RECHERCHE D'INDICATEURS DU COUVERT POUR LA PREVISION PRECOCE DU RISQUE PHOMOPSIS

Philippe Debaeke, *INRA, Unité d'Agronomie, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan, France*
Fax: +33.05.61.73.55.37 ; debaeke@toulouse.inra.fr
André Estragnat, *Cetiom, Ferme d'En Crambade, 31450 Montesquieu-Lauragais, France*
Fax: +33.05.62.71.92.24 ; estragnat@cetiom.fr
André Pérès, *Cetiom, Centre de Grignon, BP 4, 78850 Thiverval-Grignon, France*
Fax: +33.01.30.79.95.90 ; peres@cetiom.fr
Sophie Piasentin, *INRA, Unité d'Agronomie, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan cedex, France*

Résumé. Les préconisations en matière de lutte fongicide contre le phomopsis du tournesol (*Phomopsis / Diaporthe helianthi* Munt-Cvet. *et al*.) se fondent principalement sur le choix variétal et le climat de l'année, mais n'intègrent pas l'état du couvert de tournesol (surface foliaire en particulier). Or, des travaux préliminaires ont montré que la fréquence de tiges infectées par le phomopsis était bien corrélée à l'interception du rayonnement à la floraison. En 1999, nous avons testé l'intérêt de 2 indicateurs du couvert (rayonnement intercepté, hauteur) pour une prévision plus précoce du risque phomopsis, peu avant le stade « Limite Passage Tracteur ». Pour cela, une gamme étendue de conditions culturales (variétés, fumure azotée, densité de peuplement) et de scénarios de contamination par le phomopsis (sites, date de semis, irrigation, inoculum) ont été mis en place sur 2 sites expérimentaux du Sud-Ouest de la France. L'état végétatif du couvert au début de la période de forte sensibilité au phomopsis (stade E1: bouton étoilé) est apparue comme un bon indicateur du risque d'attaque ultérieur et des pertes de rendement prévisibles, dans le cas de situations irriguées où le passage sur tige n'a pas été entravé. Le rayonnement intercepté à E1 prédit mieux la fréquence de tiges infectées, mais la hauteur des plantes est un indicateur dont la valeur pratique est certaine. Des seuils d'intervention pour la décision de traitement tenant compte de la tolérance variétale au phomopsis et de l'état végétatif du couvert ont été avancés afin d'être mis à l'épreuve dans le cas d'essais multi-sites.

Summary

CROP CANOPY INDICATORS FOR THE EARLY PREDICTION OF PHOMOPSIS INFECTION.
Currently, the fungicide recommendations against sunflower stem canker (*Phomopsis/Diaporthe helianthi* Munt-Cvet. *et al*.) are based on genotypic susceptibility and weather, omitting the influence of crop canopy during the period of exponential growth. Previous studies have shown that the frequency of stems infected by phomopsis was positively correlated to intercepted radiation (IPAR) or leaf area index (LAI) at anthesis. In 1999, we tested the interest of two indicators of crop canopy, measured at early flower bud stage (IPAR, crop height), before the critical time for spraying, for predicting the risk of disease infection. A wide range of crop management (genotypes, N fertilization, crop density) and infection conditions (sowing date, irrigation, inoculum) were applied in 2 two experimental stations (Cetiom, INRA) in SW France, near Toulouse. The crop canopy at the beginning of the period of maximum susceptibility to phomopsis infection (early flower bud or E1) had a determinant influence on the stem infection rate and yield loss, especially in irrigated fields where the progression towards the stem was not stopped by early foliar senescence. The intercepted radiation at E1 is a better predictor of infection rate than crop height, but the latter has a more practical interest. IPAR and crop height thresholds for spraying decision, taking account on genotypic susceptibility, have been suggested, but multi-sites experiments should now confirm these values.

Introduction

Un travail préliminaire (Debaeke & Raffaillac, 1996) avait suggéré que l'interception du rayonnement (ε_i) par le couvert de tournesol était un prédicteur pertinent de la fréquence de tiges infectées par *Phomopsis / Diaporthe helianthi* Munt-Cvet. *et al*., champignon pathogène responsable de pertes de rendement importantes dans le Sud-Ouest de la France (Delos & Moinard, 1995). En année à pression modérée, lorsque ε_i dépasse 85 % (début floraison), on observe une augmentation rapide du % de tiges infectées au stade M2. L'hypothèse sous-jacente est que l'augmentation d'ε_i (et donc d'indice foliaire), sous l'action de la densité de peuplement et de l'azote, s'accompagne d'un changement microclimatique, modifiant les conditions de contamination (Masirevic & Gulya, 1992). A la floraison (indice foliaire maximum), la mesure d'ε_i a une fonction diagnostique, peu utile pour la décision. L'utilisation de cette mesure à un stade plus précoce, en particulier avant le stade « Limite Passage Tracteur » (hauteur de 60-70 cm), permettrait de pondérer la décision de traitement fongicide. Le conseil de traitement se fonde aujourd'hui sur la variété et le climat, mais n'intègre pas l'état végétatif du couvert (Delos & Moinard, 1997; Penaud & Jouffret, 1997). Pour cela, il est souhaitable de proposer des indicateurs du couvert plus facile à mesurer. En 1999, nous avons testé l'intérêt de 2 indicateurs du couvert pour une gamme étendue de conditions culturales (variétés, fumure azotée, densité de peuplement) et pour plusieurs scénarios de contamination par le phomopsis (sites, date de semis, irrigation, inoculum).

Matériel & Méthodes

L'objectif de l'expérimentation 1999 (**Tableau 1**) était de tester les relations entre le % de plantes infectées par le phomopsis (symptômes totaux et nuisibles) et l'état du couvert de tournesol peu avant le stade « Limite Passage Tracteur (LPT)». Pour cela, on a cherché à obtenir au stade E1 (bouton floral 0,5-2 cm) une gamme étendue d'états végétatifs (hauteur, surface foliaire) par des apports différenciés d'azote et des variantes de densité de peuplement. Les variétés retenues différaient par leur sensibilité intrinsèque au phomopsis (**S**: sensible comme DK 3790, Inagri 302, Olbaril, Viki, **PS**: peu sensible comme Albéna, Melody, **TPS**: très peu sensible comme Inedi, Labrador, Lucil, Rigasol, Santiago) et leur hauteur (à F1).

Deux sites d'étude de la région toulousaine (Haute-Garonne) ont été retenus: Auzeville (sol profond limoneux à argilo-limoneux) et En Crambade (sol profond argilo-limoneux à argileux). A Auzeville, 5 essais ont été réalisés, avec (EP1, CR, APZ5) et sans irrigation d'appoint (EP2, APZ4). Seul l'essai CR est conduit en contamination renforcée avec dépôt le 26/05, dans l'interrang, de tronçons de cannes de tournesol portant des périthèces. De même, à Crambade, l'essai I est conduit en contamination renforcée (avec irrigation fréquente), alors que l'essai S est mené en contamination naturelle sans irrigation. L'écartement moyen entre rangs est de 0.50 à 0.55 m sauf pour l'essai CR (0.70 m).

Selon les cas, une protection anti-phoma, sélective du phomopsis, est assurée (T2) ou non (T1). A En Crambade, celle-ci est obtenue par 2 applications de mancozèbe aux stades 10-12 f (25/05) et E1 (8/06) du tournesol. A Auzeville, 2 applications de cyprodinil + mancozèbe ont été réalisées le 26/05 et le 24/06 sur l'essai EP1, le 4/06 et le 23/06 sur l'essai CR.

Sur tous les essais, un suivi régulier de l'interception du rayonnement a été réalisé dans l'interrang du tournesol entre les stades E1 et F1 (3-5 dates) à l'aide du Picqhelios (Picq, 1990). Sur la plupart des essais, ce suivi a été couplé à une mesure de la hauteur des plantes (distance entre base du collet et sommet du bouton floral). Une notation de fréquence et gravité des symptômes de phomopsis a été réalisée début août, selon l'échelle classique (Pinochet, 1995): 1.tiges saines, 2. tache non encerclante, 3. tache encerclante, 4. tige brune, 5. tige cassée ou versée. Selon la taille des parcelles élémentaires, 20 à 50 plantes ont été notées.

Tableau 1 - Dispositifs d'étude Cetiom & INRA (1999)

Site	Variété	Date de semis	Peuplement (plantes/m²)	Azote (kg/ha)	Irrigation en mm (n)	Fongicides
Auzeville EP1	Olb, Lab, San	1//04	5.1 - 7.1	0-30-60-120	120 (6)	T1+T2
Auzeville EP2	Olb, Ina, Ine, San	2/04	5.4 - 7.7	0-80	0	T1+T2
Auzeville CR	9 variétés (S, PS, TPS)	1/04 & 14/04	3.1 - 6.6	80	200 (11)	T2
Auzeville AP-I	Mel, Lab	9/04	3.9 - 6.5 - 9.6	125	125 (3)	T1
Auzeville AP-S	Alb, Mel, Lab	9/04	3.9 - 6.5 - 9.6	70	0	T1
En Crambade I	Olb, San	6/04	4.9 - 7.3	0 - 120	120 (7)	T2
En Crambade S	Olb, San	12/04	5.0 - 7.4	0 - 120	0	T2

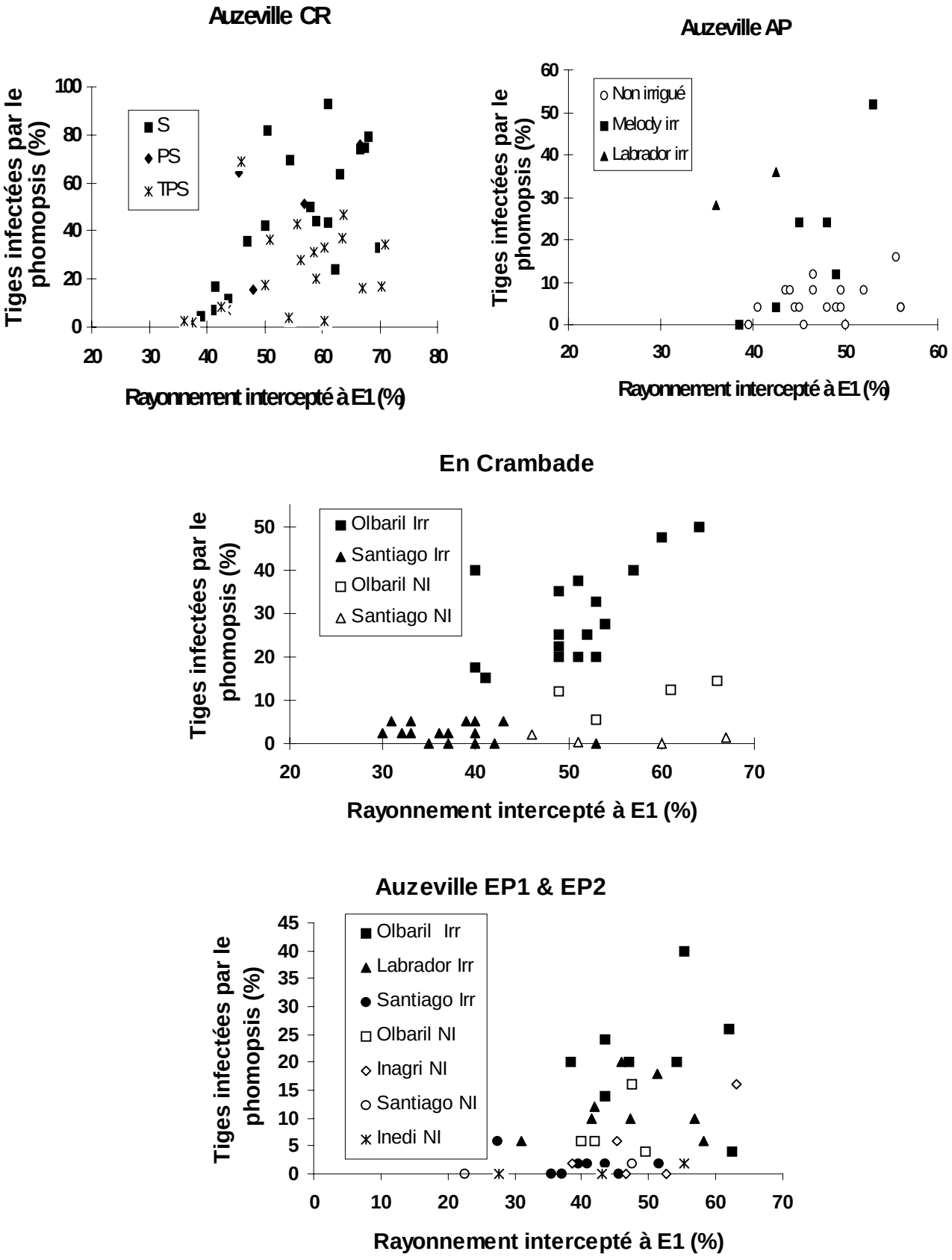
Albéna (Alb), Inagri (Ina), Inedi (Ine), Labrador (Lab), Melody (Mel), Olbaril (Olb), Santiago (San).

Dans les 2 sites, les simulations réalisées avec le modèle Asphodel (Delos & Moinard, 1997), ainsi que l'observation des symptômes sur feuilles, indiquent que les contaminations se sont produites lors de la phase pluvieuse du 13 au 22/05, c'est à dire avant les premières irrigations et la pose de fragments de tiges contaminées. Les premiers symptômes sur feuilles sont apparus précocement (15 au 20/06). Après la pose des cannes, a débuté une période assez sèche (20/05 au 15/07), peu propice aux contaminations naturelles. Les irrigations réalisées pendant cette phase ont contribué au passage sur tige des contaminations de Mai, mais assez peu à l'apparition de nouvelles contaminations. En conduite non irriguée, le climat de Juin, chaud et sec, a fortement limité l'expression des symptômes sur tige (En Crambade: 11 % d'attaques sur Olbaril en sec contre 30 % en irrigué, Auzeville : 8 % en sec contre 21 % en irrigué).

Résultats

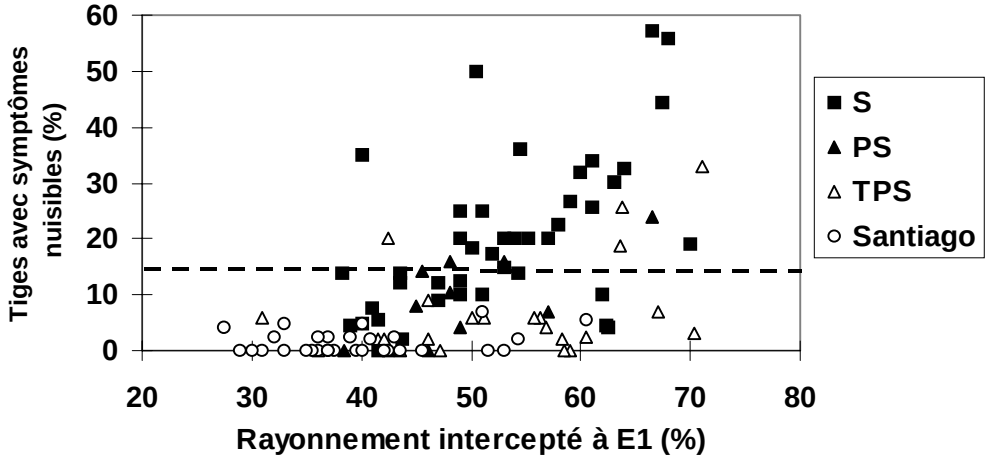
1. Prédiction précoce de la fréquence de tiges infectées. Sur les différents essais (**Fig.1**), la fréquence de plantes présentant des symptômes de phomopsis (classes 2 à 5, début août) est bien reliée au rayonnement intercepté au stade E1 (début Juin). La pente de la relation dépend de la sensibilité de la variété et du régime hydrique. Les plus forts taux d'attaque sont observés dans les essais à contamination renforcée (Auzeville CR et En Crambade I). En l'absence d'irrigation, la fréquence de plantes attaquées ne dépasse pas 20 % même dans les situations les plus couvrantes et pour des variétés sensibles (Olbaril, Inagri), alors que 40 à 52 % des tiges (selon les essais et la pression de contamination) peuvent être infectées en condition irriguée. Les plus fortes attaques sont obtenues dans l'essai CR (93 % pour DK3790), irrigué très fréquemment pendant 2 mois (11 irrigations).
Si l'on ne conserve que les essais irrigués, pour lesquels la contamination et la progression des symptômes n'ont pas été perturbés par le défaut de pluviométrie lors des phases sensibles, on observe une bonne relation entre la fréquence de plantes présentant des symptômes nuisibles (cl 3 à 5) et le rayonnement intercepté au stade E1 (**Fig.2**). Le seuil de rentabilité d'un traitement fongicide est estimé à 15 % de symptômes nuisibles au stade M2 (Pinochet, 1995). Pour une variété S (sensible), on considère que le risque de perte de rendement justifiant un traitement est atteint pour une valeur d'interception du rayonnement à E1 > 50 %. Pour une variété TPS (très peu sensible), le seuil correspondant est de 65 %, ce qui peut s'observer dans le cas de variétés hautes à fort développement végétatif (comme Labrador). Il y a beaucoup moins de chance d'atteindre ce seuil pour une variété plus précoce et courte comme Santiago. *L'état végétatif du couvert au début de la période de forte sensibilité au phomopsis apparaît comme un bon prédicteur du risque d'attaque ultérieur et des pertes de rendement.*

Figure 1 – Relation entre le % de tiges infectées par le phomopsis (début août) et le rayonnement intercepté (en % du rayonnement incident) au stade E1 (début juin).



2. Evolution de l'état du couvert jusqu'à la floraison. Le suivi du rayonnement intercepté entre les stades E1 et F1 montre une relative conservation des états du couverts mesurés précocement (**Fig.3**). Ceci est particulièrement vrai pour les situations extrêmes (densité, azote, irrigation). En condition sèche, on peut observer des parcours qui s'infléchissent: c'est le cas en particulier de situations bien alimentées en azote dans les premiers stades qui ont souffert de sécheresse ultérieurement (80N-NI). L'accélération de la sénescence foliaire se traduit par une stagnation de l'interception du rayonnement. Par contre, en condition irriguée, les différences d'interception au stade E1 liées aux variantes de densité s'estompent à la floraison. *On peut considérer cependant que le rayonnement intercepté au stade E1 prédit assez bien l'état du couvert pendant toute la phase de plus forte sensibilité au phomopsis.*

Fig.2 - Relation entre % de tiges avec symptômes nuisibles et rayonnement intercepté à E1: essais irrigués Auzeville (AP- Z5, CR, EP1) et En Crambade (I)



3. Relation entre hauteur et interception du rayonnement. Parmi les indicateurs de l'état du peuplement facilement mesurables, la hauteur est assez bien corrélée au rayonnement intercepté (stade E1). En effet, une augmentation de la densité de peuplement et/ou de la satisfaction du besoin azoté se traduit, chez le tournesol, par un accroissement en hauteur (allongement des entre-noeuds, réduction du diamètre de la tige) et par une augmentation de l'indice foliaire (donc de ε_i), malgré une diminution de la surface foliaire par plante. Cependant, si le classement εi - hauteur est globalement conservé pour une gamme de densités et d'états nutritionnels azotés (**Fig.4**), la relation est plus stricte pour l'effet densité que pour l'effet azote. En effet, l'enrichissement en N de la plante se traduit par un accroissement de l'expansion foliaire et une photosynthèse plus active, ce qui augmente la croissance en biomasse et partiellement la croissance en hauteur (Connor & Hall, 1997).

4. Relation fréquence de symptômes nuisibles - hauteur à E1. La relation entre symptômes nuisibles et hauteur à E1 est moins nette qu'avec l'interception du rayonnement (**Fig.5**). Au-delà d'une hauteur de 50 cm à E1, pour des variétés sensibles, la décision de traitement est justifiée (en condition irriguée), alors qu'en-deçà de 40 cm, le traitement ne serait pas rentable. Le seuil d'intervention se situe entre 40 et 50 cm, mais doit être précisé par d'autres expérimentations. En pratique, on cultive très peu les variétés sensibles dans les zones à risque phomopsis et l'on irrigue rarement le tournesol (Lecomte *et al.*, 2000). Pour les variétés TPS, le seuil est probablement entre 50 et 60 cm : le traitement fongicide ne sera justifié que pour des couverts denses et bien alimentés en azote.

Remerciements - Ce projet a été soutenu financièrement par l'ONIOL et l'AIP Ecopath (INRA)

Fig.3 - Evolution du rayonnement intercepté entre E1 et F1 (cv.Olbaril) - Auzeville EP1 & EP2

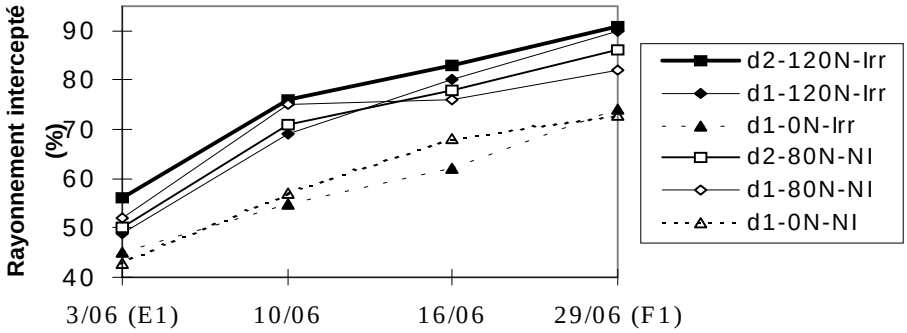


Fig.4 - Relation entre rayonnement intercepté et hauteur au stade E1 (Auzeville EP1 & EP2)

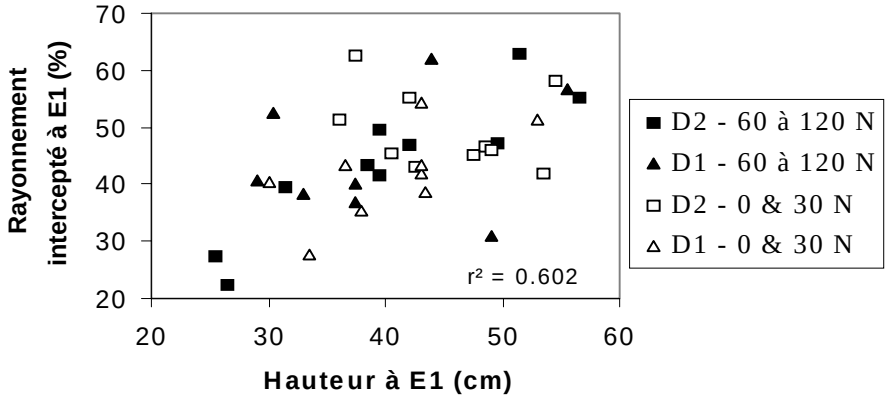
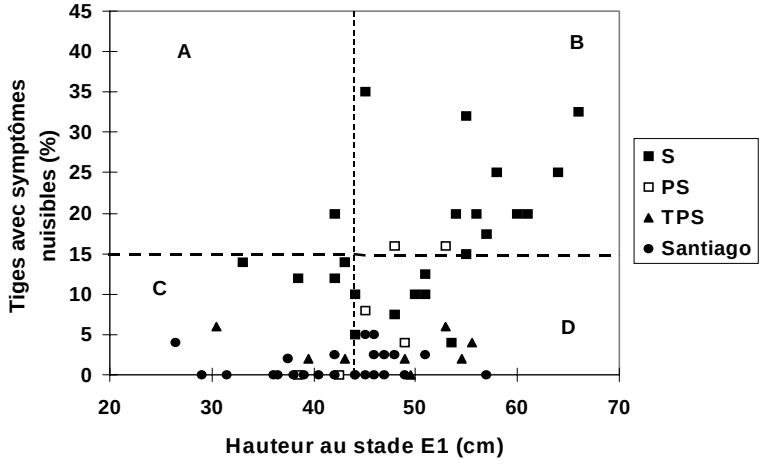


Fig.5 - Relation entre % de tiges avec symptômes nuisibles et hauteur à E1: essais irrigués Auzeville (AP- Z5, CR, EP1) et En Crambade (I)



Références

Connor, D.J, Hall, A.J. (1997). In: *Sunflower Technology and Production* (A.A.Schneiter Ed.), ASA-CSSSA-SSSA, Agronomy Monograph n°35, pp.113-182.

Debaeke, P., Raffaillac, J.M. (1996). *Helia*, 19, 24, 1-16.

Delos, M., Moinard, J. (1995). *Phytoma* 473, 22-24.

Delos, M., Moinard, J. (1997). *ANPP- 5ème Conf.Int.Maladies des Plantes*, Tours, 3-5 Déc.1997, pp 413-420.

Lecomte, V., Wagner D., Jouffret P. (2000). *Oléotech* , Fév.2000, Cetiom (Zone Sud), 21 p.

Masirevic, S., Gulya, T.J. (1992). *Field Crops Research* 30, 271-300.

Penaud A., Jouffret P. (1997). *Oléoscope*, 38, 14-15.

Picq, G. (1990). In: *Le tournesol et l'eau.* R.Blanchet et A.Merrien eds, Cetiom (Paris), pp.105-124.

Pinochet, X. (1995). In: *Le Phomopsis du tournesol. Oléoscope*, N°14 (sp), Cetiom (Paris), 27-36.