. and FRANC J. (1997). *Uptake and efficiency of split applications of nitrogen fertilizer in winter wheat*. T. ANDO *et al.*. Plant nutrition for sustainable food production and environment. XIII International Plant nutrition Colloque Tokyo : 633-634.
- FALISSE A. et MEEUS P. *Fumure et protection phytosanitaire des céréales*. Edition flower 2000. Fac. Univ. des Sciences Agronomiques et Centre de Recherches agronomiques Gembloux 223p.
- GODWIN J.R., BARTLETT D.W. and HEANEY S.P. (1997). *Azoxystrobin: implications of biochemical mode of action, pharmacokinetics and resistance management for spray programmes against septoria diseases of wheat*. 15th Long. Ashton Symposium. (september 1997) "Septoria on Cereals: A study of pathosystems": 299-315.
- MEEUS P. and BODSON B. (1998). *Optimising strobilurine fungicide uses in a reasoned protection of winter wheat*. Med. Fac. Landbouww Rijks univ. Gent, 63/3b: 1023-1027.
- MOREAU J-M. and MARAITE H. (1999). *Integration of knowledge on wheat phenology and Septoria tritici epidemiology into a disease risk simulation model validated in Belgium*. Aspects of Applied Biology 55 : 1-6.
- OURY F.X., TRIBOI E., BERNARD P., OLLIER J-L., ROUSSET M. (1995). *Etude des flux de carbone et d'azote chez les blés hybrides et leurs parents, pendant la période de remplissage des grains*. Agronomie 15: 193-204.