

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
CENTRE D'ADIOPODOUME

BP. V-51 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---

Laboratoire de Phytopathologie

ÉTUDE D'UNE ÉPIPHYTIE DE ROUILLE DE L'ARACHIDE, EN RELATION  
AVEC QUELQUES FACTEURS BIOTIQUES. ÉLABORATION D'UN SYSTÈME  
DE NOTATION DE LA MALADIE.

par

*Serge SAVARY*

---

## RÉSUMÉ

Une série d'observations phytopathologiques sur Arachide est effectuée dans le Sud de la Côte d'Ivoire au cours d'un cycle cultural.

A partir des données rassemblées, un système de notation de la maladie de l'Arachide due à *Phaeocephala maculipes* Cass. est

## INTRODUCTION

L'étude qui est présentée ici a pour but de préciser les principales étapes d'une épiphytie de rouille sur Arachide. L'extension du parasite (*Puccinia arachidis* Speg.) a donc été suivie de manière détaillée au cours d'un cycle cultural, en tenant en compte du développement des plantes, ainsi que des autres facteurs biotiques qui peuvent l'influencer. C'est ainsi que les agents de cercosporioses, qui occupent la même niche écologique que *P. arachidis*, et qu'un hyperparasite de la rouille (*Tuberculina* sp.) ont fait l'objet d'observations régulières.

Il n'est pas possible, à partir des seules données provenant d'une campagne culturale, d'aborder une analyse détaillée des mécanismes épidémiologiques de la rouille de l'Arachide. Les données bioclimatologiques associées à ces observations, qui en constitueraient un élément essentiel, ont donc, volontairement, été écartées ici, en vue d'une analyse ultérieure.

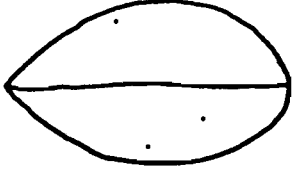
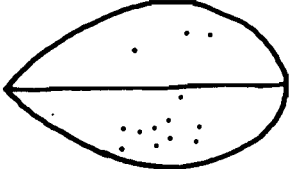
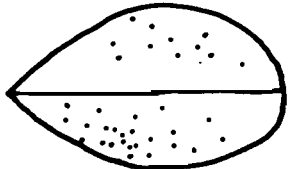
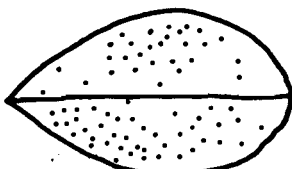
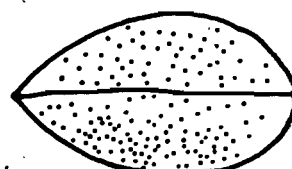
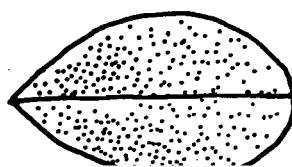
COOK (1972) et MAYEE et coll. (1979) ont élaboré des systèmes de notation, globaux sur la plante, de la rouille de l'Arachide, qui sont utilisables pendant toute la période de croissance. Par ailleurs, KRISHNA PRASAD et coll. (1979) en ont mis au point un autre, fondé sur 5 niveaux foliaires, utilisable en fin de cycle. Il a été jugé utile, ici, de tenter de synthétiser l'ensemble des données recueillies dans l'élaboration d'un système de notation de l'intensité de la rouille de l'Arachide, qui tienne compte à la fois de la sévérité et de l'incidence de la maladie sur la plante, "intensité", "sévérité" et "incidence" étant pris au sens où les emploient ZADOKS et SCHEIN (1979), et qui soit susceptible d'être utilisé tout au long de la croissance des plantes, et de l'épiphytie.

---

Le traitement des données a été effectuée sur un ordinateur HEWLETT-PACKARD 9845, avec l'aide et grâce au logiciel élaboré par Monsieur M. NOIROT, du Laboratoire de Génétique de l'ORSTOM, qui en est très vivement remercié.



Figure 1 : Notes d'infection foliaire par *Puccinia arachidis*

|   | NOTE | % MALADIE | NOMBRE LESIONS | % SURFACE TOUCHEE |
|---|------|-----------|----------------|-------------------|
|    | 1    | 1,2       | 3 (1-5)        | 0,2               |
|    | 2    | 5,1       | 13 (6-20)      | 0,7               |
|   | 3    | 13,7      | 35 (21-50)     | 1,9               |
|  | 4    | 29,3      | 75 (51-100)    | 4,0               |
|  | 5    | 58,6      | 150 (101-200)  | 8,0               |
|  | 6    | 100       | 280 (>200)     | 15,0              |

### 3. EVOLUTION DES CERCOSPORIOSES

Les cercosporioses de l'Arachide sont dues à deux agents fongiques : *Cercosporidium personatum* Berk. et Curt. (*Cercospora*

relativement aisés à distinguer. Si les exigences vis-à-vis des conditions physiques de milieu de ces deux parasites nécrotrophes sont sans doute légèrement différentes, leurs exigences trophiques

Les variables sont les suivantes :

F1 : Nombre de lésions sur la 1ère feuille (la plus jeune)

F2 : Nombre de lésions sur la 2ème feuille

F3 : Nombre de lésions sur la 3ème feuille

F4 : Nombre de lésions sur la 4ème feuille

F5 : Nombre de lésions sur la 5ème feuille

~~PF : Nombre de lésions sur la dernière feuille~~

$\frac{I}{F}$  = Proportion de feuilles indemnes (I) par rapport au nombre total de feuilles sur la tige (F)

M = Nombre moyen de pustules par feuille sur la tige ( $M = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^F F_i$ )

(A ce stade de l'analyse, par commodité, la numérotation des feuilles est donc inversée, du haut vers le bas de la tige).

Ces calculs sont effectués afin de connaître le (s) niveau(x) foliaire(s) reflétant le mieux la sévérité de l'attaque parasitaire, que l'on admet, en première approche, devoir être estimé de la manière la plus précise par M.

Chaque plante, à chacun des dix premiers relevés, est considérée comme un individu en soi ; le calcul porte donc sur 200 plantes qui recouvrent les différentes étapes de croissance de la plante et de la multiplication du parasite, et qui sont représentées par les valeurs des 8 variables indiquées.

Après avoir identifié ces niveaux foliaires grâce à la donnée plus précise du nombre de lésions qu'ils portent, un système de notation est élaboré en les y incluant sous forme de notes foliaires, données plus rapides à obtenir et permettant une conversion en pourcentage de maladie.



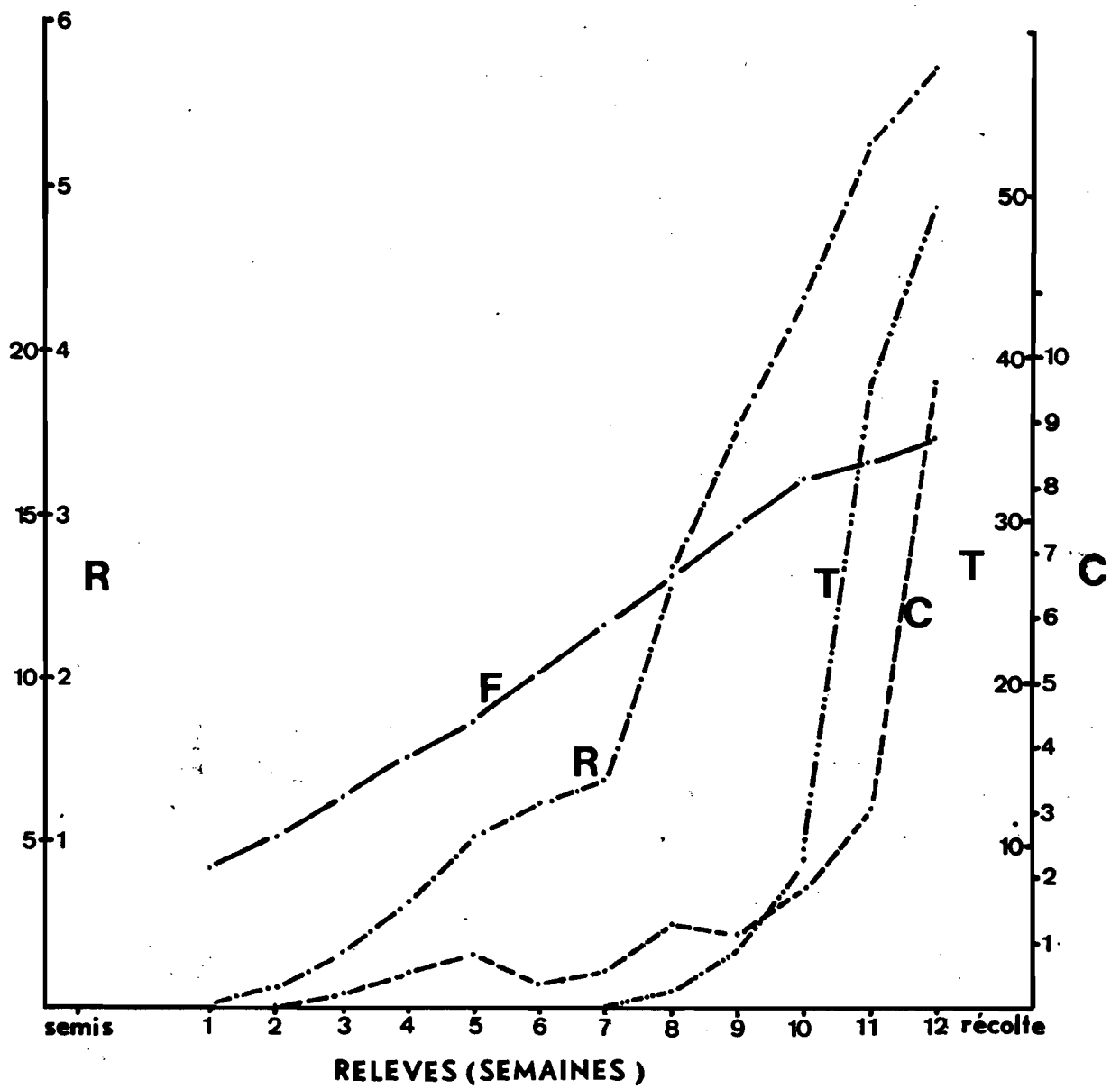


Figure 4 : Evolutions de la croissance des plantes (F), de la rouille (R), des cercosporioses (C) et de *Tuberculina* sp. (T).

F : en nombre moyen de feuilles par tige principale

R : note :  $(1 - \frac{I}{F}) (\frac{f3 + f5 + df}{3})$

C : note sanitaire de CHEVEAUGEON (voir texte)

T : p. cent de feuilles vivantes colonisées par *Tuberculina* sp.

## RÉSULTATS

### 1. CROISSANCE DES PLANTES

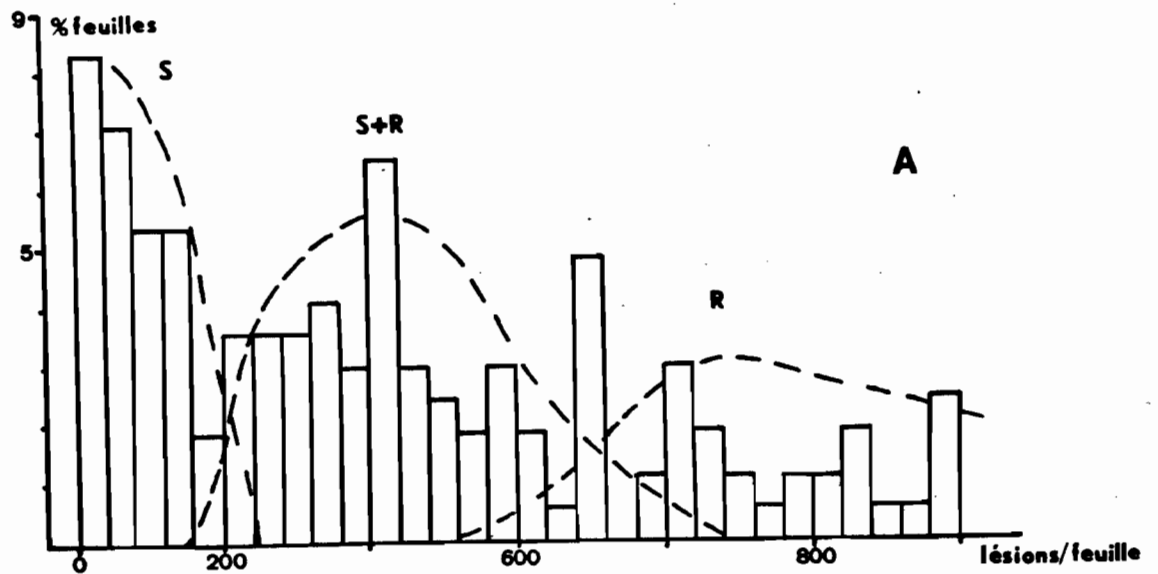
La croissance des plantes, représentée par le nombre de feuilles portées par la tige principale, est assez régulière, ainsi que le montre la figure 4. Le rythme d'émission foliaire, qui est en moyenne de 1,2 feuilles par semaine présente néanmoins un fléchissement au cours des deux dernières semaines. Par ailleurs, il convient de noter ici que l'intensité de la défoliation est très modérée au cours de la culture, presque toutes les feuilles, même détruites, demeurant fixées à la tige jusqu'à la récolte.

### 2. NECROSE, DESTRUCTION D'ORIGINE PARASITAIRE ET SENESCENCE FOLIAIRE

Le niveau d'infection par les agents de cercosporioses, faible durant toute la culture, ainsi qu'il est indiqué plus loin, constitue un facteur de flétrissement ou de défoliation qui n'est pas, ici, pris en compte.

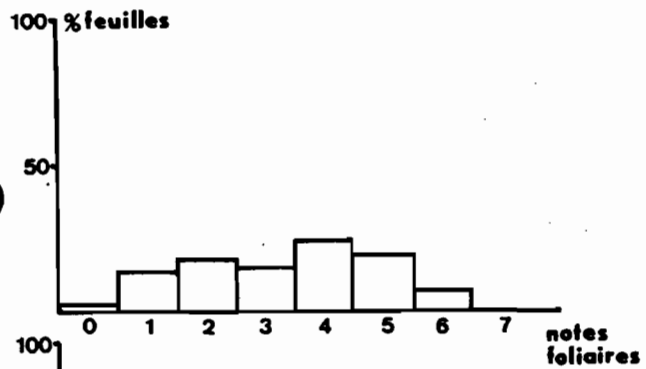
Le graphique de la figure 2 A représente la répartition des 166 feuilles dont la destruction a été enregistrée jusqu'au 11<sup>e</sup> relevé (12<sup>e</sup> semaine après semis) en fonction des classes d'infection par *P. arachidis* auxquelles elles appartiennent (en nombre de lésions par feuille noté avant le flétrissement). Un premier ensemble (S) de feuilles, dont le flétrissement n'est pas lié à l'infection par *P. arachidis* (0 à 200 lésions) semble se distinguer dans cet histogramme. Par ailleurs, il est possible d'y séparer deux autres groupes, l'un (R+S : 200 à 600 lésions) où le flétrissement serait lié simultanément à une senescence et à l'action du parasite, l'autre (R : plus de 600 lésions), où il ne serait lié qu'à l'effet de la rouille. MEHTA et ZADOKS (1970) ont montré que l'infection du Blé par *P. recondita* a pour conséquence, outre une réduction de la surface photosynthétisante, un détournement très important du métabolisme de l'hôte au profit de la multiplication du parasite, dernier effet qui a des conséquences majeures sur le rendement. Il est donc possible d'admettre que la présence de 200 pustules de *P. arachidis* sur une feuille d'Arachide a un impact majeur sur sa physiologie.

Par ailleurs, la concentration des lésions dues à *P. arachidis* sur une surface foliaire réduite est responsable d'une nécrose brune caractéristique, aisément distinguée des lésions dues aux agents de cercosporioses, ou à la décoloration liée à la senescence des feuilles. Sur les feuilles fortement infectées, ces nécroses confluent et l'étendent rapidement à tout le limbe.

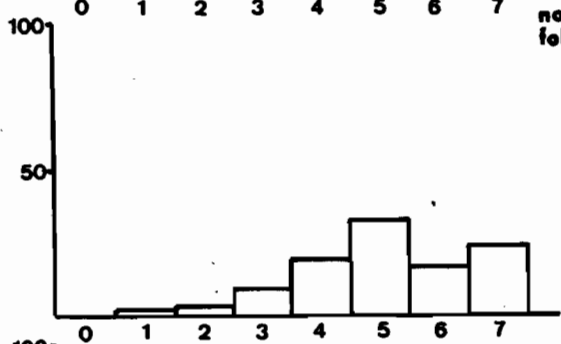


niveaux  
foliaires :

1.4 (base)



5.8



8 <  
(sommets)

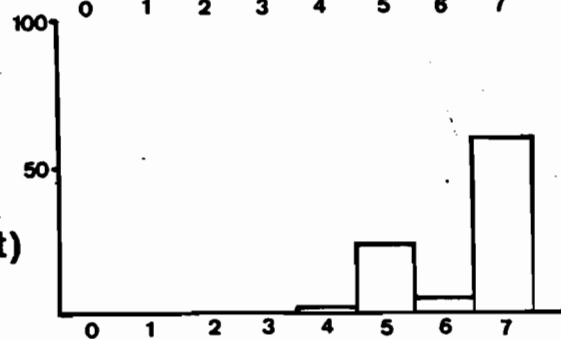


Figure 2 : Répartition des feuilles détruites au cours de la culture

- en fonction de leurs classes d'infection (nombre de lésions) : figure 2A.

ordonnée : en p. cent par rapport au total des feuilles détruites (166)

S = senescence ; R+S = rouille et senescence ; R = rouille (voir texte)

- en fonction de leurs niveaux d'insertion sur la tige, et de leurs classes d'infections (notes foliaires) : figure 2B.





Figure 3 : Répartition des feuilles à la 11e semaine, en fonction de de leur position et de leur degré d'infection.

En grisé = feuilles présentant une nécrose couvrant plus de 10 p. cent de leur surface.



|               |       | (sommet) |       |       |       |       | (base) |       |  |
|---------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--|
|               | M     | I/F      | F1    | F2    | F3    | F4    | F5     | DF    |  |
| Moyennes      | 35,65 | 0,371    | 2,59  | 10,00 | 27,07 | 32,56 | 44,83  | 64,59 |  |
| Ecart-types   | 51,51 | 0,291    | 18,54 | 42,41 | 67,78 | 64,37 | 83,63  | 90,18 |  |
| Coef. var (1) | 75    | 76       | 182   | 126   | 178   | 91    | 85     | 68    |  |

Matrice de corrélation :

|     | M     | I/F   | F1   | F2   | F3   | F4   | F5   | DF |
|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|----|
| M   | 1     |       |      |      |      |      |      |    |
| I/F | -0,57 | 1     |      |      |      |      |      |    |
| F1  | 0,36  | -0,18 | 1    |      |      |      |      |    |
| F2  | 0,58  | -0,26 | 0,57 | 1    |      |      |      |    |
| F3  | 0,85  | -0,41 | 0,54 | 0,75 | 1    |      |      |    |
| F4  | 0,89  | -0,47 | 0,35 | 0,49 | 0,81 | 1    |      |    |
| F5  | 0,92  | -0,49 | 0,37 | 0,58 | 0,85 | 0,80 | 1    |    |
| DF  | 0,86  | -0,54 | 0,29 | 0,49 | 0,74 | 0,71 | 0,77 | 1  |

| Coefficients<br>de corrélation | % de variation<br>de M expliqués | Liste des<br>variables               | Equations : M =  |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|
| 0,964                          | 92,85                            | I/F, F1, F2 A :<br>F3, F4, F5,<br>DF | -14,96IF-0,66F1+0,42F2+0,71F3<br>+0,20F4+0,20F5+0,19DF+12,04 |
| 0,963                          | 92,81                            | I/F, F2, F3 B :<br>F4, F5, DF        | -14,81I/F+0,31F2+0,063F3<br>+0,20F4+0,20F5+0,18DF+11,94      |
| 0,963                          | 92,78                            | I/F, F3, F4<br>F5, DF                | -14,88I/F+0,82F3+0,197F4                                     |
| 0,960                          | 92,06                            | F4, F5, DF C :                       | 0,226 F4+0,235F5+0,21DF+4,14                                 |
| 0,947                          | 88,55                            | F4, F5, DF                           | 0,442F4+0,269DF+3,88   |

|       |       |        |                           |
|-------|-------|--------|---------------------------|
| 0,930 | 86,56 | F4, F5 | E : 0,261F4+0,386F5+9,84  |
| 0,951 | 90,48 | F5, DF | F : 0,384 + 0,219DF+4,27. |

Tableau 2 : Equations de régressions multiples

Différentes combinaisons de variables sont présentées dans le tableau 2, avec les équations obtenues et les coefficients de corrélation multiple afférents(R).

L'équation A, qui regroupe les 7 variables utilisées pour expliquer M est associée à un très fort coefficient de corrélation ( $R = 0,96$ ), et permet d'expliquer 92,9 p. cent des variations de M ; le choix initial de ces variables paraît donc convenable. On peut également noter que le couple F5 - DF (équation F) permet d'expliquer 90,5 p. cent des variations de M avec un coefficient  $R = 0,95$ .

Une notation globale impliquant les niveaux F5 et DF, représentés par les notes foliaires qui y auraient été relevées, devrait donc permettre d'estimer de façon convenable la sévérité de l'attaque parasitaire. Cependant pour mesurer son intensité, le calcul doit également inclure l'incidence de la maladie au niveau de la plante ; la variable I/F, qui présente au CV modéré et équivalent à celui de M peut être utilisée dans ce but.

Par ailleurs, il apparaît utile d'adjoindre un rang foliaire de niveau supérieur à F5. En effet, des défoliations beaucoup plus intenses que celles notées au cours des observations présentées ici ont été relevées en Côte d'Ivoire, pouvant entraîner une superposition des niveaux F5 et DF (en fin de cycle). De plus, on a montré (FORESTIER, 1973) l'importance de la partie supérieure de la canopée pour le rendement de l'Arachide. C'est pourquoi le 3e niveau foliaire est inclus dans le système de notation. Ce dernier est donc obtenu par le calcul de :

$$\left(1 - \frac{I}{F}\right) \left(\frac{f_3 + f_5 + df}{3}\right)$$

où  $f_3$ ,  $f_5$  et  $df$  représentent, respectivement, les notes (fig. 1) attribuées à la 3e, la 5e et à la dernière feuille de la tige principale, à partir de son sommet.

#### 4. EVOLUTION DE LA ROUILLE

Les premiers symptômes de rouille sont observés très précocément : au 2e relevé soit 3 semaines après semis.

L'évolution du nombre moyen de pustules par tige principale (fig. 4) s'effectue en 4 étapes : une croissance rapide du 2e au 5e relevé, un fléchissement du 5e au 7e, une reprise importante du 7e au 11e, suivi d'un léger fléchissement au cours de la dernière semaine.



Figure 5 : évolution de la severité de la rouille de l'Arachide en fonction des niveaux foliaires.

Ordonnée = rangs foliaires numérotés de la base vers l'apex.

Abscisses = - note foliaire (fig. 1)  
- et numéro des relevés (hebdomadaires).

L'évolution des notes foliaires moyennes en fonction des niveaux foliaires (fig. 5) confirme les indications de la figure 3 : la sévérité des attaques par *P. arachidis* est plus forte à la base des plantes. Cependant, dès le 8<sup>e</sup> relevé, les rangs foliaires les plus élevés commencent à subir des niveaux d'attaque importants, ce qui est associé à l'augmentation de la note d'infection des plantes (fig. 4). A partir de cette date, le gradient vertical qui est observé tend donc progressivement à s'atténuer.

## 5. EVOLUTION DES CERCOSPORIOSES

La progression des attaques dues aux deux agents de cercosporioses est très lente pendant la majeure partie de la culture, accusant même deux fléchissements nets (6<sup>e</sup> et 9<sup>e</sup> relevés), ainsi que le montre la figure 4. Une forte multiplication de ces parasites n'intervient qu'à la fin de la période d'observation, où ils n'atteignent, cependant, qu'un niveau assez faible par rapport à ceux enregistrés habituellement en Basse Côte d'Ivoire.

L'évolution du nombre de lésions dues aux agents de cercosporioses en fonction des niveaux foliaires est représentée dans la figure 6. Outre au gradient vertical déjà observé par CHEVEAUGEON au Sénégal (1952), il est possible d'y noter que les niveaux foliaires les plus élevés ne sont infectés que très tardivement (à partir des 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> relevés).

## 6. EVOLUTION DE TUBERCULINA SP.

L'apparition de l'hyperparasite de la rouille est tardive (8<sup>e</sup> relevé), mais progresse ensuite très rapidement, pour coloniser plus de 40 % des feuilles vivantes en fin de culture (fig. 4). Ce champignon se cantonne aux niveaux foliaires fortement infectés par *P. arachidis* (fig. 7).

CERCOSPORA SPP.

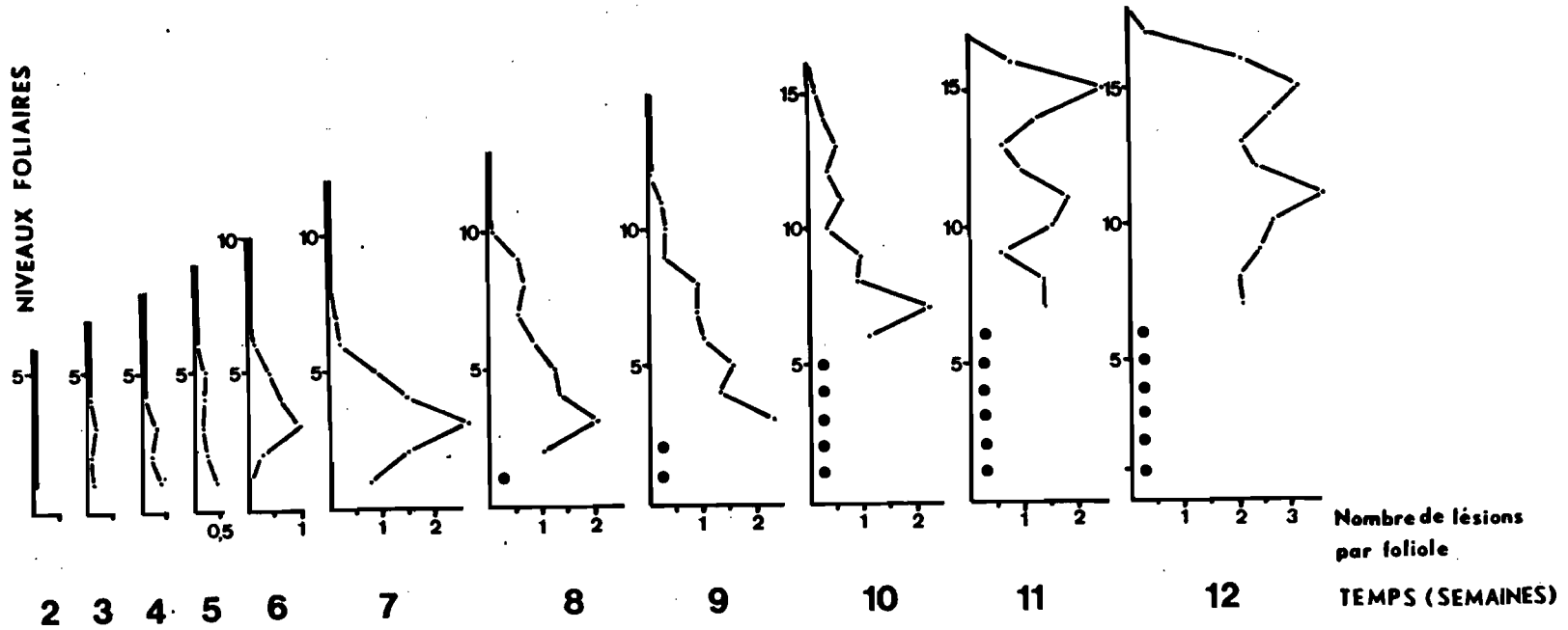


Figure 6 : évolution de la severité des cercosporioses en fonction des niveaux foliaires.

Ordonnée = rangs foliaires, numérotés de la base vers l'apex.

Abscisses = - nombre de lésions par foliole  
- et numéro des relevés (hebdomadaires)

● = feuilles mortes





Figure 7 : évolution de l'incidence de *Tuberculina* sp. en fonction des niveaux foliaires.

Ordonnée = rangs foliaires, numérotés de la base vers l'apex.

Abscisses = - pourcentages de feuilles colonisées  
- et numéro des relevés (hebdomadaires)

● = feuilles mortes.

## DISCUSSION - CONCLUSION

Le système de notation qui est proposé ici pour la rouille de l'Arachide résulte de la combinaison de 5 variables différentes, entraînant sans doute une bonne fiabilité, quoique certaines soient fortement corrélées entre elles. Il présente par ailleurs l'avantage d'être facilement convertible en pourcentage de maladie.

Il convient de noter que, pour la parcelle suivie, la date d'apparition de la rouille (3<sup>e</sup> semaine après semis) est exceptionnellement précoce, non seulement par rapport aux données de la Côte d'Ivoire, mais encore à celles concernant Porto-Rico (Mc VEY, 1965), ou l'Inde (PATIL et coll., 1979).

Le gradient vertical d'infection (fig. 5) par la rouille, qui est ultérieurement observé au cours des relevés successifs, peut être considéré comme une combinaison des effets du rythme d'émission foliaire et du temps d'incubation de la maladie. Ce dernier est estimé à 8 à 10 jours par Mc VEY (1965). Mais il est possible que ce gradient soit amplifié par les conditions microclimatiques particulières régnant à la base des plantes.

Le ralentissement dans la progression de la maladie qui est observé aux 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> relevés (fig. 4) peut être associé à une reprise importante de l'émission foliaire (tabl. 3). En revanche, le fléchissement du dernier relevé, alors que la croissance des plantes est fortement ralentie, peut être relié à la forte progression de *Tuberculina* sp. et, éventuellement, à celle des cercosporioses.

La sévérité des attaques par les agents de cercosporioses est globalement très faible durant toute la période culturale, malgré un développement rapide de ces parasites en fin de cycle. Ceci peut être lié à la colonisation très rapide et intense des feuilles par *P. arachidis* en faisant intervenir l'hypothèse d'une compétition entre un parasitisme biotrophe et un parasitisme nécrotrophe. Ce type d'interactions est notamment connu dans le cas de *Puccinia recondita* et *Septoria nodorum* chez le Blé (WAL et coll., 1970).

Pour ces parasites, un gradient vertical est également observé dans la sévérité de l'attaque parasitaire (fig. 6). Celui-ci semble plus intense, au début de la culture, que celui observé pour la rouille (fig. 5), ce que l'on peut lier au temps d'incu-

| Relevés<br>(numéros) | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| F/s                  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,0  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 0,8  | 0,6  |
| R/s                  | 0,12 | 0,23 | 0,29 | 0,42 | 0,18 | 0,15 | 1,29 | 0,91 | 0,74 | 1,0  | 0,41 |
| C/s                  | 0    | 0,22 | 0,30 | 0,32 | -0,5 | 0,16 | 0,82 | -0,2 | 0,7  | 1,22 | 6,58 |
| T/s                  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1,15 | 2,49 | 5,66 | 32,4 | 11,2 |

Tableau 3 : Progressions hebdomadaires de la rouille, des cercosporioses et de *Tuberculina*, en relation avec le rythme d'émission foliaire

F/s = rythme d'émission foliaire moyen, en feuilles par semaine

R/s = accroissement hebdomadaire de la note d'intensité de la rouille

C/s = accroissement hebdomadaire de la note des cercosporioses

T/s = accroissement hebdomadaire de l'incidence de *Tuberculina* sp.

bation plus long de ces maladies : 12 jours, selon CHEVEAUGEON (1952), pour *C. personata* en Casamance. Ce gradient s'atténue cependant fortement à la fin de la période d'observation (11e et 12e relevé) peut-être en raison de la senescence générale des plantes, et, également, du ralentissement de la progression de *P. arachidis* (fig. 4).

Le développement d'une épiphytie due à ces parasites semble s'enrayer à deux reprises au cours de la culture (fig. 4) : à la 7e semaine après semis (6e relevé), ce qui paraît associé à la reprise de croissance des plantes (tabl. 3), et à la 10e semaine (9e relevé), en relation avec un fort accroissement de la sévérité de la rouille.

~~l'évolution de l'épiphytie en fonction de la température~~

BIBLIOGRAPHIE

CHEVEAUGEON (J.) -1952- Recherches sur la cercosporiose de l'Arachide en moyenne Casamance.  
Annales de l'INA Paris (C) 3 : 489-510.

COOK (M.) -1972- Screening of peanuts for resistance to peanut rust in greenhouse and field.  
Plant Disease Reporter 56 (5) : 382-386.

FORESTIER -1973- Caractères végétatifs, croissance et rendement de l'Arachide hative.  
Cah. ORSTOM, ser. Biol., Vol. XI, n° 4 : 237-248.

PRASAD (K.S.K.), SIDDARAMAIAH (A.L.), HEGDE (R.K.) -1979- Development of peanut (groundnut) rust disease in Karnataka state, India.  
Plant Disease Reporter 63 (8) : 692-695.

MAYEE (C.D.), PATIL (M.A.), GODBOLE (G.M.), KIDE (D.S.), PATIL (F.S.) -1979- Fungicidal control of groundnut rust.  
Pesticides, 13 (10) : 13-14.

Mc VEY (D.V.) -1965- Inoculation and development of rust on peanuts grown in the greenhouse.  
Plant Disease Reporter, 49 : 191-192.

MEMTA (Y.R.), ZADOKS (J.C.) -1970- Uredospore production and sporulation of *Puccinia recondita*, f. sp. *triticeina* on primary leaves of wheat.  
Neth. J. Pl. Path. 76 : 267-276.

PATIL (M.B.), WANI (P.V.), PATIL (G.D.) -1979- Evaluation of fungicides for the control of groundnut leaf rust (*Puccinia arachidis* Speg.)  
Pesticides 13 (3) : 24-25.

WAL (A.F.) VANDER, SHEARER (B.), ZADOKS (J.C.) -1970- Interaction between *Puccinia recondita* et *Septoria nodorum* on wheat, and its effect on yield.  
Neth. J. Pl. Pathol. 76 : 261-263.

ZADOKS (J.C.), SCHEIN (R.D.) -1979- Epidemiology and Plant Disease Management.  
Oxford University Press - New York - Oxford, 427 p.