

Nouvelle contribution à l'étude de

LA POURRITURE DES CABOSSES DU CACAOYER DUE AU *PHYTOPHTHORA PALMIVORA* (BUTL.) BUTL. EN CÔTE D'IVOIRE

M. TARJOT

*Maître de recherches de l'O. R. S. T. O. M.
Chef du laboratoire de phytopathologie
de l'I. F. C. C. en Côte d'Ivoire*

INTRODUCTION

L'étude de la résistance des cacaoyers envers la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* constitue l'essentiel des activités du laboratoire de phytopathologie de l'I. F. C. C. en Côte d'Ivoire.

Des résultats encourageants ont été obtenus en ce domaine (1, 2, 3).

Au cours des travaux effectués lors de ces recherches, on a pu faire ressortir deux points importants :

— tout d'abord, les emplacements extrêmement variés dans lesquels le parasite pouvait être mis en évidence dans une plantation (5) : sol, cacaoyer même (écorce du tronc et des branches, coussinets floraux, etc...), écorce de certains arbres d'ombrage rencontrés dans la cacaoyère ;

— ensuite le fait que le comportement des cabosses d'un cacaoyer donné envers le parasite n'est pas un phénomène stable au cours de l'année. Dans un précédent travail (4), nous avons mis en évidence, en étudiant le comportement de

cacaoyers Amelonado, un cycle de sensibilité de la cabosse, celle-ci présentant un maximum de susceptibilité envers l'agent pathogène durant les mois de juillet à octobre.

Notons également que des observations de simple pratique agricole permettent de montrer que dans une cacaoyère donnée, il existe des « taches de pourriture », emplacements où chaque année les pourcentages de pertes relevés sont plus importants qu'ailleurs.

En vue de préciser davantage les différents résultats, nous avons entrepris une étude pour voir comment variaient dans le temps et dans l'espace, l'inoculum et le comportement des cabosses de différents cacaoyers ; pour ce dernier point, nous avons essayé de faire apparaître les relations pouvant exister entre sensibilité envers le champignon et teneur en eau des tissus du péricarpe des cabosses.

On a également analysé les facteurs écologiques pouvant jouer un rôle dans ces variations en insistant particulièrement sur l'hygrométrie.

VARIATIONS DE L'INOCULUM

Présence du parasite dans différents emplacements d'une même cacaoyère

Nous avons voulu voir si la source d'inoculum était homogène dans des parcelles de cacaoyers situées dans la même région (Bingerville), sur des sols semblables, mais où des microclimats différents pourront exister, dus soit à un ombrage différent, soit à des densités de plantation variables.

Les essais ont été réalisés dans les parcelles suivantes :

1) parcelles de cacaoyers Amelonado, âgés de quarante ans, sous ombrage forestier plus ou moins dense ;

2) parcelle de collection de cacaoyers Haut-Amazoniens (1957), sans ombrage, mais se trouvant à proximité immédiate d'une parcelle sous ombrage dense de *Pithecolobium* ;

3) parcelle de collection de cacaoyers Haut-Amazoniens (1955), à faible densité (4 m × 3 m), sous ombrage très léger d'*Albizia sassa* ;

4) parcelle de cacaoyers Trinitario (1957), boutures plantées à l'écartement 2 m × 3 m, sous ombrage très léger.

Dans ces différentes parcelles, des relevés de pourcentages de pertes par pourriture des cabosses ont été effectués par les laboratoires de chimie et de génétique de l'I. F. C. C.

Dans la parcelle 1, quatre emplacements différents ont été choisis : 16, 66, 72, 103.

Dans le tableau I, on a noté les pourcentages de pertes par pourriture des cabosses relevés dans les différentes parcelles pendant quatre années.

On a travaillé sur des échantillons de sol et de coussinets floraux, prélevés dans la cacaoyère de la même manière que lors de nos précédents travaux sur la mise en évidence du parasite (5).

Rappelons brièvement que l'on a piégé le *Phytophthora palmivora* présent dans différents échantillons au moyen d'une cabosse de cacaoyer Amelonado saine, arrivée à son maximum de développement, mais n'ayant pas atteint son stade de maturité (cabosse de couleur verte dans le cas de l'Amelonado). Les prélèvements de sols et de coussinets floraux sont rapportés au laboratoire et utilisés de la manière suivante : dans chaque cabosse piège, on inocule 1 g de terre sèche ou un coussinet floral de taille moyenne.

Les échantillons sont introduits dans une encoche pratiquée au moyen d'un scalpel dans les tissus du péricarpe de la cabosse piège.

TABLEAU I

Pourcentages de pertes par pourriture des cabosses dans différentes parcelles de 1964 à 1967

Emplacement	16	66	72	103
Année				
Parcelle 1				
1964	17,8	14,3	17,7	9,9
1965	31,8	30,5	39,3	17,1
1966	17,0	20,8	25,4	10,8
1967	48,9	29,8	31,5	18,3
Moyenne	28,9 %	23,9 %	28,5 %	14,0 %
Parcelle 2				
1964	8,8	} moyenne : 12,9 %		
1965	11,8			
1966	20,8			
1967	10,1			
Parcelle 3				
1964	2,9	} moyenne : 8,2 %		
1965	2,0			
1966	7,7			
1967	20,1			
Parcelle 4				
1964	8,2	} moyenne : 5,7 %		
1965	1,6			
1966	3,4			
1967	9,5			

Ces cabosses sont placées en chambre humide et si une tache expérimentale de pourriture se développe, on vérifie que l'on a bien affaire au *Phytophthora palmivora*.

Le sol

Vingt cabosses ont été inoculées pour chaque parcelle mise à l'épreuve. Trois répétitions ont été réalisées, échelonnées de mars à fin mai.

Les chiffres donnant le nombre de cabosses ayant pourri expérimentalement sont relevés dans le tableau II.

TABLEAU II
Nombre de cabosses pourries

Répétitions Parcelles	Répétitions			
	1	2	3	T
N° 1 :				
— 16	11	9	13	33
— 66	11	10	11	32
— 103	6	18	9	33
N° 2	6	11	12	29
N° 3	9	8	10	27
N° 4	12	9	6	27

L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus dans les différentes parcelles pour $P = 0,05$:

— entre répétitions :	
rapport calculé des variances :	0,38
F des tables à $P = 0,05$:	4,10
— entre parcelles :	
rapport calculé des variances :	0,24
F des tables à $P = 0,05$:	3,33

Les coussinets floraux

Trois prélèvements de coussinets floraux ont été effectués entre la saison sèche et le début des pluies (1, mars ; 2, avril ; 3, mai-juin).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau III.

Après transformation angulaire des pourcentages d'infection, l'analyse statistique montre qu'il existe des différences significatives :

— entre les répétitions :	
rapport calculé des variances :	6,97
F des tables à $P = 0,05$:	3,88

TABLEAU III

Pourcentage d'infection des coussinets floraux

Parcelles Essais	N° 1				N° 2	N° 3	N° 4
	66	103	16	72			
1	28,6	20,0	40,0	45,0	20,3	6,7	12,4
	moyenne 33,8						
2	28,6	25,0	35,0	40,0	14,7	29,5	6,3
	moyenne 32,4						
3	35,7	50,0	60,0	45,0	21,1	40,0	35,0
	moyenne 48,6						

— entre les traitements :	
rapport calculé des variances :	4,30
F des tables à $P = 0,05$:	3,00
ppds à $P = 0,05$:	10,7

Dans le tableau IV, nous donnons les différences significatives entre parcelles à $P = 0,05$ (après transformation angulaire).

TABLEAU IV
Différences significatives entre parcelles à $P = 0,05$

Parcelles	N° 1				N° 2	N° 3	N° 4
	66	103	16	72			
N° 1-66	—	—	—	—	—	—	—
		N° 1-103	—	—	—	—	—
			N° 1-16	—	16,6	13,2	18,5
				N° 1-72	15,6	12,3	17,6
				N° 2	—	—	—
				N° 3	—	—	—
				N° 4	—	—	—

Il apparaît donc que l'infestation des coussinets floraux subit des variations en fonction de l'emplacement de la parcelle étudiée. Les parcelles 16 et 72, où l'on a relevé les pertes les plus importantes par pourriture des cabosses, sont celles où les coussinets floraux hébergent le parasite en plus grande quantité.

Présence du parasite en un même emplacement suivant la période de l'année

Les deux précédentes séries d'essais sur l'infestation du sol et des coussinets floraux ont été réalisées entre mars et juin, soit d'une part pendant la saison sèche, d'autre part au début de la grande saison des pluies.

Si l'on se reporte aux tableaux IV et V :

— pour le sol : l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre répétitions ; par conséquent l'infestation du sol a peu varié pendant la période étudiée ;

— pour les coussinets floraux : on enregistre, par contre, pour la plupart des parcelles, des différences significatives entre relevés de saison sèche d'une part et relevés de grande saison des pluies d'autre part.

Le nombre de coussinets infectés par le parasite augmente donc avec l'apparition de la saison des pluies ; il demeure important, il ne faut pas l'oublier, pendant la saison sèche.

Possibilité d'infestation de la cabosse par les différents inoculum

Dans les essais précédents, on s'est attaché à mettre en évidence les variations que peut subir la présence du parasite dans le temps et dans l'espace.

La question importante qui se pose est de savoir si l'inoculum provenant du sol et des coussinets floraux peut attaquer la cabosse à n'importe quelle période de l'année.

On a utilisé, dans les essais qui vont suivre, les mêmes cabosses de cacaoyer Amelonado, vertes et bien développées que celles employées précédemment.

Les échantillons de sol et de coussinets floraux sont prélevés, rapportés au laboratoire et mélangés pendant une heure avec de l'eau distillée fraîche (18-20 °C), de façon à permettre la libération éventuelle des zoospores à partir des sporanges (7) (8).

Après filtration, la décoction ainsi obtenue est prête à être inoculée ; on trace avec de la vaseline un petit anneau sur le dessus de la cabosse ; on déposera au centre la goutte de suspension (0,5 ml environ).

Le matériel est ensuite placé en chambre humide, et on vérifie si une tache expérimentale de pourriture due au *Phytophthora palmivora* se développe.

Les résultats suivants ont été obtenus :

En saison sèche

— Echantillons de sol : la virulence des décoctions obtenues est nulle ou extrêmement faible.

On a alors pensé que, pendant la saison sèche, le champignon était peut-être présent dans nos échantillons sous une forme de conservation (chlamydo-spores) et que le manque de réussite dans nos infections provenait de ce fait.

Des prélèvements de sol ont alors été rapportés au laboratoire, humidifiés avec de l'eau distillée et laissés en atmosphère saturée en vapeur d'eau pendant des périodes de deux jours, cinq jours et dix jours.

Des décoctions sont réalisées pour chacune de ces périodes et inoculées sur cabosses d'Amelonado.

Les résultats ont été négatifs.

— Echantillons de coussinets floraux : on obtient des résultats comparables à ceux enregistrés avec les échantillons de sol. La virulence des décoctions est faible ou nulle en saison sèche, même si les échantillons sont laissés en contact avec de l'eau avant expérimentation.

En saison des pluies

— Echantillons de sol : le nombre de cabosses attaquées par le parasite augmente fortement. Avec les décoctions de sol que nous avons effectuées, nous avons obtenu, dans nos infections expérimentales, les pourcentages d'infections réussies indiqués dans le tableau V.

TABLEAU V

Pourcentages d'infections réussies

Utilisation des échantillons	%
Le jour-même	55
Après 2 jours à l'humidité	50
— 5 —	25
— 10 —	20

— Echantillons de coussinets floraux : là encore on obtient des résultats comparables ; les pourcentages d'infections réussies dans les infections expérimentales sont donnés dans le tableau VI.

TABLEAU VI
Pourcentage d'infections réussies

Utilisation des échantillons	%
Le jour-même	25
Après 2 jours à l'humidité	80
— 5 — —	90
— 10 — —	90

Relation entre ces essais et le cycle de sensibilité de la cabosse

Les résultats que nous venons d'obtenir sont à mettre en parallèle avec un travail antérieur (4), où nous définissions un cycle de sensibilité de la cabosse de cacaoyer Amelonado.

Rappelons brièvement ce que nous avons obtenu à l'époque. En inoculant d'une façon standard, tant au laboratoire que sur le terrain, des cabosses d'Amelonado, on s'est aperçu que leur comportement envers le parasite variait tout au long de l'année. On a un minimum de sensibilité entre janvier et mars (la sensibilité est alors extrêmement faible) et un maximum situé entre juillet et octobre (la susceptibilité envers le *Phytophthora palmivora* est alors totale).

Les nouveaux résultats que nous venons d'obtenir semblent confirmer l'hypothèse de la variabilité de la résistance de la cabosse envers le champignon.

L'étude des variations dans le comportement des tissus du péricarpe de la cabosse s'inscrit donc logiquement dans la suite des recherches entreprises par le laboratoire de phytopathologie de l'I. F. C. C. en Côte d'Ivoire.

ÉTUDE D'UN FACTEUR DE SENSIBILITÉ : LA TENEUR EN EAU DES TISSUS DU PÉRICARPE DES CABOSSES

Variations dans le temps

Beaucoup de cabosses ne présentant pas une sensibilité constante envers l'agent pathogène suivant la période de l'année ; nous nous sommes attaché à étudier si des différences dans la teneur en eau des tissus du péricarpe pouvaient être notées suivant les saisons et si une relation avec la sensibilité pouvait être dégagée.

Les expériences ont porté sur des cabosses vertes et bien développées ; ce sont les mêmes que celles qui ont été utilisées lors de toutes nos séries d'inoculations en vue de vérifier le comportement des différents clones envers l'agent pathogène.

On a travaillé soit sur des prélèvements de péricarpe pris dans son ensemble, c'est-à-dire sans tenir compte des couches superficielles et profondes, soit au contraire en établissant cette distinction.

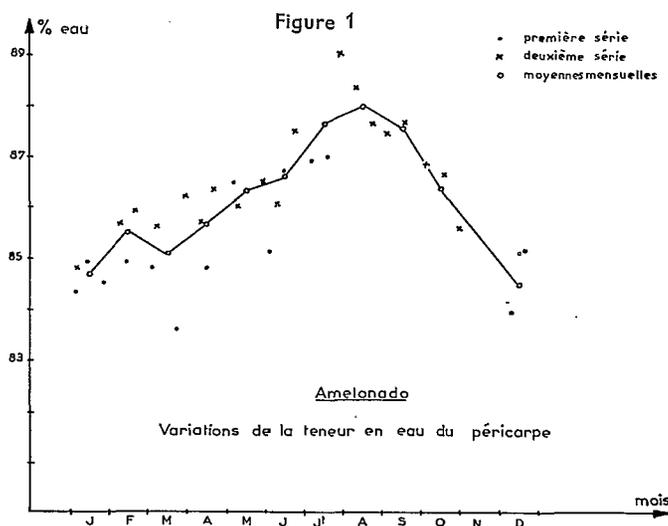
Pour déterminer la teneur en eau, les échantillons, une fois pesés, sont placés pendant 48 h en étuve à 105 °C et pesés à nouveau.

Étude de la variation de la teneur en eau du péricarpe des cabosses de cacaoyers Amelonado

On a étudié les variations de la teneur en eau du péricarpe pris dans son ensemble tout au long de l'année.

Deux séries de mesures ont été effectuées pendant deux années consécutives.

Les résultats enregistrés sont représentés sur la figure 1.



L'examen de la courbe obtenue permet de mettre en évidence des variations importantes de la teneur en eau, celle-ci ayant son maximum en juillet, août et septembre. Dans une précédente étude (4), nous avons noté que c'est pendant cette période de l'année que les cabosses présentent leur maximum de susceptibilité envers le *Phytophthora palmivora*.

Relation entre teneur en eau du péricarpe et sensibilité de la cabosse envers *Phytophthora* chez un cacaoyer donné

En partant des données précédentes, nous avons voulu voir si, chez l'Amelonado, une relation précise existait entre la teneur en eau du péricarpe des cabosses et leur comportement envers le parasite.

Un certain nombre de cacaoyers Amelonado ont été pris au hasard dans la plantation de l'I. F. C. C. à Bingerville. On a divisé les cabosses disponibles sur chacun de ces arbres en deux lots (le nombre des cabosses dont on a disposé variait évidemment suivant les cacaoyers, en général il se situait entre 8 et 10).

Sur le premier lot, on a effectué l'analyse de la teneur en eau des tissus du péricarpe des cabosses. On a fait la distinction (de même que dans tous les essais qui vont suivre) entre couches superficielles du péricarpe, jusqu'à 2 à 4 mm de profondeur, et couches profondes.

Une suspension de zoospores du champignon est inoculée par pulvérisation dans un deuxième lot de la même manière que lors des essais précédents (3).

Trois séries de mesures ont été effectuées pendant les périodes suivantes : saison sèche, grande saison des pluies, petite saison des pluies. Vingt-cinq arbres pris au hasard dans la cacaoyère sont étudiés pendant chacune des périodes.

On relève la teneur en eau des couches superficielles et profondes du péricarpe de chaque arbre ainsi que l'indice moyen de sensibilité que nous avons mis au point dans une étude précédente (3).

Rappelons que cet indice varie de 0, pour un cacaoyer présentant une résistance totale envers le champignon, à 100, pour une sensibilité maximum.

L'analyse des résultats permet de montrer qu'il existe une corrélation entre la teneur en eau du péricarpe et l'indice de sensibilité envers l'agent pathogène :

- Couche superficielle
Coefficient de corrélation : $r = + 0,83$
Significiance :
t calculé : 12,61
t des tables à $P = 0,05 : 2,00$
— $P = 0,01 : 2,66$
- Couche profonde
Coefficient de corrélation : $r = + 0,77$
Significiance :
t calculé : 10,40
t des tables à $P = 0,05 : 2,00$
— $P = 0,01 : 2,66$

Il est donc probable que les variations de la teneur en eau des tissus du péricarpe jouent un rôle dans le comportement de la cabosse d'un cacaoyer donné envers l'agent pathogène.

Relation entre teneur en eau du péricarpe et comportement de la cabosse envers le *Phytophthora palmivora* chez des cacaoyers de sensibilité différente

Les essais ont été repris selon le même protocole que ci-dessus, mais en étudiant cette fois le comportement d'arbres de sensibilité différente, Haut-Amazoniens et Trinitario en plantation sur la station de l'I. F. C. C. de Bingerville.

Pour les Haut-Amazoniens, vingt-trois numéros d'origine différente ont été mis à l'épreuve de même que cinq numéros pour les Trinitario.

Nous avons essayé de voir si une corrélation pouvait être dégagée entre la teneur en eau de ces différents arbres et leur sensibilité envers le parasite.

- Couche superficielle
Coefficient de corrélation : $r = + 0,35$
Significiance :
t calculé = 3,35
t des tables à $P = 0,05 : 1,99$
— $P = 0,01 : 2,64$
- Couche profonde
Coefficient de corrélation $r = + 0,22$
Significiance :
t calculé = 2,08
t des tables à $P = 0,05 : 1,99$
— $P = 0,01 : 2,64$

L'examen des résultats montre que, bien qu'une corrélation significative puisse être dégagée, le coefficient de corrélation est très faible (0,35 et 0,22).

On ne peut donc dire que, quel que soit l'arbre

étudié, une sensibilité envers le parasite correspond à une teneur en eau donnée.

Par contre, si on considère comme trois traitements différents les analyses effectuées durant chacune des trois saisons étudiées, l'analyse statistique montre qu'il y a des différences significatives entre eux.

— Couche superficielle
 Rapport calculé des variances : 5,85
 F des tables à P = 0,05 : 3,17
 — P = 0,01 : 5,01
 ppds à P = 0,05 : 1,16
 — P = 0,01 : 1,55
 Moyenne des analyses
 Saison sèche 82,19
 Grande saison des pluies 83,79
 Petite saison des pluies 84,00

— Couche profonde
 Rapport calculé des variances : 11,73
 F des tables à P = 0,05 : 3,17
 — P = 0,01 : 5,01
 ppds à P = 0,05 : 0,57
 — P = 0,01 : 0,76
 Moyenne des analyses
 Saison sèche 89,22
 Grande saison des pluies 90,39
 Petite saison des pluies 90,44

— Indice de sensibilité
 Rapport calculé des variances : 8,52
 F des tables à P = 0,05 : 3,17
 — P = 0,01 : 5,01
 ppds à P = 0,05 : 9,7
 — P = 0,01 : 12,9.
 Moyenne des analyses
 Saison sèche 53,8
 Grande saison des pluies 72,7
 Petite saison des pluies 68,6

Le même phénomène d'augmentation de la teneur en eau mis en évidence chez l'Amelonado se retrouve chez les arbres que nous venons d'étudier. Cette augmentation est également liée à une susceptibilité accrue de la cabosse envers le champignon.

Variations dans l'espace

Existe-t-il une possibilité d'action des microclimats sur le comportement de la cabosse et sur la teneur en eau des tissus du péricarpe ? C'est ce que nous avons voulu vérifier.

Augmentation expérimentale de la teneur en eau du péricarpe en relation avec la sensibilité

Les essais ont porté sur la possibilité, pendant la saison sèche, d'augmenter la teneur en eau du péricarpe des cabosses, simplement en les plaçant dans des conditions hygrométriques proches de celles existant en saison des pluies, l'humidité relative étant proche de la saturation.

On a mis des cabosses de cacaoyers Amelonado, pendant des temps plus ou moins longs, dans des sacs de polyéthylène renfermant de l'eau au fond.

Des prélèvements ont été effectués au bout de deux jours, quatre jours, sept jours et dix jours en humidité saturante et on a étudié si une augmentation de la teneur en eau pouvait être décelée par comparaison avec un témoin non traité, analysé au début de l'expérience.

Dix cabosses sont analysées lors de chaque prélèvement.

Les moyennes des mesures effectuées sont données dans le tableau VII.

TABLEAU VII

Teneur en eau du péricarpe des cabosses (%)

Séjour en humidité saturante (jours)	Teneur en eau du péricarpe des cabosses (%)				
	0	2	4	7	10
Couches superficielles du péricarpe	77,67	77,60	78,89	80,21	79,61
Couches profondes du péricarpe	88,62	89,03	89,71	89,77	89,12

— Couches superficielles : l'analyse statistique montre qu'il existe des différences significatives entre les cinq traitements :

Rapport calculé des variances : 6,23
 F des tables à P = 0,05 : 2,63
 — P = 0,01 : 3,89
 ppds à P = 0,05 : 1,33
 — P = 0,01 : 1,79

Après sept jours en humidité saturante, on note donc une augmentation significative de la teneur en eau.

— Couches profondes : on note aussi des différences significatives, quoique les résultats soient moins marqués que précédemment :

Rapport calculé des variances : 3,78
 F des tables à P = 0,05 : 2,63
 — P = 0,01 : 3,89
 ppds à P = 0,05 : 0,72
 — P = 0,01 : 0,97

Le seul fait de changer l'humidité relative autour de la cabosse peut donc jouer un rôle dans la teneur en eau de son péricarpe.

La sensibilité envers l'agent pathogène va de la même manière s'en trouver modifiée, comme le montre l'expérience suivante : des cabosses de cacaoyer Amelonado ont été placées comme précédemment dans des sacs de polyéthylène renfermant de l'eau au fond, puis inoculées par pulvérisation d'une suspension de zoospores.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau VIII. Vingt cabosses ont été inoculées pour chaque condition.

TABLEAU VIII
Nombre de cabosses pourries

Séjour en humidité saturante (jours)	Nbre de cabosses pourries
0	3
2	6
4	9
7	10
10	11

La sensibilité augmente après un séjour prolongé en atmosphère saturée en vapeur d'eau.

Expérimentation sur le terrain

1) On a étudié si, pour une même période de l'année, des cacaoyers Amelonado sous ombrage forestier important présentaient des différences avec ceux se trouvant en pleine lumière, quant à la teneur en eau des tissus du péricarpe de leurs cabosses.

Les mesures du pourcentage d'eau ont été effectuées sur vingt et une cabosses prises sur des arbres différents pour chacun des deux objets.

Les moyennes des résultats obtenus sont données dans le tableau IX.

TABLEAU IX

Teneur en eau des fissus du péricarpe des cabosses (%)

	Sans ombrage	Sous ombrage
Couches superficielles	81,42	83,33
Couches profondes	89,18	90,12

L'analyse statistique montre qu'il y a des différences significatives entre ces séries de moyennes :

— Couches superficielles

t calculé = 4,61

t des tables à P = 0,05 : 2,02

— P = 0,01 : 2,70

— Couches profondes

t calculé : 3,14

t des tables à P = 0,05 : 2,02

— P = 0,01 : 2,70

La teneur en eau des tissus du péricarpe des cabosses se trouvant en pleine lumière est inférieure à celle des cabosses se trouvant sous ombrage forestier.

2) On a mis à l'épreuve la sensibilité de mêmes cacaoyers Amelonado, mais situés les uns sous ombrage forestier, les autres en pleine lumière.

La méthode d'inoculation expérimentale est la même que celle utilisée pour les essais antérieurs.

Trente cabosses ont été inoculées pendant la saison sèche pour chacun des objets.

Chez les cacaoyers ombragés, vingt cabosses ont été attaquées par le parasite, alors que chez les cacaoyers se trouvant à la lumière, douze seulement ont été atteintes, ce qui indique une tendance à une plus grande susceptibilité dans le premier cas.

ÉTUDE ÉCOLOGIQUE DE LA CACAOYÈRE EN RELATION AVEC L'ATTAQUE DU PARASITE

Facteurs climatiques jouant dans le temps

La pluviosité est un facteur bien connu et on a noté depuis longtemps les relations existant entre celle-ci et les attaques du *Phytophthora palmivora*. A titre d'exemple, nous donnons, dans les figures 2

et 3, les précipitations à Bingerville, en hauteur et en nombre de jours.

On a noté également depuis longtemps la corrélation existant entre les basses températures et les attaques du parasite (6). On a vu aussi (7) (8) que les sporanges du champignon ont besoin d'un choc thermique pour que se produise la libération des zoospores.

Figure 2

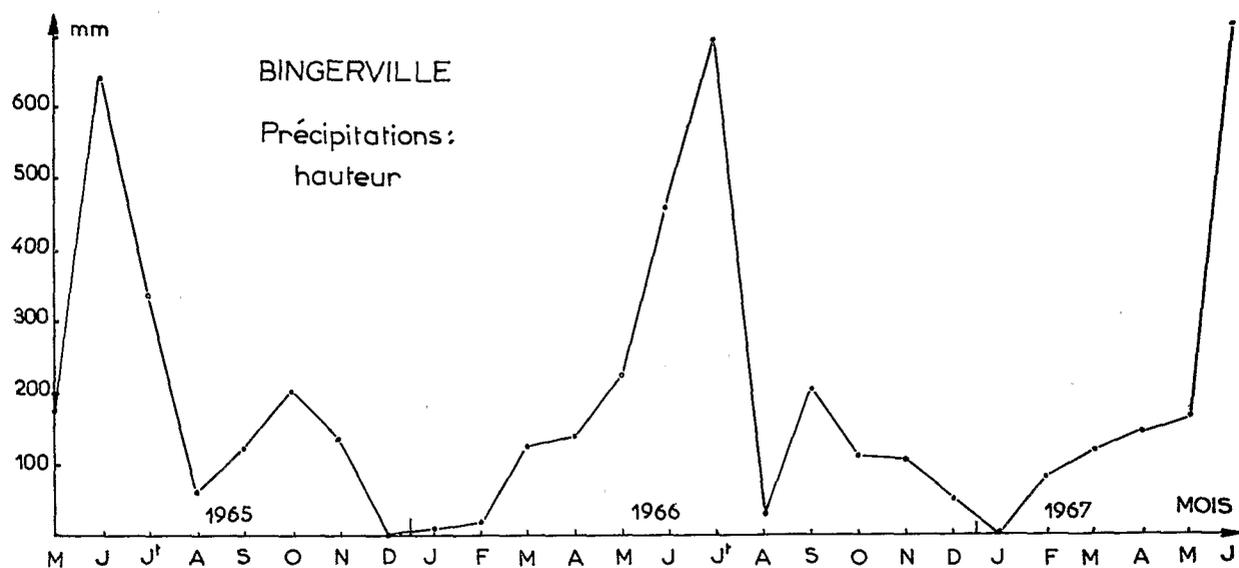
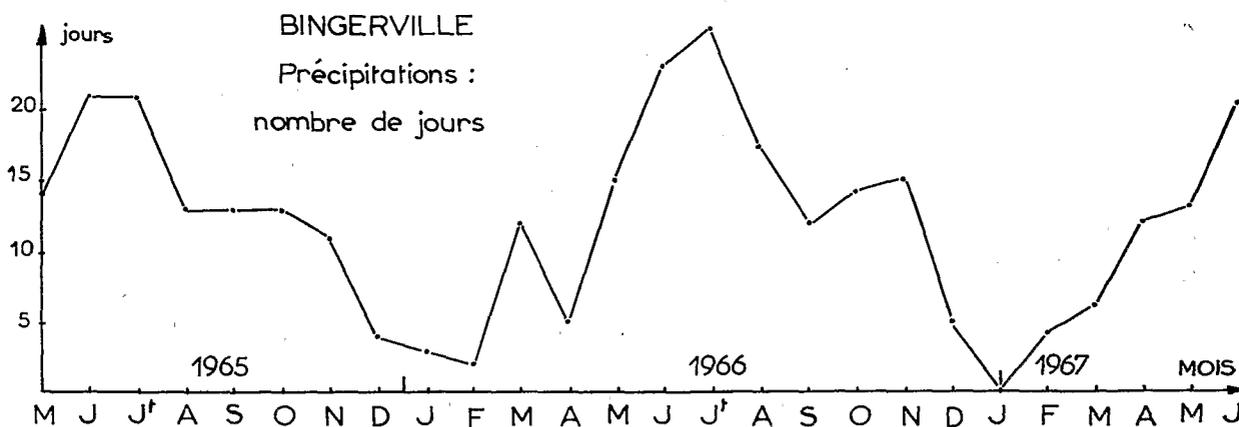


Figure 3



A Bingerville, les écarts thermiques sont peu accusés, mais on note cependant une baisse de la température en saison des pluies (fig. 4, p. 40).

L'état hygrométrique varie aussi. Dans les figures 5 et 6 (p. 40-41), nous avons représenté, à titre d'exemple, l'humidité relative enregistrée d'une part au poste météorologique de la station, d'autre part, dans une parcelle de la cacaoyère. Deux relevés ont été effectués, l'un en saison sèche, l'autre en saison des pluies. Les hygrographes enregistreurs sont placés à 1 m au-dessus du sol. Si on examine les

courbes obtenues au poste météorologique, on peut noter que, même en saison sèche, l'humidité relative est supérieure à 90 % entre 22 h et 8 h. En saison des pluies, cette période est encore plus longue.

L'examen comparé des relevés obtenus pendant la même période dans la cacaoyère montre que les écarts enregistrés sont beaucoup moins importants, l'écran formé par les arbres d'ombrage et la frondaison des cacaoyers amortit les variations. Pendant la saison des pluies, l'humidité relative est presque toujours supérieure à 90 %, 24 h sur 24.

Figure 4

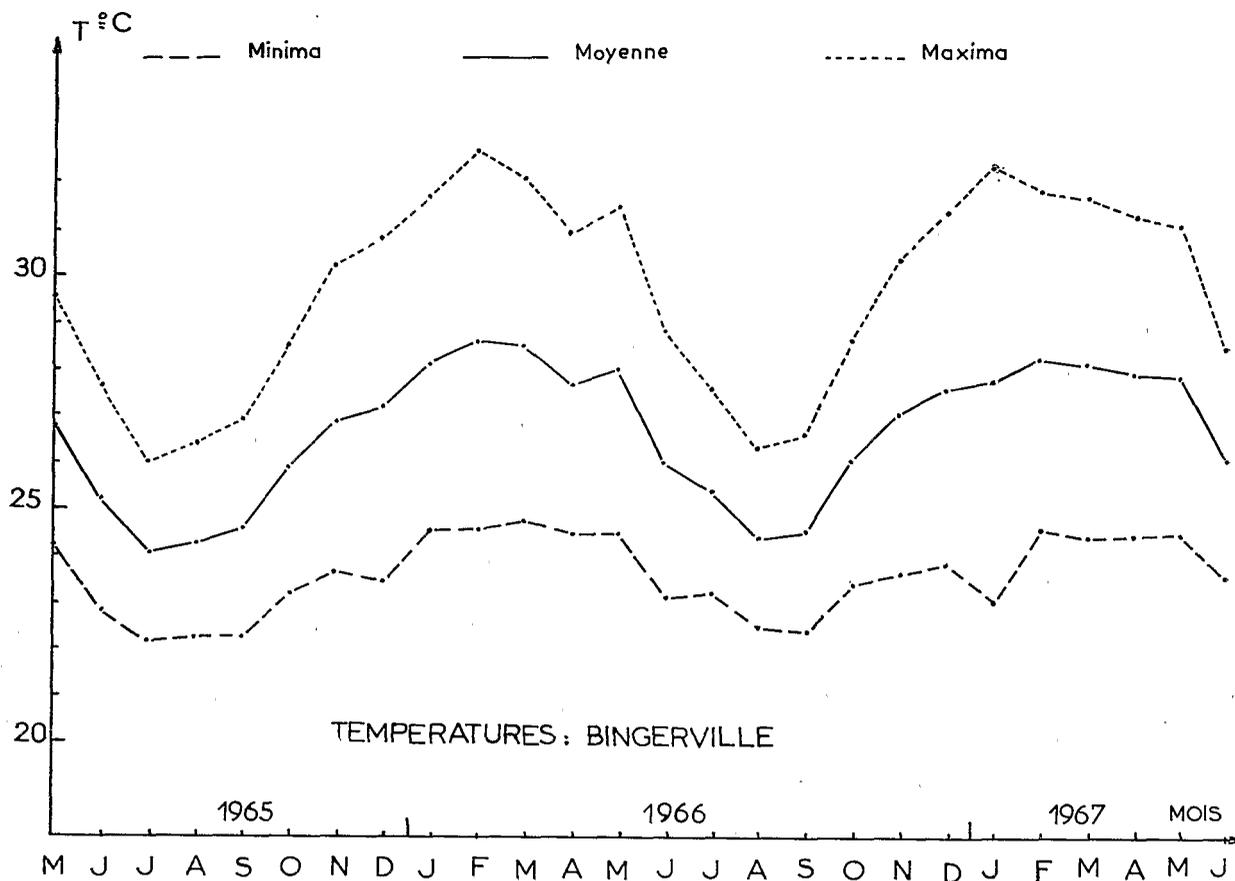
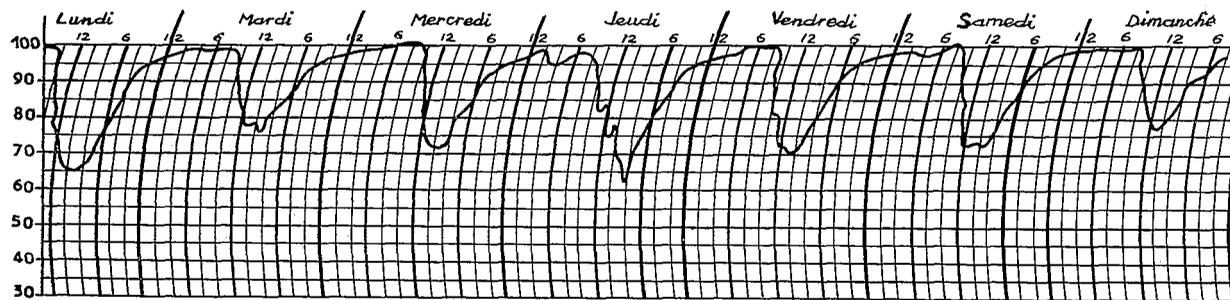
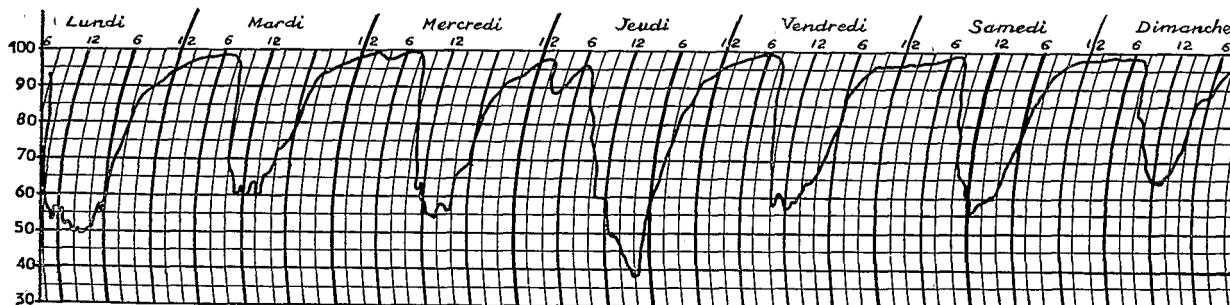


Figure 5 : humidité relative

PARCELLE 67



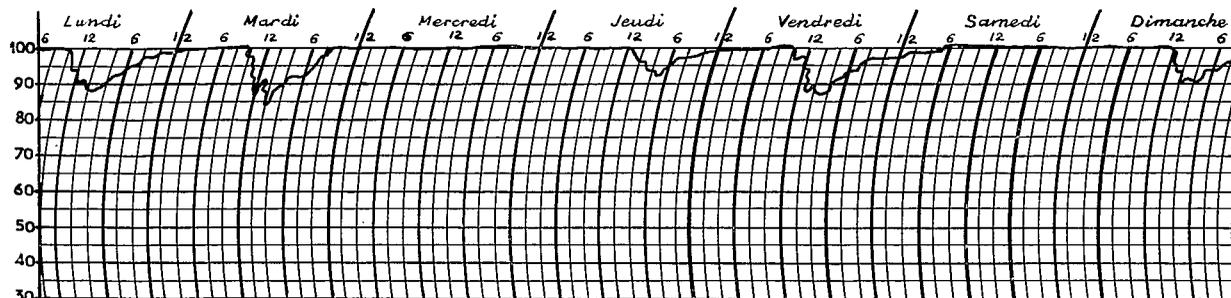
POSTE METEOROLOGIQUE



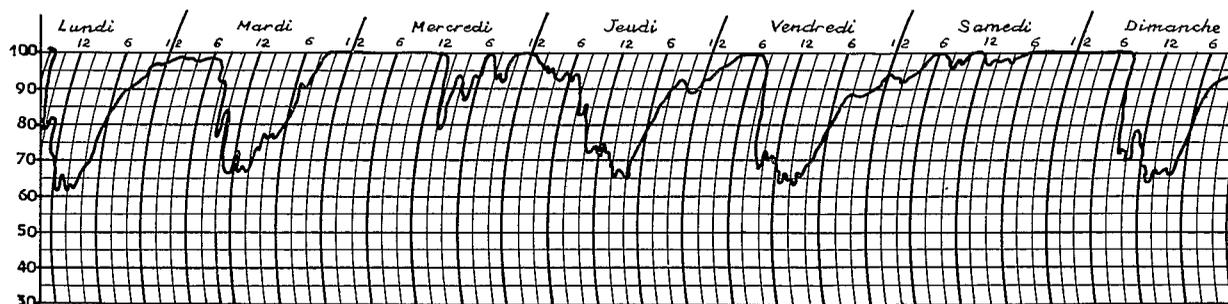
27 Février au 3 Mars 1967

Figure 6 : humidité relative

PARCELLE 67



POSTE METEOROLOGIQUE



12 au 18 Juin 1967

Facteurs climatiques jouant dans l'espace

Dans une cacaoyère donnée s'étendant sur un espace limité, on peut considérer que les chutes de pluie sont relativement constantes. De même, les écarts thermiques doivent être assez stables.

D'autres facteurs, par contre, vont pouvoir varier, en particulier éclaircissement et état hygrométrique.

Nous nous sommes surtout intéressés à ce dernier facteur.

Variation de l'état hygrométrique dans des parcelles où les attaques de pourriture sont d'importance différente

Nous avons comparé l'humidité relative relevée au poste météorologique avec celle enregistrée

dans trois parcelles de cacaoyers de la station de Bingerville.

Les pourcentages de pertes dues au *Phytophthora palmivora* (moyenne sur quatre ans) sont les suivants :

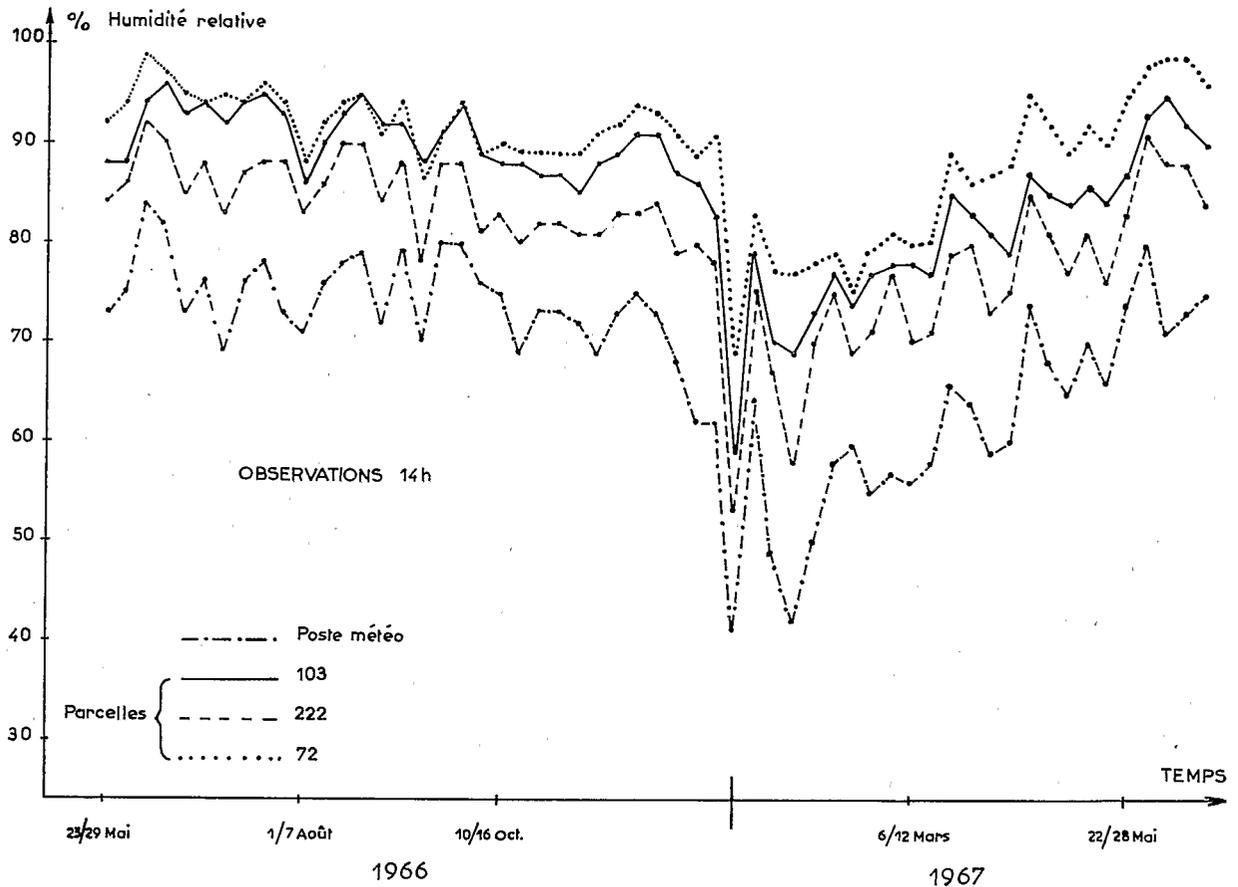
- parcelle 222 : 6,8 %,
- parcelle 103 : 14,0 %,
- parcelle 72 : 28,5 %.

Nous avons pris en considération l'état hygrométrique à 14 h. C'est en effet la période de la journée où l'humidité relative s'abaisse le plus et où les écarts pouvant exister seront les plus accentués.

On effectue la moyenne des observations pour chaque semaine. Les résultats obtenus sont donnés dans la figure 7 (p. 42).

L'analyse statistique montre que, pour chacune des parcelles étudiées, il existe une corrélation entre l'humidité relative indiquée par le poste météorologique et celle indiquée par les hygromètres placés sous les cacaoyers.

Figure 7



- parcelle 72 :
coefficient de corrélation $r = + 0,88$,
- parcelle 103 :
coefficient de corrélation $r = + 0,94$,
- parcelle 222 :
coefficient de corrélation $r = + 0,95$.

On peut remarquer que, dans les parcelles où l'humidité relative à 14 h est élevée, l'attaque du parasite est importante.

Définition du pouvoir tampon d'une cacaoyère donnée

Nous appellerons « pouvoir tampon » (PT) d'une parcelle donnée la faculté pour celle-ci d'amortir les variations de l'humidité relative. Il sera calculé de la manière suivante :

PT : différence à 14 h entre l'humidité relative enregistrée au poste météorologique et celle relevée dans un emplacement donné de la cacaoyère.

Relation entre le pouvoir tampon et les pertes dues au *Phytophthora palmivora*

Dans différentes parcelles d'une plantation de l'I. F. C. C. à Bingerville, nous avons relevé le pouvoir tampon, que nous avons comparé avec les pertes par pourriture des cabosses (moyenne sur quatre ans).

La plantation étudiée est âgée de trente à quarante ans ; elle est constituée par des cacaoyers Amelonado et établie sous un couvert forestier hétérogène.

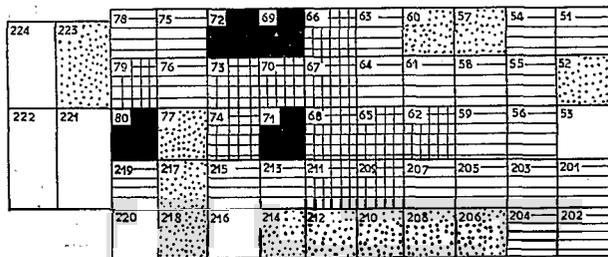
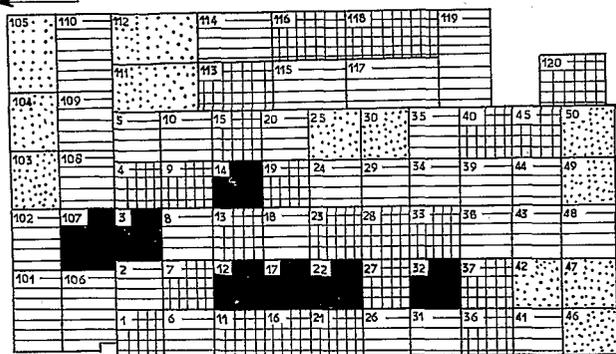
Cette cacaoyère est divisée en un certain nombre de parcelles, qui, du fait de l'ombrage différent, vont se trouver dans des microclimats variables.

Pour chacune de ces parcelles, nous avons pris en considération :

- les pourcentages annuels de pertes par pourriture : on a retenu une moyenne établie sur

CACAOYERE - BINGERVILLE

Pourcentages de pourriture dans les différentes parcelles

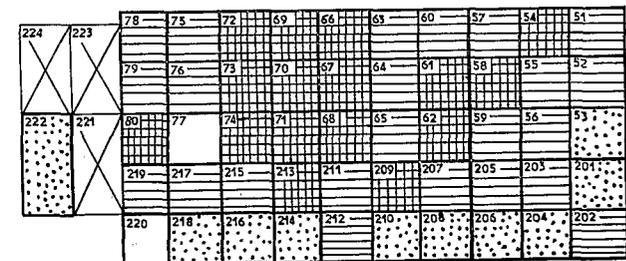
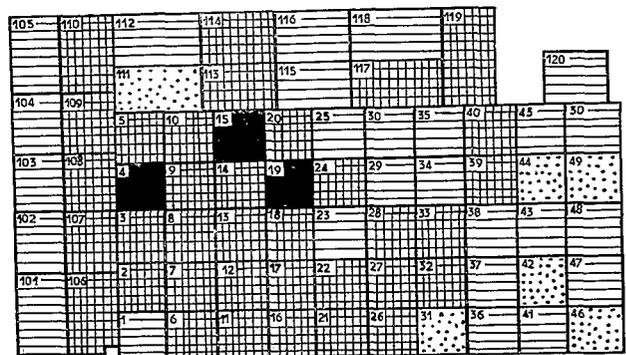


Pourcentages de pourriture :
 □ 5 à 10% ● 10 à 15% ▨ 15 à 20% ▩ 20 à 25% ■ 25 à 30%

Figure 8

CACAOYERE BINGERVILLE

"Pouvoir tampon" dans les différentes parcelles



□ 5 à 10 ● 10 à 15 ▨ 15 à 20 ▩ 20 à 25 ■ 25 à 30

Figure 9

quatre années d'observations ; les résultats sont représentés dans le plan de la figure 8 ;

— le pouvoir tampon : celui-ci a été mesuré pendant la saison sèche ; les résultats sont donnés dans la figure 9.

L'étude statistique montre qu'il existe une corrélation entre pourcentages de pertes et pouvoir tampon :

Coefficient de régression $r = + 0,62$

Significiance :

t calculé : 27,4

t des tables à $P = 0,05 : 1,98$

— $P = 0,01 : 2,62$

Equation de régression :

$$Y = 0,45x + 10,0 \quad Y = PT$$

$x = \% \text{ pourriture}$

Il apparaît donc que plus le pouvoir tampon d'une cacaoyère donnée augmente, plus les conditions sont favorables aux attaques du *Phytophthora palmivora*.

Rôle de l'ombrage

Grâce à la photo aérienne, on a pu établir une carte de l'ombrage dans la cacaoyère étudiée.

Si l'on se reporte au plan établi à partir de cette photo (fig. 10, p. 44), on peut noter que la zone où le couvert forestier est le plus dense est celle se trouvant à l'intérieur des traits en pointillé.

En comparant avec les plans où l'on a établi la carte des pertes par pourriture et celle du pouvoir tampon, on peut constater que la zone à couvert forestier dense est approximativement la même que celle où les pertes sont élevées et le pouvoir tampon important.

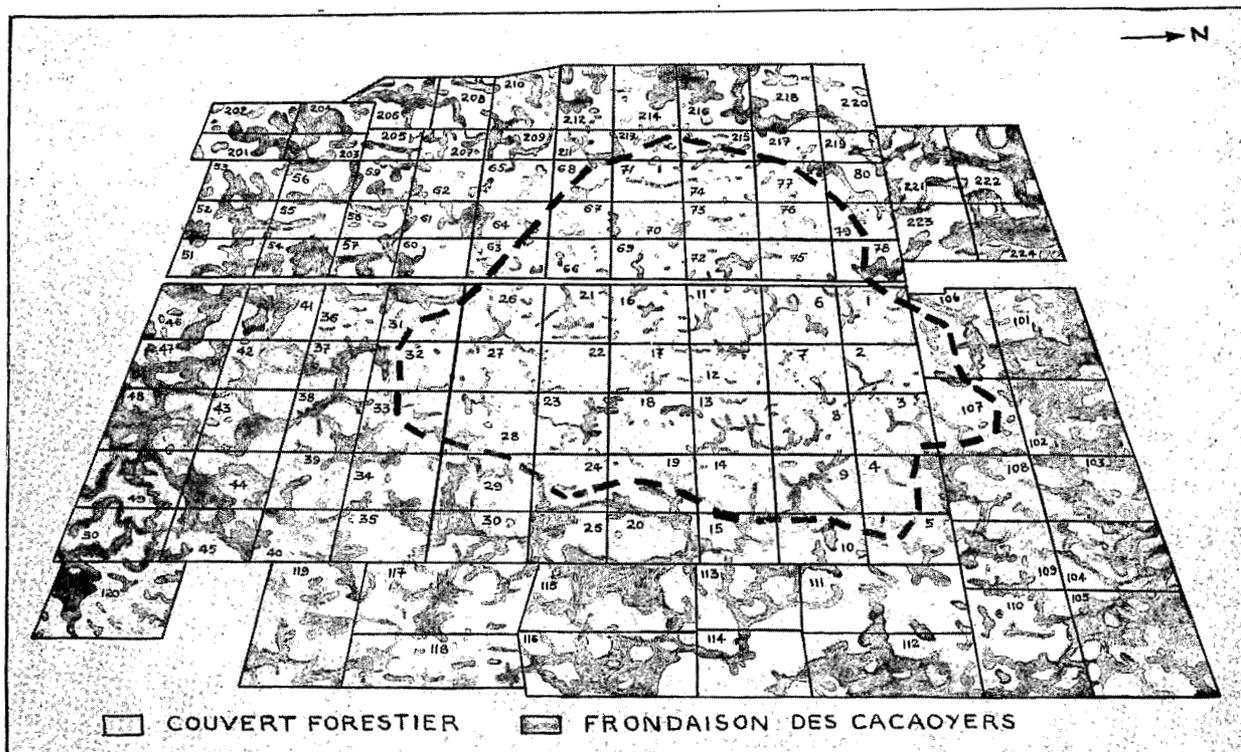


Figure 10

NOMBRE DE CABOSSES SAINES ET POURRIES SUR DES CACAOYERS AVEC OU SANS OMBRAGE

On a comparé dix parcelles de la cacaoyère étudiée : cinq d'entre elles ont un ombrage très faible, les cinq autres sont sous ombrage forestier assez important. Rappelons que toutes ces parcelles sont plantées en cacaoyers Amelonado et qu'elles sont voisines.

Les pourcentages de pertes dues au parasite (moyenne sur quatre ans) et le pouvoir tampon sont donnés dans le tableau X.

On a alors relevé le nombre de cabosses pourries par arbre pendant quatre ans. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau XI.

TABLEAU X

Pourcentage de pertes par pourriture et pouvoir tampon

Parcelles	% pertes par pourriture	P T
Eclairées :		
101	15,2	16
102	17,6	15
103	14,0	16
104	14,0	17
105	10,2	18
Moyenne	14,2	16,4
Ombragées :		
11	24,1	20
12	28,9	24
13	23,3	22
14	25,2	23
15	22,7	26
Moyenne	24,8	23,0

TABLEAU XI

Nombre de cabosses pourries par arbre

Années Parcelles	Années			
	1963	1964	1965	1966
Eclairées :				
101	10,7	10,2	14,7	8,3
102	9,3	12,4	8,5	10,5
103	8,2	5,2	9,6	6,7
104	7,2	6,8	9,2	13,7
105	6,5	3,9	8,0	8,4
Moyenne	8,4	7,7	10,0	9,5
Ombragées :				
11	6,1	7,7	8,6	6,8
12	8,6	7,8	12,9	7,9
13	7,2	5,8	9,3	6,6
14	8,3	7,1	10,3	9,4
15	6,7	9,5	7,9	7,3
Moyenne	7,4	7,6	9,8	7,6

Moyenne générale des parcelles éclairées :
8,9 cabosses/arbre,

Moyenne générale des parcelles ombragées :
8,1 cabosses/arbre.

Différence : 0,8 cabosse/arbre.

L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux objets, éclairé et ombragé :

F calculé : 1,39
F des tables à P = 0,05 : 4,15

Le nombre de cabosses pourries/arbre est donc stable, quels que soient les emplacements.

On a voulu alors voir quelle était la production totale des arbres étudiés pendant la même période.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau XII.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'étude que nous venons d'entreprendre nous a permis de préciser quelques données sur les relations hôte-parasite dans la pourriture des cabosses du cacaoyer en Basse Côte d'Ivoire.

Les facteurs écologiques et, en particulier, l'état hygrométrique, auquel nous nous sommes particulièrement intéressé, jouent un rôle de première importance dans ces relations complexes.

Ces facteurs jouent à la fois sur le parasite et sur la plante, et également dans le temps et dans l'espace.

TABLEAU XII

Nombre de cabosses totales par arbre

Années Parcelles	Années			
	1963	1964	1965	1966
Eclairées :				
101	50,7	70,5	71,2	76,4
102	41,9	47,6	53,4	68,4
103	33,6	47,3	56,1	61,5
104	54,6	65,7	57,2	69,9
105	54,5	65,8	62,6	68,6
Moyenne	47,1	59,4	60,1	69,0
Ombragées :				
11	27,2	31,3	28,6	33,7
12	28,9	34,7	29,2	35,7
13	26,7	32,2	33,9	31,4
14	30,9	38,1	40,8	29,7
15	30,0	35,6	38,7	34,7
Moyenne	28,7	34,4	34,2	33,0

Moyenne générale des parcelles éclairées :
58,9 cabosses/arbre,

Moyenne générale des parcelles ombragées :
32,6 cabosses/arbre.

L'analyse statistique montre qu'il existe des différences significatives entre les deux objets.

F calculé : 167,3
F des tables à P = 0,05 : 4,15
— P = 0,01 : 7,5
ppds à P = 0,05 : 4,1
— P = 0,01 : 5,6
Différence observée : 26,3.

On peut donc résumer en disant :

— que les arbres éclairés ont une production beaucoup plus importante que les arbres ombragés,
— que le nombre de cabosses attaquées par arbre est constant, ce qui se traduit évidemment par un pourcentage de pertes beaucoup plus faible chez les arbres éclairés.

En ce qui concerne le parasite, celui-ci est bien présent dans des endroits variés de la cacaoyère, mais la cabosse ne peut être attaquée par l'inoculum qu'une partie de l'année. Par ailleurs, pour une époque donnée, l'importance de l'inoculum n'est pas la même dans les coussinets floraux suivant les microclimats dans lesquels les arbres se trouvent placés.

Quant à la cabosse, nous nous sommes surtout intéressé à la teneur en eau des tissus du péricarpe, mais il est bien évident que d'autres facteurs

(teneur en éléments minéraux, en glucides, etc...) doivent certainement entrer en ligne de compte.

Nous voyons que la teneur en eau varie suivant la période de l'année et que cette variation est en relation étroite avec les variations annuelles de sensibilité. Elle n'a pas seulement lieu dans le temps ; suivant le microclimat dans lequel se trouve placé le cacaoyer, la teneur en eau pourra varier à une même époque de l'année.

La mise en évidence chez le cacaoyer de ce triangle d'action, environnement — cabosse — parasite, permettra peut-être à l'agronome d'agir sur une des pointes de celui-ci : l'environnement. Cette action pourra porter sur l'ombrage et sur la densité de plantation.

Le pouvoir tampon varie avec ces facteurs. Nous avons vu dans les essais précédents les différences qui pouvaient être observées suivant la densité et l'ombrage.

A titre d'exemple, signalons que dans une plantation à 4 m × 3 m sous ombrage très léger, il n'est que de 7 à 10.

Dans une plantation d'hybrides sans ombrage, où l'espacement entre les arbres est de 3 m × 2,50 m, le pouvoir tampon se situe entre 11 et 18.

Il faudra donc trouver un compromis entre les exigences de l'agronomie et de la phytopathologie

dans les régions où les attaques de *Phytophthora palmivora* sont importantes.

Un essai dans ce sens sera d'ailleurs mis en place à Bingerville en 1971. On y examinera l'importance des pertes par pourriture des cabosses dans une cacaoyère où seront mises en comparaison trois densités de plantation compatibles avec les normes de l'agronomie ; une partie de la parcelle comportera un ombrage de *Glyricidia*, l'autre partie étant installée sans ombrage.

Lors de la troisième conférence internationale sur les recherches cacaoyères d'Accra en 1969, MULLER (9) a présenté une communication sur l'orientation des recherches concernant la lutte contre la pourriture des cabosses à l'I. F. C. C.

Dans le cadre de la sélection de cacaoyers résistants, il propose un plan en cinq parties. L'une d'entre elles énonce la nécessité d'étudier les variations de la sensibilité des mêmes types ou variétés de cacaoyers dans diverses conditions écologiques. Les essais que nous venons de réaliser ne peuvent que confirmer l'importance de cette question et la nécessité d'en tenir compte si l'on ne veut pas avoir de déboires dans la vulgarisation de variétés de cacaoyers à sensibilité moindre envers le *Phytophthora palmivora*.

BIBLIOGRAPHIE

1. TARJOT (M.). — Etude de la résistance des cacaoyers à la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte d'Ivoire. 1^{re} partie : Inoculations expérimentales par blessure et fragment de culture. *Café Cacao Thé*, vol. IX, n° 2, avril-juin 1965, p. 126-133.
2. TARJOT (M.). — Etude de la résistance des cacaoyers à la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte d'Ivoire. 2^e partie : Inoculations expérimentales au laboratoire par dépôt d'une goutte de suspension de zoospores sur la cabosse sans blessure. *Café Cacao Thé*, vol. XI, n° 1, janv.-mars 1967, p. 3-13.
3. TARJOT (M.). — Etude de la résistance des cacaoyers à la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte d'Ivoire. 3^e partie : Inoculations expérimentales sur le terrain. *Café Cacao Thé*, vol. XIII, n° 4, oct.-déc. 1969, p. 297-309.
4. TARJOT (M.). — Variation de la sensibilité des cabosses de cacaoyer envers le *Phytophthora palmivora* suivant la période de l'année. Deuxième conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères, 19-25 nov. 1967, Salvador, Itabuna, p. 213-218.
5. TARJOT (M.). — Etude de la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte d'Ivoire. Lieux de conservation du parasite pendant la saison sèche. *Café Cacao Thé*, vol. XI, n° 4, oct.-déc. 1967, p. 321-330.
6. ORELLANA (R. G.). — Corrélation entre les basses températures et l'incidence de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer à Ceylan. Bull. Phytosanitaire FAO (Rome), vol. 6, n° 1, 1957, p. 6-8.
7. TARJOT (M.). — Quelques données sur la biologie du *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Première conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères, Abidjan, 10-15 nov. 1965, p. 178-183.
8. MEDEIROS (A. G.). — Fisiologia do *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. II. Tensão da água como factor na produção de zoosporos. *Revista Ceres*, vol. XIII, n° 74, août-sept. 1966, p. 117-122.
9. MULLER (R. A.). — La double orientation nécessaire des études concernant la lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (*Phytophthora palmivora*). Quelques aspects de ces études. Troisième conférence internationale sur les recherches agronomiques cacaoyères, Accra, nov. 1969, 5 p.

TARJOT (M.). — **Nouvelle contribution à l'étude de la pourriture des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Côte d'Ivoire.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 1, janv.-mars 1971, p. 31-48, tabl., fig., réf.

Dans le cadre de l'étude de la résistance des cacaoyers à la pourriture des cabosses due au *Phytophthora palmivora* en Côte d'Ivoire, des essais ont été entrepris pour examiner comment variaient dans le temps et dans l'espace, l'inoculum et le comportement des cabosses de différents cacaoyers. Les facteurs écologiques pouvant jouer un rôle dans ces variations ont été analysés.

Les essais ont été mis en place dans des parcelles de cacaoyers (Amelonado, Haut-Amazoniens, Trinitario) situées à Bingerville, sur des sols semblables, mais avec des microclimats différents en raison de la différence d'ombrage et de densité de plantation.

Ils ont permis de mettre en évidence que le parasite est présent dans des endroits variés de la cacaoyère, mais que la cabosse ne peut être attaquée qu'une partie de l'année. Pour une époque donnée, l'importance de l'inoculum dans les coussinets floraux varie suivant les microclimats. La teneur en eau des tissus du péricarpe des cabosses varie suivant la période de l'année — cette variation est en relation étroite avec les variations annuelles de la sensibilité au champignon — et suivant le microclimat. Le pouvoir tampon d'une cacaoyère (différence à 14 h entre l'humidité relative enregistrée au poste météorologique et celle relevée dans un point donné de la cacaoyère) varie avec l'ombrage et la densité de plantation ; plus il augmente, plus les conditions sont favorables au parasite. D'où la possibilité d'une action sur l'ombrage et la densité de plantation.

TARJOT (M.). — **Neuer Beitrag zur Untersuchung der durch *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. bewirkten Braunfäule der Kakaoschoten in der Elfenbeinküste.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 1, janv.-mars 1971, p. 31-48, tabl., fig., réf.

Im Rahmen der Untersuchung der Resistenz der Kakaobäume gegen die durch *Phytophthora palmivora* bewirkte Braunfäule der Schoten in der Elfenbeinküste wurden Versuche unternommen, um zu prüfen wie der Impfstoff und das Verhalten der Schoten verschiedener Kakaobäume sich in der Zeit und im Raum ändern. Die ökologischen Faktoren die eine Rolle bei diesen Veränderungen spielen können wurden analysiert.

Die Versuche wurden in Parzellen von Kakaobäumen (Amelonado, Ober-Amazonier, Trinitario) in Bingerville auf gleichartigen Böden jedoch mit verschiedenen Mikroklimata angesichts der Verschiedenheit des schattigen Laubwerks und der Bestanddichte angestellt.

TARJOT (M.). — **New contribution to the research on the cocoa-pod rot due to *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in the Ivory Coast.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 1, janv.-mars 1971, p. 31-48, tabl., fig., réf.

Within the framework of research on resistance of cocoa trees to cocoa-pod rot due to *Phytophthora palmivora* in the Ivory Coast, tests have been undertaken to examine how, in time and space, the inoculum and the behaviour of pods of different cocoa trees varied. The ecological factors which might play a role in these variations have been analysed.

The tests were set up in the cocoa tree plots (Amelonado, Upper-Amazon, Trinitario) situated at Bingerville, on similar soils but with different microclimates on account of differences of shade and plantation density.

They made it possible to show that the parasite is present in various places of the cocoa plantation, but that the pod can only be attacked during one part of the year. For a given time, the inoculum's importance in the floral cushions varies according to the microclimates. The degree of humidity of the pods' pericarp tissue varies according to the time of year — this variation is closely linked with the annual variations of susceptibility to fungus — and according to microclimate. The « buffer capacity » of a cocoa plantation (difference at 2 p. m. between the relative humidity recorded at the meteorological station and the one recorded at a given point of the cocoa tree plantation) varies with shade and plantation density ; the higher it is, the more favourable are conditions for the parasite. From this arises the possibility of controlling *Phytophthora* through an action on shade and plantation density.

TARJOT (M.). — **Nueva contribución al estudio de la pudrición de las mazorcas de cacao debida a *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. en Costa del Marfil.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XV, n° 1, janv.-mars 1971, p. 31-48, tabl., fig., réf.

En el marco del estudio de la resistencia de los cacaos a la pudrición de las mazorcas debida a *Phytophthora palmivora* en Costa del Marfil, se hicieron unos ensayos a los efectos de determinar cómo variaban en el tiempo y en el espacio el inoculum y el comportamiento de las mazorcas de los diferentes cacaos. Se analizaron los factores ecológicos que pudieran desempeñar un papel en dichas variaciones.

Los ensayos se establecieron en parcelas de cacaos (Amelonado, Alto-amazónicos, Trinitario) que se hallaban en Bingerville, en suelos parecidos, pero con microclimas diferentes dadas las diferencias de sombra y densidad de plantación.

Dichos ensayos permitieron poner de relieve que el parásito se halla en varios sitios de la plantación aunque la mazorca

Sie ermöglichten den Nachweis, dass der Schädling an verschiedenen Stellen der Kakaopflanzung auftritt, die Schote aber nur einen Teil des Jahres befallen werden kann. Für einen gegebenen Zeitpunkt variiert die Bedeutung des Impfstoffs in den Blütenknospen je nach den Mikroklimaten. Der Wassergehalt der Gewebe des Perikarps der Schoten variiert je nach der Jahreszeit — diese Änderung steht in engem Zusammenhang mit den jährlichen Änderungen der Anfälligkeit gegenüber dem Pilz — und je nach dem Mikroklima. Das «Puffervermögen» einer Kakaopflanzung (Differenz um 14 Uhr zwischen der am meteorologischen Posten verzeichneten relativen Feuchtigkeit und der an einem gegebenen Punkt der Kakaopflanzung verzeichneten) ist je nach dem schattigen Laubwerk und der Bestandsdichte verschieden. Je mehr es zunimmt, desto günstiger sind die Bedingungen für den Schädling. Es besteht daher die Möglichkeit, das Einfall des *Phytophthora* zu vermindern, indem man auf das schattige Laubwerk und die Bestandsdichte einwirkt.

sólo puede ser atacada una parte del año. En una época determinada, la importancia del inoculum en los cojinetes florales varía en función de los microclimas. El contenido de agua de los tejidos del pericarpio de las mazorcas fluctúa según el período del año (en relación estrecha con las variaciones anuales de la susceptibilidad al hongo) y según el microclima. El poder «tampon» de un cacaotal (diferencia a las dos de la tarde entre la humedad relativa registrada en el puesto meteorológico y la que se observa en un punto determinado del cacaotal) varía con la sombra y la densidad de plantación; más aumenta, más las condiciones son favorables al parásito. Por eso es posible reducir la influencia del *Phytophthora* por medio de una acción sobre la sombra y la densidad de plantación.