

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**EFFETS DE TRAITEMENTS DE SEMENCES FONGICIDES
SUR LA GERMINATION AU CHAMP DE SCLÉROTES DE *CLAVICEPS PURPUREA***

L. MAUNAS ⁽¹⁾, N. ROBIN ⁽¹⁾, C. MAUMENE ⁽²⁾, J.-P. JANSON ⁽³⁾

⁽¹⁾ ARVALIS institut de végétal, 64160 Montardon. France, l.maunas@arvalisinstitutduvegetal.fr,
n.robin@arvalisinstitutduvegetal.fr

⁽²⁾ ARVALIS institut de végétal, 91720 Boigneville. France c.maumene@arvalisinstitutduvegetal.fr

⁽³⁾ FNAMS, 2 bis, rue Jeanne d'Arc, BP 4017, 10013 TROYES. France, jean-paul.janson@fnams.fr

RÉSUMÉ

L'ergot des céréales (*Claviceps purpurea*) peut être introduit dans une parcelle saine par le biais de semences contenant des sclérotés d'ergot. Ces sclérotés mis en terre au semis peuvent germer au printemps et libérer des ascospores. Pour réduire cette source de pollution, un traitement fongicide des semences pourrait être un complément utile au triage en réduisant la viabilité des sclérotés résiduels. Suite à des essais antérieurs en conditions contrôlées, ayant identifié des produits potentiellement efficaces, cette étude s'attache à mesurer l'efficacité de traitements pré-sélectionnés dans les conditions de semis au champ. Les résultats confirment l'intérêt de deux produits, l'un à base de prochloraz et de triticonazole, et l'autre à base de thirame et de carboxine. Ils permettent une forte réduction de la production de stromas, et donc potentiellement de la production de spores. Leur efficacité n'est pas totale mais laisse envisager la possibilité d'un meilleur contrôle de la dissémination de la maladie liée aux lots de semences contaminés.

Mots-clés : *Claviceps purpurea*, traitement de semences, fongicide.

ABSTRACT

EFFECT OF FUNGICIDE SEED TREATMENTS ON GERMINATION OF *CLAVICEPS PURPUREA* SCLEROTIA

Ergot of cereals (*Claviceps purpurea*) may be introduced into healthy parcel through seed containing ergot. These sclerotia are able to germinate in spring and release ascospores in the air. To reduce this source of pollution, a fungicide seed treatment could be a useful complementary tool to seed cleaning, by reducing the viability of the remaining sclerotia. Previous tests in controlled conditions identified potentially effective treatments. This study aims to measure the efficacy of these treatments in the planting conditions in the field. The results confirm the interest of two seed treatments, one containing prochloraz and triticonazole, and the other containing carboxin and thiram. They allow a strong reduction in the production of stroma, and potentially in the production of spores. Their efficacy is not complete but suggests the possibility of a better control of the dispersion of the disease due to contaminated seeds.

Keywords: *Claviceps purpurea*, seed treatment, fungicide.

INTRODUCTION

L'ergot du seigle, *Claviceps purpurea*, est un champignon qui affecte les graminées, notamment les graminées cultivées. Les plantes contaminées produisent des sclérotés, amas de mycélium durci, qui contiennent des mycotoxines de la famille des alcaloïdes. *Claviceps purpurea* n'impacte pas significativement le rendement, mais le risque sanitaire généré par la production d'alcaloïdes hautement toxiques pour la santé fait de ce champignon un pathogène réglementé. Le Parlement Européen a notifié le 10 juillet 2015 la modification du règlement 1881/2006 concernant l'instauration de limites maximales de teneur en ergot (*Claviceps purpurea*) sur les céréales brutes destinées à la consommation humaine. Par ailleurs, le règlement 1272/2009 fixe un seuil de 0.5 g/kg pour le blé tendre et le blé dur destinés à l'intervention. Pour l'alimentation animale, la limite maximale réglementaire est fixée à 1 g/kg de céréales (directive Européenne 2002/32 – règlement 574/2011). Enfin, pour la production de semences, la Directive européenne 66/402 impose un maximum de 3 sclérotés (ou fragments) pour 500 g de semences certifiées, et un maximum de 1 sclérote (ou fragment) pour 500 g de semences de base.

Pour éviter d'introduire la maladie dans la parcelle au moment des semis, et de multiplier l'inoculum, la première mesure consiste à réaliser un nettoyage des lots de semences à l'aide de moyens appropriés (tri mécanique ou optique). Le traitement de semences pourrait être un complément utile à ce tri en particulier en multiplication de semences. Des travaux précédents (Maunas *et al*, 2012) avaient mis en évidence, en conditions contrôlées, l'effet significatif de certains produits sur la germination des sclérotés. Dans ces conditions, l'apport conjoint de prochloraze et de triticonazole avait permis un contrôle élevé ; une spécialité à base de carboxine et de thirame avait même présenté une efficacité totale. Le contrôle s'était avéré par contre plus partiel pour un traitement fongicide associant trois substances actives (fludioxonil, diféconazole, sedaxane). Ces différents résultats nécessitaient d'être validés au champ. L'objet de cette communication est de rapporter les résultats obtenus pour ces trois traitements sélectionnés, appliqués sur différents lots de sclérotés semés au champ à l'automne.

MATERIEL ET MÉTHODE

SCLEROTES

Les différents lots de sclérotés utilisés sont issus du triage optique de récoltes de blé de la campagne 2013 (lots A, B et C) ou 2014 (lots 1, 2 et 3). Ces sclérotés ont fait l'objet d'un tri manuel afin de conserver uniquement des sclérotés entiers et de taille similaire à l'intérieur du lot.

MODALITES ET TRAITEMENT DES ERGOTS

Les applications de traitements fongicides sont comparées à une modalité Témoin (sclérotés sans traitement fongicide). La sélection des traitements a été réalisée à partir des résultats précédemment obtenus en conditions contrôlées. Les trois traitements étudiés contiennent plusieurs substances actives représentant différentes familles chimiques. Le traitement 1 (VITAVAX 200 FF) conduit à des apports de carboxine (60 g/q) et de thirame (60 g/q). Le traitement 2 (BAS 59101F non commercialisé à ce jour en France, commercialisé sous le nom de KINTO DUO notamment en Angleterre et en Italie) conduit à des apports de prochloraze (12 g/q) et de triticonazole (4 g/q). Le traitement 3 (VIBRANCE GOLD) conduit à des apports de fludioxonil (5 g/q), de diféconazole (5 g/q) et de sedaxane (10 g/q).

Les traitements de semences sont appliqués sur les sclérotés en mélange avec des grains de blé (300 g de semences + 120 sclérotés), à l'aide d'un appareil de traitement de semences (modèle HEGE 11, volume de bouillie 1,2 l/q). Les sclérotés de la modalité Témoin sont également humidifiés, dans les mêmes conditions. A l'issue de ce traitement, les sclérotés sont isolés pour leur semis au champ.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL DES ESSAIS

Différents essais ont été conduits au champ par des équipes d'ARVALIS – Institut du végétal ou de la FNAMS, avec des semis à l'automne 2013 ou 2014 de différents lots de sclérotés (tableau I).

Le dispositif de chaque situation d'essai est un dispositif en blocs, avec 4 répétitions (témoin inclus, répartition aléatoire des modalités dans chaque bloc), une parcelle expérimentale correspondant à une ligne de 50 sclérotés.

Les modalités Témoin, Traitement 1 et Traitement 2 sont présentes dans tous les dispositifs, alors que la modalité Traitement 3 n'a pas été reconduite sur tous les sites d'essais de la deuxième année.

Tableau I : Sites, lots de sclérotés et modalités étudiées.
(Sites, sclerotia batches and conditions studied.)

Localisation station expérimentale	Lot de sclérotés	date de semis	Témoin	Trait. 1	Trait. 2	Trait. 3
Boigneville (ARVALIS - 91)	A, B et C	04/11/13	x	x	x	x
Montardon (ARVALIS - 64)	A et B	09/12/13	x	x	x	x
Boigneville (ARVALIS - 91)	1 et 3	31/10/14	x	x	x	
Montardon (ARVALIS - 64)	1 et 2	24/11/14	x	x	x	x
Bourges (FNAMS - 18)	1 et 2	08/11/14	x	x	x	
Troyes (FNAMS - 10)	1 et 3	06/11/14	x	x	x	

SEMIS ET ENTRETIEN DES PARCELLES

Le semis est réalisé à la main (à l'aide d'un linteau), à une profondeur régulière, à raison d'un scléroté tous les 5 cm, sur une ligne de 50 sclérotés, avec un écartement d'au moins 50 cm entre lignes. Les sclérotés sont recouverts sans tassement excessif.

L'entretien concerne la surveillance de l'humidité du sol notamment au printemps (avec apports d'eau si besoin) ainsi que le désherbage des parcelles (traitements herbicides) pour éviter tout salissement pouvant pénaliser les notations.

OBSERVATIONS ET ANALYSE DES DONNEES

Le dénombrement des stromas (ou têtes à périthèces) émergents et visibles est réalisé avec une fréquence hebdomadaire dès les premières apparitions. En parallèle, sont également comptés les sclérotés ayant produit ces stromas émergents. Les différents comptages sont arrêtés quand l'émission des têtes à périthèces est stabilisée ou décroissante.

Les données présentées correspondent aux mesures réalisées au moment où le pic de germination est atteint pour la modalité Témoin. Les variables sont les suivantes : effectif total de stromas (ou têtes à périthèces) observés pour 200 sclérotés semés, pourcentage moyen de sclérotés semés ayant produit des stromas visibles, et effectif moyen de stromas visibles par scléroté ayant germé.

L'analyse statistique est une analyse de variance réalisée sur les séries d'essais conduits avec 4 modalités (7 essais). Une transformation arcsinus ($\sqrt{\text{racine}(\% \text{ efficacité}/100)}$) est réalisée pour les variables en pourcentage. Le classement indicé des moyennes est réalisé selon le test Newman-Keuls (seuil de probabilité de 5 %).

RESULTATS

COMPORTEMENT AU CHAMP DES LOTS DE SCLEROTES NON TRAITES DANS LES DIFFERENTS ESSAIS

Les situations d'essai n'ayant pas permis de germination significative des sclérotés de la modalité Témoin sont exclues de l'analyse (essais avec les sclérotés du lot 3 en 2015). Les onze situations d'essai retenues, caractérisées par l'année de semis, le site de la station expérimentale et le lot de

sclérotés, sont identifiées par la suite par un numéro, de S01 à S11, croissant avec le niveau de production de stromas des sclérotés témoins (tableau II).

Tableau II : Résultats de germination des sclérotés non traités par situation d'essai.
(Results of untreated sclerotia germination by test situation.)

	Localisation station expérimentale	Lot sclérotés	date au pic observations	n° identifiant	Nb stromas	% Sclérotés ayant germé	Nb stromas /sclérote germé
semis autonome 2013	Boigneville (ARVALIS - 91)	LOT A	05/05/2014	S09	595	58	4.9
	Boigneville (ARVALIS - 91)	LOT B	05/05/2014	S06	271	37	3.5
	Boigneville (ARVALIS - 91)	LOT C	05/05/2014	S04	227	35	3.0
	Montardon (ARVALIS - 64)	LOT A	02/05/2014	S11	1025	79	6.3
	Montardon (ARVALIS - 64)	LOT B	03/05/2014	S10	852	77	5.4
semis autonome 2014	Boigneville (ARVALIS - 91)	LOT 1	19/05/2015	S02	41	11	2.0
	Montardon (ARVALIS - 64)	LOT 1	27/04/2015	S01	27	6	2.5
	Montardon (ARVALIS - 64)	LOT 2	27/04/2015	S05	269	39	3.4
	Bourges (FNAMS - 18)	LOT 1	04/05/2015	S03	56	12	2.3
	Bourges (FNAMS - 18)	LOT 2	04/05/2015	S07	353	35	5.1
	Troyes (FNAMS - 10)	LOT 2	04/05/2015	S08	584	72	4.1

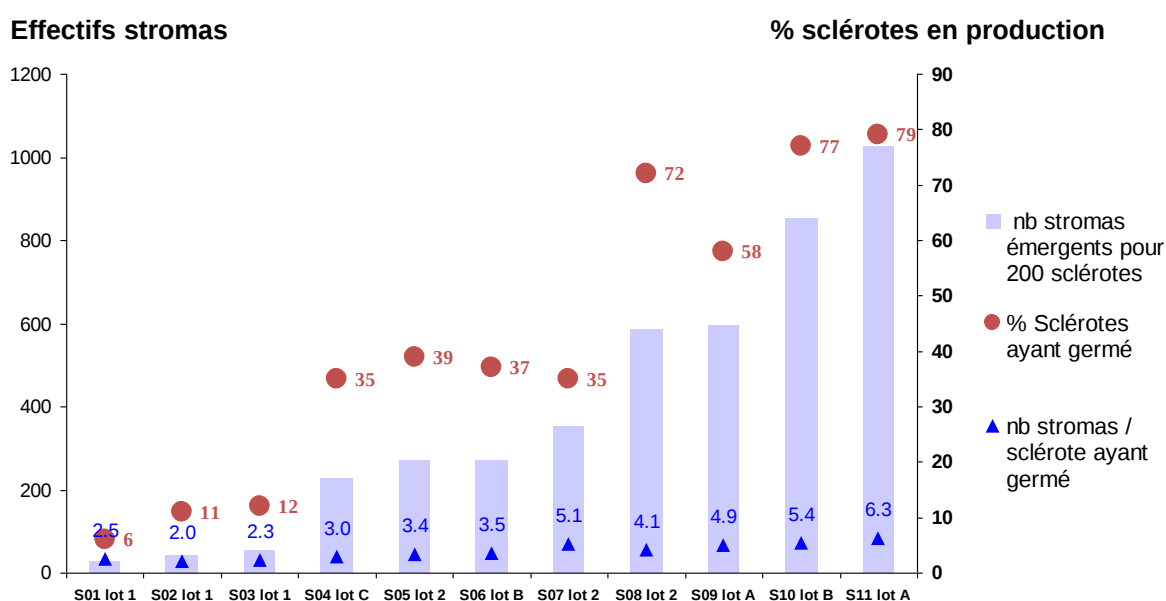
Les productions de stromas sont très variables selon les lots de sclérotés et/ou les conditions liées à l'emplacement du site expérimental (figure 1).

Les sclérotés du lot 1 présentent un faible taux de germination des sclérotés, proche de 10 %, avec une faible production de stromas quelque soit le site (91, 64, 18).

Le lot C, ainsi que les lots B et 2 sur certains sites, conduisent à un taux de germination proche de 35 % avec une observation de 3 à 5 stromas émergents par sclérote ayant germé.

Les lots B et 2, placés dans des conditions plus favorables, présentent une germination proche de 70 %, avec 4 à 6 stromas par sclérote ayant germé, ces résultats rejoignant alors les performances du lot A.

Figure 1 : Résultats de germination des sclérotés non traités, 11 situations d'essai.
(Results of untreated sclerotia germination by test situation.)



EFFICACITE DES TRAITEMENTS ETUDIES

Les principaux résultats moyens sont récapitulés dans le tableau III. Les analyses statistiques présentées concernent 7 essais comprenant les 4 modalités (Témoin et trois traitements). Le classement des traitements 1 et 2, présents sur la totalité des essais est confirmée sur l'analyse globale (11 essais).

Comparativement aux sclérotés non traités, le traitement 1 a permis de réduire significativement le nombre moyen de têtes à périthèces émises pour 200 sclérotés semés, avec une efficacité moyenne de 76 %. Hormis une contre-performance en situation S04 (sans explication à ce jour), cette efficacité varie de 60 à 95 % (figure 1). Elle est liée à une forte baisse du taux de sclérotés ayant germé (13 % vs 42 % pour les témoins) mais aussi, en moindre partie, à la diminution de l'effectif de stromas produits par sclérote (2,3 vs 3,9 pour les témoins).

Dans les mêmes conditions, le traitement 2 présente également de bonnes performances. La production de stromas tend même à être légèrement inférieure à celle du traitement 1 (écart non significatif) : 24 stromas en moyenne pour 200 sclérotés semés. L'efficacité est significativement accrue, elle atteint 89 % avec une variabilité de 71 à 99 %. Ce résultat est lié à un effet élevé sur l'inhibition de la germination des sclérotés : en moyenne, seulement 5 % des sclérotés ont germé. L'effectif de stromas produits par sclérote est par contre très proche de celui atteint par le traitement précédent (2,2 stromas par sclérote ayant germé).

Le traitement 3 ne permet pas d'atteindre le même niveau de performances. L'effectif total de têtes à périthèces pour 200 sclérotés semés est significativement réduit mais reste élevé : 228 vs 467 pour la modalité témoin (7 essais). L'efficacité, de 48 %, est significativement inférieure à celle des deux autres traitements. L'effet sur la germination des sclérotés est partiel : le taux de germination atteint 32 % (vs 47 % pour les témoins), avec une production moyenne de 3,0 stromas produits par sclérote germé.

Tableau III : Résultats moyens de germination des sclérotés par modalité étudiée.
(Results of sclerotia germination by modality studied)

	Témoin	Traitement 1	Traitement 2	Traitement 3	Prob Ho
Effectif total de stromas émergents pour 200 sclérotés semés					
7 essais (4 traitements)	467 ^a	79 ^c	31 ^c	228 ^b	< 0.01
11 essais (3 traitements)	391	66	24	-	
Efficacité (%) sur la production de stromas émergents					
7 essais (4 traitements)	-	74 ^b	89 ^a	48 ^c	< 0.01
11 essais (3 traitements)	-	76	89		
% de sclérotés ayant germé					
7 essais (4 traitements)	47 ^a	16 ^c	6 ^d	32 ^b	< 0.01
11 essais (3 traitements)	42	13	5		
Efficacité (%) sur le taux de germination des sclérotés					
7 essais (4 traitements)	-	60 ^b	83 ^a	35 ^c	< 0.01
11 essais (3 traitements)	-	65	84		
Effectif de stromas /sclérote germé					
7 essais (4 traitements)	4.1 ^a	2.3 ^c	2.4 ^c	3.0 ^b	< 0.01
11 essais (3 traitements)	3.9	2.3	2.2		
Efficacité (%) sur la production de stromas par sclérote germé					
7 essais (4 traitements)	-	42	40	26	NS (0.12)
11 essais (3 traitements)	-	34	40		

(a, b, c) groupes test Newman-Keuls

Figure 2 : Efficacité comparée des traitements sur la production de stromas émergents, au pic de production pour 200 sclérotés semés.

(Efficacy of seed treatments on perithecial heads grown, at peak production for 200 sclerotia sown)

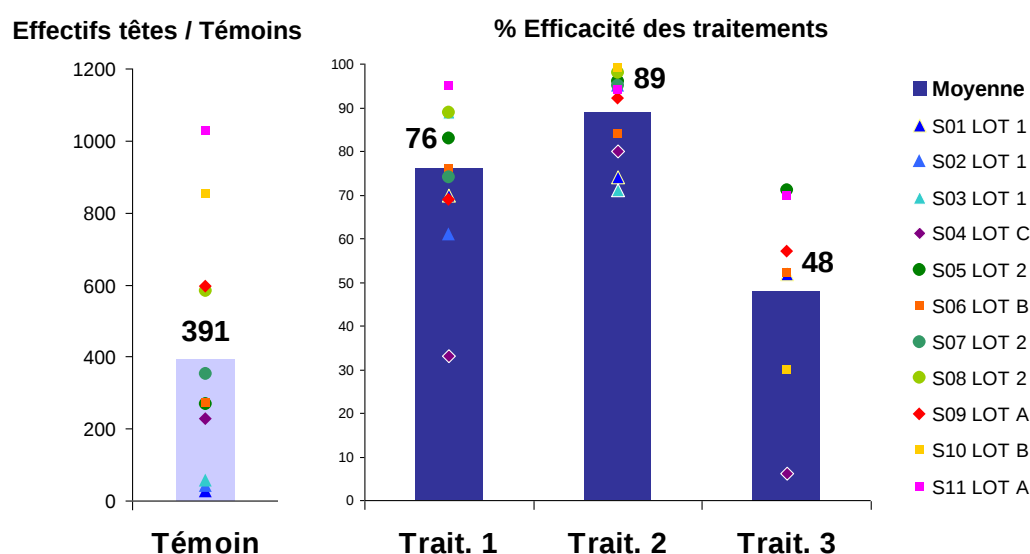
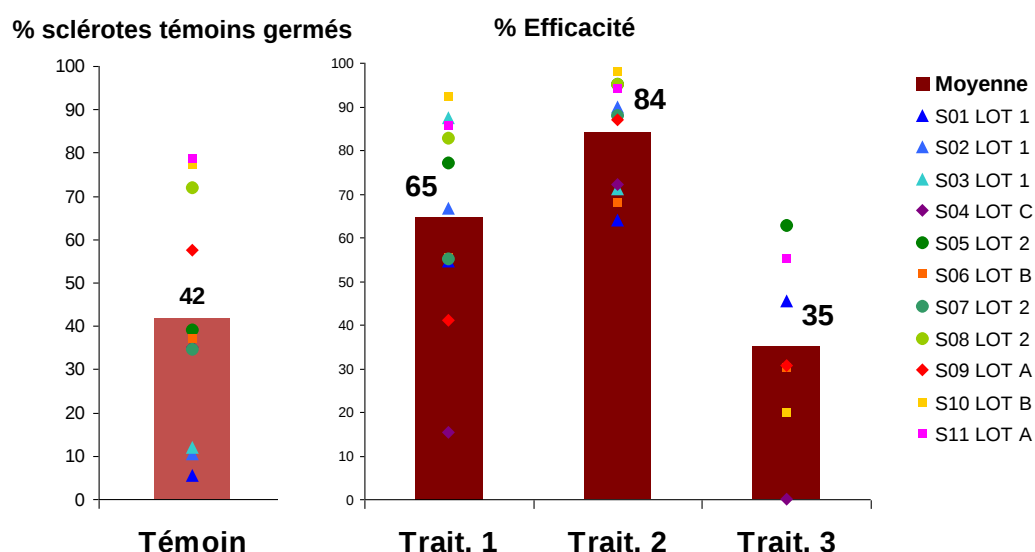


Figure 3 : Efficacité comparée des traitements sur le taux de germination des sclérotés.

(Efficacy of seed treatments on the sclerotia germination)



DISCUSSION

Les différents lots de sclérotés semés au champ ont montré des productions de stromas émergents très variables selon les situations. Pour 200 sclérotés semés (soit un effectif comparable à celui atteint dans le cas d'un semis de 100 kg de semences contenant 2 sclérotés par kg), les dénombrements de têtes à périthèces visibles vont de 0 (lot 3) à plus de 1000 au pic de production. Ces variations cumulent d'une part les variations de taux de germination des sclérotés et d'autre part les écarts d'effectifs de stromas produits par sclérote. La forte capacité de germination d'un lot ne s'exprime pas forcément dans tous les sites (ex : lots B et 2) en liaison avec des conditions pédoclimatiques différentes.

Malgré ces variations, les résultats mettent en évidence un effet significatif des traitements de semences étudiés sur l'aptitude à la germination des sclérotés et sur la production totale de stromas, avec une assez bonne régularité d'une situation à l'autre.

Les traitements 1 et 2 ont ainsi permis de réduire fortement la production de têtes à périthèces. Ces résultats confirment ceux précédemment obtenus en conditions contrôlées. Selon les spécialités, et les caractéristiques intrinsèques des substances actives et des formulations, il est néanmoins observé quelques écarts. Le traitement associant carboxine et thirame n'a pas conduit, dans aucune des situations au champ, à une inhibition totale de la germination comme cela avait pu être observé en conditions contrôlées (sur sable et sans aléas climatique particulier). Par contre, les performances du traitement associant prochloraze et triticonazole se sont avérées beaucoup plus proches indépendamment des conditions d'étude.

Le traitement 3 présente lui aussi un effet sur la germination des sclérotés. Mais au champ comme en conditions contrôlées, il s'avère beaucoup plus partiel et insuffisant. Il est à noter que cette spécialité avait été sélectionnée à partir de travaux en conditions contrôlées, comme l'une des plus prometteuses parmi différentes spécialités affichant toutes de faibles performances. Les résultats obtenus dans les conditions du champ pour le traitement 3 confirment qu'il semble vain d'espérer une lutte efficace avec cette spécialité, et très certainement, par conséquence, avec les autres spécialités étudiées antérieurement en conditions contrôlées.

CONCLUSION

Cette étude confirme l'intérêt de deux traitements de semences fongicides pour lutter contre l'introduction de l'ergot du seigle (*Claviceps purpurea*) dans des parcelles saines par le biais de semences contaminées. Il est mis en évidence le fort effet inhibiteur sur la germination des sclérotés au champ d'un traitement à base de prochloraze et de triticonazole ainsi que celui d'une spécialité à base de carboxine et de thirame. Leur protection n'est pas totale mais elle peut fortement concourir à réduire la dispersion de l'inoculum de *Claviceps purpurea*, en complément des opérations de triage qui demeurent la première mesure de lutte nécessaire face à des lots de semences recelant des sclérotés. Cette méthode de lutte complémentaire n'aura par ailleurs aucun effet sur l'inoculum déjà présent dans le sol. Face à un sol contaminé, ce sont d'autres mesures comme l'adaptation du travail du sol qui s'imposent (Maumené *et al*, 2015).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le groupe Saaten Union pour la fourniture des sclérotés, ainsi que les nombreux collaborateurs des différentes stations expérimentales d'ARVALIS (Boigneville, Montardon) et de la FNAMS (Troyes, Bourges) qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

MAUNAS L., ROBIN N., MAUMENE C., 2012 - Effets de différents traitements de semences fongicides sur la germination en conditions contrôlées de sclérotés de *Claviceps purpurea*. 10^{ème} Conférence internationale sur les maladies des plantes, TOURS – 3-5 décembre 2012.

MAUMENE C., ORLANDO B., LABREUCHE J., LECLERE A., MAUNAS L., 2015. Le travail du sol, un levier efficace pour limiter les risques de multiplication de l'ergot des céréales. 11^{ème} Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, TOURS – 7-9 décembre.