HAL
open science

Influence de la temperature et de l'humidite sur le comportement dans le sol de trois especes ou varietes de Fusarium responsables de la pourriture seche des tubercules de pomme de terre

Bernard B. Tivoli, Roselyne Corbière, B. Jouan

To cite this version:

Bernard B. Tivoli, Roselyne Corbière, B. Jouan. Influence de la temperature et de l'humidite sur le comportement dans le sol de trois especes ou varietes de Fusarium responsables de la pourriture seche des tubercules de pomme de terre. Agronomie, 1983, 3 (10), pp.1001-1009. hal-02718184

HAL Id: hal-02718184

https://hal.inrae.fr/hal-02718184v1

Submitted on 1 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Agronomie, 1983, **3** (10), 1001-1009.

Influence de la température et de l'humidité sur le comportement dans le sol de 3 espèces ou variétés de *Fusarium* responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre

Bernard TIVOLI, Roselyne CORBIÈRE & Bernard JOUAN

I.N.R.A.-Station de Pathologie végétale, Centre de recherches de Rennes, F 35650 Le Rheu

RÉSUMÉ

En France, 3 espèces ou variétés de *Fusarium* sont principalement responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre en conservation : *F. solani* var. *coeruleum* (Sacc) Booth, *F. roseum* var. *sambucinum* (Fuck) Sn. et H., et *F. roseum* var. *arthrosporioides* (Sherb.) Messiaen et Cassini. Ces parasites peuvent être hébergés dans le sol qui constitue alors le support de l'inoculum primaire véhiculé, après la récolte, par les tubercules. Leur comportement dans le sol est étudié, pendant 4 mois, sous l'influence de 2 facteurs abiotiques ; température et humidité, en introduisant l'inoculum dans la terre par l'intermédiaire de membranes filtrantes. Cette méthode permet à la fois de suivre l'évolution des *Fusarium* grâce à des observations microscopiques et d'estimer la capacité infectieuse de l'inoculum par inoculation de propagules fixées aux membranes filtrantes à des tubercules.

Les 3 *Fusarium* subissent une lyse de leurs conidies et de leurs filaments germinatifs qui s'accroît au cours du temps. Alors que *F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *sambucinum* sont susceptibles de former, lorsque la lyse est importante, un grand nombre de spores de conservation qui leur permettent de persister longtemps dans le sol et de maintenir une capacité infectieuse à un niveau élevé, *F. roseum* var. *arthrosporioides* se conserve mal et perd sa capacité infectieuse. A faibles température et humidité, les 3 *Fusarium* se conservent généralement sous forme de conidies et de filaments mycéliens, alors qu'à température et humidité plus élevées, *F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *sambucinum* persistent sous forme de spores de conservation. Cependant, à 30 °C, les *Fusarium* disparaissent, la lyse étant très importante et la formation de spores de conservation inhibée.

Mots clés additionnels : *Lyse, chlamydospore, capacité infectieuse.*

SUMMARY

Action of temperature and humidity on the behaviour in soil of 3 Fusarium *species or varieties causing dry-rot in potato tubers.*

In France, 3 species or varieties of *Fusarium* are principally responsible for the rotting of potato tubers in storage : *F. solani* var. *coeruleum, F. roseum* var. *sambucinum* and *F. roseum* var. *arthrosporioides.* These fungi are present in soil around tubers and may be carried into the storage chambers. Their behaviour in the soil under the influence of 2 abiotic factors (temperature, humidity) was studied during a 4-month period by using membrane filters to introduce inoculum into the soil. By a combination of microscopic observation and inoculation of the tubers with propagules of the parasite, it was possible to follow the development of *Fusarium* and to estimate the pathogenicity of the inoculum.

Lysis of conidia and hyphal filaments increased with time. *F. solani* var. *coeruleum* and *F. roseum* var. *sambucinum,* not *F. roseum* var. *arthrosporioides,* were able to form a large number of resting spores, permitting them to persist in soil for a long time and thus maintain their pathogenicity at a high level. At lower temperature and humidity, the 3 taxa generally continued to form conidia and mycelial filaments, whereas at higher temperature and humidity, *F. solani* var. *coeruleum* and *F. roseum* var. *sambucinum* persisted by forming resting spores. At 30 °C, however, the three taxa disappeared because conidia were lysed and because the formation of resting spores was inhibited.

Additional key words : *Lysis, chlamydospore, pathogenicity.*

I. INTRODUCTION

La pourriture sèche des tubercules de pomme de terre, ou fusariose, se manifeste pendant la conservation des tubercules, mais son origine ne se situe pas nécessairement dans les locaux de stockage. Les *Fusarium* sont des parasites telluriques susceptibles de se multiplier lors de leur phase saprophytique et de se conserver dans le sol (MESSIAEN *et al.*, 1965) ; celui-ci, ainsi infesté, constitue le support de l'inoculum primaire véhiculé par les tubercules. La connaissance du comportement des diverses espèces ou variétés de *Fusarium* pendant leur phase tellurique est donc essentielle pour mieux prévoir les risques ultérieurs lors de la conservation du plant.

Les phases saprophytique et de conservation dans le sol des *Fusarium*, agents de pourriture sèche des tubercules de pomme de terre, sont décrites par de nombreux auteurs, sans toutefois établir un lien avec les qualités infectieuses de l'inoculum observé. Les travaux les plus nombreux concernent *F. solani* var. *coeruleum* pour lequel LANSADE (1950) précise le rôle important des chlamydospores dans la conservation du parasite. En 1952, Mc KEE & BOYD montrent que *F. coeruleum* survit plus longtemps que les espèces de *Fusarium* du groupe *avenaceum (F. arthrosporioides, F. tricinctum, F. avenaceum)* ; ces observations sont confirmées plus tard, en 1977, par HARGREAVES & FOX qui décrivent la lyse rapide des macroconidies de *F. avenaceum* dans le sol.

En ce qui concerne *F. roseum* var. *sambucinum*, peu d'observations ont été, à notre connaissance, réalisées sur son comportement tellurique : certaines études effectuées dans le milieu sol (MESSIAEN & CASSINI, 1968) ou en milieu artificiel (BARRAN *et al.*, 1977 ; BARRAN, 1980) relatent la formation de chlamydospores chez ce parasite. Quant à *F. roseum* var. *arthrosporioides*, mis à part le travail de Mc KEE & BOYD (1952), rien n'est signalé dans la littérature. Il semble donc important de connaître le devenir des 3 principales espèces ou variétés de *Fusarium* rencontrées le plus fréquemment en France (TIVOLI & JOUAN, 1981) dans le sol *(F. roseum* var. *sambucinum, F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *arthrosporioides)*, en essayant de suivre leur évolution et de relier ces observations à la capacité infectieuse de l'inoculum observé. Parmi les divers facteurs qui peuvent influencer le parasite et la microflore du sol pendant la culture de la pomme de terre, nous avons choisi d'étudier l'action de 2 facteurs abiotiques : la température et l'humidité.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. Les parasites

Les souches des 3 *Fusarium* utilisées sont isolées de pomme de terre en cours de pourriture ; il s'agit des souches A44 pour *F. solani* var. *coeruleum*, B33 pour *F. roseum* var. *sambucinum* et B56 pour *F. roseum* var. *arthrosporioides*.

La mise en culture des *Fusarium* en boîte de Petri, pendant 3 semaines à 23 °C, sur milieu gélosé à base de flocons d'avoine (milieu favorable à une production importante de spores : 40 g de flocons d'avoine et 20 g de gélose/l d'eau), stimule la formation des conidies. Celles-ci sont ensuite mises en suspension par grattage superficiel des colonies dans l'eau stérile à l'aide d'une tige de verre. La concentration des solutions est ajustée à 10^5 spores/ml.

B. Mise en place des conidies au contact du sol

La méthode utilisée qui permet la mise en contact direct des propagules et du sol, sans apport de substrat nutritif artificiel susceptible de modifier le comportement du parasite, est celle de ADAMS (1967), adaptée par ALABOUVETTE *et al.* (1980). Des membranes filtrantes servent de support inerte aux conidies, enfouies dans le sol contenu dans des boîtes de Petri. On a choisi des membranes en nitrate de cellulose, de marque SARTORIUS, de 50 mm de diamètre et d'une porosité de 0,45 µm, car des essais préliminaires ont montré que cette porosité semble la meilleure pour retenir le plus grand nombre de conidies.

Après dépôt de 5 ml de suspension à 10^5 spores/ml et filtration rapide sous vide (afin d'éliminer l'eau), les conidies sont réparties uniformément sur la membrane.

Chaque boîte de Petri est ensuite remplie, jusqu'à la moitié de sa hauteur, par une terre fine dont la surface est légèrement tassée et bien plane afin d'assurer un bon contact avec la membrane déposée dessus. Celle-ci est recouverte par la même terre, de nouveau légèrement tassée. Cette terre provient de la région de Rennes ; son pH est de 5,8, sa texture limono-argileuse.

C. Observation de l'inoculum déposé sur les membranes filtrantes

Les propagules de *Fusarium* sont observées au microscope optique après un temps de contact avec la terre de 6, 13, 27, 56 et 85 j.

A ces différentes dates, une membrane supportant chacun des *Fusarium* est retirée de la boîte, lavée délicatement et mise à sécher. L'observation de l'inoculum est possible après une coloration d'un secteur de membrane au bleu d'aniline dilué à 5 p. 100 dans du lactophénol d'Aman, pendant 30 mn.

Afin de suivre l'évolution de l'inoculum (phénomène de lyse et formation de chlamydospores), 50 conidies, réparties en 5 champs de microscope, sont observées sur chaque membrane en considérant des critères précis concernant :

— Les conidies elles-mêmes (nombre de cellules par conidie ; pourcentage de cellules vides rapporté au nombre total des cellules de 100 conidies),

— les filaments germinatifs (pourcentage de conidies ayant un ou plusieurs filaments germinatifs ; taille des filaments ; pourcentage de filaments lysés) ; les 2 premiers critères sont pris en compte seulement après 6 j de mise en contact avec le sol ; par la suite, les phénomènes de lyse modifient l'observation de ces caractères,

— les chlamydospores (pourcentage de cellules conidiennes transformées en chlamydospores par rapport au nombre total des cellules de 100 conidies ; nombre de chlamydospores formées dans les cellules des filaments germinatifs pour 100 conidies).

D. Capacité infectieuse de l'inoculum

A chacune des dates d'observation, un autre secteur de membrane est utilisé pour apprécier les qualités infectieuses de l'inoculum.

Des tubercules de cultivar « Bintje » (sensible à la fusariose), conservés dans un local à 2-4 °C, sont désinfectés par un trempage dans l'alcool pendant 30 s, puis blessés, dans leur partie médiane, à l'aide d'un emporte-pièce permettant de réaliser un puits d'un diamètre et d'une profondeur de 5 mm. Au fond de chacun, une pastille de membrane, de 5 mm de diamètre, est déposée (TIVOLI & JOUAN, 1981).

Chaque secteur de membrane permet d'inoculer 10 tubercules qui sont portés à incubation à des températures optimales pour le développement des pourritures : 15 °C pour *F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *sambucinum* et 30 °C pour *F. roseum* var. *arthrosporioides*.

Après 14 j pour les tubercules inoculés avec les 2 *F. roseum* et 26 j pour ceux inoculés avec *F. solani* var. *coeruleum* (la pourriture évoluant plus lentement), les tubercules sont sectionnés et le diamètre des lésions est mesuré.

L'évolution de la capacité infectieuse de l'inoculum est évaluée par rapport à un témoin aussi constant que possible. Ce témoin est constitué de tubercules de même âge inoculés, à chacune des dates, par une pastille gélosée colonisée par le *Fusarium* à tester et prélevée au front de croissance d'une colonie. En effet, la sensibilité des tubercules aux *Fusarium* augmente au cours de la conservation, en raison de l'âge physiologique (BOYD, 1952).

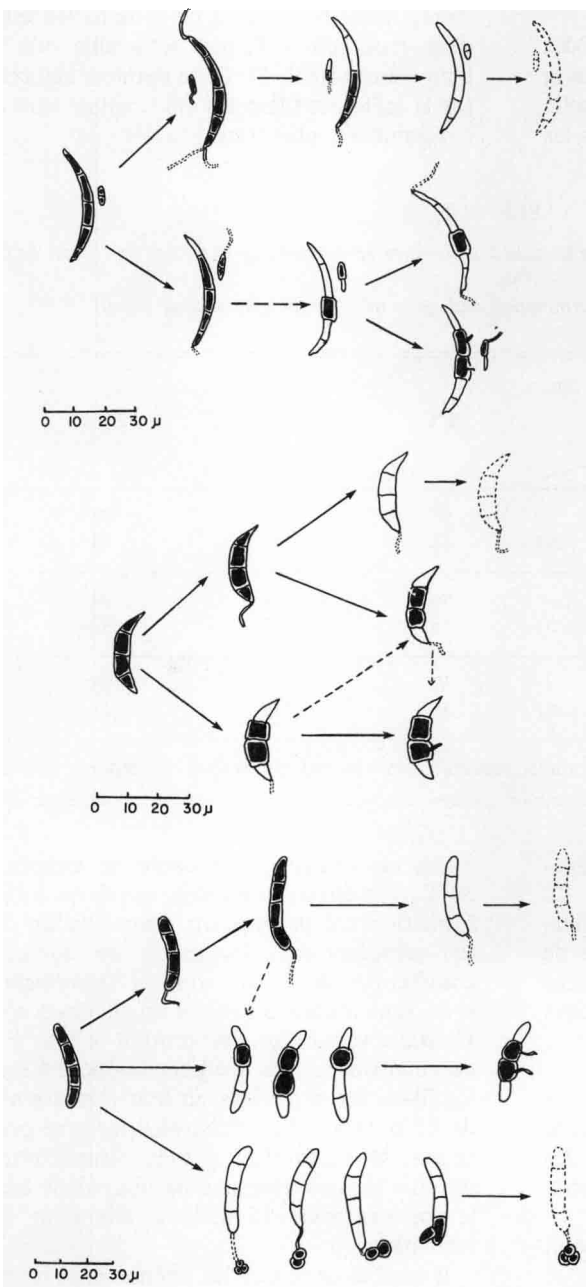
La capacité infectieuse de l'inoculum est évaluée en calculant, pour chacune des dates d'observation, le rapport :

$$\frac{\text{(diamètre de la lésion causée par les propagules portées sur la membrane)}}{\text{(diamètre de la lésion causée par l'inoculum développé sur milieu gélosé)}} \times 100$$

III. RÉSULTATS

A. Description générale de l'évolution des 3 *Fusarium* dans le sol

Avant d'aborder d'emblée le détail des expériences, il paraît nécessaire de préciser les différentes possibilités de l'évolution de l'inoculum dans le sol, telles que nous avons pu les observer, et de clarifier certains termes (fig. 1).



F. ROSEUM VAR. ARTHROSPORIOIDES

(Evolution vers la lyse)

(Evolution vers la formation de chlamydospores).

F. ROSEUM VAR. SAMBUCINUM

(Evolution vers la lyse)

(Evolution vers la formation de cellules conidiennes à paroi épaissie)

(Evolution vers la formation de chlamydospores)

F. SOLANI VAR. COERULEUM

(Evolution vers la lyse)

(Evolution vers la formation de chlamydospores dans les conidies).

(Evolution vers la formation de chlamydospores dans les filaments germinatifs ou sur les conidies).

Figure 1
Évolution générale des conidies de 3 espèces ou variétés de Fusarium *dans le sol.*
General evolution of conidia of 3 Fusarium *species or varieties in soil.*

Les conidies non germées peuvent rester intactes, se lyser immédiatement ou produire des filaments germinatifs à leurs extrémités et des chlamydospores, puis ou simultanément, subir la lyse de leurs cellules et de leurs hyphes.

En plus de cette évolution générale, certains aspects sont spécifiques à chacun des *Fusarium :*

Chez *F. roseum* var. *sambucinum,* le contenu d'1 ou des 2 cellules distales disparaît souvent, alors que la paroi demeure intacte. Celle des cellules centrales s'épaissit. La plupart de ces cellules qui conservent leur forme initiale ne semblent pas, malgré l'épaississement de leur paroi, être de vraies chlamydospores (contrairement à d'autres cellules plus larges qui évoquent, avec leur double paroi très développée, des chlamydospores typiques).

Chez *F. roseum* var. *arthrosporioides,* les cellules conidiennes lysées sont, en général, regroupées à une extrémité de la spore (leur paroi semble intacte). Dans de rares cas, la paroi des cellules, le plus souvent centrales, s'épaissit suivant la même évolution que chez *F. roseum* var. *sambucinum.*

F. solani var. *coeruleum* est le seul à produire des chlamydospores en nombre important : ces cellules à paroi épaissie, de forme rectangulaire ou arrondie et de taille supérieure à celle des autres cellules, apparaissent dans les conidies. Des chlamydospores rondes existent également à l'extrémité des filaments germinatifs. Elles sont de 2 sortes : petites et regroupées en amas, ou de taille plus importante et à paroi parfois ornementée. Quelquefois, elles se forment directement sur la conidie.

B. Influence de la température sur l'évolution de l'inoculum

L'évolution de l'inoculum situé dans un sol placé à 4 températures ; 5, 15, 23 ou 30 °C est suivie pendant environ 4 mois.

1. *Observation de l'inoculum au contact du sol*

Les conidies non germées des 3 espèces ou variétés de *Fusarium,* au contact de la terre dont l'humidité est de 7,7 p. 100 par rapport au poids sec, germent très rapidement. Après 6 j, le taux de germination est assez constant d'un *Fusarium* à l'autre et semble peu affecté par la température (tabl. 1). Cette dernière agit considérablement sur la taille des filaments émis, notamment à 30 °C où leur croissance est plus lente.

TABLEAU 1

Influence de la température sur la germination des conidies et de la taille des filaments germinatifs, après 6 jours de contact de l'inoculum avec le sol.

Action of temperature on conidial germination and germ-tube length after 6 days in soil.

Nom des *Fusarium*	Critères observés \ Température	5 °C	15 °C	23 °C	30 °C (*)
F. roseum var. *arthrosporioïdes*	— % de germination	94	94	98	48
	— longueur moyenne des filaments (en µm)	32	66	44	6
F. roseum var. *sambucinum*	— % de germination	70	98	84	58
	— longueur moyenne des filaments (en µm)	8	43	32	8
F. solani var. *coeruleum*	— % de germination	62	62	78	54
	— longueur moyenne des filaments (en µm)	8	10	11	9

(*) A cette température, des phénomènes de lyse se sont produits, modifiant ainsi les valeurs exactes des critères retenus.

Les températures agissent simultanément sur les phénomènes de lyse et de formation des chlamydospores (fig. 2).

La lyse des cellules conidiennes et des filaments germinatifs des 3 espèces ou variétés de *Fusarium* se déroule de façon identique à chacune des températures. Elle s'accentue régulièrement pendant le 1er mois, puis elle se maintient entre le 1er et le 2e mois à un plateau qui évolue peu.

Ce niveau est très dépendant des températures :

- à 5 °C, la lyse se manifeste tardivement, souvent à partir de la 2e semaine de contact entre l'inoculum et le sol, et reste limitée : environ 20 p. 100 et 40 p. 100 des cellules conidiennes et des filaments germinatifs sont lysés,
- à 15 et 23 °C, la lyse, bien qu'importante, atteint rarement 100 p. 100,
- à 30 °C, elle parvient à un niveau maximum en moins d'un mois.

Les chlamydospores, quant à elles, apparaissent dans les cellules conidiennes de 3 *Fusarium.* Il semble que leur formation soit très dépendante des températures : ainsi à 30 °C, il n'en existe aucune, tandis qu'à 15 et 23 °C, leur formation est progressive jusqu'à la fin du 1er mois. A ces températures, les parois de nombreuses cellules conidiennes de *F. roseum* var. *sambucinum* s'épaississent, sans toutefois évoluer en chlamydospores typiques. *F. solani* var. *coeruleum* produit la plus grande quantité de chlamydospores. Ce phénomène est surtout net dans les filaments mycéliens où leur formation est spécifique de ce parasite. Les chlamydospores se présentent, dans ce cas, sous 2 formes : petites, disparaissant par la suite, ou plus grosses avec une paroi épaissie bien visible. Les températures de 15 à 23 °C stimulent fortement leur formation.

Il semble donc que les phénomènes de lyse soient très importants à 30 °C ; à cette température, tout l'inoculum a disparu et, de plus, les chlamydospores sont absentes. Par contre, à 15 ou 23 °C, la lyse est forte, mais elle est compensée par la formation de chlamydospores (surtout

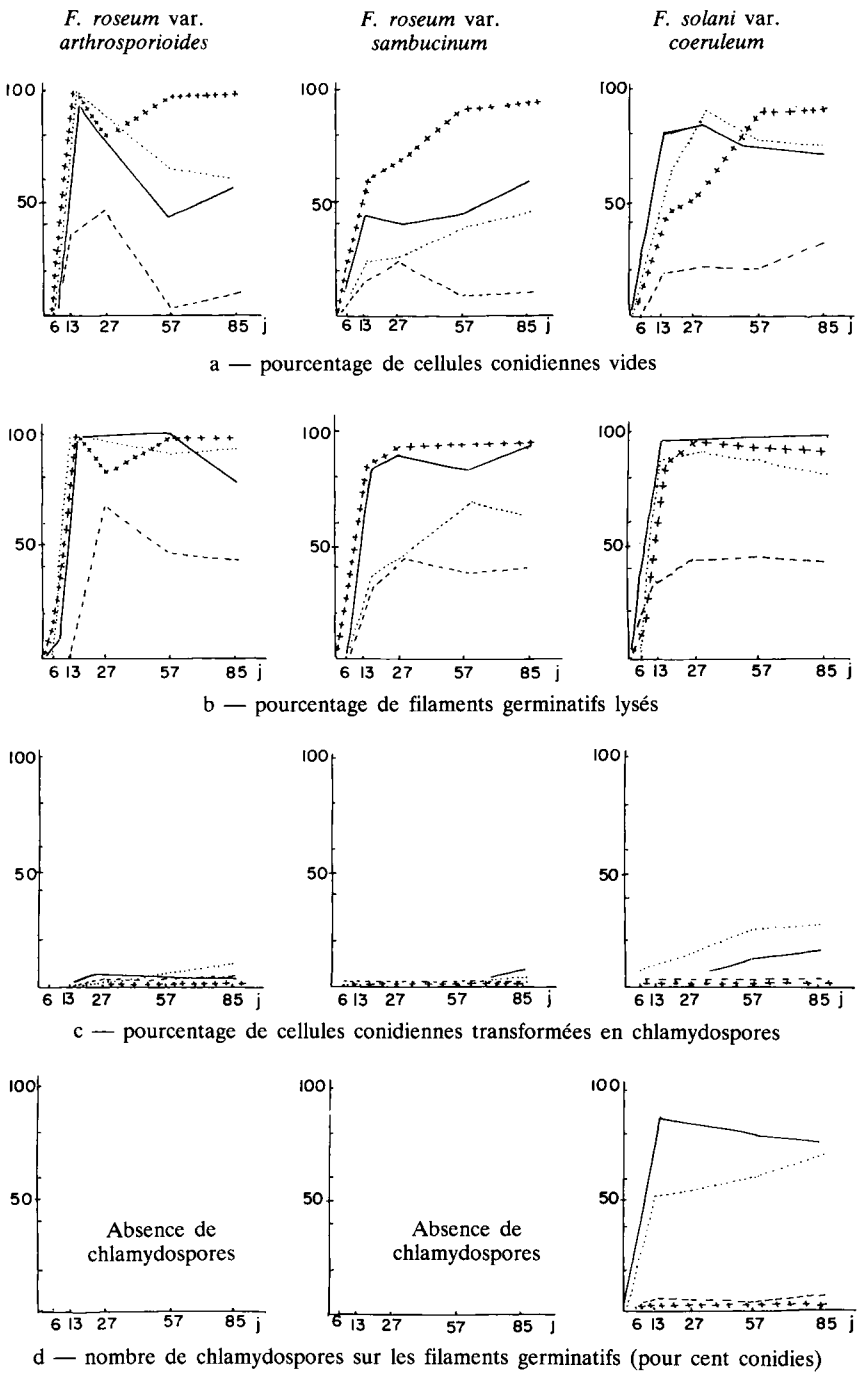


Figure 2

Influence de la température sur l'évolution de l'inoculum de 3 espèces ou variétés de Fusarium *dans le sol, pendant 85 jours.*

Action of temperature on the population of 3 Fusarium *species or varieties in soil during 85 days.*

(a. percentage of empty conidial cells, b. *percentage of lysed germ-tubes,* c. *percentage of conidial cells changed into chlamydospores,* d. *number of chlamydospores on germ-tubes (for 100 conidia)).*

---- *5 °C* ..... *15 °C* —— *23 °C* + + + + *30 °C.*

chez *F. solani* var. *coeruleum*). Enfin, à 5 °C, la lyse est faible ; l'inoculum se conserve sous forme de conidies ou de filaments.

2. *Evolution de la capacité infectieuse des parasites*

Parallèlement à son action sur la lyse et sur la formation des chlamydospores, la température modifie, souvent à partir du 1er mois, la capacité infectieuse de chaque parasite (fig. 3). Cette dernière demeure assez constante pendant toute la durée de l'expérience à 5, 15 et 23 °C pour *F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *sambucinum*. Par contre, chez *F. roseum* var. *arthrosporioides*, elle ne persiste qu'à faible température et diminue progressivement à mesure que la température et le temps de conservation dans le sol augmentent. A 30 °C, très rapidement, les capacités infectieuses des 3 parasites deviennent quasiment nulles.

Ces résultats correspondent d'assez près aux observations microscopiques précédentes : à 30 °C, température où le phénomène de lyse est le plus important et la formation de chlamydospores nulle, la capacité infectieuse de l'inoculum devient vite faible ou nulle ; à l'inverse, à 5 °C, température où l'inoculum n'est que partiellement lysé, les dégâts demeurent importants pour les 3 *Fusarium*.

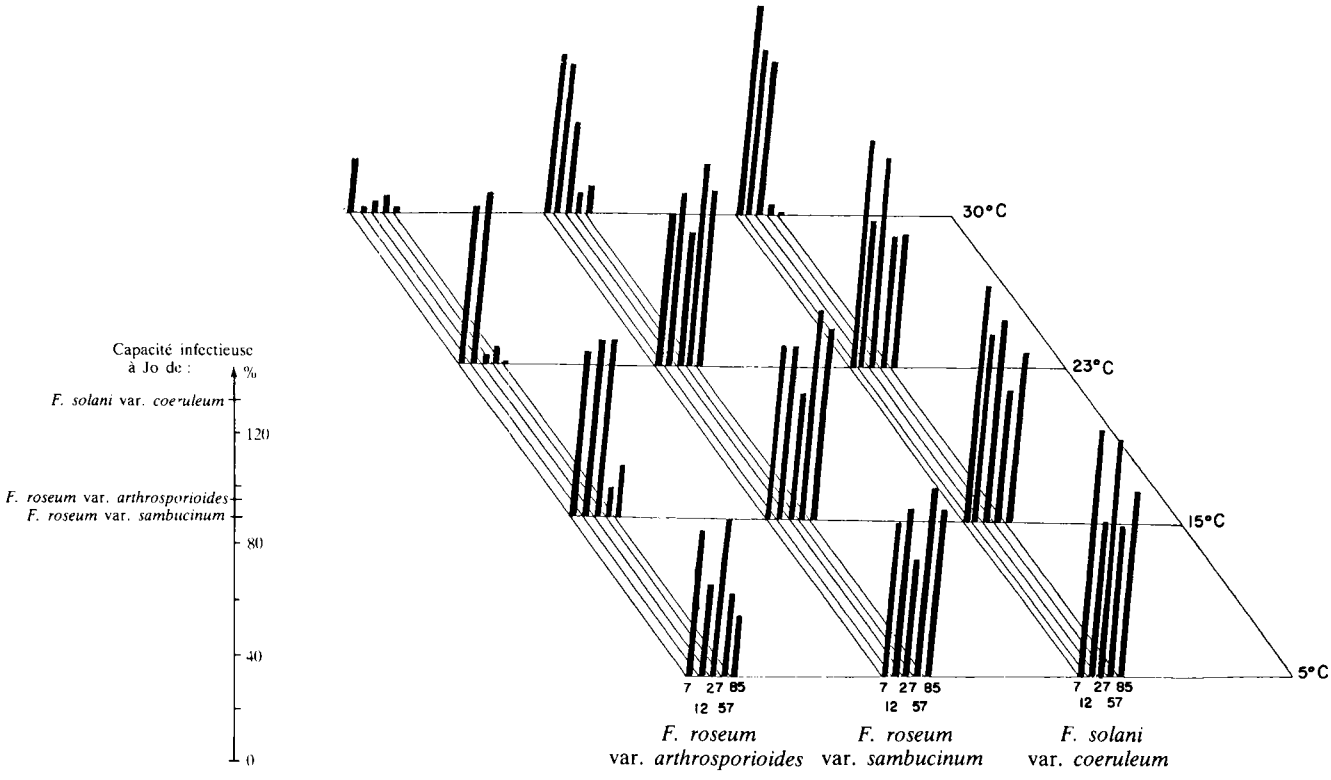


Figure 3
Évolution de la capacité infectieuse de 3 espèces ou variétés de Fusarium, *à 5-15-23-30 °C, conservées dans le sol pendant 7-13-27-57-85 jours.*
Change in the infectious capacity of 3 Fusarium *species or varieties, at 5-15-23-30 °C, in soil during 7-13-27-57-85 days.*

A 15 et 23 °C, la capacité infectieuse de *F. solani* var. *coeruleum* et de *F. roseum* var. *sambucinum* est importante. Le 1er parasite persiste en terre grâce à ses chlamydospores. Il est vraisemblable que chez le 2e parasite, les cellules à paroi épaissie jouent un rôle dans la conservation. Cette observation peut expliquer la différence entre l'évolution des capacités infectieuses de *F. roseum* var. *sambucinum* et de *F. roseum* var. *arthrosporioides.*

C. Influence de l'humidité sur l'évolution de l'inoculum

Les conidies fixées aux membranes filtrantes sont déposées dans de la terre de la région de Rennes humidifiée à 3 niveaux : 2, 9 et 28 p. 100 du poids sec de la terre (obtenu après passage à l'étuve à 105 °C) définis comme faible, moyen et fort. Les boîtes de Petri contenant l'ensemble « terre-inoculum-membrane » sont placées à 23 °C, température à laquelle la croissance mycélienne est optimale. L'évolution de l'inoculum est suivie pendant 4 mois.

1. *Observation de l'inoculum au contact du sol*

Le pouvoir germinatif des conidies des 2 *F. roseum* ne varie pas à faible et moyenne humidité, alors que celui des spores de *F. solani* var. *coeruleum* croît avec l'augmentation d'humidité (tabl. 2). La taille des filaments n'a pu être évaluée correctement en raison de la lyse observée.

Chez les 3 espèces ou variétés de *Fusarium,* la lyse augmente rapidement dès les 1ers jours (fig. 4). Chez les *F. roseum,* à humidité moyenne et forte, environ 80 p. 100 des filaments et 70 p. 100 des cellules conidiennes sont lysés dès la 2e semaine. Ce phénomène est encore plus brutal chez *F. solani* var. *coeruleum* où 100 p. 100 des filaments et 95 p. 100 des cellules conidiennes sont détruits en 2 semaines. A ces humidités, une quantité importante de bactéries se développe sur les membranes. A humidité faible, la lyse est beaucoup moins importante et évolue lentement à partir du 1er mois (50 p. 100 des filaments lysés et 10 p. 100 des cellules conidiennes vides). Dans ce cas, le développement bactérien à proximité des conidies et des filaments est faible.

TABLEAU 2

Influence de l'humidité sur la germination des conidies, après 6 jours de contact de l'inoculum avec le sol.
Action of humidity on conidial germination after 6 days in soil.

Nom des *Fusarium*	Pourcentage de germination		
	Humidité faible (1,9 % du poids sec)	Humidité moyenne (9,2 % du poids sec)	Humidité forte (*) (27,9 % du poids sec)
F. roseum var. *arthrosporioïdes*	66	60	6
F. roseum var. *sambucinum*	86	88	20
F. solani var. *coeruleum*	36	56	80

(*) A cette humidité, des phénomènes de lyse se sont produits, modifiant les valeurs exactes du pourcentage de germination.

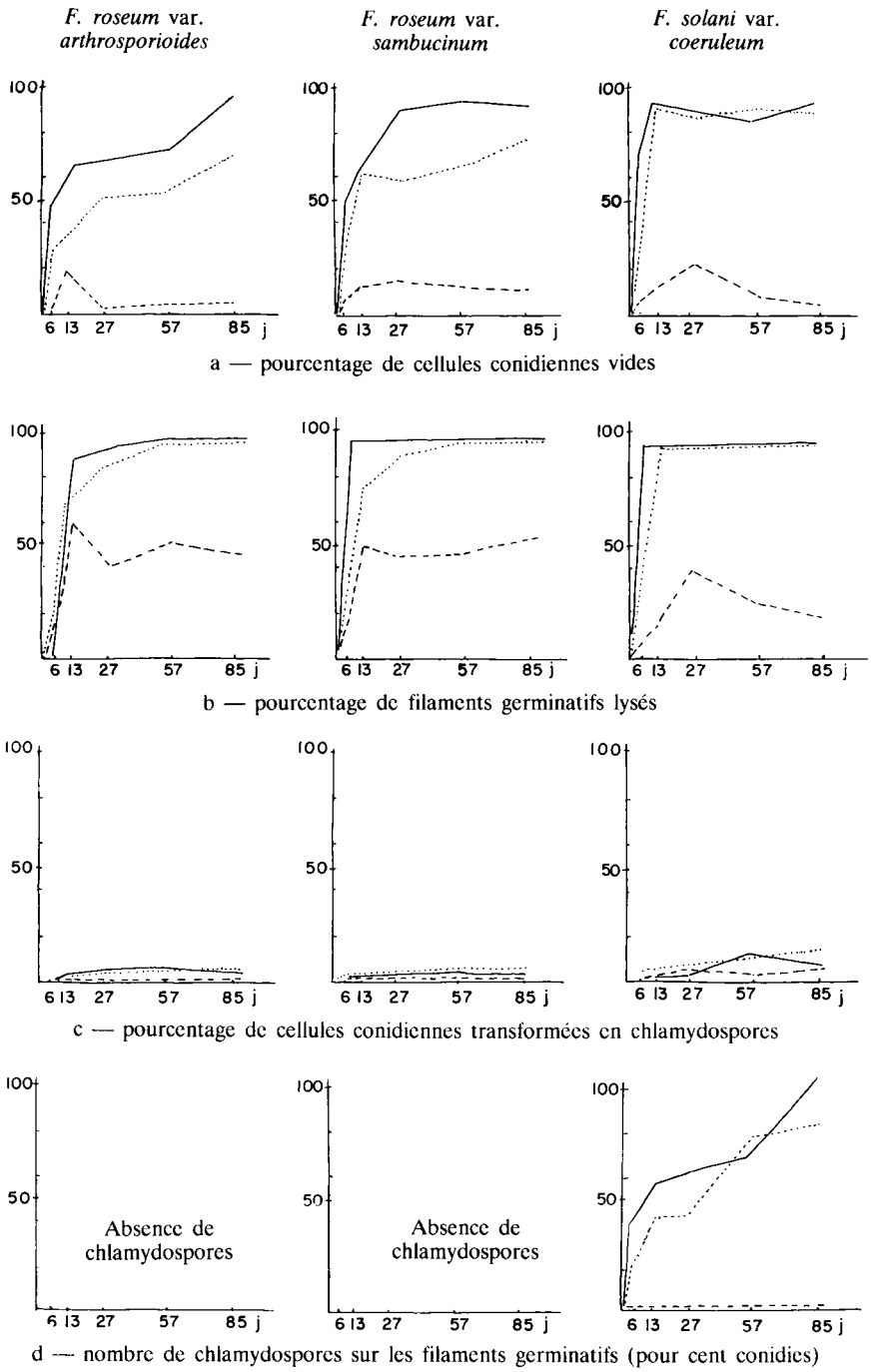


Figure 4

Action de l'humidité sur l'évolution de l'inoculum de 3 espèces ou variétés de Fusarium *dans le sol pendant 85 jours.*

Action of humidity on the population of 3 Fusarium *species or varieties in soil during 85 days.*

(a. *percentage of empty conidial cells,* b. *percentage of lysed germtubes,* c. *percentage of conidial cells changed into chlamydospores,* d. *number of chlamydospores on germ-tubes (for 100 conidia)).*

---- *faible humidité (low humidity)* .... *humidité moyenne (medium humidity)* —— *forte humidité (high humidity).*

La formation des chlamydospores dans les conidies des 3 *Fusarium* ne débute qu'après 15 j pour atteindre un niveau très bas : 10 p. 100 au plus des cellules conidiennes chez *F. solani* var. *coeruleum* aux humidités les plus élevées. A moyenne humidité, de nombreuses cellules à paroi épaissie apparaissent cependant chez *F. roseum* var. *sambucinum.* Dans les filaments de *F. solani* var. *coeruleum,* aucune chlamydospore ne se forme à humidité faible, alors qu'aux humidités plus élevées, elles sont très abondantes : plus de 150 pour 100 conidies.

Les 3 *Fusarium* paraissent réagir de façon assez identique aux 3 humidités. A humidité faible, la lyse est faible et la formation de chlamydospores est inhibée ; l'inoculum se maintient donc sous forme de conidies et de filaments. Aux autres humidités la lyse est importante, mais des chlamydospores apparaissent. Elles se forment en grande quantité chez *F. solani* var. *coeruleum ;* par contre, chez les 2 autres parasites, leur nombre est limité. Si l'inoculum de *F. roseum* var. *sambucinum* semble se conserver grâce aux cellules conidiennes à paroi épaissie, les chlamydospores de *F. roseum* var. *arthrosporioides* sont, pour la plupart, lysées.

2. *Evolution de la capacité infectieuse des parasites*

Il semble exister un lien étroit entre les observations microscopiques et l'évolution de l'inoculum (fig. 5).

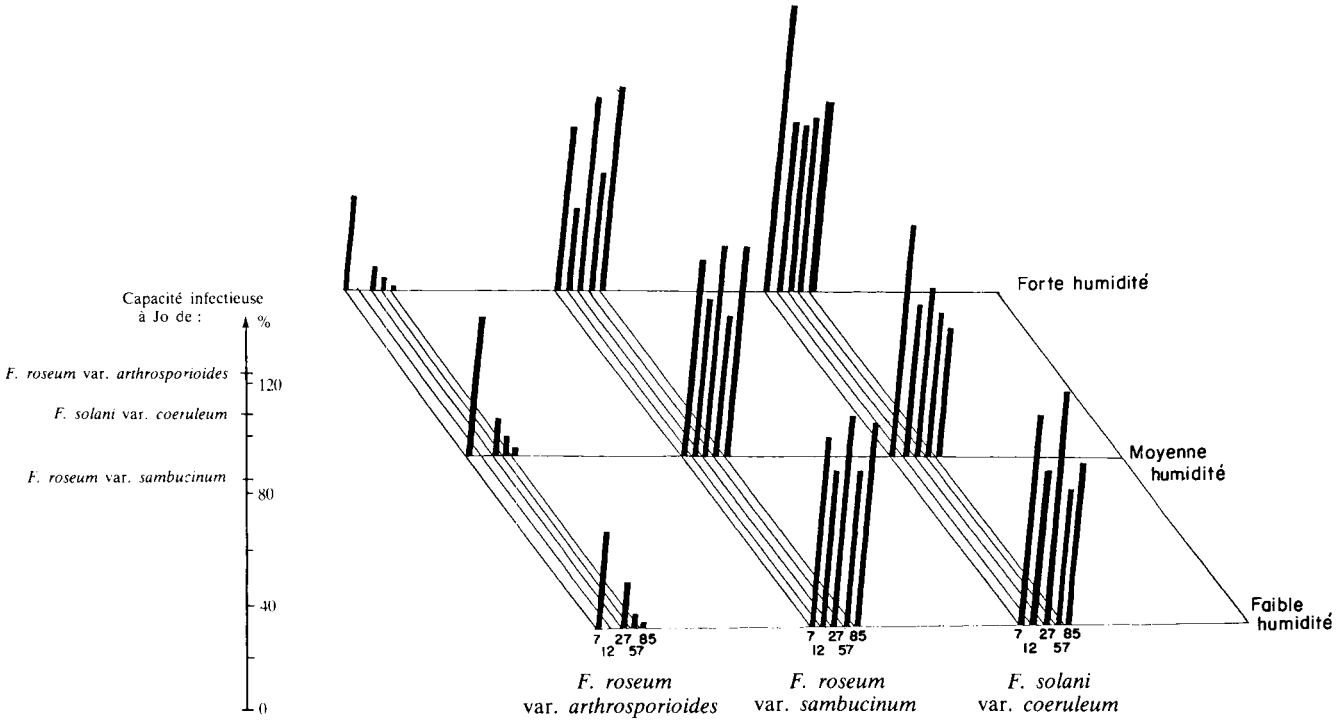


Figure 5

Évolution de la capacité infectieuse de 3 espèces ou variétés de Fusarium *à faible, moyenne et forte humidité, conservées dans le sol pendant 7-13-27-57-85 jours.*

Change in the infectious capacity of 3 Fusarium *species or varieties at low, medium and high humidity in soil during 7-13-27-57-85 days.*

Chez *F. roseum* var. *sambucinum* et *F. solani* var. *coeruleum,* la capacité infectieuse de l'inoculum est peu modifiée : l'inoculum est toujours présent sous une forme ou sous une autre (conidies et mycélium à humidité faible ; formes de résistance à humidités plus élevées).

Chez *F. roseum* var. *arthrosporioïdes,* l'inoculum lysé à humidité moyenne et forte et l'absence ou la disparition des chlamydospores font rapidement chuter la capacité infectieuse. Cette diminution, même à faible humidité, est toutefois difficile à expliquer puisque, d'après nos observations, l'inoculum (spores et filaments) se maintient partiellement dans le sol. A défaut de forme de résistance, périthèces ou chlamydospores, ce parasite est tenu de sporuler pour se maintenir en tant qu'inoculum et a besoin, en conséquence, d'une source de carbone constante pour demeurer en vie (CASSINI R., comm. pers.). Cette exigence difficile à respecter dans le sol pourrait être à l'origine de la mort de l'inoculum.

IV. CONCLUSION

Cette étude a permis de préciser certains aspects de l'écologie, au niveau du sol, des 3 principales espèces ou variétés de *Fusarium* responsables de pourriture sèche de la pomme de terre et de montrer comment la qualité de l'inoculum peut avoir une incidence sur le développement de la maladie.

Comme nous l'avons observé, la lyse est un phénomène général qui s'accroît au cours du temps. En général, celle des conidies est plus faible que celle des filaments, ce qui correspond aux observations de HSU & LOCKWOOD (1971) : ces auteurs considèrent que les spores survivent plus longtemps dans le sol que le mycélium. Des conidies peuvent même rester intactes, pendant 4 mois, sous certaines conditions (faible humidité, basse température). La lyse débute par la perte du contenu cellulaire, puis, dans un second temps, atteint les parois.

L'évolution de l'inoculum dans le sol vers la formation des spores de conservation est spécifique de chacune des 3 espèces ou variétés de *Fusarium. F. solani* var. *coeruleum* est de loin celui qui développe le plus fréquemment ces types de spores ; c'est la raison pour laquelle il est si souvent isolé à partir du sol (GULSOY, 1972) ou des locaux (TIVOLI *et al.,* 1980). Si *F. roseum* var. *sambucinum* ne possède pas ou peu de chlamydospores typiques, il semble cependant doué, grâce à ses cellules à parois épaissies, d'une possibilité de conservation importante. Ne faut-il donc pas, comme le font SCHIPPERS & VAN ECK (1981), élargir la notion de chlamydospore : « chez un *Fusarium,* toute cellule à paroi épaissie qui a une valeur de survie, qu'elle ait ou non une paroi double, est une chlamydospore » ? Enfin, *F. roseum* var. *arthrosporioïdes* est le plus vulnérable et perd très rapidement ses capacités infectieuses. Le fait que ce parasite se conserve si mal dans le sol, alors qu'il est fréquemment rencontré sur le tubercule en voie de pourriture, laisserait supposer que l'origine de l'inoculum pourrait être aérienne.

Chez *F. solani* var. *coeruleum* et *F. roseum* var. *sambucinum,* une sorte d'équilibre se produit entre les phénomènes de lyse et de formation de spores de conservation et l'inoculum se conserve donc généralement dans le sol. Quand la lyse est faible (par exemple à basse température ou faible humidité), les spores de conservation sont souvent inexistantes ; l'inoculum se maintient alors, dans le sol, sous forme de conidies et d'hyphes. Lorsque la lyse est forte, la formation des spores de résistance est souvent importante. Il est possible que la lyse, observée aux températures élevées ou aux fortes humidités, soit accélérée par des microorganismes, telles que des bactéries, car ces conditions sont particulièrement favorables à leur multiplication. L'abondance des chlamydospores pourrait, en partie, être expliquée par le même phénomène. En effet, suivant FORD

et al. (1970), certaines bactéries induiraient la formation de ces spores. Cependant, sous certaines conditions, telle qu'une température de 30 °C, l'inoculum disparaît : les cellules sont lysées et la formation de spores de conservation inhibée.

Parallèlement aux observations microscopiques, l'étude de l'évolution de la capacité infectieuse de l'inoculum a permis d'obtenir des résultats intéressants. Une corrélation assez étroite existe entre ces observations et cette évolution. Pour *F. roseum* var. *sambucinum* et *F. solani* var. *coeruleum,* si l'inoculum est présent sous forme de conidies, d'hyphes ou de spores de conservation, leur capacité infectieuse est très élevée ; si l'inoculum est lysé (comme à 30 °C), elle s'annule. La capacité infectieuse de *F. roseum* var. *arthrosporioïdes* ne persiste que si le nombre de propagules vivantes est grand.

Il semble donc que, selon les conditions de température et d'humidité lors de la culture, différentes formes d'inoculum (conidies elles-mêmes ou spores de conservation) peuvent, séparément ou ensemble, être responsables, ultérieurement, après la récolte, de la maladie.

Reçu le 4 octobre 1982.
Accepté le 29 juin 1983.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adams P. B., 1967. A buried membrane filter method for studying behaviour of soil fungi. *Phytopathology,* **57,** 602-603.

Alabouvette C., Rouxel F., Louvet J., 1980. Recherches sur la résistance des sols aux maladies. VII. Etude comparative de la germination des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* au contact de sols résistant et sensible aux Fusarioses vasculaires. *Ann. Phytopathol.,* **12** (1), 21-30.

Barran L. R., 1980. Effect of heat, freeze-thawing and desiccation on the survival of *Fusarium sulphureum* spores. *Trans. br. mycol. Soc.,* **75** (3), 425-427.

Barran L. R., Schneider E. F., Seaman W. L., 1977. Requirements for the rapid conversion of macroconidia of *Fusarium sulphureum* to chlamydospores. *Can. J. Microbiol.,* **23** (2), 148-151.

Ford E. J., Gold A. H., Snyder W. C., 1970. Induction of chlamydospore formation in *Fusarium solani* by soil bacteria. *Phytopathology,* **60,** 479-484.

Gulsoy H. E., 1979. Behaviour of the chlamydospores of *Fusarium solani* var. *coeruleum* (Sacc.) Booth in soil. *J. turk. Phytopathol.,* **8** (2-3), 81-96.

Hargreaves A. S., Fox R. A., 1977. Survival of *Fusarium avenaceum* in soil. *Trans. br. mycol. Soc.,* **69** (3), 425-428.

Hsu S. C., Lockwood J. L., 1971. Responses of fungal hyphae to soil fungistasis. *Phytopathology,* **61,** 1355-1362.

Lansade M., 1950. Recherches sur la fusariose ou pourriture sèche de la pomme de terre, *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. *Ann. Epiphyt.,* **1,** 157-207.

McKee R. K., Boyd A. E. W., 1952. Dry-rot disease of the potato. III. A biological method of assessing soil infectivity. *Ann. appl. Biol.,* **39,** 44-53.

Messiaen C. M., Cassini R., 1968. Recherches sur les Fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium. Ann. Epiphyt.,* **19** (3), 387-454.

Messiaen C. M., Mas P., Beyries A., Vendran H., 1965. Recherches sur l'écologie des champignons parasites dans le sol. IV. Lyse mycélienne et formes de conservation dans le sol, chez les *Fusarium. Ann. Epiphyt.,* **16** (2), 107-128.

Schippers G., Van Eck W. H., 1981. Formation and survival of chlamydospores in *Fusarium.* In *Fusarium : Diseases, Biology and taxonomy,* Ed. Nelson, Toussoun, Cook — Pennsylvania, State University Press, 457 p.

Tivoli B., Jouan B., 1981. Inventaire, fréquence et agressivité des différentes espèces ou variétés de *Fusarium* responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. *Agronomie,* **1** (9), 787-794.

Tivoli B., Jouan B., L'hostis A., Sanson M. T., Lemarchand E., 1979. Influence de l'aménagement des locaux de conservation des tubercules de pomme de terre sur leur niveau de contamination et sur l'efficacité de la désinfection. *Sci. agron. Rennes,* 20-25.