Effets des facteurs climatiques sur l'émission aérienne des spores d'*Alternaria brassicae* (Berk) Sacc et sur l'épidémiologie de l'alternariose dans une culture de colza

P Marchegay*, N Thorin, M Schiavon

École nationale supérieure d'agronomie et des industries agro-alimentaires
(ENSAIA), laboratoire de protection des cultures, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

(Reçu le 6 février 1990; accepté le 4 octobre 1990)

Résumé — Cette étude a été réalisée afin de préciser les conditions favorables à l'apparition de l'alternariose du colza, provoquée par *Alternaria brassicae*. Les travaux de laboratoire et la mise en place de pièges à spores au sein de parcelles de colza, durant les campagnes 1985 et 1986, nous ont permis d'établir des relations entre l'importance de l'émission aérienne des spores et les différents facteurs climatiques. La répartition spatiale des spores piégées montre que leur présence est considérable au niveau du sol et tout particulièrement en fin de culture. Il apparaît que l'influence de la température et de l'humidité est primordiale pour l'évolution de la maladie en cours de végétation, mais que son apparition ne peut être due qu'à la présence d'un inoculum primaire dans la parcelle, ou à des contaminations extérieures.

piégeage / inoculum primaire / sporulation / contamination / dessiccation / état physiologique / facteur biotique / facteurs abiotique

Summary — Effects of climatic conditions on the aerial liberation of spores of *Alternaria brassicae* (Berk) Sacc and epidemiology of blackspot disease in rapeseed crops. The purpose of this study was to establish the conditions suitable for the outbreak of blackspot disease induced by *Alternaria brassicae* in rapeseed crops. Laboratory experiments were carried out and spore traps (fig 1) placed in several rapeseed plots in the field during the 1985 and 1986 cropping seasons (table I). Trapping results (fig 2) point out relationships between the extent of aerial sporulation and the various biotic and abiotic environmental factors. Until growth stage 6 (G5) fluctuation of aerial emission depend only on climatic factors. From growth stage 6 (G5) to harvest, plant dessiccation induces mass release. The spatial distribution of trapped spores (fig 3) showed that a large number of spores occurred at ground level, especially at the end of the vegetative period. Temperature and moisture (table III) appeared to exert a major effect on the disease evolution throughout crop growth (table II), but the disease could only develop in the presence of a primary inoculum in the plot, or external inoculum.

spore trapping / aeromycology / primary inoculum / sporulation / contamination / desiccation / physiological state / biotic environment / abiotic environment

INTRODUCTION

Bien que les dégâts provoqués par *Alternaria brassicae* (Berk) Sacc dans les cultures de colza, soient peu fréquents, on observe ponctuellement depuis quelques années des parcelles fortement attaquées. Cette maladie se caractérise par la rapidité avec laquelle elle peut contaminer une culture et provoquer de graves pertes de rendement. Si les travaux de Louvet (1958) et de Louvet et Billotte (1964) ont clairement établi le rôle des pluies d'orage pendant

les périodes chaudes sur l'évolution de la maladie au champ, par contre, son apparition sur certaines parcelles reste inexpliquée.

L'étude que nous avons réalisée précise l'importance de l'émission aérienne des spores d'*A. brassicae* parallèlement à la contamination des divers organes de la plante, en fonction des différents facteurs climatiques enregistrés. De plus, nous avons tenté de déterminer l'origine des premiers symptômes sur le végétal, en accordant une attention particulière aux symptômes sur siliques.

* Adresse actuelle : INRA, station de pathologie végétale, 78000 Versailles, France.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les parcelles

L'émission aérienne des spores d'*A brassicæ* a été suivie pendant 2 années consécutives: 1985 et 1986, au sein de différentes cultures de colza (tableau I). Dans chaque champ de colza, on délimite des micro-parcelles d'environ 100 m² où sont installés les pièges à spores. Ceci, afin que ces surfaces ne subissent aucune application fongicide contre ce parasite, même si le développement de la maladie impose un traitement fongicide sur le reste de la parcelle.

Si au printemps lors de la montaison, les attaques d'*A brassicæ* sont rares, elles l'étaient *a fortiori* au stade rosette à l'automne précédent. Le choix d'une parcelle n'est donc pas aisé, et, mis à part la parcelle 2, où nous avons constaté qu'au début de l'hiver 30% des pieds de colza présentaient des symptômes, les parcelles 1, 3 et 4 n'ont pu être choisies qu'au printemps. Un choix tardif (stade G4) permet de s'assurer de la présence de la maladie, mais limite considérablement la durée du piégeage (parcelles 3 et 4).

Les pièges

Le piégeage des spores d'*A brassicæ* en suspension dans l'air peut se faire selon différentes méthodes : appareil de Hirst (Louvet et Billotte, 1964), ou boîtes de Petri (Sharma et al, 1983). Pour notre part, nous avons utilisé des pièges immobiles, constitués de 3 lames de microscopie en verre disposées en prisme à l'aide d'un ruban adhésif. Les 2 faces supérieures

sont enduites extérieurement d'un mélange vaseline-paraffine afin que les spores en suspension dans l'air puissent y adhérer (fig 1). Ce type de piège présente l'avantage d'être facile à manipuler et directement observable au microscope après avoir désolidarisé les lames.

Ces pièges sont suspendus sur un même piquet support à différentes hauteurs : niveau du sol, 40, 80 et 120 cm au-dessus du sol, sauf pour la parcelle 2 (où nous nous sommes limités à un piégeage à 40 cm).

Lors de la première campagne, 5 piquets supports étaient disposés par parcelle (1 à chaque coin et 1 au centre). Par la suite, compte tenu de la similitude de l'évolution de l'émission aérienne des spores sur l'ensemble des piquets supports, leur nombre a été réduit à un seul (au centre de la parcelle), lors de la dernière campagne.

Fig 1. Schéma d'un piège à spores.

Tableau I. Implantation des parcelles.

Année	N° parcelle	Localisation	Stade phénologique du colza à l'implantation de l'essai	Variété	Précédents culturels	Durée de piégeage (semaines)
1985	1	Bouxières aux chênes (54770)	D	Jet-Neuf	Orge Blé Colza	15
1986	2	Tressange (57710)	D	Darmor	Orge Orge Blé	12
1986	3	Coincourt (54370)	G4	Jet-Neuf	Orge Blé Colza	8
1986	4	Coincourt	G4	Jet-Neuf	Orge Blé Blé	8

Les comptages

Le relevé des pièges est hebdomadaire et le comptage des spores s'effectue sur une surface standard de 18 x 18 mm prise au hasard sur chaque lame.

Parallèlement, et dès la mise en place des pièges à spores, un comptage des taches provoquées par *A brassicæ* sur les feuilles situées à 60 cm du sol et sur les siliques est effectué régulièrement jusqu'à la récolte. Le prélèvement de ces organes est fonction du stade phénologique du colza.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Présentation des courbes

La figure 2 regroupe pour chaque parcelle, les courbes des données météorologiques, le pourcentage d'attaque des feuilles et siliques de colza par *A brassicæ* et l'évolution de l'émission aérienne des spores (en nombre de spores piégées par cm² de lame). Pour des raisons pratiques de comparaison entre parcelles et pour chaque donnée hebdomadaire nous avons cumulé les densités obtenues sur les 4 hauteurs de piégeage. L'analyse des résultats expérimentaux pour la campagne 1986 nous a conduits à indiquer la teneur en eau des siliques (en % d'humidité par rapport au poids sec).

Évolution de l'émission aérienne des spores

En première analyse, l'observation des courbes montre une allure générale identique. Elles peuvent se décomposer en 2 parties :

- jusqu'au stade G5 le nombre observé de spores est faible et les valeurs des pics observés semblent directement liées aux conditions climatiques. Les périodes de pluie et l'élévation de température induisent la germination et la croissance mycélienne et par conséquent, la formation de symptômes sur la plante. Lorsque ces conditions sont suivies de périodes de dessiccation, on enregistre une augmentation du nombre de spores piégées, résultant de leur libération des conidiophores;
- environ un mois avant la récolte, c'est-à-dire au début du stade G5, et plus précisément lorsque les siliques ont déjà perdu plus des 3/5 de leur teneur en eau, on constate que l'augmentation importante du nombre de spores piégées ne semble plus corrélée avec les conditions météorologiques, mais avec l'état physiologique du colza.

D'après Billotte (1963), la sporulation *in vitro* d'*A brassicæ* est favorisée par la dessiccation lente des cultures. Il en est vraisemblablement de même dans la nature puisque la valeur maximale de l'émission aérienne des spores correspond au moment de la récolte, à une teneur en eau des siliques d'environ 10%. L'ensemble des organes de la plante susceptible de présenter des taches sporulantes se trouve donc dans une période de dessiccation qui explique l'émission massive de spores.

Un piégeage effectué après la récolte sur la parcelle 3, permet de constater une persistance de l'émission aérienne des spores (avec des densités beaucoup plus faibles) en raison des chaumes contaminés restés en place.

Répartition des spores dans une culture de colza

L'observation de la figure 3 montre 2 types de répartition en fonction des parcelles :

- Pour les parcelles 1 et 3, la répartition des spores en fonction de la hauteur de piégeage est similaire. Pour la parcelle 1, les résultats obtenus sont issus du cumul des observations sur les 5 piquets supports, la répartition étant identique pour chaque piquet. Il en ressort que 50% des spores sont piégées au niveau du sol, 25% à 40 cm de hauteur et la majorité des 25% de spores restantes s'observent à 80 cm, le pourcentage de spores piégées à 120 cm évoluant avec la fréquence et l'intensité de la maladie présente sur les siliques. Il apparaît donc un gradient de densité en fonction de la hauteur de piégeage. Ce gradient s'explique, d'une part, car les spores d'*A brassicæ* sont de grosse taille (80 à 130 µm x 15 à 25 µm) et ne demandent, sous l'action de la gravité, qu'à tomber au niveau du sol, et d'autre part, le mode de contamination de la maladie fait que les organes les plus contaminés sont situés à la base du végétal;
- sur la parcelle 4, on note une autre répartition : le nombre de spores observées aux différents niveaux de piégeage ne présente pas de variations importantes. L'observation de l'évolution de la maladie ne montre la présence de symptômes que sur les siliques, la dissémination n'a donc pas eu lieu à partir des organes situés à la base de la plante puisque ceux-ci ne présentent pas de symptômes, mais par une contamination extérieure à la parcelle, ce qui explique que le nombre de spores observé à toutes les hauteurs de piégeages soit identique.

2a

PARCELLE 1

Fig 2. Emission aérienne des spores d'*A brassicae* en fonction des facteurs climatiques, du stade de développement et de la conta-

**Évolution de la maladie sur les siliques
en relation avec la quantité de spores piégées**

L'attaque du colza par *A brassicae* commence, selon Joly (1964), par les feuilles sénescentes

situées à la base de la plante. En cas d'évolution de la maladie, la contamination s'étend vers les organes les plus jeunes, et peut atteindre les siliques, les rendant alors sensibles à l'égrenage. Les symptômes se caractérisent par l'apparition

2b

PARCELLE 2

mination des plantes pour la parcelle 1.

de petites taches brunes, circulaires, qui en évoluant présentent une alternance de zones concentriques claires et sombres.

Ces symptômes ont été principalement décelés dans les parcelles 1, 2 et 3. En fin de culture on pouvait respectivement dénombrer 39, 62 et 45% de siliques contaminées. Si ces valeurs sont assez élevées, par contre, le pourcentage de sur-

face attequée n'est en moyenne que de 5% et ne dépasse jamais 50% (tableau II), ce qui en aucun cas n'a entraîné d'égrenage dans notre expérimentation.

D'une façon générale la maladie apparaît sur les siliques vers la mi-juin, à la suite d'une période de pluies ou d'un orage, lorsque les températures sont suffisamment élevées. Ces

2c

PARCELLE 3

Fig 2. Suite.

périodes de contamination sont indiquées dans le tableau III.

Ces résultats confirment ceux de Louvet (1958) qui avait observé à la mi-juin une période contaminatrice, à la suite d'un orage et à une température moyenne de 18 °C.

Dans tous les cas la contamination des siliques suit le même schéma, et survient après une séquence climatique favorable; on note cependant des niveaux de contamination variables liés à la présence de la maladie sur les feuilles. En effet les parcelles les plus contaminées sont

2d

PARCELLE 4

celles où l'on décelait un pourcentage de feuilles attaquées important avant l'apparition des symptômes sur siliques.

Il semble donc nécessaire de déterminer l'origine de l'inoculum primaire capable de provoquer l'apparition des premiers symptômes sur feuilles et/ou sur siliques, pour expliquer les paramètres biotiques et abiotiques de contamination d'une parcelle.

L'étude de la contamination des siliques sur les parcelles 3 et 4 confirme cette hypothèse (fig 2). En effet, distantes de 30 m, elles subissent les mêmes effets climatiques. Pendant le déroulement de notre expérimentation, ces parcelles ont fait l'objet de pratiques culturales similaires. Cependant, la première est soumise à une rotation colza-céréales depuis plusieurs années, alors que la seconde, issue d'une an-

Fig 3. Répartition spatiale des spores en fonction de la hauteur de piégeage et des parcelles sur les parcelles 1, 3, 4.

cienne prairie permanente, reçoit du colza pour la première fois après 3 années de culture de céréales (tableau I).

Si pour chacune de ces parcelles, les courbes d'émission aérienne des spores et d'évolution de la maladie sur siliques ont même allure, par contre, les quantités de spores piégées et le nombre de siliques atteintes par la maladie sont très différents.

— Dans la parcelle 3, nous avons piégé 15 fois plus de spores. De plus, le 6 juin, lors de l'installation de nos pièges, 60% des feuilles de colza situées à 20 cm du sol étaient contaminées, avec une moyenne de 2,3 taches par feuille, l'autre parcelle étant indemne. Par la suite, l'évolution de la maladie suit un schéma classique en contaminant les différents niveaux foliaires de la plante puis les siliques début juillet.

Table II. Pourcentage de contamination des siliques.

% de surface des siliques contaminées avant la récolte	% des effectifs de siliques		
	Parcelle n° 1	Parcelle n° 2	Parcelle n° 3
0	61,0	38,1	55,0
≤ 5	34,0	40,3	34,2
≤ 15	3,0	15,5	8,7
≤ 30	2,0	5,2	2,0
≤ 50	0,0	0,9	0,1

Tableau III. Périodes contaminatrices des siliques.

N° Parcelle	Dates	Précipitations	Températures
1	6 juin	Pluie 7,6 mm	17,5 °C
2	17, 18 juin	Pluie 3,4 mm	21 °C
3	16 juin	Orage 65 mm	19 °C
4	16 juin	Orage 65 mm	19 °C

– Pour la parcelle 4, aucun symptôme ne fut observé avant ceux noté sur siliques. Dans ce cas, la contamination de la plante n'a donc pas pu se faire à partir des feuilles les plus âgées, vers les organes les plus jeunes, mais à partir d'une source de contamination extérieure à la parcelle.

La proximité de la parcelle 3 dont les feuilles sont fortement contaminées constitue une source d'inoculum, et le vent a donc pu véhiculer les spores d'*A. brassicæ* vers la parcelle 4, entraînant ainsi de faibles contaminations sur siliques.

CONCLUSION

Il ressort de cette étude que les facteurs climatiques jouent un rôle important sur l'évolution de la maladie, depuis l'apparition des premiers symptômes jusqu'à environ 3 semaines avant la récolte, date à partir de laquelle la dessiccation des siliques devient suffisamment importante pour provoquer une libération massive des spores, sans pour autant engendrer de nouvelles contaminations, car la dessiccation des différents organes de la plante la rend insensible à la maladie.

En l'absence de contaminations extérieures à la parcelle, les risques de contamination des siliques sont conditionnés par l'apparition préalable de la maladie sur les feuilles de la rosette, puis sur les feuilles lancéolées.

En dehors de ce schéma de contamination, l'apparition des symptômes sur les organes les plus jeunes ne peut s'expliquer que par une contamination extérieure.

L'observation des conditions climatiques de la mi-juin est donc indispensable pour évaluer les risques de contamination des siliques; en effet si cette période est chaude et humide, on notera sur les parcelles où la maladie est présente sur feuilles, une propagation vers les siliques. Pour les parcelles indemnes de maladie, l'apparition de symptômes sur siliques sera fonction des ris-

ques de contaminations extérieures véhiculées par le vent.

Par contre, l'apparition de la maladie à l'automne ou au printemps sur les feuilles de la rosette ou de la base, semble liée à l'état sanitaire de la parcelle lors de l'implantation du colza; état sanitaire conditionné par son passé cultural, comme nous le montre l'observation des parcelles 3 et 4.

L'étude de l'émission aérienne des spores a nécessité la mise en place d'un type de piège à spores utilisé pour la première fois en culture de colza. Un des intérêts de ce modèle est de pouvoir piéger les spores à différentes hauteurs, ce qui nous a permis de constater que les densités de spores retrouvées au niveau du sol, durant les quelques semaines précédant la récolte, sont telles que leur enfouissement, conjointement à celui des résidus de culture, pourrait provoquer la formation d'un inoculum primaire important.

La conservation de ces spores dans le sol et la dégradation des chaumes de colza contaminés seraient susceptibles de jouer un rôle important dans les conditions nécessaires à l'installation de la maladie. Ceci n'excluant pas la sensibilisation de la plante à *A. brassicæ* par certaines pratiques culturales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement le CETIOM pour sa participation à cette étude.

RÉFÉRENCES

- Billotte JM (1963) Une méthode d'induction de la sporulation de *Alternaria brassicæ* (Berk) Sacc du colza en culture pure. *CR Séances Acad Agric Fr* 49, 1056-1061
- Joly P (1964) *Le genre Alternaria*. *Encyclopédie Mycologique* XXXIII, P Chevalier, Paris, 248 p
- Louvet J (1958) La maladie des taches noires du colza: *Alternaria brassicæ* (Berk) Sacc, *CR Séances Acad Agric Fr* 44, 694-701
- Louvet J, Billotte JM (1964) Influence des facteurs climatiques sur les infections du colza par *Alternaria brassicæ* et conséquences pour la lutte. *Ann Epiphyt (Paris)* 15, 329-343
- Sharma AK, Gupta JS, Dixit RB (1983) Aeromycology of *Alternaria brassicæ* (Berk) Sacc and *A. brassicicola* (Shew) Wiltshire. *Geobios (Jodhpur)* 10, 272-273