

ACTION DES CHAMPIGNONS ENTOMOPHYTES
SUR LA PYRALE DU MAÏS
(*PYRAUSTA NUBILALIS* HÜN)

Par C. TOUMANOFF

Malgré d'assez nombreux travaux traitant de l'action des champignons entomophytes, un certain nombre de questions relatives à l'infection et à la propagation des maladies mycosiques des insectes ne sont pas encore complètement élucidées. Les faits concernant le rôle qu'exercent différents facteurs sur l'infection doivent être étudiés séparément pour chaque insecte nuisible intéressant l'agriculture car, nous semble-t-il, l'action pathogène des champignons est différente dans chaque cas.

A ma connaissance, il n'existe que peu de travaux ayant trait à l'action des champignons entomophytes sur *Pyrausta nubilalis* et c'est pour cela que j'ai dû, avant d'envisager l'application pratique de divers champignons dans la lutte contre la pyrale, débiter par des expériences de laboratoire qui pourront plus tard faciliter ma tâche au point de vue pratique. Je ne puis donc actuellement tirer aucune conclusion définitive d'ordre pratique concernant l'emploi des champignons dans la lutte contre *Pyrausta nubilalis* dans la nature ; je me bornerai seulement à exposer les résultats des expériences faites dans les conditions du laboratoire.

La bibliographie concernant les champignons entomophytes et leur application en agriculture est considérable ; il existe un grand nombre de travaux ayant rapport à l'action qu'exercent les entomophytes sur les insectes. Je ne puis donner ici de détails sur les faits acquis dans ce domaine et je renvoie ceux que la question intéresse aux exposés d'ensemble sur ces questions, tout particulièrement au travail de Picard, publié en 1914 dans les *Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier*.

Je note seulement que des travaux récents, notamment ceux de Voukassovitch et Mme Arnaud, démontrent que l'infection des larves d'insectes par les champignons entomophytes se réalise assez facilement lorsque les conditions du milieu sont favorables et qu'alors il suffit du simple contact des spores du champignon avec le corps de l'insecte.

MATÉRIEL

Je me suis servi, pour mon travail, de chenilles de *Pyrausta* capturées aux environs de Paris dans des tiges d'armoise.

J'ai fait mes expériences avec les champignons suivants :

1. *Aspergillus flavus* Link.
2. *Beauveria bassiana* (Bals).
3. *Beauveria globulifera* (Speg.).
4. *Spicaria farinosa* (Dicks.).

Les souches de ces champignons étaient d'origines différentes.

Aspergillus flavus, par exemple, était représenté par trois souches :

Souche A, isolée des vers à soie et reçue de l'Institut de Sériciculture de Tokio ;

Souche B, provenant de Hollande, du Bureau Central de Mycologie de Baarn ;

Souche C, isolée par moi de larves d'abeilles mortes d'aspergillose et momifiées.

Beauveria bassiana était aussi représenté par trois souches : l'une provenait du Japon, une autre de Hollande et la troisième de la collection de l'Institut Pasteur.

La souche unique de *Beauveria globulifera* provenait de Hollande.

Enfin, *Spicaria (Isaria) farinosa* était aussi représenté par deux souches : l'une isolée des vers à soie, au Japon, et l'autre, reçue de Hollande, représentait la forme conidienne de *Cordyceps militaris*.

Mes expériences avaient pour but d'établir : 1, le mode d'infection de *Pyrausta* par les champignons en question ; 2, l'action pathogène exercée sur l'insecte par ces champignons ; 3, l'influence de la température et de l'état hygrométrique sur l'infection et la transmission de la maladie d'un insecte à l'autre ; 4, l'action des facteurs pouvant empêcher l'application des champignons dans la nature ; enfin, 5, j'ai voulu faire l'étude comparative de la virulence des différentes souches d'un même champignon pour l'insecte.

1. Mode d'infection de la pyrale par le champignon

Le mode d'infection des insectes par les champignons entomophytes peut être différent selon les insectes envisagés.

Les *insectes suceurs* : mouches, abeilles, s'infectent, comme on le sait, par la voie buccale, les spores du champignon pénétrant dans l'estomac ou l'intestin où elles germent en provoquant soit une intoxication, soit une infection généralisée. Ce mode d'infection a été constaté pour la première fois par Roubaud sur des mou-

ches infectées expérimentalement par *Empusa* (*Stomoxys calcitrans*, *Musca domestica*). Il a été constaté aussi pour les abeilles par Vincens, Turesson et par moi-même.

Dans la majorité des cas, lorsque les spores du champignon pénètrent par la voie buccale, l'infection proprement dite n'a pas toujours lieu et c'est l'intoxication qui provoque la mort de l'insecte ; par exemple, il est rare de rencontrer une infection généralisée chez des abeilles infectées par la voie buccale.

Les larves de lépidoptères, au contraire, peuvent s'infecter, comme on l'admet généralement aujourd'hui, non seulement par la voie buccale, mais encore par la voie tégumentaire ; le premier mode d'infection n'a même été signalé qu'assez rarement. En ce qui concerne *Pyrausta*, il a été étudié par moi pour trois champignons : *Aspergillus flavus* (souche A) ; *Isaria farinosa* (souche du Japon) et *Beauveria bassiana*. Pour produire l'infection, je plaçais les spores du champignon sur les téguments de l'insecte, ou je mettais les insectes dans des bocaux contenant des fragments d'armoïse souillés par une émulsion de spores dans l'eau physiologique.

Mes expériences m'avaient permis de constater que l'infection des chenilles de *Pyrausta*, comme celle des chenilles d'autres lépidoptères, s'effectue, au 4^e stade, à travers les téguments ; le champignon envoie des hyphes dans le corps de l'insecte, ce qui donne lieu, au bout d'un certain temps, à une infection généralisée.

Les coupes n'ont pas permis, jusqu'à présent, de constater l'infection par la voie buccale. La pénétration des champignons peut se produire dans les diverses parties du corps de l'insecte, depuis le premier segment jusqu'au dernier. Sur le corps des chenilles infectées, on observe des taches brunes ou noirâtres qui correspondent aux lieux de pénétration du champignon. La résistance des insectes semble être très faible et l'action pathogène des champignons se manifeste par la désintégration des tissus qu'ils trouvent sur leur parcours. Tous les tissus sont susceptibles d'être envahis par les champignons : cuticule, corps gras, système nerveux, muscles, et en dernier lieu intestin. J'ai pu constater que les chenilles aux trois quarts envahies par les champignons conservent parfois la capacité de mouvoir la partie du corps restée intacte, probablement parce que le système nerveux de cette partie n'est pas touché.

La survivance, parfois assez longue, des insectes infectés par les champignons, peut être expliquée, à notre avis, non par le fait de leur résistance, mais par celui de la croissance et de la progression généralement assez lente du champignon dans le corps de l'insecte. Il faut noter, d'autre part, que les insectes meurent parfois avant que l'infection se soit généralisée, quelquefois en se desséchant.

Au point de vue du mode d'infection, les chenilles de la pyrale se comportent exactement comme les chenilles des autres lépidoptères. Quoique l'infection des chenilles se trouvant à leur dernier stade s'effectue à travers les téguments, il me semble qu'il est possible de dire, *a priori*, que les chenilles jeunes, se nourrissant de feuilles, peuvent s'infecter par la voie buccale.

2. Action de la température sur l'infection de la pyrale du maïs par les champignons

Ces expériences ont été faites entre 8 et 30° C.

Une température supérieure à 30°, c'est-à-dire de 33 à 37°, se montre très souvent nuisible aux chenilles et les fait mourir parfois assez vite, même si elles ne sont pas infectées et que l'état hygrométrique soit assez élevé.

Ces expériences ont été faites, pour les 3 lots de chenilles infectées, à des températures variant entre 8 et 12° dans la glacière, entre 17 et 21° au laboratoire, et entre 27 et 30° à l'étuve.

Les chenilles en expérience étaient placées dans des bocaux ou des cristallisoirs. Les spores du champignon étaient étalées sur les téguments des insectes.

1. Expériences avec *Beauveria bassiana*

Le tableau ci-dessous résume les résultats des expériences faites avec *Beauveria bassiana* :

Temps en jours	T° 8-12° C. Exp. sur 75 chenilles Nombre des morts	Contrôle non infecté, nombre des morts pour toute la période de 27 jours	T° 17-21° C. Exp. sur 100 chenilles Nombre des morts	Con- trôle	T° 27-30° C. Exp. sur 100 chenilles Nombre des morts	Con- trôle
1- 3....	0		14		8	4
4- 6....	0		28		46	
7- 9....	0		30	3	28	
10-12....	0		18		12	
13-15....	19	14	10		6	
16-18....	5					
19-21....	34					
22-24....	16					
	<hr/> 74 sur 75		<hr/> 100		<hr/> 100	

Comme on le voit d'après ce tableau, le taux de la mortalité le plus élevé, à des températures de 17-21° C. et de 27-30° (avec le maximum pour la première), correspond à 7-9 jours dans le premier cas et dans le second à 4-6 jours. A une température variant entre 8 et 12°, le nombre des chenilles mortes se trouvait à son maximum entre 18 et 21 jours. A cette température, la maladie progresse donc très lentement. Sous la rubrique *contrôle*, on voit le nombre des chenilles normales qui moururent aux températures indiquées sur le tableau.

2. Expériences avec *Beauveria globulifera*

Les expériences n'ont pu être faites jusqu'à présent que dans les limites de 18-30° C.

Dans deux lots de chenilles soumises à l'infection à la température de 18-22° et 27-30°, la marche de l'infection suivit le cours indiqué sur le tableau suivant :

Temps en jours	T° 18-22° Expériences sur 50 chenilles Nombre des morts	Contrôle	T° 27-30° Expériences sur 50 chenilles Nombre des morts	Contrôle
1- 3.....				
4- 6.....	15		10	8
7- 9.....	12	2	13	
10-12.....	16		19	
13-15.....	3		6	
16-17.....	4		2	
	50		50	

3. Expériences avec *Aspergillus flavus* faites entre 8 et 30° C.

Il ressort de ces expériences, faites entre 8 et 30° C., que l'infection se réalise mieux aux températures comprises entre 18 et 30°, et qu'elle se fait plus lentement à la température de 8 à 12°.

Temps en jours	T° 8-12° C Exp. sur 100 chenilles. Nombre des chenilles mortes	Con- trôle	T° 18-22° C Exp. sur 120 chenilles. Nombre des chenilles mortes	Con- trôle	T° 27-30° C. Exp. sur 110 chenilles. Nombre des chenilles mortes	Con- trôle
1- 3....	0		18		10	
4- 6....	0		31		50	
7- 9....	0		33		31	12
10-12....	0	15	24	12	13	
13-15....	27		14		6	
16-18....	6					
19-21....	47					
22-24....	20					
	100		120		110	

Jusqu'à présent, les expériences sur l'action de la température, dans de larges limites, n'ont été faites qu'en ce qui concerne surtout les trois champignons dont nous avons parlé plus haut. Je dois cependant indiquer que les expériences faites avec *Spicaria farinosa* ont démontré que l'infection de la Pyrale par ce champignon se fait également très bien à des températures comprises entre 17 et 21° C, le taux maxima de la mortalité se plaçant dans ces conditions entre 12 et 15 jours. L'infection et la mort se produisent ainsi plus lentement avec cette espèce.

3. Action de l'état hygrométrique

L'action de l'état hygrométrique, dans le cas d'infection des insectes par *Aspergillus flavus*, *Beauveria globulifera* et *B. bassiana*, a été mesurée à l'aide d'un psychomètre. Cette action, bien qu'étudiée dans un grand nombre de nos expériences, ne nous a pas donné de résultats définitifs. Elle nous a seulement montré que, dans le cas où l'état hygrométrique varia entre 46 et 70 p. 100, son action fut imperceptible ; les chenilles moururent tout aussi bien lorsque l'état hygrométrique était à 46 que lorsqu'il atteignit 70 p. 100.

Je me suis aperçu aussi qu'en atmosphère saturée, l'infection des chenilles n'accélère pas, dans ces conditions, la mort des insectes.

Expériences avec Beauveria globulifera T^o 17-21^o

A. — Atmosphère saturée de vapeur d'eau.

Cinq chenilles sont mises en contact avec les spores du champignon, le 28 mars 1929 et placées dans l'atmosphère saturée. Le 2 avril, trois sont très malades et meurent le jour suivant. Le 4 et le 5 avril, toutes sont mortes.

Les cinq chenilles en expérience moururent donc entre 6 et 8 jours après le commencement de l'expérience.

B. — Etat hygrométrique moyen, 48 p. 100.

Cinq chenilles sont soumises à l'infection à l'état hygrométrique moyen de 48 p. 100. Trois chenilles meurent le 12^e jour après le commencement de l'expérience, les 2 autres le 14^e jour.

Comme on en peut juger par ces deux expériences citées comme exemple et répétées plusieurs fois, les chenilles mouraient un peu plus vite dans l'atmosphère chargée d'eau que celles qui étaient soumises à l'infection, dans une pièce dont l'état hygrométrique moyen était de 48 0/0.

L'état hygrométrique joue probablement un rôle dans la progression de la maladie, mais il n'exerce qu'une influence assez faible sur l'infection.

Les expériences avec les autres champignons ont donné des résultats à peu près identiques.

Il me semble donc que, dans les limites variant entre 46 et 70 0/0, l'état hygrométrique n'exerce aucune action sur l'infection de *Pyrausta* par les champignons entomophytes. Cela est probablement dû au fait que les téguments de *Pyrausta*, grâce à la transpiration de l'insecte, sont assez humides pour que la germination des spores puisse se produire sur son corps. Il n'est donc pas nécessaire, pour provoquer l'infection, d'une humidité extérieure. Nous ne pouvons pas nous prononcer sur l'action de l'état hygrométrique inférieur à 46 0/0 ; il est possible qu'il influe sur l'infection d'une façon défavorable, mais, en ce qui concerne l'état hygrométrique compris entre 70 et 100 0/0, je crois qu'il ne doit pas exercer une action accélérante, car, ainsi que je viens de le dire, l'accélération de l'infection et de la mortalité sont très faibles dans les expériences faites en atmosphère saturée, par rapport à celles faites à un état hygrométrique ne dépassant pas 48 0/0.

Je dois noter, cependant, que l'état hygrométrique doit, au contraire, jouer un rôle très important, considérable même, dans la transmission de la maladie dans la nature. La formation des appareils de fructification à la surface du corps de l'insecte après sa mort est en rapport étroit avec l'état hygrométrique de l'air.

Tandis que le corps des chenilles infectées lorsque l'état hygrométrique est entre 50 et 70 p. 100 ne se couvre de mycélium que rarement, tardivement et incomplètement, celui des chenilles infectées en atmosphère saturée et laissées dans les mêmes conditions après la mort se couvre très vite de mycélium et les appareils de fructification sortent de la surface de la chenille en un temps relativement court (fig. 1).

Voici, à titre d'exemple, quelques expériences sur ce sujet :

A. Beauveria globulifera. — a) Cinq insectes morts d'infection par *Beauveria globulifera* sont placés dans un bocal dans une atmosphère chargée d'eau, le 22 novembre 1929. Cinq jours après, tous sont couverts de mycelium portant des appareils de fructification.

b) Le même nombre d'insectes, laissés 10 jours dans une chambre dont l'état hygrométrique variait entre 50-70°, n'a montré qu'une seule chenille légèrement couverte de mycelium.

B. Aspergillus flavus. — a) Cinq chenilles mourantes, infectées par *Aspergillus flavus*, sont laissées dans une atmosphère chargée de vapeur d'eau pendant 5 jours. Toutes se couvrent de mycelium avec des appareils de fructification.

b) Sur un même nombre d'insectes laissés à l'état hygrométrique de 50-70 p. 100 dans une chambre, deux seulement se couvrent incomplètement du mycelium (fig. 2).

Les expériences avec *Beauveria bassiana* ont donné des résultats tout à fait identiques. A la surface du corps des chenilles infectées par des champignons et laissées dans une atmosphère chargée de vapeur d'eau, le mycelium apparaît généralement déjà au bout de quelques heures, enveloppant le corps tout entier en quelques jours (fig. 3).

Si donc l'infection des chenilles de *Pyrausta* par les champignons peut s'effectuer assez facilement, dans des limites assez larges d'état hygrométrique, la persistance de la maladie et sa transmission dans la nature nécessitent un état hygrométrique très élevé.

4. Action du refroidissement des chenilles de *Pyrausta* sur l'infection par des champignons

J'ai fait aussi un certain nombre d'expériences, avec *Beauveria globulifera* et *B. bassiana*, pour savoir si le refroidissement des chenilles pouvait exercer une influence sur la vitesse d'infection.

Pour cela, les spores provenant de cultures âgées de 17 jours étaient étalés sur les téguments des chenilles, qui furent alors portées dans une glacière, pendant une période de 24 heures à 6 jours. Les insectes maintenus au froid ont été portés ensuite dans une étuve à 30°.

Voici, à titre d'exemple, deux expériences sur ce sujet :

1. Refroidissement pendant 24 heures

Dix chenilles avec des spores de *Beauveria* étalées sur les téguments sont placées dans une glacière (-3 à -5° C.). Vingt-quatre heures après elles sont portées dans une étuve à 30° C.

L'infection et la mortalité se produisaient de la façon indiquée ci-dessous :

A. Expérience avec *Beauveria globulifera*.

TEMPS DU SÉJOUR A L'ÉTUVE	INSECTES INFECTÉS		CONTRÔLE	
	Morts	Vivants	Morts	Vivants
24 h.....	0	10	0	10
2 jours.....	0	—	0	—
3 —	0	—	0	—
4 —	2	8	0	—
5 —	4	4	0	—
6 —	0	—	0	—
7 —	0	—	0	—
8 —	4	0	0	—
	10	0	0	10

B. Expérience avec *Beauveria bassiana*.

Cette expérience a été faite dans les mêmes conditions que pour *B. globulifera*.

TEMPS DU SÉJOUR A L'ÉTUVE	INSECTES INFECTÉS		CONTRÔLE	
	Morts	Vivants	Morts	Vivants
24 h.....	0	10	0	10
2 jours.....	0	—	0	—
3 —	0	—	0	—
4 —	2	8	0	—
5 —	2	6	0	—
6 —	0	—	2	8
12 —	5	1	0	—
	9	1	2	8

2. Refroidissement pendant 6 jours

A. Expérience avec *Beauveria globulifera*.

Même culture et mêmes conditions que dans les expériences précédentes, les chenilles restent pendant 6 jours dans la glacière avant d'être portées à l'étuve.

TEMPS DE SÉJOUR A L'ÉTUVE	INSECTES INECTÉS		CONTRÔLE	
	Morts	Vivants	Morts	Vivants
24 h.....	0	10	0	10
2 jours.....	0	—	0	—
3 —	1	9	0	—
4 —	0	—	0	—
5 —	3	6	2	8
6 —	4	2	0	—
7 —	2	0	0	—
	10	0	2	8

B. Expérience avec *Beauveria bassiana*.

Mêmes conditions que dans l'expérience A.

TEMPS DU SÉJOUR A L'ÉTUVE	INSECTES INECTÉS		CONTRÔLE	
	Morts	Vivants	Morts	Vivants
24 h.....	0	10	0	10
2 jours.....	0	10	0	—
3 —	2	8	1	9
4 —	1	7	0	—
7 —	4	3	0	—
9 —	1	2	2	7
10 —	1	1	0	—
12 —	1	0	0	—
	10	0	3	7

Les expériences précitées démontrent que le refroidissement des insectes infectés par *Beauveria globulifera* accélère faiblement leur

mort. Tandis que les chenilles normales, placées aussitôt après l'infection dans l'étuve à 30°, comme cela ressort des expériences au sujet de l'action de la température, mouraient de l'infection entre 9-12 jours, celles soumises au refroidissement préalable, soit pendant 6 jours, soit pendant 24 heures, meurent toutes entre 5-7 jours.

Cette accélération ne s'observe d'ailleurs pas toujours avec *B. globulifera* et ne se produit pas avec *Beauveria bassiana*, ou au contraire le refroidissement très prolongé (6 jours) ne donne aucun effet sur l'infection postérieure et celui 24 heures retarde un peu l'infection.

Il me semble donc que le refroidissement des insectes ne peut être considéré comme un facteur diminuant la résistance contre l'infection par les champignons employés dans les essais.

5. Virulence des diverses souches pour *Pyrausta nubilalis*

L'origine des souches a été indiquée plus haut.

Les expériences avec *Aspergillus flavus* Link., ont démontré que les différentes souches de ce champignon possèdent une virulence inégale pour l'insecte.

Des trois souches, la souche A était la plus pathogène, la souche B était aussi assez pathogène et la souche C était très peu virulente. Il est possible que cette dernière souche, isolée de larves d'abeilles mortes d'aspergillose, soit, dans son parasitisme, liée au mode spécial de la vie des abeilles et de leurs larves et surtout au fait de leur nutrition par des matières sucrées.

En ce qui concerne les autres champignons provenant de souches diverses : *Beauveria bassiana*, *Spicaria farinosa*, ceux-ci montraient une forte et égale virulence pour la Pyrale.

Je me propose ultérieurement d'envisager d'une façon détaillée la différence de virulence des diverses souches pour *Pyrausta nubilalis* Hübn.

6. Age des cultures et virulence des champignons

Les essais d'infection ont permis de constater que l'âge des cultures n'exerce presque aucune influence sur la pathogénicité des champignons.

Les conidies d'*Aspergillus flavus* de la souche A., d'une culture d'un an, infectent les insectes tout aussi bien que celles provenant de cultures jeunes âgées de 15-30 jours. Il en est de même pour

les conidies des cultures de 6 mois de *Spicaria farinosa* et *Beauveria bassiana*. Il en est probablement ainsi pour d'autres champignons.

Voici, à titre d'exemple, les expériences avec *Aspergillus flavus*.

Expérience A. — Le 8/10/27, cinq chenilles sont mises en contact, à 30° C., avec les conidies d'une culture d'*Aspergillus flavus* Link, âgé d'un an.

Six jours après, trois sont mortes. Le 7^e jour, encore une meurt. La dernière mourut le 9^e jour.

Le contrôle reste vivant.

Expérience B. — Cinq chenilles sont infectées par le contact avec les conidies d'*Aspergillus flavus* Link, provenant d'une culture de 20 jours, le 8/10/27.

Toutes sont mortes 8 jours après. Le contrôle reste vivant.

Les expériences avec *Spicaria farinosa* et *Beauveria bassiana* (cultures de 6 mois et cultures jeunes), donnèrent les mêmes résultats.

7. — Action du soleil sur les spores de certains champignons pathogènes pour *Pyrausta nubilalis*.

Parmi les facteurs pouvant exercer une influence défavorable pour l'application des champignons dans la nature contre *Pyrausta nubilalis*, une importance primordiale peut être attribuée au soleil. Cela m'avait incité à faire quelques expériences au sujet de l'action du soleil sur les spores des champignons entomophytes.

Ces expériences furent malheureusement commencées à l'époque où il était déjà difficile de se procurer un nombre suffisant de chenilles et n'ont encore porté que sur un assez petit nombre d'animaux.

J'ai pu faire 12 expériences sur 72 chenilles, dont 6 furent faites avec les spores de *Beauveria globulifera* et 6 avec les spores de *Beauveria bassiana*.

Ces expériences consistaient à soumettre les spores des champignons, pendant un temps variable, à l'action directe du soleil et à infecter des chenilles par les spores ainsi traitées. Pour cela, les spores des champignons étaient étalées en couche assez mince sur des verres de montre et exposés à l'action du soleil, après quoi l'infection était réalisée par l'étalement des spores sur les téguments.

Les essais ne furent jusqu'à présent faits qu'avec les spores

exposées directement à l'action du soleil ; plus tard, je ferai aussi des expériences avec les spores soumises à l'action du soleil, mais en suspension dans l'eau.

Les expériences en question sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Expériences avec *Beauveria globulifera*

EXP. N°	TEMPS D'ACTION DU SOLEIL SUR LES SPORES	MOMENT D'APPARITION DE L'INFECTION							NOMBRE TOTAL DES CHENILLES PAR EXPÉRIENCE	NOMBRE DES CHENILLES INFECTÉES
		24 h. après l'étalement des spores sur les té- guments des insectes	48 heures	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours		
1	20 minutes	0	0	0	+	+	-	-	6	6
2	30 »	0	0	0	+	0	+	-	6	6
3	1 heure	0	0	0	0	+	-	-	6	6
4	1 1/2	0	0	0	0	+0	-	-	6	4
5	2 »	0	0	0	0	0	0	0	6	0
6	3 »	0	0	0	0	0	0	0	6	0

Expériences avec *Beauveria bassiana*

EXP. N°	TEMPS D'ACTION DU SOLEIL SUR LES SPORES	MOMENT D'APPARITION DE L'INFECTION							NOMBRE TOTAL DES CHENILLES PAR EXPÉRIENCE	NOMBRE DES CHENILLES INFECTÉES
		24 h. après l'étalement des spores sur les té- guments des insectes	48 heures	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours		
1	20 minutes	0	0	+	+	-	-	-	6	6
2	30 »	0	0	0	+	0	+	-	6	6
3	1 heure	0	0	0	0	+	+	-	6	6
4	1 1/2	0	0	0	0	+	+	-	6	6
5	2 »	0	0	0	0	+0	+	-	6	2
6	3 »	0	0	0	0	0	0	0	6	0

+..... infection constante.

+0..... infection inconstante.

0..... pas d'infection.

Comme il ressort de ce tableau, l'infection par les spores de *Beauveria bassiana* et *B. globulifera* exposées aux rayons du soleil pendant 20 minutes, 30 minutes et 1 heure, s'est produite constamment, tandis qu'avec les spores exposées au soleil pendant 2 et 3 heures, l'infection ne s'est pas produite du tout. Enfin, les spores

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE V

FIG. 1. — Chenilles de *Pyrausta nubilalis* mortes d'infection par *Beauveria globulifera* ; A. 5 jours après séjour dans l'atmosphère saturée de vapeur d'eau ; B. 10 jours après séjour dans une chambre dont l'état hygrométrique variait entre 50-70 0/0.

FIG. 2. — Chenilles de *Pyrausta nubilalis* mortes d'infection par *Aspergillus flavus* ; a et c, laissées après leur mort pendant 10 jours dans une chambre à état hygrométrique variant de 50-70 p. 100 ; b, chenille laissée pendant cinq jours dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau.

FIG. 3. — Chenilles mortes d'infection par *Beauveria bassiana* ; a, chenille maintenue pendant 8 heures dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau ; b, chenille laissée à l'air libre pendant 14 jours. Etat hyg. moyen : 50-60 p. 100.

FIG. 4. — Coupe transversale d'une chenille de *Pyrausta nubilalis* infectée par *Isaria (Spicaria) farinosa* (6 jours après l'infection) ; z, zone d'infection ; l, limite de la zone d'infection ; m, muscles ; s n, système nerveux ; i, intestin intact, non atteint par le champignon ($\times 75$).

PLANCHE VI

FIG. 5. — Partie de la coupe transversale d'une chenille de *Pyrausta nubilalis* infectée par *Aspergillus flavus*, au début de l'infection (chenille encore vivante au 4^e jour après l'infection) ; i, intestin intact ; c, i, corps adipeux non infecté ; c, d, corps adipeux infecté et disloqué par champignon ; h, hyphes du champignon dans la cavité générale de l'insecte ($\times 120$).

FIG. 6. — Coupe transversale d'une chenille de *Pyrausta nubilalis* à un stade très avancé d'infection par *Aspergillus flavus* Link., tout le corps étant envahi par le champignon (chenille mourante au 8^e jour de l'infection) ; i, intestin ; p i d, partie de l'intestin disloquée par le champignon ($\times 120$).

PLANCHE VII

FIG. 7. — Tégument d'une chenille de *Pyrausta nubilalis* attaquée par *Aspergillus flavus* Link. Coupe montrant : c e, couche externe et c i, couche interne de la cuticule ; t, tache noire, indiquant le lieu de pénétration du champignon ; h, hyphes dans le tégument de la chenille ($\times 800$).

FIG. 8. — Portion du tégument de *Pyrausta nubilalis*, infectée par *Isaria (Spicaria) farinosa*, montrant la pénétration des hyphes à travers le tégument dans la cavité générale de l'insecte : c e, couche externe de la cuticule ; c i, couche interne de la cuticule ; h, hyphes du champignon ($\times 800$).

FIG. 2

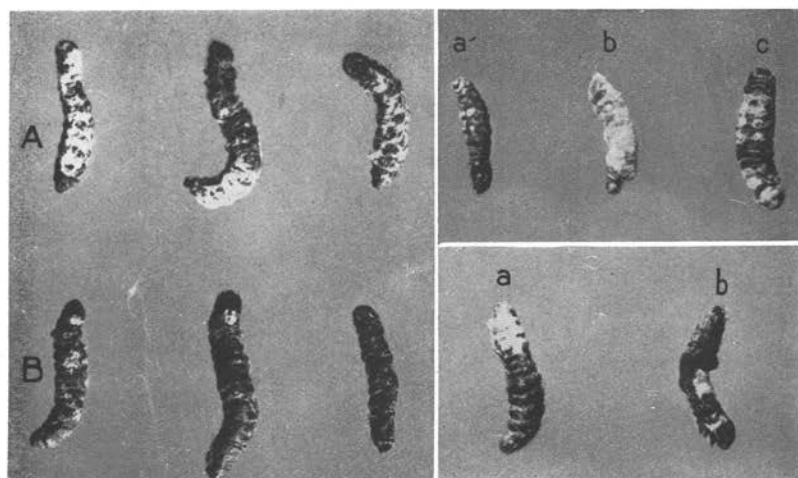


FIG. 1

FIG. 3

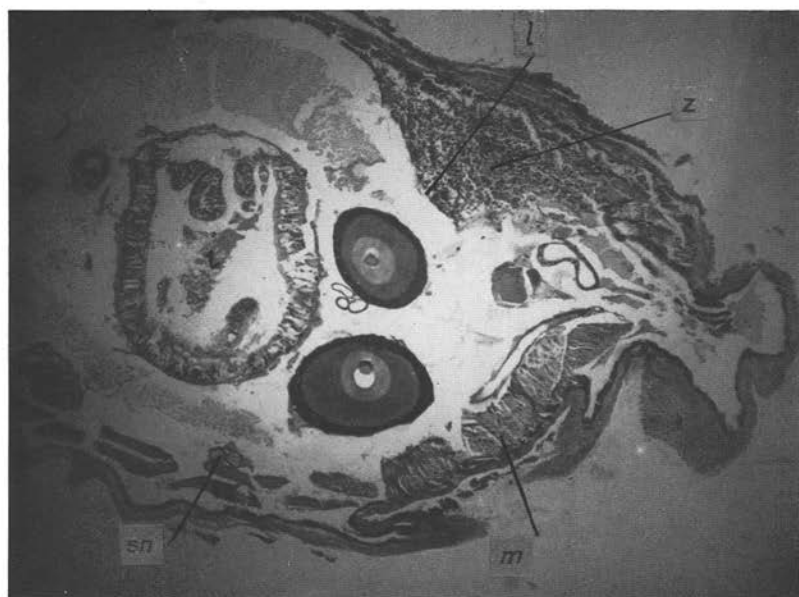


FIG. 4

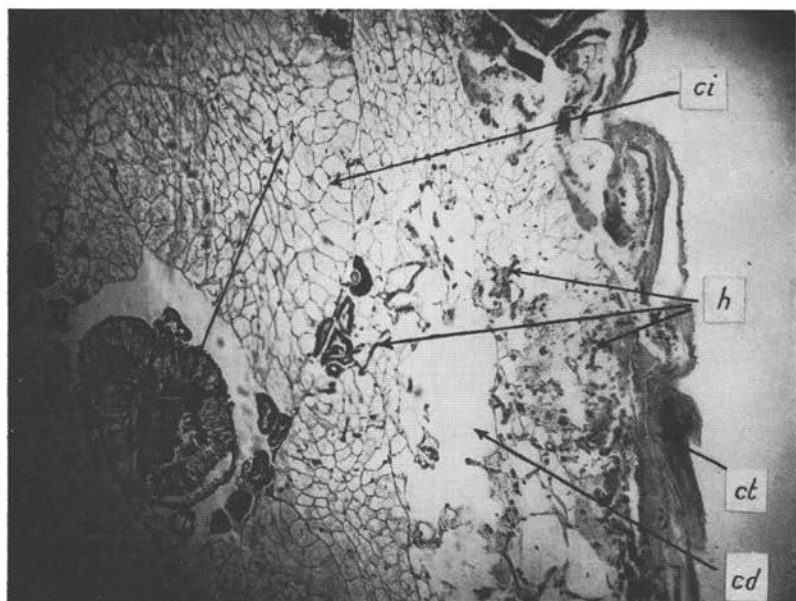


FIG. 5

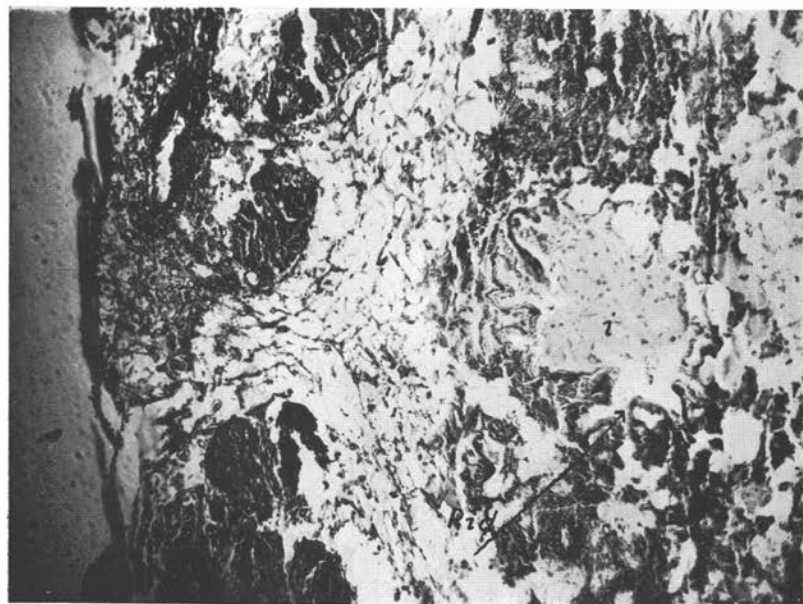


FIG. 6

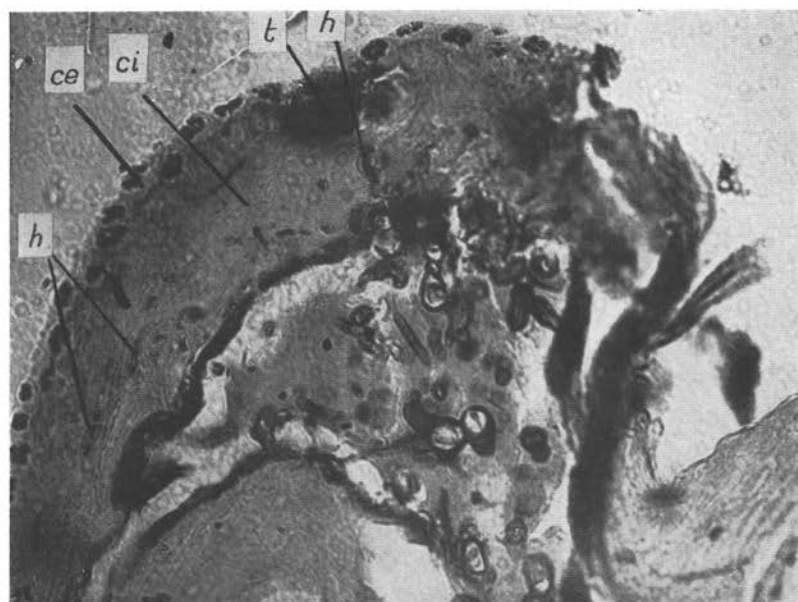


FIG. 7

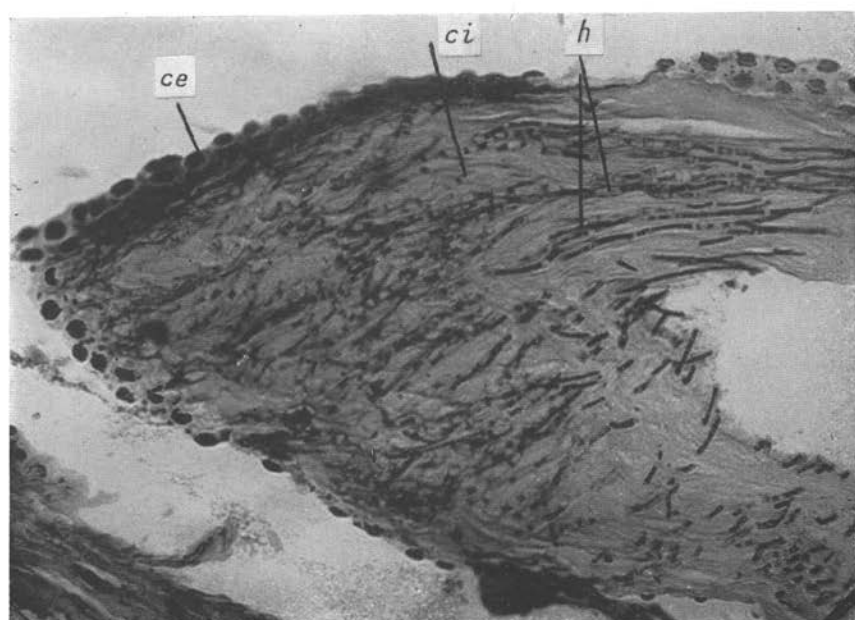


FIG. 8

exposées au soleil pendant une heure et demi amenaient d'une façon inconstante l'infection des chenilles.

Avec *Beauveria bassiana*, l'infection par les spores exposées au soleil de 20 minutes à 1 h. 1/2 était constante, elle était inconstante après un traitement des spores pendant 2 heures et ne se produisait pas du tout avec les spores exposés au soleil pendant 3 heures de suite.

De ces expériences, qui ne sont que préliminaires, on peut conclure que les spores des deux champignons précités résistent à l'action du soleil : celles du premier pendant une heure et demie, et celles du second pendant parfois deux heures.

Il est probable que la résistance des spores est plus grande lorsqu'elles se trouvent en suspension dans l'eau ou sur un substratum humide quelconque. J'espère élucider cette question dans l'avenir.

RÉSUMÉ

1. L'infection de *Pyrausta nubilalis* par les champignons entomophytes se réalise très facilement par un simple contact des spores du champignon avec le corps de l'insecte.

2. L'infection, en ce qui concerne *Aspergillus flavus*, *Beauveria bassiana* et *Isaria farinosa*, se réalise, comme cela a lieu chez un grand nombre d'autres lépidoptères, par la voie tégumentaire.

3. L'état hygrométrique, entre 46 et 70 p. 100, n'agit qu'assez faiblement sur l'infection de *Pyrausta*. Dans l'atmosphère saturée de vapeur d'eau, l'infection se réalise un peu plus vite qu'aux degrés hygrométriques compris entre 46 et 70 p. 100. Par contre, l'état hygrométrique joue un rôle important dans l'apparition sur la surface du corps des chenilles du mycélium et des appareils de fructification et, par suite, doit avoir de l'importance dans la transmission de la maladie.

4. La température n'exerce presque aucune influence sur l'infection des insectes par les champignons entomophytes, dans les limites comprises entre 17 et 30°. Elle agit d'une façon légèrement inhibitrice entre 8 et 12°. (*B. bassiana* et *A. flavus*).

5. Le refroidissement brusque et prolongé des insectes n'agit pas sur l'infection d'une façon favorable.

6. Les conidies des champignons, dans les cultures, conservent leur pouvoir pathogène pendant un temps très long.