

SERGE SAVARY

LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE

CENTRE O.R.S.T.O.M. D'ADIOPODOUMÉ

EFFET DE LA TEMPERATURE SUR QUELQUES
ETAPES DU CYCLE PARASITAIRE DE
PUCCINIA ARACHIDIS SPEG.

RÉSUMÉ : EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR QUELQUES ÉTAPES DU
CYCLE PARASITAIRE DE *Puccinia arachidis* Speg.

Des inoculations de *Puccinia arachidis* Speg. sont effectuées sur des folioles d'Arachide détachées afin d'étudier l'effet des variations de la température sur le déroulement du cycle parasitaire de la rouille de l'Arachide.

Les résultats obtenus font apparaître des évolutions importantes pour plusieurs variables suivies, montrant, en particulier, une zone de température, voisine de 27°C, en deçà et au-delà de laquelle les temps d'incubation et de latence augmentent, la sporulation décroît en intensité, et est de plus courte durée. L'efficacité de l'inoculum paraît, cependant, constante entre 18 et 27°C.

Ces observations sont commentées en les comparant aux données déjà acquises pour plusieurs couples hôte-rouille, ainsi que leurs conséquences épidémiologiques dans les conditions climatiques de la Côte d'Ivoire.

Par ailleurs, l'intérêt de l'emploi de folioles détachées ou de plantes cultivées en pots pour ce type d'étude est discuté. Ces deux supports sont comparés à partir d'une série d'inoculations.

MOTS CLES ADDITIONNELS :

Rouille de l'Arachide, Côte d'Ivoire, dose d'inoculum, taux de germination des spores, temps d'incubation, temps de latence, efficacité de l'inoculum, intensité de sporulation, période infectieuse.

SUMMARY. EFFECT OF TEMPERATURE ON SOME STAGES OF THE PARASITIC
CYCLE OF *Puccinia arachidis* Speg.

Inoculations with *Puccinia arachidis* Speg. are performed on detached Groundnut leaflets in order to study the effect of temperature variations on the monocyclic process evolution in Groundnut rust.

From the data obtained, important modifications in the evolutions of the followed variables appear. In particular, an increase of latent and incubation periods durations, a decrease of sporulation intensity, as well as a shortening of infectious period, when temperature draws aside from 27°C, is showed. On the contrary, inoculum efficiency appears to be constant between 18 and 27°C.

These observations are compared to already obtained results concerning several plant-rust systems, and their epidemiological consequences discussed, in the climatic conditions of Ivory Coast.

At least, the interest of using detached leaflets or pot-cultivated plants as inoculation material is discussed from the data obtained in a comparison trial.

ADDITIONNAL KEY WORDS :

Groundnut rust, Ivory Coast, inoculum level, monocyclic process, spore germination ratio, incubation period, latent period, inoculum efficiency, sporulation intensity, infectious period.

EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR QUELQUES ÉTAPES DU
CYCLE PARASITAIRE DE *Puccinia arachidis* (Speg.)

Serge SAVARY *

INTRODUCTION

Le déroulement des épidémies de rouille est étroitement lié au succès relatif avec lequel l'agent pathogène responsable traverse certaines étapes de son cycle. Certaines de celle-ci, en particulier pour les rouilles des Graminées, ont été caractérisées par des variables, telles que le temps de latence, l'intensité de la sporulation, la période infectieuse (ZADOKS, 1970 ; VAN DER PLANK, 1963). Ainsi, l'échelle des valeurs que peuvent atteindre ces variables, qui sont également liées aux variétés d'hôtes auxquelles ou s'adresse, constituent des composantes de leur résistance à la maladie (PARLEVLIET, 1975). Ce résultat peut être appliqué à la rouille de l'Arachide (SUBRAHMANYAM, 1983 b). Par ailleurs, l'effet des facteurs physiques du milieu sur l'évolution des épiphyties peut être résumé, et modélisé, à partir de l'évolution des valeurs prises par ces variables au cours du temps (ZADOKS, 1970).

Cette étude a pour but d'évaluer, de manière quantitative, l'effet des variations de la température sur le déroulement de quelques étapes du cycle parasitaire de *Puccinia arachidis* Speg., responsable de la rouille de l'Arachide. Elle a été réalisée grâce à des inoculations artificielles sur folioles détachées.

Les différentes étapes du cycle infectieux de *P. arachidis* ont été décrites par Mc VEY (1965), au moyen d'inoculations sur plantes cultivées en pot, puis par COOK (1980 a), grâce à des infections réalisées sur des feuilles détachées. Des feuilles d'arachide détachées ont également été utilisées par SUBRAHMANYAM et coll. afin de comparer les réactions de différents génotypes de plantes cultivées (1980) ou sauvages (1983 a) vis-à-vis de ce parasite.

(*) Laboratoire de Phytopathologie - Centre ORSTOM d'Adiopodoumé
BP. V-51, Abidjan (Côte d'Ivoire).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

a. Matériel végétal

La variété d'Arachide utilisée est une variété locale, à cycle court et à port érigé, très sensible à la rouille. Les plantes sont cultivées en pots de 10 cm et sont utilisées pour les inoculations quatre semaines après semis. Les feuilles des deuxième et troisième rangs foliaires (à partir de l'apex) sont alors lavées à l'eau courante, coupées, puis séchées contre un papier filtre, et placées dans des boîtes de Pétri contenant un papier filtre maintenu humide en permanence ; elles se trouvent donc dans une humidité saturante tout au long des essais. Dans ces conditions, ce matériel végétal peut être conservé pendant plus d'un mois.

b. Inoculations

Les folioles sont infectées artificiellement grâce à une technique d'inoculation à sec préalablement mise au point au laboratoire. Cette technique, qui consiste non pas à pulvériser une suspension de spores contenant ou non un agent tensio-actif (Mc VEY, 1965, COOK, 1980 a et 1980 b, SUBRAHMANYAM et coll., 1980, 1983 a et 1983 b), mais à pulvériser un mélange de kaolin et de spores de *P. arachidis* sur la face inférieure des feuilles, permet de contrôler de manière relativement précise le nombre de spores déposées par unité de surface foliaire, et présente une efficacité élevée (0,25 à 0,30 lésion par spore déposée).

L'inoculum utilisé provient d'un échantillon de rouille récolté en basse Côte d'Ivoire en 1982, et entretenu par inoculations successives sur feuilles détachées pendant plusieurs mois. Pour réaliser ces essais, les spores sont récoltées sur des sores âgés de 11 à 13 jours, et mélangées à du kaolin, dans une proportion de poids permettant d'obtenir un dépôt d'environ 13 spores par centimètre carré de feuille. Le nombre de spores contenues dans le mélange est ajusté, avant inoculation, grâce à 10 comptages effectués sur un échantillon de ce mélange, mis en suspension dans du Triton X100 à 1 % (V/V) dans l'eau. La dose d'inoculum apportée est contrôlée, pour chaque traitement, après pulvérisation du mélange, par 12 comptages effectués (sur 1 cm² chacun) sur des lames de verre recouvertes de vaseline et préalablement placées dans les boîtes de Pétri.

c. Températures - Conservation des feuilles inoculées

Les folioles inoculées sont placées dans des enceintes à température régulée et maintenues à : 18 ; 22 ; 24,5 ; 25,5 ; 27 ; 28,5 et 30 ± 1°C. L'ensemble de ces températures a été appliqué au cours de trois expériences différentes, en utilisant comme témoin la température de 27°C. L'éclairage au cours des essais est de 400 lux, avec une photopériode de 12 heures. L'inoculation est immédiatement suivie d'une période de 12 heures d'obscurité.

Pour chaque traitement (température), on a utilisé 6 à 8 boîtes contenant chacune quatre folioles.

d. Contrôle de la germination

Ces lames de verre vaselinées sont également inspectées au microscope, dans leur ensemble, pour estimer le pourcentage de germination de spores, 20 heures après inoculation, en fonction des températures. Cette estimation est effectuée sur un minimum de 200 spores observées.

e. Evolution des lésions

L'évolution des lésions est suivie sur la face inférieure des feuilles inoculées, où elles apparaissent d'abord. Leur développement peut se résumer en trois stades de développement, ainsi que Mc VEY (1965) les a décrits :

Stade_1 : tache chlorotique ponctuelle, blanchâtre

Stade_2 : lésion à contour plus net, de couleur jaune : développement d'un urédosore

Stade_3 : urédosore bien formé, et ouvert.

Les pourcentages représentés par chaque type de lésion sont estimés quotidiennement par des comptages effectués sur l'ensemble des lésions obtenues.

L'efficacité de l'inoculum, au sens défini par SCHEIN (1964) est calculée en effectuant le rapport du nombre moyen de lésions observées au nombre moyen de spores déposées par unité de surface, pour chaque température.

Le temps d'incubation des lésions, qui sépare le dépôt de l'inoculum de l'apparition des premiers symptômes sur la face inférieure des feuilles, est estimé par la date d'observation des premières taches chlorotiques.

Le temps de latence, qui sépare le dépôt de l'inoculum de la production des premières spores, est estimé par la date moyenne d'ouverture des pustules, calculée sur l'ensemble (environ 600) des lésions obtenues à chaque température, à l'aide des relevés quotidiens successifs.

Pour les temps d'incubation et de latence, on a donc utilisé ici les définitions énoncées par VAN DER PLANK (1963). La précision des estimations est de l'ordre d'un dixième de jour pour le temps de latence et d'un jour, seulement, pour le temps d'incubation. L'apparition des lésions, en effet, est très discrète et très progressive, ce qui n'autorise pas une grande acuité dans la détermination de cette dernière variable.

f. Sporulation

L'évolution de la production de spores est estimée au cours du temps pour 4 des températures testées : 18, 22, 27 et 28,5°C. L'estimation du nombre d'urédospores produites par une pustule s'effectue en récoltant les spores qui y sont présentes par grattage à l'aide d'une aiguille, puis en les mettant en suspension dans 200 µl de Triton X-100 à 0,1 % dans l'eau (V/V). Trois comptages sont alors effectués dans une cellule de Nageotte. Ceci est répété

sur 20 pustules réparties sur trois folioles pour effectuer une estimation de la quantité de spores produites à une date donnée. La période infectieuse, ou période de sporulation est ensuite estimée en déterminant, pour chacune des températures envisagées, le dernier accroissement significatif (à 95 %, par un test de Student) du nombre de spores produites.

g. Inoculations sur plantes cultivées en pot

Des inoculations sont effectuées sur plantes cultivées en pots, 4 semaines après semis, à $27 \pm 1^\circ\text{C}$. Pour réaliser les inoculations, 5 ml d'une suspension de spores, prélevées sur des lésions âgées de 12 jours, et contenant environ 10 sp/ μl sont pulvérisés sur 3 plantes préalablement abondamment arrosés. Cette suspension est préparée avec une solution de Triton X-100 à 0,005 % (V/V) dans l'eau. Les plantes sont ensuite recouvertes d'un sac en plastique transparent pendant une période de 20 heures, afin d'assurer une humidité proche de la saturation. Les plantes sont ensuite exposées à une humidité relative comprise entre 70 et 90 % RH, et à un mode d'éclairage identique à celui auquel sont soumises les feuilles détachées.

L'évolution des lésions obtenues est suivie ultérieurement de la même manière que pour les feuilles détachées, afin d'estimer les temps d'incubation et de latence.

RÉSULTATS

a. Doses d'inoculum - Pourcentages de germination

Le tableau 1 indique que la dose d'inoculum qui est apportée présente une bonne homogénéité sur l'ensemble des essais ($F_{obs} = 0,29$).

Les variations, quant au pourcentage de spores germées après 20 heures d'incubation en fonction de la température (tableau 1) sont importantes, avec des valeurs maximales notées à 27°C, température à laquelle des variations sensibles sont cependant notées en fonction des essais. Il apparaît une chute rapide de ce pourcentage après 28,5°C (où la proportion de spores germées diminue de 80 % en 3°C par rapport à 27°C) et une décroissance plus progressive de 27 à 18°C (la proportion de spores germées diminue de 80 % environ en 9°C).

b. Nombre de lésions par unité de surface foliaire. Efficacité de l'inoculum.

Au cours des essais, des lésions ont été obtenues à toutes les températures, sauf à 30°C. Après 40 jours d'incubation à cette température, aucun symptôme n'a été observé sur ces folioles. Une série de coupes a été effectuée sur ce matériel, et leur examen au microscope n'a pas permis de mettre en évidence d'infections latentes. Pour les autres températures, comprises entre 18 et 27°C, le nombre de lésions obtenues par unité de surface foliaire apparaît stable (environ 3,9, tableau 1). Par contre, le résultat obtenu à 28,5°C (1,43) est très sensiblement plus faible que ceux obtenus aux températures précédentes ; l'analyse de la variance des résultats obtenus pour toutes les températures, sauf 30°C, fournit une valeur de F_{obs} de 38,3. Il en découle, puisque le nombre de spores déposées est équivalent pour toutes les températures, une efficacité de l'inoculum (tableau 1) stable entre 18 et 27°C (0,27 à 0,34), nettement plus faible à 28,5°C (0,109), et nulle à 30°C.

c. Evolution des lésions

A 27°C, les premières lésions chlorotiques, blanches, sont observées le 7^e jour à la face inférieure des feuilles. L'évolution des lésions est ensuite très rapide (figure 1), puisqu'il faut 6 jours pour passer de 100 % de lésions au stade 1 à 100 % de lésions au stade 3.

La comparaison des évolutions des lésions, est résumée dans la figure 1. Au-delà et en deçà de la température de référence de 27°C, il apparaît un retard dans l'apparition des lésions, qui tend à augmenter à mesure que l'on s'en écarte. De plus, simultanément, l'évolution des lésions est plus lente : à 28,5°C, elle est complète en 7 jours, et à 25,5, 24,5, 22 et 18°C, respectivement, en 9, 9, 11 et 23 jours. Ce ralentissement est notamment marqué

TABEAU 1 : Dose d'inoculum apportées, pourcentage de germination des spores, nombre de lésions et efficacité de l'inoculum en fonction des températures.

TEMPERATURE	18° C	22° C	24,5° C	25,5° C	27° C	28,5° C	30° C
Sp/cm ²	I 13,1 ± 3,3 (1)	I 14,1 ± 3,1	II 13,0 ± 1,7	II 13,8 ± 2,3	I 13,5 ± 2,1 II 13,6 ± 2,0 III 13,7 ± 2,3	III 13,1 ± 1,7	III 14,4 ± 1,9
G	I 11,6	I 40,0	II 57,0	II 62,7	I 71,0 II 81,3 III 83,2	III 67	III 14
Les./cm ²	I 3,75 ± 0,47	I 3,92 ± 0,85	II 4,39 ± 0,89	II 3,78 ± 0,78	I 3,70 ± 0,57 II 3,62 ± 0,55 III 3,69 ± 0,60	III 1,43 ± 0,53	III 0
E	I 0,286 (1)	I 0,278	II 0,337	II 0,274	I 0,274 II 0,266 III 0,269	III 0,109	III 0

TABLEAU 1 : Doses d'inoculum apportées, germination des spores, densité de lésions et efficacité de l'inoculum en fonction des températures.

Sp/cm² : Nombre de spores déposées par cm² de feuille
(12 comptages)

G : Pourcentage de spores germées après 20 heures
(200 spores)

Les/cm² : Nombre de lésions par cm² (24 folioles)

E : Efficacité de l'inoculum

(1) Les valeurs sont suivies par leurs intervalles de confiance à 95 p. cent.

I 1ère expérience ; II 2ème expérience ; III 3ème expérience

TABLE 1 : Deposited spores density, spore germination, lesions density, and inoculum efficiency at several temperatures.

Sp/cm² : Number of spores deposited per cm²
(12 countings)

G : Percent of germinated spores after 20 h
(200 spores)

Les/cm² : Number of lesions per cm² (24 leaflets)

E : Inoculum efficiency

(1) : Data are followed by their confidence intervals.
at 95 % level.

I first trial ; II second trial ; III third trial.

par la largeur croissante du pic correspondant sur les courbes aux pourcentages de stades 2 dans les diverses populations de lésions, ainsi que par les pentes de plus en plus faibles des courbes représentant le pourcentage de stades 3 (pustules ouvertes).

Ces évolutions s'accompagnent d'un accroissement de la période de latence calculée, à mesure que l'on s'écarte de 27°C, où elle est minimale (10,5 j.) (Fig. 1, B). Ces variations sont équivalentes en ampleur à celles du temps d'incubation. On constate, en particulier, que le passage de 27 à 28,5°C s'accompagne d'une augmentation du temps de latence.

d. Cinétique et intensité de la sporulation en fonction de la température

Les premières lésions ouvertes sont observées les 25e, 11e, 8e et 9e jours, respectivement, à 18, 22, 27 et 28,5°C (fig. 2).

A 27°C, le maximum de la production quotidienne de spores (pente maximale de la courbe de la fig. 2) est atteint entre le 22e et le 25e jour après l'inoculation. L'évolution de la sporulation semble présenter deux phases d'augmentation séparées par une période de ralentissement. Cette évolution biphasée, qui apparaît également, quoique de manière moins nette, aux autres températures, correspond peut-être à une étape d'extension rapide des pustules en surface, quelques jours après leur ouverture, entraînant un accroissement de leur production.

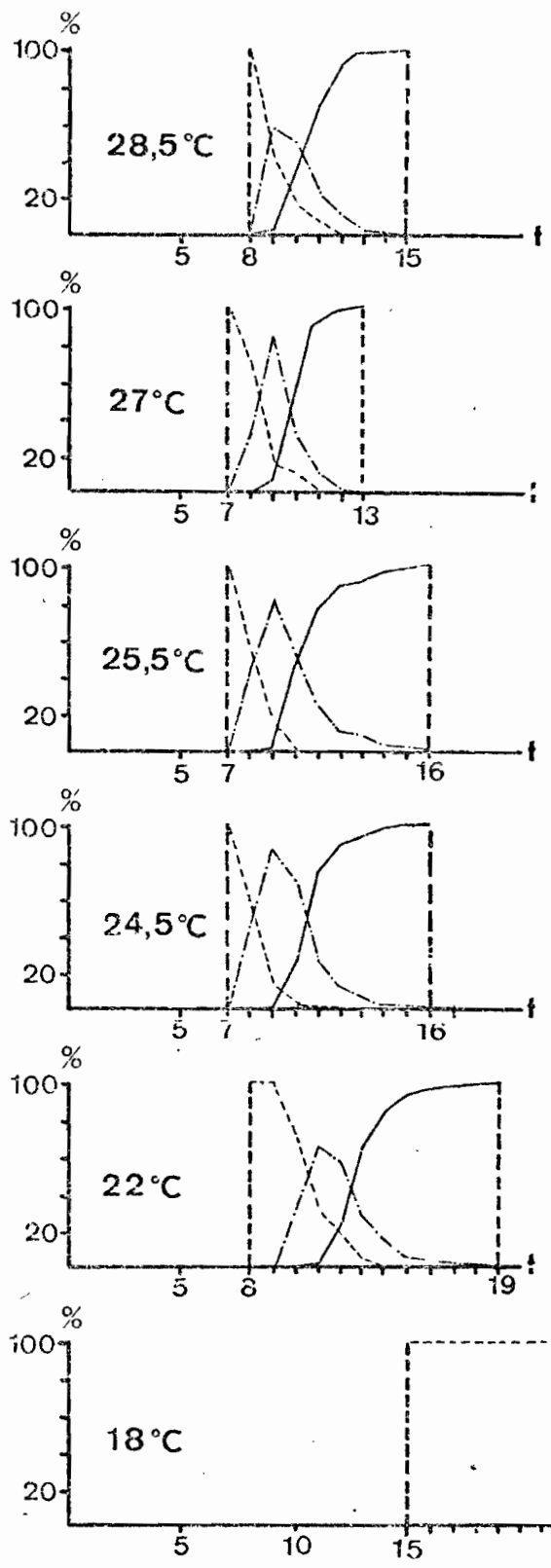
La figure 2 montre l'effet considérable de la température sur l'intensité de la sporulation. La sporulation totale moyenne au 30e jour qui est indiquée dans le tableau 2 permet de constater une variation très significative des valeurs observées d'une température à une autre, malgré l'incertitude relativement importante associée à ces estimations.

Les valeurs estimées de la période infectieuse en fonction des quatre températures testées sont présentées dans le tableau 2. Cette durée apparaît maximale à 27°C (26,5 j.). Il convient de noter qu'aux températures inférieures à 27°C, celle-ci semble diminuer assez lentement (21,6 j. à 22°C), alors qu'elle chute très rapidement au-delà (12,9 j. à 28°C).

e. Inoculations effectuées sur des plantes cultivées en pots à 27°C

Les symptômes observés après inoculation sur les plantes cultivées en pots sont identiques à ceux suivis sur feuilles détachées. Le tableau 3 permet de comparer ces évolutions des populations de lésions sur ces deux supports. On constate, par contre, un décalage dans le développement des lésions. Cet écart aboutit à une différence de l'ordre d'un jour dans le temps de latence moyen des lésions.

A



B

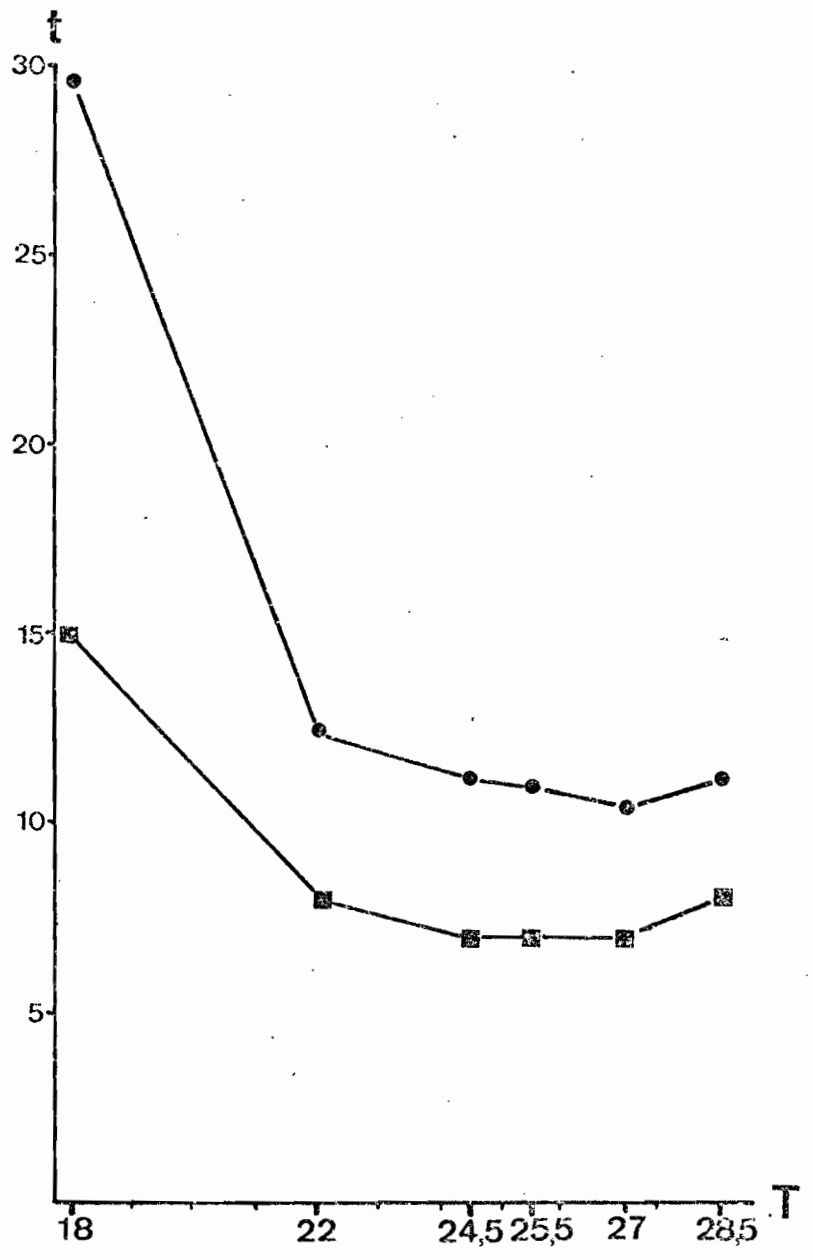


FIGURE 1 : Evolution des lésions en fonction de la température

A. Evolution des proportions des différents stades en fonction du temps.

Ordonnées : pourcentages de chaque stade

Abscisses : temps à partir de l'inoculation (jours)

----- : stade 1

----- : stade 2

----- : stade 3

B. Variations des temps de latence et d'incubation avec la température.

● : temps de latence

■ : temps d'incubation

Abscisses : températures (°C)

Ordonnées : temps (jours)

FIGURE 1 : Effect of temperature on lesions evolution

A. Evolution of different lesions development stages with time.

Ordinates : percents of each stage

Abscissa : time from inoculation (days)

----- : 1st stage

----- : 2nd stage

----- : 3rd stage

B. Latent and incubation periods at six temperatures.

● : latent period

■ : incubation period

Abscissa : temperature (°C)

Ordinates : time (days)

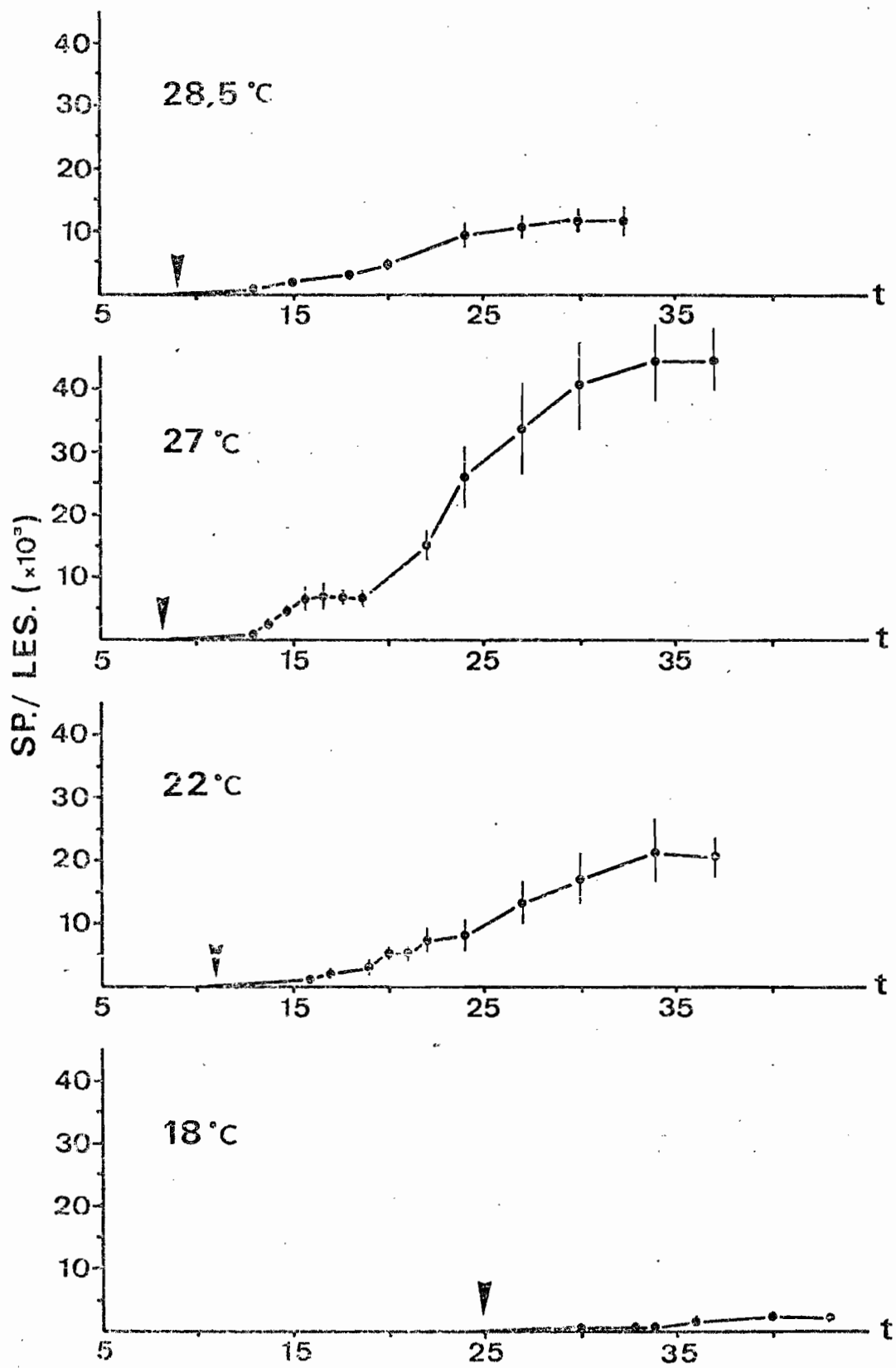


FIGURE 2 : Cinétique de la sporulation en fonction de la température.

Ordonnée : nombre moyen de spores produites par lesion
(en milliers)

Abscisse : temps à partir de l'inoculation (j)

FIGURE 2 : Sporulation kinetics at four temperatures

Ordinate : mean number of spores produced per
pustule (thousands)

Abscissa : time from inoculation (days).

TABLEAU 2 : Sporulation totale et durée de la période infectieuse en fonction des températures.

TEMPERATURES	18° C	22° C	27° C	28,5° C
SP (1)	460 ± 245	17000 ± 4100	40500 ± 6900	11300 ± 1700
IF	13,5	21,6	26,5	12,9

TABLEAU 2 : Sporulation totale et durée de la période infectieuse en fonction des températures.

- SP : Nombre total moyen de spores produites par une pustule au 30e jour après inoculation (60 comptages)
- IF : Estimation de la durée de la période infectieuse
- (1) : Les valeurs sont suivies de leur intervalle de confiance (95 p. cent)

TABLE 2 : Effect of temperature on total spore production and infectious period.

- SP : Mean total number of spores produced in 30 days after inoculation, per uredia (60 countings)
- IF : Estimated infectious period length (see text)
- (1) : Data are followed by their confidence interval (95 %).

TABLEAU 3 : Evolution des lésions à 27°C obtenues sur plantes en pots ou folioles détachées.

Date (1)	PLANTES EN POT			FOLIOLES EN SURVIE		
	Stades (p. cent)			Stades (p. cent)		
	1	2	3 (2)	1	2	3 (3)
7	-	-	-	100	0	0
8	100	0	0	69,5	30,5	0
9	58,4	41,6	0	15,5	84,4	7,2
10	20	61,5	18,5	10,7	32,5	56,8
11	0	37,6	62,5	0	10,3	89,7
12	0	14,1	85,9	0	1,5	98,5
13	0	4,6	95,4	0	0	100
14	0	3,1	96,9			
15	0	0	100			
LAT.	11,38			10,48		

DISCUSSION

1. Doses d'inoculum

Des variations de la dose d'inoculum apportée peuvent modifier les valeurs prises par les variables que l'on cherche à étudier. Ainsi, YARWOOD (1961) a montré qu'en accroissant le nombre de spores de *Uromyces phaseoli* déposées sur des feuilles de haricot, on réduit la durée de la période de latence. Par ailleurs, MEHTA & ZADOKS (1970) ont montré, dans le cas de la rouille brune du blé, qu'un accroissement de la dose d'inoculum entraîne un accroissement de la période de latence ainsi qu'une réduction de la période infectieuse.

L'obtention, au cours de ces essais, d'une bonne homogénéité des doses apportées (tabl. 1) permet d'exclure ce facteur de variation des conclusions que l'on peut en tirer. La relative facilité avec laquelle une quantité régulière, et mesurable, de spores peut être apportée à chacune des folioles à inoculer, constitue l'un des avantages de la méthode d'inoculation qui est utilisée ici.

2. Germination des spores. Efficacité de l'inoculum

Les valeurs obtenues (tableau 1) pour les proportions de spores germées aux différentes températures apparaissent décrire une courbe d'optimum, dont l'obtention est courante dans ce type d'étude. On peut noter cependant qu'une diminution très rapide de la germination des spores apparaît après 27°C, l'optimum, alors qu'elle est progressive en deçà de cette température.

Or, il apparaît également qu'entre 18 et 27°C, l'efficacité de l'inoculum reste globalement inchangée (tableau 1). Par contre, on observe une sensible diminution de cette variable à 28,5°C, qui s'annule ensuite à 30°C.

Il semble donc que les différentes étapes du processus infectieux qui séparent le dépôt de la spore de l'apparition de la lésion soient plus lentement traversées en deçà de 27°C, mais avec la même proportion de succès pour le parasite, qu'à cette dernière température. Au delà de 27°C, au contraire, il y a une diminution du taux de survie de la "cohorte" suivie, dont la réduction de la proportion de spores germées après 20 heures à 28,5°C ou 30°C n'est sans doute qu'un élément.

L'obtention de valeurs équivalentes pour l'efficacité de l'inoculum apporté sur une gamme de température non défavorables, ni au parasite, ni à la plante, comme ici, de 18 à 27°C, est un résultat déjà rencontré pour *Puccinia hordei* (TENG et CLOSE, 1978), entre 10 et 25°C, et correspond au principe "une propagule - une lésion" discuté par ZADOKS et SCHEIN (1979).

3. Temps d'incubation et de latence

La figure 1 montre que les temps d'incubation et de latence varient dans le même sens, ce qui est considéré par PARLEVLIET (1979) comme un résultat logique.

Une réduction du temps de latence avec une température plus élevée est également un résultat fréquent dans la littérature, notamment dans le cas des rouilles (ZADOKS, 1961 : *P. striiformis* ; TOMERLIN et al., 1982 : *P. recondita* ; SIMKIN et WHEELER, 1974 : *P. hordei*). Une période de latence allongée, par ailleurs, est interprétée par MENTA et ZADOKS (1970) comme un mécanisme de survie chez *P. recondita*.

Dans les résultats rassemblés dans la figure 1, il convient de souligner, après la réduction de la période de latence entre 18 et 27°C, son accroissement à 28,5°C. Bien qu'il soit modeste (27°C : 10,5 j. ; 28,5°C : 11,1 j.), cet accroissement confère à la courbe obtenue une forme en V analogue à celle obtenue par TOLLENAAR et HOUSTON (1967) pour la rouille jaune du blé ou par TENG et CLOSE (1978) pour celle de l'orge.

L'apparition d'une période de latence allongée au-delà de 27°C et en deçà de 24,5°C devrait, en effet, avoir des conséquences considérables quant au développement des épidémies de rouille dans les conditions climatiques de Côte d'Ivoire. Cette hypothèse est confortée par les observations effectuées en Inde par KRISHNA PRASAD et coll. (1979), où les épidémies connaissent un développement plus intense en période modérément chaude (24,2°C en moyenne sur 15 semaines) qu'en période fraîche (23,6°C).

4. Sporulation

L'évolution de la production de spores à 27°C semble connaître deux étapes d'accroissement, séparées par une phase de ralentissement, ce qui constituerait une originalité du couple *P. arachidis*-Arachide, vis-à-vis d'autres systèmes étudiés. (Notamment, par rapport aux résultats obtenus sur *P. hordei* par TENG et CLOSE, 1978).

L'intensité de la sporulation est fortement affectée par la température, avec une nette atténuation au-delà de 27 et en deçà de 22°C (Figure 2 et Tableau 2).

Ceci est en accord avec des observations effectuées sur d'autres rouilles : *P. recondita* (TOMERLIN et coll., 1983 ; EYAL et PETERSON, 1967) *P. hordei* (SIMKIN et WHEELER, 1974 ; TENG et CLOSE, 1978), par exemple.

Cependant, outre la température, plusieurs facteurs, et en particulier, l'intensité lumineuse et l'humidité relative, sont susceptibles d'avoir des effets sur l'intensité de la sporulation. C'est notamment le cas pour la rouille jaune (RAPILLY, 1979) et la rouille brune (EYAL et PETERSON, 1967) du blé. Par ailleurs, ces différents facteurs interfèrent entre eux, parce qu'ils agissent sur l'intensité de la photosynthèse des feuilles infectées et donc, le statut des relations trophiques entre la plante et son parasite,

9

dont la sporulation est une conséquence (ROTEM et coll., 1978). A cet égard, et malgré leur bon accord avec des résultats précédemment obtenus sur d'autres couples hôte-parasite, les résultats présentés ici nécessitent donc un contrôle à partir d'observations effectuées sur plantes cultivées en pot ou en serre.

5. Période infectieuse

Les estimations, qui sont faites ici (tabl. 2), de la durée de la période infectieuse en fonction de la température, comportent une incertitude qui, sans doute, excède 1 jour. Cette imprécision, déjà évoquée par MEHTA et ZADOKS (1970) pour cette mesure, est, au moins en partie, inhérente à la forme asymptotique des courbes obtenues pour l'intensité de la sporulation (figure 2).

Néanmoins, les résultats qui sont présentés dans le tableau 2 paraissent indiquer une forte diminution de la durée de la période infectieuse à basse température, ainsi qu'au delà de 27°C. Ce dernier point constituerait également dans les conditions climatiques de culture de l'arachide en Côte d'Ivoire, un élément important de l'évolution des épiphyties.

Il convient de noter ici que TENG et CLOSE (1978) ont montré qu'une température de 25°C entraîne une réduction de la durée de la période infectieuse, alors que celle-ci demeure inchangée entre 10 et 20°C, pour *P. hordei*. Par ailleurs, les résultats de MEHTA et ZADOKS (1970), sur *P. recondita*, indiquent une réduction du temps de latence lorsque l'on passe d'une température variant de 11 à 15°C à une température qui varie de 16 à 19°C. Ces données font apparaître, de la même manière que dans le cas de *P. arachidis*, un niveau de température au-delà duquel la période infectieuse tend à se raccourcir.

6. Comparaison des évolutions des lésions sur plantes cultivées en pots et feuilles détachées à 27°C

Il existe de très nombreux travaux utilisant des organes excisés pour étudier les étapes du cycle d'un parasite biotrophe. Par exemple, l'étude de QUINN et POWELL (1982), sur l'oïdium du Begonia, au terme de laquelle un système efficace de lutte est proposé.

L'étude des parasites foliaires, tant biotrophes que nécrotrophes, de l'arachide, a fait déjà largement appel à l'emploi de feuilles détachées. Ainsi, les travaux de : COOK (1980 a), COOK (1980 b), SUBRAHMANYAM et coll. (1980), SUBRAHMANYAM et coll. (1983a), SUBRAHMANYAM et coll. (1983 b), en ce qui concerne *Puccinia arachidis*, ainsi que ceux de GOBINA et coll. (1983), portant sur *Cercospora arachidicola*. L'arachide se prête, en effet, bien à ce type d'expériences, ses feuilles, détachées et maintenues dans une humidité saturante, pouvant être conservées durant plusieurs semaines.

Par contre, parmi les travaux cités ici qui concernent les rouilles des Graminées, tous ont été effectués sur des plantes entières, cultivées en pots ou en plein champ, l'emploi d'organes détachés comme support de travail dépendant de son adéquation avec l'étude entreprise.

La pulvérisation d'une suspension de spores sur des plantes en pots entraîne un dépôt de spores essentiellement sur la face supérieure de leurs feuilles. Or, Mc VEY (1965) indique qu'un décalage de 24 heures existe entre l'évolution de lésions obtenues par dépôt de spores sur la face inférieure des feuilles et celles obtenues par un dépôt sur leur face supérieure (sur plantes cultivées en pots). Au cours d'un essai préliminaire, la même observation a été effectuée au laboratoire, sur des folioles détachées.

L'écart d'environ 24 heures qui est observé (tableau 3) entre les lésions obtenues sur plantes entières et feuilles détachées peut donc s'expliquer par cette plus grande lenteur d'évolution pour les lésions provoquées par des spores déposées sur la face supérieure des feuilles.

Il est intéressant, d'autre part, de noter que YARWOOD (1961) a obtenu des résultats du même ordre, mais inversés, chez *Uromyces phaseoli* : ici, la période de latence est plus courte lorsque l'inoculation est effectuée sur la face supérieure des feuilles. Chez *U. phaseoli*, les pustules apparaissent à la face supérieure des feuilles, de manière prépondérante, alors qu'elles se forment à la face inférieure pour *P. arachidis*.

Cette interprétation des résultats du tableau 3 nous paraît permettre d'écarter, au moins dans une première analyse, la possibilité d'une erreur systématique liée à l'emploi de feuilles détachées

CONCLUSION

Il existe un effet marqué de la température sur les temps d'incubation et de latence, l'intensité de la sporulation, et la durée de la période infectieuse chez *Puccinia arachidis*. En deçà d'une zone de température voisine de 27°C, les valeurs prises par ces différentes variables se modifient d'autant plus intensément que l'on s'éloigne de cette zone. A basse température (18°C) le temps de latence est considérablement allongé (29,5 au lieu de 10,5 j), l'intensité de la sporulation est fortement diminuée (460 spores lésion au lieu de 40500 à 27°C), et la période infectieuse tend à se raccourcir (13,5 jours au lieu de 26,5), avec sur ce point les réserves émises plus haut.

Des variations dans les mêmes sens apparaissent également au-delà de 27°C.

Par contre, aucune variation n'est observée quant à la proportion de spores produisant une lésion entre 18 et 27°C. Au-delà de 27°C, cette variable connaît une brutale diminution, (elle s'anule à 30°C), les conditions de température et d'humidité devenant défavorables à la germination des spores et à l'initiation du processus infectieux.

Ces résultats, globalement, font apparaître un bon accord avec ceux, concernant principalement les rouilles des Graminées, qui sont pris ici comme références. Ils permettent également d'envisager d'importants effets du régime des températures sur le développement des épiphyties de rouille de l'arachide, et paraissent concorder avec des observations de terrain (KRISHNA PRASAD et coll. 1979).

Cependant, et malgré l'accord observé par SUBRAHMANYAM et coll. (1980) et SUBRAHMANYAM et coll. (1983 a) entre des essais réalisés sur feuilles détachées et plantes cultivées en pot, ou en plein champ, il apparaît, pour les raisons développées notamment par ROTEM et coll. (1978), que ces résultats nécessitent d'être complétés ultérieurement par des essais sur plantes entières.

BIBLIOGRAPHIE

- COOK, M., -1972- Screening of peanut for resistance to peanut rust in the greenhouse and field.
Plant dis rep. 56 : 382-386.
- COOK, M., -1980 a - Host-parasite relations in uredial infection of peanut by *Puccinia arachidis*.
Phytopathology, 70 : 822-826.
- COOK, M., -1980 b - Peanut leaf wettability and susceptibility to infection by *Puccinia arachidis*.
Phytopathology, 70 : 826-830.
- EYAL, Z., PETERSON, J.L., -1967- Uredospore production of five races of *Puccinia recondita* Rob. et Desm. as affected by light and temperature.
Can. J. Bot. 537-540.
- GOBINA, S.M., MELOUK, M.A., BANKS, D.J., -1983- Sporulation of *Cercospora arachidicola* as a criterion for screening peanut genotypes for resistance.
Phytopathology, 73 : 556-568.
- KRISHNA PRASAD, K.S., SIDDARAMAIAH, A.L., HEGDE, R.K., -1979- Development of peanut (groundnut) rust disease in Karnataka state, India.
Plant Dis. Rep., 63 (8) : 692-695.
- Mc VEY, D.V., -1965- Inoculation and development of rust on peanut grown in the greenhouse.
Plant Dis. Rep. 49 : 191-192.
- MEHTA, Y.R., ZADOKS, J.C., -1970- Uredospore production and sporulation period of *Puccinia recondita* f. sp. *triticea* on primary leaves of wheat.
Neth. J. Pl. Path. 76 : 267-276.
- PARLEVLIET, J.E., -1975- Partial resistance of barley to leaf rust : *Puccinia hordei*. I. Effect of cultivar and development stage on latent period.
Euphytica, 24 : 21-27.

- PARLEVLIET, J.E., -1979- Components of resistance that reduce the rate of epidemic development.
Annual Review of Phytopathology, 17 : 203-222.
- QUINN, J.A., POWELL, Jr, C.C., -1982- Effects of temperature, light and relative humidity on powdery mildew of Begonia.
Phytopathology, 72 : 480-484.
- RAPILLY, F., -1979- Yellow rust epidemiology.
Annual Review of Phytopathology, 17 : 59-73.
- ROTEM, J., COHEN, Y., BASHI, E., -1978- Host and environmental influences on sporulation *in vivo*.
Annual Review of Phytopathology, 16 : 83-101.
- SCHEIN, R.D., -1964- Design, performance, and use of a quantitative inoculator.
Phytopathology, 54 : 509-513.
- SIMKIN, M.B., WHEELER, B.E.J. -1974- The development of *Puccinia hordei* on Barley, cv. Zephyr.
Annals of Applied Biology, 78 : 225-235.
- SUBRAHMANYAM, P., GIBBONS, R.W., NIGAM, S.N., RAO, V.R., -1980- Screening methods and further sources of resistance to peanut rust.
Peanut Science, 7 (1) : 10-12.
- SUBRAHMANYAM, P., MOSS, J.P., RAO, V.R., -1983 a - Resistance to peanut rust in wild *Arachis* species.
Plant Disease, 67 : 209-212.
- SUBRAHMANYAM, P., Mc DONALD, D., GIBBONS, R.W., SUBBARAO, P.V. -1983 b - Components of resistance to *Puccinia arachidis* in Peanuts.
Phytopathology, 73 : 253-256.
- TENG, P.S., CLOSE, R.C., -1978- Effect of temperature and uredinium density on urediniospore production, latent period and infectious period of *Puccinia hordei* Otth.
N.Z.J. of Agric. Res., 21 : 287-296.
- TOLENAAR, H., MOUSTON, B.R., -1967- A study of the epidemiology of stripe rust (*Puccinia striiformis*) in California.
Can. J. Bot. 45 : 291-307.
- TOMERLIN, J.R., EVERSMEYER, M.G., KRAMER, C.L., BROWDER, L.E. -1983- Temperature and host effects on latent period and infectious period and on urediniospore production of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*.
Phytopathology, 73 : 414-419.

- VAN DER PLANK, -1963- Plant Diseases. Epidemics and control.
Academic Press - New-York 349 pp.
- YARWOOD, C.E., -1961- Uredospore production by *Uromyces phaseoli*.
Phytopathology, 73 : 414-419.
- ZADOKS, J.C., -1961- Yellow rust on wheat, studies in epidemiology
and physiologic specialization.
T. Pl. Ziekten, 67 : 69-256.
- ZADOKS, J.C., -1970- Systems analysis and the dynamic of epidemics.
Phytopathology, 61 : 600-610.
- ZADOKS, J.C., SCHEIN, R.D., -1979- Epidemiology and plant disease
management.
Oxford University Press - New-York, Oxford, 427pp.