

CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DES MODALITÉS DE LA TRANSMISSION HÉRÉDITAIRE DE LA RÉSISTANCE DU CACAOYER À LA POURRITURE BRUNE DES CABOSSES (*PHYTOPHTHORA PALMIVORA*) AU CAMEROUN

Hb 51042

G. BLAHA
Phytopathologiste

R. LOTODÉ
Biométricien

Laboratoire de phytopathologie et Service de biométrie de l'Institut Français du Café et du Cacao à Montpellier

La pourriture brune des cabosses du cacaoyer due à *Phytophthora palmivora* cause au Cameroun les pertes les plus élevées enregistrées dans le monde, détruisant en moyenne plus de 50 % de la production.

Parallèlement au perfectionnement des méthodes de lutte directe, la sélection d'un matériel végétal résistant à cette affection a été entreprise et poursuivie depuis 1967.

TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE

L'appréciation de la résistance du matériel végétal repose sur l'exécution d'inoculations expérimentales sur fruits, effectuées selon une méthode « ponctuelle », qui a été adoptée parce qu'elle se rapproche le plus du déroulement naturel de la maladie et qu'elle permet un grand nombre d'observations.

Caractéristiques des fruits mis à l'épreuve

Les essais ont tous été exécutés sur cabosses vivantes, encore portées par l'arbre, et non au laboratoire, sur cabosses coupées à physiologie perturbée.

Les fruits ont toujours été mis à l'épreuve au cours de la grande saison des pluies, qui correspond à l'époque où l'infection naturelle est la plus importante.

On a veillé à ce que tous les arbres soient maintenus dans des conditions strictement naturelles en leur évitant notamment tout apport d'engrais en pulvérisation et de pesticides.

L'infection a toujours été pratiquée en un seul

30 JANV. 1984

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

Café Cacao Thé, vol. XXI, n° 3, juil.-sept. 1977

N° : 4383

Cote : B

point du cortex, ce qui permet de suivre l'évolution complète de la maladie pendant douze jours consécutifs.

Récolte des souches du parasite

Tous les arbres ont été mis à l'épreuve à plusieurs reprises et chaque fois avec une souche locale du parasite, isolée à divers moments de la saison à partir de cabosses en voie de pourrissement naturel : nous pouvons dire que les essais ont été effectués avec un échantillonnage d'isolats représentatifs de la population de *Phytophthora palmivora* présente au cours de la campagne dans le milieu écologique considéré. Les souches utilisées sont en somme locales, saisonnières et reconnues naturellement agressives.

Préparation de l'inoculum

La propagation de la maladie se faisant la plupart du temps par les zoospores, l'utilisation de sus-

30 JUIN 1978
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

3298 Agr

pensions de zoospores était tout indiquée pour les essais. De telles suspensions étant très faciles à calibrer, nous avons adopté une concentration standard de deux cents à trois cents zoospores par mm³.

Ces suspensions sont préparées à partir d'une culture âgée de vingt jours sur milieu V₈ * :

— les cultures pures de *Phytophthora palmivora* sont inondées d'eau distillée stérile et fraîche (18 à 20 °C) ;

— le mycélium est détaché du substrat et est soigneusement dilacéré ;

— au bout d'une heure, on recueille le surnageant et on amène le nombre de zoospores à la concentration voulue.

Technique de l'infection

Les cabosses intactes ayant atteint leur taille définitive (quatre à six mois d'âge suivant les cultivars), mais encore immatures, reçoivent trois gouttes d'inoculum dans un godet en pâte à modeler appliqué sur la cabosse dans sa zone équato-

riale : un seul site de la cabosse, standardisé dans tous nos tests de sensibilité, est donc ainsi infecté.

Informations recueillies

Nous avons recueilli le plus grand nombre possible d'informations.

Aussi nos observations ont-elles porté sur les différents points suivants, que la méthode « ponctuelle » d'infection a permis de prendre en considération et qui correspondent aux caractéristiques biologiques de l'infection :

- réussite ou échec de l'infection ;
- temps d'apparition des ponctuations diffuses, premiers symptômes décelables ;
- temps d'apparition des taches en « réseau » résultant de la confluence des ponctuations ;
- temps d'apparition des taches « marbrées » (ou période de contamination), présentant un début de coloration brune, typique de l'affection ;
- temps d'apparition des taches « vraies », brunes et à contours réguliers ;
- temps d'apparition des fructifications du parasite ;
- dimensions des taches aux septième et dixième jours.

RAPPEL DES RÉSULTATS ACQUIS SUR LE MATÉRIEL CLONAL

La première phase de ce travail de sélection a porté sur le matériel clonal d'origines très diverses existant dans le pays et servant à la création d'un matériel hybride présentant une productivité et une précocité accrues. Plus de cent clones ont été mis à l'épreuve soit :

— quatre-vingts environ d'origine locale, désignés sous le nom de SNK, de type Trinitario et Forastero ;

— quatorze sélections de Trinidad (ICS 1, 6, 16, 39, 40, 43, 46, 60, 61, 81, 89, 95, 98 et 100) ;

— deux introductions de Grenade (GS 29 et GS 36) ;

— cinq clones provenant de descendance illégitimes de types Forastero Amazoniens (UPA 74, 134, 138, 143 et 337) ;

— des clones haut-amazoniens tels que IMC 60, IMC 67, Na 32, Pa 7, Sca 6, et issus de leurs descendance (clones T repérés à Tafo au Ghana).

Nous avons fait part des résultats de ce travail dans un article précédent (2).

De cette étude sur les clones, on peut rappeler les principaux éléments suivants :

— le critère fondamental de sélection à retenir est le pourcentage d'infections réussies (% IR), qui traduit la résistance à la pénétration ou résistance épidermique à l'agression parasitaire ;

— il est apparu que les accroissements journaliers moyens des taches de pourriture (AJM), qui devraient rendre compte de la résistance interne du cortex, ne sont pas un bon critère d'appréciation de cette résistance interne : fortement liés aux pourcentages d'infections réussies, ils reflètent surtout la résistance à la pénétration ;

— l'index de croissance des taches, exprimé par la pente de la droite traduisant l'évolution de l'extension de la tache (après transformation logarithmique) en fonction du temps passé depuis l'infection

* Milieu V₈ :

Boîte de V ₈ de la Campbell Soup Co.	35,5 cl
Carbonate de calcium.....	6,0 g
Gélose	40,0 g
Eau distillée q. s. p.	2.000,0 ml

tion, est au contraire un bon critère d'appréciation de la résistance interne du cortex, parce qu'il n'est pas lié au pourcentage d'infections réussies et donc non lié à la résistance à la pénétration ;

— les deux formes de résistance, épidermique et interne, apparaissent comme des caractéristiques distinctes, qu'il convient par conséquent de mesurer pour avoir une bonne appréciation de la valeur

d'un matériel végétal donné à l'égard des attaques du *Phytophthora palmivora*.

Cependant, avec les hybrides, plus nombreux, les dimensions des taches n'ont été relevées qu'aux septième et dixième jours et les index n'ont pu être calculés avec précision ; de ce fait notre présent travail ne porte que sur la résistance épidermique.

ÉTUDE DU MATÉRIEL HYBRIDE

Le deuxième volet du travail de sélection concernant la résistance à la pourriture brune, objet du présent article, a porté sur les familles hybrides issues de croisements entre clones. Le cumul des données recueillies de 1968 à 1973 permet :

— à partir des résultats obtenus avec l'ensemble des individus d'une famille, d'apprécier le comportement global de cette famille à l'égard de la pourriture brune des cabosses ;

— à partir des résultats obtenus avec les différentes familles, de tenter de dégager quelques renseignements concernant les mécanismes qui régissent

la transmission héréditaire des caractères de résistance ou de sensibilité du cacaoyer à cette maladie.

Les tests de sensibilité ont été effectués sur cinquante-six familles hybrides créées dans le cadre des programmes d'amélioration de la productivité et figurant dans les essais comparatifs de production de la Station de Nkoemvone.

La réaction des clones parents aux attaques du *Phytophthora palmivora* étant connue au niveau de l'épiderme (tableau I), nous avons qualifié leur descendance de :

TABLEAU I

Caractéristiques des géniteurs rencontrés dans les croisements soumis aux tests

A. — Classements en fonction des données recueillies entre les quatrième et dixième jours après inoculations							
Réaction épidermique Caractéristique AJM	Résistants			Sensibles			
	R forts	R moyens	R faibles	S faibles	S moyens	S forts	
Clones (28)	ICS 84	SNK 12	ICS 16	ICS 46	ICS 61	SNK 10	
	SNK 416	SNK 16	ICS 6	SNK 37	ICS 40	UPA 134	
	SNK 64	SNK 450	SNK 13	UPA 337	SNK 277	SNK 109	
		ICS 95			SNK 456		
		ICS 1			UPA 143		
		SNK 30			ICS 39		
		ICS 43			ICS 60		
		SNK 111					
		SNK 48					
	Limites des classes (AJM en mm ² /24 h) ..	800-1.200	1.200-1.400	1.400-1.500	1.600-1.700	1.900-2.100	2.200-2.500
B. — Classements en fonction des données recueillies entre les septième et dixième jours après inoculations							
Réaction épidermique Caractéristique AJM	Résistants			Sensibles			
	R forts	R moyens	R faibles	S faibles	S moyens	S forts	
Clones (28)	ICS 84	SNK 16	ICS 1	SNK 37	ICS 40	SNK 10	
	SNK 416	ICS 95	ICS 6	UPA 337	SNK 456	UPA 134	
		SNK 12	SNK 30	ICS 46	ICS 39	SNK 109	
		SNK 64	ICS 16		UPA 143		
		SNK 450			ICS 61		
		SNK 48			SNK 277		
		SNK 13			ICS 60		
		ICS 43					
		SNK 111					
	Limites des classes (AJM en mm ² /24 h) ..	1.400-1.700	2.000-2.300	2.400-2.500	2.500-2.600	2.800-3.400	3.500-3.600

TABLEAU II

Liste des familles mises à l'épreuve et qualification des croisements
en fonction des réactions des clones parents *

: Designation des familles	: Croisements		: Type du croisement selon la réaction: des parents au niveau épidémique (A. J. M.)
	♀	♂	
: KHK 3	: SNK 111	: SNK 64	: R1 (R moyen × R fort)
: KHK 6	: SNK 10	: SNK 37	: S8 (S fort × S faible)
: KHT 1	: SNK 13	: ICS 1	: R5 (R faible × R moyen)
: KHT 2	: SNK 13	: ICS 95	: R5 (R faible × R moyen)
: KHT 4	: SNK 48	: ICS 95	: R3 (R moyen × R moyen)
: KHT 5	: SNK 111	: ICS 1	: R3 (R moyen × R moyen)
: KHT 7	: SNK 10	: ICS 95	: M1 (S fort × R moyen)
: KHT 14	: SNK 16	: ICS 6	: R4 (R moyen × R faible)
: KHT 17	: SNK 109	: ICS 6	: M1 (S fort × R faible)
: KHT 18	: SNK 30	: ICS 1	: R3 (R moyen × R moyen)
: KHT 19	: SNK 30	: ICS 6	: R4 (R moyen × R faible)
: KHT 20	: SNK 30	: ICS 95	: R3 (R moyen × R moyen)
: KHT 23	: SNK 416	: ICS 95	: R2 (R fort × R moyen)
: KHT 30	: SNK 109	: ICS 1	: M1 (S fort × R moyen)
: KHT 31	: SNK 109	: ICS 95	: M1 (S fort × R moyen)
: THK 3	: ICS 43	: SNK 37	: M2 (R moyen × S faible)
: THK 4	: ICS 43	: SNK 64	: R1 (R moyen × R fort)
: THK 17	: ICS 43	: SNK 456	: M2 (R moyen × S moyen)
: THK 19	: ICS 46	: SNK 12	: M1 (S faible × R moyen)
: THK 23	: ICS 39	: SNK 37	: S4 (S moyen × S faible)
: THK 31	: ICS 60	: SNK 450	: M1 (S moyen × R moyen)
: THK 33	: ICS 61	: SNK 37	: S4 (S moyen × S faible)
: THK 35	: ICS 61	: SNK 277	: S3 (S moyen × S moyen)
: THK 40	: ICS 16	: SNK 450	: R5 (R faible × R moyen)
: THK 41	: ICS 84	: SNK 450	: R2 (R fort × R moyen)
: THK 42	: ICS 84	: SNK 37	: M2 (R fort × S faible)
: KHA 4	: SNK 30	: UPA 337	: M2 (R moyen × S moyen)
: KHA 9	: SNK 10	: UPA 134	: S0 (S fort × S fort)
: KHA 12	: SNK 109	: UPA 134	: S0 (S fort × S fort)
: KHA 14	: SNK 10	: UPA 143	: S2 (S fort × S moyen)
: KHA 15	: SNK 13	: UPA 143	: M2 (R faible × S moyen)
: KHA 16	: SNK 16	: UPA 143	: M2 (R faible × S moyen)
: KHA 17	: SNK 109	: UPA 143	: S2 (S fort × S moyen)
: AHK 1	: UPA 134	: SNK 37	: S8 (S fort × S faible)
: AHK 2	: UPA 134	: SNK 64	: M1 (S fort × R fort)
: AHK 3	: UPA 143	: SNK 64	: M1 (S moyen × R fort)
: AHK 4	: UPA 143	: SNK 37	: S4 (S moyen × S faible)
: AHK 5	: UPA 134	: SNK 12	: M1 (S fort × R moyen)
: AHK 10	: UPA 134	: SNK 109	: S0 (S fort × S fort)
: AHK 13	: UPA 143	: SNK 10	: S1 (S moyen × S fort)
: AHK 14	: UPA 143	: SNK 13	: M1 (S moyen × R faible)
: AHK 15	: UPA 143	: SNK 16	: M1 (S moyen × R moyen)
: AHK 16	: UPA 143	: SNK 109	: S1 (S moyen × S fort)
: THA 1	: ICS 40	: UPA 143	: S3 (S moyen × S moyen)
: THA 2	: ICS 43	: UPA 143	: M2 (R moyen × S moyen)
: THA 3	: ICS 40	: UPA 134	: S1 (S moyen × S fort)
: THA 4	: ICS 43	: UPA 134	: M2 (R moyen × S fort)
: THA 11	: ICS 84	: UPA 337	: M2 (R fort × S faible)
: AHT 1	: UPA 134	: ICS 1	: M1 (S fort × R moyen)
: AHT 2	: UPA 134	: ICS 95	: M1 (S fort × R moyen)
: AHT 3	: UPA 143	: ICS 1	: M1 (S moyen × R moyen)
: AHT 4	: UPA 143	: ICS 95	: M1 (S moyen × R moyen)
: AHT 5	: UPA 143	: ICS 40	: S3 (S moyen × S moyen)
: AHT 8	: UPA 143	: ICS 43	: M1 (S moyen × R moyen)
: AHT 9	: UPA 134	: ICS 43	: M1 (S fort × R moyen)
: AHT 10	: UPA 134	: ICS 40	: S2 (S fort × S moyen)
: KS 37	: SNK 37	: SNK 37	: S6 faible (autoféconde)
: KS 64	: SNK 64	: SNK 64	: R0 fort (autoféconde)

* La réaction des clones parents a été préalablement déterminée selon les données recueillies entre les 4^e et 10^e jours après inoculations,

- « type résistant » (R), lorsque les deux parents sont résistants ;
- « type sensible » (S), quand les deux parents sont sensibles ;
- « type mixte » (M), quand l'un des parents est sensible et l'autre résistant (tableau II).

Au sein de chacun des types résistants (R) ou sensibles (S), on peut distinguer des degrés selon que les parents sont eux-mêmes fortement, moyennement ou faiblement résistants ou sensibles à la pénétration. Nous avons ainsi les différentes catégories regroupées dans le tableau III.

TABLEAU III

Types	Hybrides	Caractéristiques des clones géniteurs		
		♀	×	♂
Résistants R	R ₀	R fort	×	R fort
	R ₁	R moyen	×	R fort
	R ₂	R fort	×	R moyen
	R ₃	R moyen	×	R moyen
	R ₄	R moyen	×	R faible
	R ₅	R faible	×	R moyen
	R ₆	R faible	×	R faible
	R ₇	R faible	×	R fort
	R ₈	R fort	×	R faible
Sensibles S	S ₀	S fort	×	S fort
	S ₁	S moyen	×	S fort
	S ₂	S fort	×	S moyen
	S ₃	S moyen	×	S moyen
	S ₄	S moyen	×	S faible
	S ₅	S faible	×	S moyen
	S ₆	S faible	×	S faible
	S ₇	S faible	×	S fort
	S ₈	S fort	×	S faible
Mixtes M	M ₁	S	×	R
	M ₂	R	×	S

Exploitation des données pour un classement des familles hybrides dans une échelle de sensibilité et pour le repérage d'individus résistants

Résultats globaux par famille

Le tableau IV (p. 184) donne les pourcentages d'infections réussies obtenus par famille après cumul des données recueillies de 1968 à 1973.

Ces pourcentages d'infections réussies, qui traduisent la vulnérabilité ou sensibilité épidermique moyenne des cabosses de l'ensemble des individus constituant une famille, permettent le classement des familles étudiées par ordre de sensibilité croissante (tableau V).

Ce classement a reçu une première application pratique (5) : les familles présentant les taux d'infections réussies les plus bas ont été mises en essai comparatif en plantation, afin que soit déterminée l'incidence naturelle de la maladie sur chacune d'elles dans deux types de conditions écologiques distincts du Cameroun, Nkoemvone (Sud) et Nkolbisson (Centre). Il est en effet essentiel que l'on connaisse la signification réelle, dans les conditions culturales, d'un degré de résistance mesuré expérimentalement par des infections artificielles.

Si on cumule les données par type de croisement, en ne tenant compte, dans les types résistants ou sensibles, que des croisements les plus caractéristiques, soit :

— les croisements correspondant aux formules R₀, R₁, R₂ et R₃ pour le type résistant ;

TABLEAU V

Classement des familles hybrides en fonction de leur résistance à la pénétration (% d'infections réussies)

50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
										AHK 1
										THK 19
KHT 23	AHK 2	THK 41	KHT 4 KHA 4	KHT 2	KHT 1	THA 4 THK 40	AHK 10			KHA 15
										KHK 6
KHT 5	AHT 4	AHK 3	KHT 14	AHK 4	THK 23	THK 4	AHT 10	AHK 14		KHA 12
										THK 35
KS 64		THA 11		AHT 1	AHT 8	THK 3	THK 31			AHK 13
		KS 37		KHT 7	KHT 20	THA 1	THK 33			
		KHT 18		THK 17	AHK 15	KHT 19	KHT 17			
		THK 42		AHT 3	KHT 2	AHK 3				
				KHA 17	KHA 16	KHA 9				
				THA 3	THA 2	AHK 5				
					AHT 2					
					AHT 9	KHT 30				
						AHT 5				

TABLEAU IV

Pourcentage global d'infections réussies par famille

: Désignation des familles hybrides	:	: Croisements *				:	: Nombre de cabosses testées	:	: % global d'infections réussies (% IR)
		♀		♂					
: KHK 3	:	: SNK 111	(86)	×	: SNK 64	(45)	:	: 76	: 82,9
: KHK 6	:	: SNK 10	(99)	×	: SNK 37	(80)	:	: 113	: 96,5
: KHT 1	:	: SNK 13	(70)	×	: ICS 1	(54)	:	: 315	: 76,2
: KHT 2	:	: SNK 13	(70)	×	: ICS 95	(72)	:	: 1 966	: 71,2
: KHT 4	:	: SNK 48	(83)	×	: ICS 95	(72)	:	: 78	: 65,4
: KHT 5	:	: SNK 111	(86)	×	: ICS 1	(54)	:	: 137	: 53,3
: KHT 7	:	: SNK 10	(99)	×	: ICS 95	(72)	:	: 549	: 72,7
: KHT 14	:	: SNK 16	(69)	×	: ICS 6	(94)	:	: 66	: 69,7
: KHT 17	:	: SNK 109	(94)	×	: ICS 6	(94)	:	: 34	: 88,2
: KHT 18	:	: SNK 30	(61)	×	: ICS 1	(54)	:	: 253	: 64,4
: KHT 19	:	: SNK 30	(61)	×	: ICS 6	(94)	:	: 143	: 81,8
: KHT 20	:	: SNK 30	(61)	×	: ICS 95	(72)	:	: 171	: 77,2
: KHT 23	:	: SNK 416	(56)	×	: ICS 95	(72)	:	: 228	: 52,6
: KHT 30	:	: SNK 109	(94)	×	: ICS 1	(54)	:	: 327	: 85
: KHT 31	:	: SNK 109	(94)	×	: ICS 95	(72)	:	: 45	: 84,4
: THK 3	:	: ICS 43	(80)	×	: SNK 37	(80)	:	: 477	: 81,3
: THK 4	:	: ICS 43	(80)	×	: SNK 64	(45)	:	: 36	: 80,6
: THK 17	:	: ICS 43	(80)	×	: SNK 456	(83)	:	: 120	: 72,5
: THK 19	:	: ICS 46	(90)	×	: SNK 12	(83)	:	: 87	: 90,8
: THK 23	:	: ICS 39	(89)	×	: SNK 37	(80)	:	: 348	: 75,6
: THK 31	:	: ICS 60	(93)	×	: SNK 450	(72)	:	: 235	: 87,7
: THK 33	:	: ICS 61	(98)	×	: SNK 37	(80)	:	: 41	: 87,8
: THK 35	:	: ICS 61	(98)	×	: SNK 277	(96)	:	: 54	: 94,4
: THK 40	:	: ICS 16	(93)	×	: SNK 450	(72)	:	: 46	: 80,4
: THK 41	:	: ICS 84	(25)	×	: SNK 450	(72)	:	: 109	: 61,5
: THK 42	:	: ICS 84	(25)	×	: SNK 37	(80)	:	: 179	: 64,3
: KHA 4	:	: SNK 30	(61)	×	: UPA 337	(83)	:	: 150	: 66,7
: KHA 9	:	: SNK 10	(99)	×	: UPA 134	(94)	:	: 99	: 83,8
: KHA 12	:	: SNK 109	(94)	×	: UPA 134	(94)	:	: 109	: 94,5
: KHA 14	:	: SNK 10	(99)	×	: UPA 143	(83)	:	: 93	: 96,8
: KHA 15	:	: SNK 13	(70)	×	: UPA 143	(83)	:	: 372	: 90,9
: KHA 16	:	: SNK 16	(69)	×	: UPA 143	(83)	:	: 254	: 79,1
: KHA 17	:	: SNK 109	(94)	×	: UPA 145	(83)	:	: 131	: 74,1
: AHK 1	:	: UPA 134	(94)	×	: SNK 37	(80)	:	: 20	: 90,0
: AHK 2	:	: UPA 134	(94)	×	: SNK 64	(45)	:	: 428	: 57,2
: AHK 3	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 64	(45)	:	: 468	: 62,2
: AHK 4	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 37	(80)	:	: 208	: 71,6
: AHK 5	:	: UPA 134	(94)	×	: SNK 12	(83)	:	: 325	: 84,3
: AHK 10	:	: UPA 134	(94)	×	: SNK 109	(94)	:	: 151	: 86,1
: AHK 13	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 10	(99)	:	: 220	: 94,6
: AHK 14	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 13	(70)	:	: 277	: 87,0
: AHK 15	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 16	(69)	:	: 227	: 78,0
: AHK 16	:	: UPA 143	(83)	×	: SNK 109	(94)	:	: 199	: 83,4
: THA 1	:	: ICS 40	(90)	×	: UPA 143	(83)	:	: 812	: 82
: THA 2	:	: ICS 43	(80)	×	: UPA 143	(83)	:	: 322	: 79,2
: THA 3	:	: ICS 40	(90)	×	: UPA 134	(94)	:	: 127	: 73,8
: THA 4	:	: ICS 43	(80)	×	: UPA 134	(94)	:	: 174	: 79,9
: THA 11	:	: ICS 84	(25)	×	: UPA 337	(83)	:	: 268	: 62,3
: AHT 1	:	: UPA 134	(94)	×	: ICS 1	(54)	:	: 454	: 71,8
: AHT 2	:	: UPA 134	(94)	×	: ICS 95	(72)	:	: 101	: 79,2
: AHT 3	:	: UPA 143	(83)	×	: ICS 1	(54)	:	: 202	: 72,8
: AHT 4	:	: UPA 143	(83)	×	: ICS 95	(72)	:	: 1 187	: 57,5
: AHT 5	:	: UPA 143	(83)	×	: ICS 40	(90)	:	: 466	: 84,6
: AHT 8	:	: UPA 143	(83)	×	: ICS 43	(80)	:	: 423	: 75,9
: AHT 9	:	: UPA 134	(94)	×	: ICS 43	(80)	:	: 266	: 79,3
: AHT 10	:	: UPA 134	(94)	×	: ICS 40	(90)	:	: 206	: 80,1
: KS 37	:	: SNK 37	(80)	×	: SNK 37	(80)	:	: 124	: 63,7
: KS 64	:	: SNK 64	(45)	×	: SNK 64	(45)	:	: 237	: 54,9

* On a indiqué, entre parenthèses, le % IR obtenu avec chacun des clones parents.

TABLEAU VI

Pourcentages d'infections réussies cumulés par type de croisement

Types des croisements (selon les données recueillies entre les 4 ^e et 10 ^e jours)	Nombre total de cabosses à l'épreuve	Infections réussies	% IR pour le type
« R » (R ₀ + R ₁ + R ₂ + R ₃)	1.325	828	62,5
« M »	6.107	4.358	71,4
« S » (S ₀ + S ₁ + S ₂ + S ₃)	2.791	2.327	83,3

— les croisements correspondant aux formules S₀, S₁, S₂ et S₃ pour le type sensible ;

on a les % IR suivants (tableau VI) :

— familles de type R = 62,5 % pour 1.325 cabosses mises à l'épreuve ;

— familles de type M = 71,4 % pour 6.107 cabosses mises à l'épreuve ;

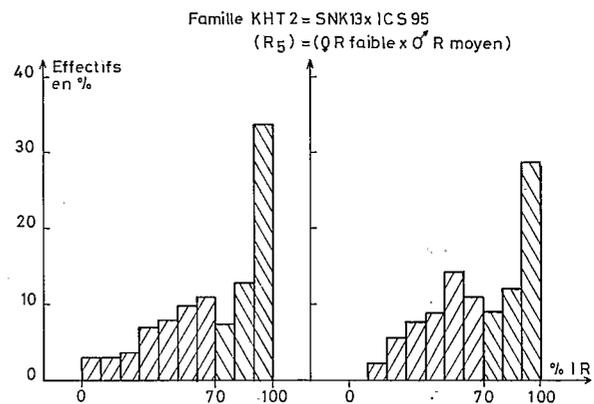
— familles de type S = 83,3 % pour 2.791 cabosses mises à l'épreuve.

Les différences qui apparaissent entre les trois catégories confirment le bien-fondé du qualificatif de « résistant », « sensible » ou « mixte » donné *a priori* aux diverses familles en fonction des caractéristiques des clones parents : ils montrent globalement que les caractéristiques clonales de résistance ou de sensibilité au *Phytophthora palmivora* se transmettent à la descendance.

Résultats individuels au sein des familles hybrides : repérage d'individus résistants, têtes de clone éventuels

Dans leur ensemble, les familles hybrides peuvent donc être classées dans une échelle de sensibilité à l'égard de la pourriture brune des cabosses en fonction des caractéristiques des clones parents. Mais l'étude détaillée de chacune des familles mises à l'épreuve montre que, pour leur sensibilité comme pour leurs autres caractéristiques (productivité, couleur et taille des cabosses et des fèves, etc...), chaque individu a un comportement propre : dans une même famille, les différences d'un individu à l'autre peuvent être grandes et soulignent l'hétérozygotie des parents au niveau des caractères étudiés (1).

Pour l'analyse structurelle d'une famille, nous n'avons considéré que les arbres sur lesquels cinq cabosses au minimum avaient été mises à l'épreuve ; en fonction du pourcentage moyen d'infections réussies obtenu par arbre, on a pu attribuer à chacun un degré de sensibilité propre. En groupant



Diagrammes 1 et 2. — Nombre de cabosses mises à l'épreuve par individu : cinq et plus (diag. 1), huit et plus (diag. 2).

par classe les arbres présentant un % IR voisin, on obtient dans la famille une répartition étalée dans l'échelle de sensibilité choisie : c'est ce qui ressort de l'analyse à l'intérieur de quelques familles pour lesquelles le nombre d'individus est important (exemple avec KHT 2, diagramme 1). Pour un nombre minimal de huit cabosses mises à l'épreuve par individu, on obtient un histogramme voisin (diagramme 2).

L'étalement et la forme des histogrammes de chaque famille peuvent s'expliquer par une forte disjonction des caractères de résistance (ou de sensibilité), du fait même de leur polygénie, ce qui semble être la règle chez le cacaoyer : disparité des descendance pour d'autres caractères comme la productivité, l'attraction exercée sur les insectes, etc...

Si on fixe à 70 % d'infections réussies le seuil de transition entre individus résistants et individus sensibles, il est possible de classer les familles en fonction des proportions d'individus résistants. Ce mode de classement, figuré dans le tableau VII (p. 186), est à peu de chose près identique à celui qui a été figuré dans le tableau V, mais exprime peut-être plus nettement la valeur des familles mises à l'épreuve.

TABLEAU VII

Classement des familles hybrides en fonction de leur proportion en individus résistants *

% d'individus résistants dans chaque famille :	Accroissement de la sensibilité						
	60	50	40	30	20	10	0
Familles hybrides	AHK 2 AHK 3	AHT 4 THA 11 KHT 18	KHT 2 THA 2 AHT 1 AHT 8	AHT 9 KHT 1 KHT 7	KHT 30 THK 3 THK 23 KHA 16 AHT 5	THA 1 AHK 5	KHA 15

* Est considéré comme « résistant » tout arbre ayant présenté un pourcentage d'infections réussies égal ou inférieur à 70 %.

Rappel des % IR enregistrés sur cabosses avec les mêmes familles

% IR sur fruits pour l'ensemble de chaque famille :	Accroissement de la sensibilité					
	60	70	80	90	100	
Familles hybrides	AHK 2 AHT 4	AHK 3 THA 11 KHT 18	KHT 2 AHT 1 KHT 7 KHT 1 THK 23	AHT 8 KHA 16 THA 2 AHT 9	THK 3 THA 1 KHT 30 AHT 5 AHK 5	KHA 15

TABLEAU VIII

Répartition en % des individus résistants * et sensibles dans la descendance de différents types de croisements

Type théorique des croisements en fonction de l'AJM des géniteurs entre les 4 ^e et 10 ^e jours	Type des descendants hybrides	% IR individuel des descendants hybrides	Pourcentages d'individus hybrides résistants (R) et sensibles (S)	
			pour 5 cabosses à l'épreuve par individu	pour 8 cabosses à l'épreuve par individu
« R » (R ₀ , R ₁ , R ₂ et R ₃) **	R	0-69,9	52,6	47,4
	S	70,0-100	47,4	52,6
« M »	R	0-69,9	40,8	41,6
	S	70,0-100	59,2	58,4
« S » (S ₀ , S ₁ , S ₂ et S ₃) **	R	0-69,9	20,6	16,3
	S	70,0-100	79,4	83,7

* Est considéré comme « résistant » tout individu ayant présenté un pourcentage d'infections réussies sur fruits égal ou inférieur à 70 %.

** Les géniteurs intervenant dans ces croisements sont signalés dans les tableaux I, II et IX.

() Entre parenthèses, le nombre total d'individus dont le nombre de cabosses à l'épreuve est égal à 5 ou plus ; à 8 ou plus.

Si, comme pour l'analyse globale des familles, on cumule les données par type de croisement, en ne tenant compte, dans les types « résistants » ou « sensibles », que des éléments les plus caractéristiques *a priori*, soit :

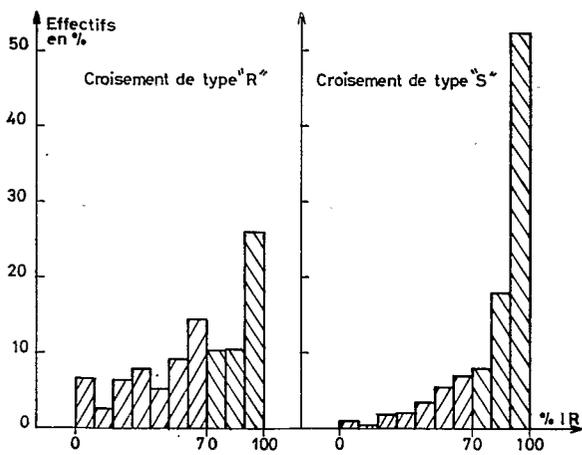
— les croisements correspondant aux formules R₀, R₁, R₂ et R₃ pour les types résistants (diagramme 3) ;

— les croisements correspondant aux formules S₀, S₁, S₂ et S₃ pour les types sensibles (diagramme 4) ; on obtient la répartition indiquée dans le tableau VIII. La proportion d'individus sensibles augmente comme il fallait s'y attendre en passant

du croisement de type R à celui de type M puis de type S (47 % à 79 %).

Du point de vue pratique, dans chaque famille, un clonage des individus les plus résistants a été réalisé (5).

Les hybridations et les clonages successifs des individus hybrides les plus résistants sont essentiels pour la sélection envisagée : la forte hétérozygotie au départ et la proportion non négligeable d'individus résistants obtenue avec des croisements de type R laissent espérer une amélioration de la résistance à la maladie.



Diagrammes 3 et 4. — Cumul des croisements de types « R » et « S »

Etude des modalités de la transmission de la résistance à la pénétration *

Cette étude a été faite en comparant les valeurs des critères pourcentages d'infections réussies (% IR) et accroissements journaliers moyens des taches (AJM) calculées chez les familles hybrides et chez les clones parents. Ces critères d'appréciation de la résistance à la pénétration n'étant connus, pour les hybrides, qu'entre les septième et dixième jours après l'infection, c'est sur leurs valeurs calculées au cours de cette période que porte l'étude.

Etude d'ensemble

Une analyse de régression multiple a été effectuée en prenant comme variables explicatives les AJM de chacun des géniteurs et comme variable expliquée l'AJM de l'hybride (tableau IX, p. 188).

Les résultats peuvent se résumer ainsi :

Tableau des corrélations simples

	Géniteur ♂	Hybride
Géniteur ♀	0,184 (N. S.)	0,269* (S. au seuil 5 %)
Géniteur ♂		0,365** (S. au seuil 8 %)

* Comme dans l'étude des clones, il apparaît une corrélation très hautement significative entre % IR et AJM : on a en effet $r = 0,61$ pour quarante-cinq familles d'hybrides représentées par des effectifs suffisants, le seuil de signification à 0,001 étant de $r = 0,47$ pour 43 degrés de liberté. La liaison entre % IR et AJM étant très élevée, cette dernière caractéristique reflète donc bien la résistance à la pénétration du champignon dans l'épiderme : l'AJM est d'autant plus grand que la pénétration a été plus rapide. Notons aussi que l'AJM moyen d'un clone ou d'une famille semble un meilleur critère d'appréciation de la résistance à la pénétration que le % IR qui peut être perturbé par les conditions climatiques existant au moment de l'infection. On notera aussi que, dans le calcul des AJM, ont été éliminées toutes les cabosses à réaction anormale dues à des accidents de types divers.

Une liaison existe entre un géniteur quel qu'il soit, pris isolément, et l'hybride, mais la signification est plus grande pour le géniteur ♂.

Coefficient de corrélation multiple : $R^2 = 0,175$, $F_c = 5,64$ pour 2 et 53 degrés de liberté, donc significatif au seuil 1 % ($F_T = 3,17$). La régression multiple est significative.

Fractions de la variance totale des données/hybrides expliquées par

- la régression sur le géniteur ♀ seul : 7,23 %
- la régression sur le géniteur ♂ seul : 13,33 %
- la régression multiple : 17,5 % (inférieure au total des deux premières du fait de la corrélation fortuite entre les données des deux géniteurs, qui, quoique non significative au seuil 5 %, intervient faiblement).

Coefficient de régression partielle	Ecart type	t de Student
b_1 (♀) = 0,161	0,098	1,65 (S. au seuil 10 %)
b_2 (♂) = 0,313	0,122	2,57 (S. au seuil 1 %)

Poids de chacun des facteurs (coefficients de régression partielle après réduction des données

$$x \rightarrow \frac{x - \bar{x}}{S_x}$$

$$\beta_1 (\text{♀}) = 0,209, \beta_2 (\text{♂}) = 0,327.$$

L'ensemble des résultats permet de conclure à la transmissibilité du caractère quel que soit le géniteur, mais l'analyse de variance globale montre que :

- la fraction de variance totale expliquée par l'adjonction du géniteur ♂ après la prise en compte du géniteur ♀ est significative (+ 10,27 %) ;
- la fraction de variance totale expliquée par l'adjonction du géniteur ♀ après la prise en compte du géniteur ♂ n'est pas significative (+ 4,12 %).

Les moyennes des AJM pour les cinquante-six hybrides et leurs géniteurs sont (en mm^2 par 24 h) :

Géniteur ♂	Géniteur ♀	Hybrides	Moyennes des géniteurs
2.570	2.825	2.930	2.695

La moyenne des AJM des hybrides est supérieure à celle de l'AJM de l'un ou l'autre géniteur ; les positions de l'AJM/hybride par rapport à l'AJM des géniteurs se répartissent ainsi :

Géniteur ♂

inférieur	semblable	supérieur
15	16	25

Géniteur ♀

inférieur	semblable	supérieur
17	19	30

Géniteurs ♀ et ♂

inférieur à l'AJM le plus faible	compris entre les deux AJM	supérieur à l'AJM le plus élevé
18	25	23

TABLEAU IX

Comparaison hybrides-géniteurs au niveau AJM
 en fonction des données recueillies entre les septième et dixième jours
 (les familles sont classées par ordre de sensibilité décroissante)

Familles hybrides			Géniteur ♀		Géniteur ♂	
Appellation	Nombre de cabosses observées	A.J.M. * global	Clone	A.J.M. *	Clone	A.J.M. *
KHT 17	22	4655	SNK 109	3515	ICS 6	2365
KHA 17	87	3845	SNK 109	3515	UPA 143	2975
THK 33	35	3735	ICS 61	2940	SNK 37	2560
THK 19	66	3665	ICS 46	2525	SNK 12	2025
AHK 16	148	3575	UPA 143	2975	SNK 109	3515
KHA 12	80	3565	SNK 109	3515	UPA 134	3535
KHK 3	57	3505	SNK 111	2295	SNK 64	2155
AHT 5	386	3480	UPA 143	2975	ICS 40	3370
THK 17	76	3335	ICS 43	2295	SNK 456	3135
AHK 1	16	3300	UPA 134	3535	SNK 37	2560
AHK 13	188	3295	UPA 143	2975	SNK 10	3600
THK 4	28	3280	ICS 43	2295	SNK 64	2155
THK 35	47	3250	ICS 61	2940	SNK 277	2915
THK 40	31	3245	ICS 16	2400	SNK 450	2210
KHK 6	93	3235	SNK 10	3600	SNK 37	2560
KHT 30	267	3225	SNK 109	3515	ICS 1	2395
THA 3	74	3195	ICS 40	3370	UPA 134	3535
THK 31	199	3165	ICS 60	2830	SNK 450	2210
AHK 10	107	3130	UPA 134	3535	SNK 109	3515
KHA 16	154	3090	SNK 16	1960	UPA 143	2975
KHA 15	288	3070	SNK 13	2235	UPA 143	2975
AHK 14	218	3065	UPA 143	2975	SNK 13	2235
THA 1	590	3035	ICS 40	3370	UPA 143	2975
AHK 4	123	2970	UPA 143	2975	SNK 37	2560
KHT 19	116	2955	SNK 30	2490	ICS 6	2365
AHT 10	144	2955	UPA 134	3535	ICS 40	3370
AHT 9	187	2920	UPA 134	3535	ICS 43	2295
KHT 20	122	2905	SNK 30	2490	ICS 95	1985
THA 2	231	2880	ICS 43	2295	UPA 143	2975
THK 23	269	2880	ICS 39	3080	SNK 37	2560
THA 4	134	2855	ICS 43	2295	UPA 134	3535
THA 11	146	2835	ICS 84	1425	UPA 337	2530
KHT 18	148	2820	SNK 30	2490	ICS 1	2395
AHK 15	153	2790	UPA 143	2975	SNK 16	1960
KHA 14	78	2740	SNK 10	3600	UPA 143	2975
THK 3	333	2730	ICS 43	2295	SNK 37	2560
AHT 1	313	2730	UPA 134	3535	ICS 1	2395
AHT 3	127	2725	UPA 143	2975	ICS 1	2395
AHK 3	246	2715	UPA 143	2975	SNK 64	2155
AHK 5	228	2685	UPA 134	3535	SNK 12	2025
KHT 14	35	2600	SNK 16	1960	ICS 6	2365
KHT 2	1074	2570	SNK 13	2235	ICS 95	1985
KHT 7	365	2560	SNK 10	3600	ICS 95	1985
AHK 2	223	2560	UPA 134	3535	SNK 64	2155
AHT 8	304	2540	UPA 143	2975	ICS 43	2295
KHA 9	77	2540	SNK 10	3600	UPA 134	3535
THK 42	104	2445	ICS 84	1425	SNK 37	2560
KHA 4	80	2400	SNK 30	2490	UPA 337	2530
KHT 1	216	2375	SNK 13	2235	ICS 1	2395
THK 41	60	2360	ICS 84	1425	SNK 450	2210
KHT 31	37	2360	SNK 109	3515	ICS 95	1985
AHT 2	63	2340	UPA 134	3535	ICS 95	1985
KHT 23	110	2310	SNK 416	1655	ICS 95	1985
AHT 4	536	2160	UPA 143	2975	ICS 95	1985
KHT 5	61	1980	SNK 111	2295	ICS 1	2395
KHT 4	48	1930	SNK 48	2215	ICS 95	1985

* AJM en mm² par 24 h.

L'analyse de variance effectuée en comparant pour les cinquante-six combinaisons la valeur de l'AJM/hybride et la moyenne de celle des géniteurs montre une différence significative au seuil 2,5 % ($F_c = 5,34$ pour $FT 0,025 = 5,31$).

On peut conclure que, d'une façon générale, la résistance à la pénétration est, chez les hybrides, inférieure à celle que l'on pourrait estimer par la moyenne de celles des deux géniteurs.

Informations apportées par les croisements de type résistant « R » et de type sensible « S » (tableau X)

L'AJM moyen des hybrides de type « R » est de 2.659 (en ne prenant que les croisements R_1 , R_2 et R_3 les plus typés ayant comme géniteurs des « R forts » et des « R moyens »). L'AJM moyen des

géniteurs femelles est de 2.020 et celui des géniteurs mâles de 2.079. Les écarts moyens entre les AJM des hybrides et les AJM des géniteurs sont les suivants :

par rapport aux géniteurs ♀ + 639 par rapport aux géniteurs ♂ + 580

Dans les croisements de type résistant, l'hybride a donc une sensibilité supérieure à celle des deux géniteurs.

Si on groupe au contraire les géniteurs les plus sensibles, « S forts » et « S moyens », les AJM moyens sont 3.325(♀) et 3.318(♂). L'AJM moyen des hybrides de type « S » (en ne prenant que les croisements S_1 , S_2 et S_3 les plus typés) est de 3.217 et les écarts avec les AJM des géniteurs sont les suivants :

géniteurs ♀ - 108 géniteurs ♂ - 101

TABLEAU X. — Comparaison des types de croisement et des géniteurs au niveau AJM en fonction des données recueillies entre les septième et dixième jours

Type du croisement	Familles hybrides			Géniteur ♀			Géniteur ♂			
	Appellation	Nbre de cabosses	AJM * global	Moyenne	Clone	AJM *	Moyenne	Clone	AJM *	Moyenne
« R »	KHT 4	48	1.930	2.659,2	SNK 48	2.215	2.020,0	ICS 95	1.985	2.079,2
	KHT 23	110	2.310		SNK 416	1.655		ICS 95	1.985	
	THK 41	60	2.360		ICS 84	1.425		SNK 450	2.210	
	KHT 2	1.074	2.570		SNK 13	2.235		ICS 95	1.985	
	THK 4	28	3.280		ICS 43	2.295		SNK 64	2.155	
	KHK 3	57	3.505		SNK 111	2.295		SNK 64	2.155	
« S »	KHA 9	77	2.540	3.217,1	SNK 10	3.600	3.325,4	UPA 134	3.535	3.317,9
	KHA 14	78	2.740		SNK 10	3.600		UPA 143	2.975	
	AHT 10	144	2.955		UPA 134	3.535		ICS 40	3.370	
	THA 1	590	3.035		ICS 40	3.370		UPA 143	2.975	
	AHK 10	107	3.130		UPA 134	3.535		SNK 109	3.515	
	THA 3	74	3.195		ICS 40	3.370		UPA 134	3.535	
	THK 35	47	3.250		ICS 61	2.940		SNK 277	2.915	
	AHK 13	188	3.295		UPA 143	2.975		SNK 10	3.600	
	AHT 5	386	3.480		UPA 143	2.975		ICS 40	3.370	
	KHA 12	80	3.565		SNK 109	3.515		UPA 134	3.535	
	AHK 16	148	3.575		UPA 143	2.975		SNK 109	3.515	
	KHA 17	87	3.845		SNK 109	3.515		UPA 143	2.975	
« M ₁ »	AHT 4	536	2.160	2.655,0	UPA 143	2.975	3.246,7	ICS 95	1.985	2.105,8
	AHT 2	63	2.340		UPA 134	3.535		ICS 95	1.985	
	KHT 31	37	2.360		SNK 109	3.515		ICS 95	1.985	
	AHT 8	304	2.540		UPA 143	2.975		ICS 43	2.295	
	AHK 2	223	2.560		UPA 134	3.535		SNK 64	2.155	
	KHT 7	365	2.560		SNK 10	3.600		ICS 95	1.985	
	AHK 5	228	2.685		UPA 134	3.535		SNK 12	2.025	
	AHK 3	246	2.715		UPA 143	2.975		SNK 64	2.155	
	AHK 15	153	2.790		UPA 143	2.975		SNK 16	1.960	
	AHT 9	187	2.920		UPA 134	3.535		ICS 43	2.295	
	AHK 14	218	3.065		UPA 143	2.975		SNK 13	2.235	
	THK 31	199	3.165		ICS 60	2.830		SNK 450	2.210	
« M ₂ »	THA 4	134	2.855	3.046,0	ICS 43	2.295	2.216,0	UPA 143	3.535	3.119,0
	THA 2	231	2.880		ICS 43	2.295		UPA 143	2.975	
	KHA 15	288	3.070		SNK 13	2.235		UPA 143	2.975	
	KHA 16	154	3.090		SNK 16	1.960		UPA 143	2.975	
	THK 17	76	3.335		ICS 43	2.295		SNK 456	3.135	

* AJM en mm² par 24 h.

TABLEAU XI

Pourcentage global d'infections réussies en groupant les données de familles issues de croisements mixtes réciproques

Type théorique du croisement « Mixte »			Nombre total de cabosses à l'épreuve	Nombre d'infections réussies	% IR
M ₁	♀ S × ♂ R	♀ S fort ou S moyen	896	536	59,8
		♂ R fort ou R moyen	4.341		
			5.237	3.676	70,1
M ₂	♀ R × ♂ S	♀ R moyen	696	543	78,0
		♂ S moyen ou S fort	174		
			870	682	78,4

Dans les croisements de type sensible, les hybrides ont une sensibilité semblable à celle de leurs géniteurs.

La régression vers une plus grande sensibilité qui apparaît dans les combinaisons entre géniteurs résistants entraîne la différence observée entre AJM/hybride et AJM moyen des géniteurs, mise en évidence dans le paragraphe précédent.

Influence du sexe des géniteurs

Un aspect particulier des modalités de la transmissibilité de la résistance est apparu à l'analyse des résultats obtenus dans les croisements de type mixte « M ».

Dans ces croisements, deux groupes peuvent être constitués selon que le géniteur sensible est mâle ou femelle. On distinguera alors les deux sous-types, en fait réciproques l'un de l'autre pour ce qui est du caractère résistance ou sensibilité :

M₁ = géniteur ♀ sensible (S fort ou S moyen) ;

M₂ = géniteur ♂ sensible (S fort ou S moyen).

Etude des pourcentages d'infections réussies (% IR)

En tenant compte de cette distinction, les données globales du type mixte « M » figurant dans le tableau VI (valeurs des % IR pour les différents types de croisements) deviennent celles groupées dans le tableau XI.

On remarque que les pourcentages d'infections réussies sont en moyenne moins élevés, lorsque c'est le géniteur mâle qui porte les caractères de résistance, type M₁ (χ^2 significatif).

Etude des AJM

Le tableau XII donne les valeurs moyennes des AJM pour les géniteurs mâles, les géniteurs femelles, et leurs hybrides dans les « M₁ » et « M₂ » où le géniteur ♂ puis le géniteur ♀ portent respectivement les caractères de résistance.

On remarque que les produits des deux croisements réciproques ne sont pas identiques :

— en (M₁), lorsque l'élément résistant est le géniteur ♂, les AJM moyens des hybrides sont en position médiane par rapport aux AJM moyens des géniteurs ;

— en (M₂), lorsque l'élément résistant est le géniteur ♀, les AJM moyens des hybrides sont plus proches des AJM moyens de l'élément sensible ;

— dans le cas des croisements du type mixte (M₁), on constate que l'écart entre AJM/hybride et AJM/♂ (R) est du même ordre que celui obtenu entre hybride et parent ♂ (R) des croisements du type R × R (p. 189) ; par contre, l'écart AJM/hybride - AJM/♀ (S) n'est pas du même ordre que celui observé entre hybride et parent ♀ (S) des croisements du type S × S ;

— dans le cas des croisements du type mixte (M₂), l'identité AJM/hybride - AJM/♂ (S) rappelle celle mise en évidence dans les croisements S × S. L'écart avec le parent ♀ (R) rappelle quant à lui ce qui a déjà été vu avec les croisements R × R où les ♀ sont (R).

Seuls les résultats obtenus avec le parent ♂ montreraient une transmission de caractères de résistance ou de sensibilité : il y a concordance entre croisements S × R et R × R, d'une part, et entre croisements R × S et S × S d'autre part.

Etude des proportions d'individus résistants

Les données globales du type mixte « M » figurant dans le tableau VIII (proportions d'individus résistants et sensibles en fonction des pourcentages individuels d'infections réussies) deviennent, si l'on distingue les deux sous-groupes « M₁ » et « M₂ », celles présentées dans le tableau XIII.

Ici aussi, on remarque que les résultats diffèrent selon le sens du croisement et que la proportion d'individus résistants est plus forte dans des croisements de type S × R : le test du χ^2 montre que les pourcentages sont significativement différents entre « M₁ » (S × R) et « M₂ » (R × S).

Si on se reporte au tableau VIII, on constate que :

1) S × R n'est pas significativement différent de R × R.

TABLEAU XII

Valeurs des AJM moyens des géniteurs et de leurs hybrides dans le cas de croisements mixtes réciproques

Type théorique du croisement mixte	AJM moyen des géniteurs ♀	AJM moyen des géniteurs ♂	AJM moyen des hybrides	Ecart entre AJM moyen des hybrides et AJM moyen du parent	
				♀	♂
(M ₁) ♀ S × ♂ R	3.247	2.106	2.655	- 592	549
(M ₂) ♀ R × ♂ S	2.216	3.119	3.046	830	73

TABLEAU XIII

Proportions en individus résistants et en individus sensibles dans le cas de croisements mixtes réciproques

Type théorique du croisement « Mixte »	% d'individus hybrides résistants (R) et sensibles (S)		
	pour 5 cabosses à l'épreuve par individu	pour 8 cabosses à l'épreuve par individu	
(M ₁) ♀ S × ♂ R	♀ S fort ou S moyen	R = 43,3 (436)	R = 46,1 (230)
	♂ R fort, moyen ou faible	S = 56,7	S = 53,9
(M ₂) ♀ R × ♂ S	♀ R moyen ou R faible	R = 29,6 (98)	R = 18,2 (44)
	♂ S moyen ou S fort	S = 70,4	S = 81,8

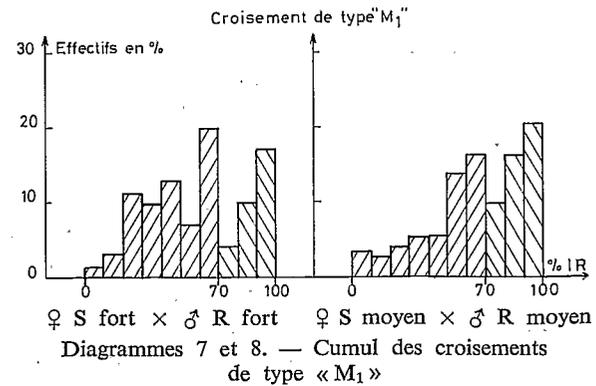
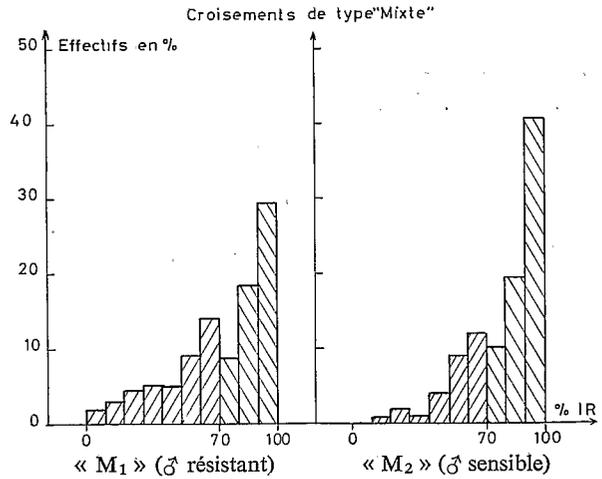
N. B. — Entre parenthèses figure le nombre d'individus dont le nombre de cabosses mises à l'épreuve est égal à cinq ou plus ; à huit ou plus. R = 0 à 69,9 % d'infections réussies. S = 70 à 100 % d'infections réussies.

- S × R 43,3 % d'individus résistants dans le cas de 5 cabosses mises à l'épreuve.
- 46,1 % dans le cas de 8 cabosses/arbre.
- R × R 52,6 % pour 5 cabosses/arbre.
- 47,4 % pour 8 cabosses/arbre.

2) R × S n'est pas significativement différent de S × S.

- R × S 29,6 % pour 5 cabosses/arbre.
- 18,2 % pour 8 cabosses/arbre.
- S × S 20,6 % pour 5 cabosses/arbre.
- 16,3 % pour 8 cabosses/arbre.

La non-uniformité des croisements réciproques peut laisser supposer un effet maternel non chromosomique, dont le rôle resterait à préciser. Dans les deux cas « M₁ » et « M₂ », tout se passe, apparemment, comme si le génome ♀ n'intervenait pas et comme si les caractères de résistance (ou de sensibilité) s'exprimaient plus clairement dans la descendance hybride par le seul intermédiaire du parent mâle ; du point de vue pratique, l'avantage à retirer d'une telle situation (si ce fait était confirmé par la suite) serait que, dans un croisement quel qu'il soit, la connaissance de la réaction du géniteur mâle à l'égard de la pourriture brune est primordiale pour pouvoir estimer *a priori* la réaction de l'ensemble de la descendance issue du croisement (diagrammes 5, 6, 7 et 8).



Analyse des résultats individuels de cinq familles hybrides à effectif important

En prenant comme critère d'appréciation les pourcentages d'infections réussies ou les accroissements journaliers moyens des taches qui rendent compte de la résistance à la pénétration, on a vu que les individus constituant une descendance hybride se répartissent sur toute l'échelle de sensibilité (voir diagrammes 1 et 2, p. 185).

En considérant les résultats individuels de cinq familles à effectifs importants, on a séparé les arbres à l'intérieur de chaque famille, en deux groupes suivant le critère % en infections réussies obtenu sur chacun des arbres :

- 1^{er} groupe = 0 à 70 % IR,
- 2^e groupe = 70 à 100 % IR.

Le tableau XIV indique les AJM moyens obtenus dans l'un et l'autre groupes, pour chaque famille.

Les AJM du deuxième groupe sont constamment supérieurs à ceux du premier groupe (différences

très significatives). Etant donné la liaison étroite entre % IR et AJM, ce résultat était attendu.

Comme nous l'avons déjà vu plus haut (p. 189), les pourcentages d'individus résistants sont plus importants dans le type « R » que dans le type « S » ; mais il faut surtout signaler la différence très nette qui apparaît dans les croisements mixtes selon le sens du croisement :

— les deux croisements « M₁ » donnent des résultats du même ordre que ceux présentés par le croisement « R » ;

— le croisement « M₂ » donne un résultat proche de celui obtenu avec le croisement « S ».

Les résultats obtenus avec ces cinq familles confirment ce que nous avons déjà vu plus haut en groupant respectivement les croisements « R », les croisements « S », les croisements « M₁ » ou « M₂ » et en cumulant les données recueillies avec chacune des familles hybrides appartenant à l'un de ces quatre types de croisements.

TABLEAU XIV

Analyse à l'intérieur de cinq familles hybrides à gros effectifs
Accroissements journaliers moyens entre les septième et dixième jours après infection
(les familles sont classées par ordre décroissant des pourcentages d'individus résistants)

Hybrides		Croisements			Type du croisement (AJM)	AJM du 1 ^{er} groupe 0-70 % IR	Nombre d'individus	AJM du 2 ^e groupe 70-100 % IR	Nombre d'individus
Désignation	% d'individus résistants	♀	×	♂					
AHK 2	65	UPA 134 (3.535)	×	SNK 64 (2.155)	M ₁	2.170	39	2.995	21
AHT 4	57	UPA 143 (2.975)	×	ICS 95 (1.985)	M ₁	1.685	66	2.525	49
KHT 2	43	SNK 13 (2.235)	×	ICS 95 (1.985)	R ₅	1.890	93	2.770	126
THK 3	25	ICS 43 (2.295)	×	SNK 37 (2.560)	M ₂	1.860	19	2.770	56
THA 1	18	ICS 40 (3.370)	×	UPA 143 (2.975)	S ₃	2.195	16	3.180	71

CONCLUSION

L'analyse des résultats des infections expérimentales effectuées sur plus de dix mille cabosses d'individus constituant cinquante-six familles hybrides disponibles au Cameroun a fourni un classement de ces familles dans une échelle de résistance définie en fonction du pourcentage d'infections réussies ou en fonction des accroissements journaliers moyens, qui traduisent la résistance à la pénétration du *Phytophthora palmivora*.

En considérant le % IR enregistré sur les cabosses de chaque pied, chaque famille présente une certaine proportion d'individus résistants. Le classement individuel à l'intérieur de chaque famille paraît plus satisfaisant pour une meilleure sélection à l'égard de la pourriture brune, car il fait intervenir la réaction propre de chaque pied. Dans une

première étape, la diffusion des familles les mieux classées est envisageable. Dans une seconde étape, un clonage des individus résistants et bons producteurs est à effectuer.

La comparaison des données recueillies aux niveaux des hybrides et des clones parents apporte quelques informations sur les modalités de la transmission de la résistance (ou de la sensibilité) épidermique.

Il apparaît que la résistance (ou la sensibilité) épidermique des fruits du cacaoyer au *P. palmivora* est une caractéristique transmissible, régie par un système polygénique soumis à une importante disjonction, qui se traduit par l'obtention dans la descendance d'individus répartis sur toute l'échelle de sensibilité.

Les familles hybrides issues de clones parents résistants présentent une proportion plus grande d'individus résistants que les autres familles : par croisement des individus intéressants repérés dans les descendance successives, on peut donc espérer une amélioration de la résistance. Les tests d'évaluation précoce (4), pratiqués sur jeunes plantules, doivent permettre d'accélérer le processus de sélection.

Alors qu'un équilibre, dans la sensibilité, semble atteint dans les descendance issues de clones parents sensibles, une régression vers une résistance moyenne inférieure à celle des parents caractérise les combinaisons entre géniteurs résistants.

La réaction d'une descendance mixte selon le sens du croisement, $R \times S$ ou $S \times R$, ne semble pas avoir été suffisamment exploitée jusqu'à présent, en particulier en Amérique latine (6).

Dans l'analyse de nos observations, que l'on prenne comme critère d'appréciation les pourcentages d'infections réussies, les accroissements journaliers moyens des taches (AJM) ou les proportions d'individus résistants, on constate que les résultats des croisements mixtes réciproques ne sont pas semblables. Cette dissymétrie fait penser à un effet maternel, comme cela a pu être déjà observé dans d'autres domaines. Pour affirmer qu'il s'agit ici d'une quelconque hérédité en relation avec l'origine maternelle du cytoplasme, il serait nécessaire de vérifier, par la technique classique des « croisements en retour » successifs, si la différence entre les F_1 persiste. Pour l'instant, avant que soit élucidé le rôle exact du géniteur femelle, retenons tout de même le rôle apparemment primordial que le géniteur mâle semble jouer dans les croisements, comme l'avait d'ailleurs mis en évidence notre analyse globale de variance. Les résultats obtenus au Costa Rica avec le croisement Pound 12 \times Sca 12 ($S \times R$) proches des $R \times R$ n'ont-ils pas conduit à émettre l'hypothèse d'une possible dominance des gènes de résistance, bien que leurs croisements $R \times S$ donnent des résultats moins évidents, puisqu'ils rappellent, comme dans notre travail, beaucoup plus les $S \times S$ que les $R \times R$?

Nous remercions les assistants et tous les observateurs camerounais qui ont participé d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce travail :

Amougou Nicolas, Essono Etienne, M'Ba Thomas, M'Ba David et Obam Paul de la station de N'koemvone; Ongba Engelbert, Onana Marc, Ikeng Zachée, Lewona Athanase, Bodo Célestin, Ondo Gaspard, M'Bida Ernest, Onana Bernard et Bindzi Venant de la station de N'kolbisson ; Menye Alexandre, Yong Joseph et Engoto Oberlin, mécanographes.

Nous exprimons notre reconnaissance à M. Muller qui a dirigé l'ensemble des travaux sur les clones et sur les hybrides et qui a suivi attentivement la réalisation des deux articles s'y rapportant. Que M. Partiot soit également remercié pour les conseils qu'il nous a donnés.

Soulignons que les données analysées ne proviennent pas d'un dispositif expérimental bien défini, mais ont été recueillies sur un ensemble d'hybrides que nous avons à notre disposition : hybrides créés pour bénéficier d'un effet d'hétérosis éventuel concernant précocité, vigueur et productivité, et mis en place dans divers essais comparatifs dans le but d'étudier ces différentes caractéristiques et non la réaction à la pourriture brune. Il n'est donc pas possible d'aller plus loin dans les conclusions de la présente étude.

En 1974, une gamme de familles hybrides beaucoup mieux typées a été créée et mise en essai comparatif de type « diallèle » dans deux types de conditions écologiques différentes :

— station de N'koemvone (située sur le plateau du Centre-Sud à 650 m d'altitude) ;

— station de Barombi-Kang (située dans une cuvette du Cameroun occidental à 200 m d'altitude).

Pour ces essais, sept clones ont été choisis pour leur position dans le classement (2) :

— clones résistants SNK 413, ICS 84, ICS 1 et ICS 95 ;

— clones sensibles IMC 67, UPA 134, SNK 10.

Le laboratoire de génétique a réalisé toutes les combinaisons deux à deux y compris les réciproques, mais la plupart des clones étant auto-incompatibles, les autofécondations ne figurent pas dans le dispositif (1). Quarante-deux familles sont actuellement disposées en essais comparatifs. Les aspects prédominants des aptitudes à la combinaison pour un certain nombre de caractères, et en particulier la résistance au *Phytophthora palmivora*, pourront être précisés sur les arbres en production.

Ajoutons, toutefois, que la résolution des problèmes d'hérédité ne pourra réellement progresser qu'avec la mise en place de dispositifs véritablement diallèles constitués à partir de géniteurs homozygotes pour les caractères à étudier. Ces homozygotes ne seront obtenus que par diploïdisation d'haploïdes à créer suivant des techniques à l'étude (3).

BIBLIOGRAPHIE

1. BLAHA (G.), 1973. — Etude de la sensibilité des cultivars de cacaoyers résistants au Cameroun. Etat actuel de la question. *Cahier ORSTOM*, série Biologie, p. 41-46, août.
2. BLAHA (G.), LOTODÉ (R.), 1976. — Un critère primordial de sélection du cacaoyer au Cameroun ; la résistance à la pourriture brune des cabosses (*Phytophthora palmivora*). Variations des réactions à la maladie en liaison avec les données écologiques et l'état physiologique des fruits. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 20, n° 2, avril-juin, p. 97-116.
3. DUBLIN (P.), 1974. — Les haploïdes de *Theobroma cacao* L. Diploïdisation et obtention d'individus homozygotes. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 18, n° 2, avril-juin, p. 83-96.
4. PARTIOT (M.), 1976. — La résistance horizontale du cacaoyer au *Phytophthora* sp. Contribution à l'étude de son évaluation, de son amélioration et de son utilisation. Thèse 3^e cycle, Orsay.
5. Rapport d'activité IFCC, 1975, p. 93.
6. ROCHA (H. M.), 1974. — Breeding cacao for resistance to *Phytophthora palmivora*. Chapitre 20, tabl. 28-29-30, in « *Phytophthora disease of cocoa* ». Edité par P. H. Gregory, Longman Group. Ltd, Londres.

BLAHA (G.), LOTODÉ (R.). — Contribution à la connaissance des modalités de la transmission héréditaire de la résistance du cacaoyer à la pourriture brune des cabosses (*Phytophthora palmivora*) au Cameroun. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXI, n° 3, juil.-sept. 1977, p. 179-196, diag., fig., tabl., réf.

En vue d'apprécier les modalités de la transmission héréditaire de la résistance des cacaoyers au *Phytophthora palmivora*, des essais d'inoculations ont été effectués, au Cameroun, sur cabosses vivantes encore portées par l'arbre et dans des conditions se rapprochant le plus possible de celles de l'infection naturelle. L'évolution de l'infection, faite à l'aide de suspensions de zoospores de populations de souches locales de *P. p.*, est suivie pendant douze jours.

La résistance à la pénétration, ou résistance épidermique à l'agression parasitaire, est donnée par le pourcentage d'infections réussies (% IR) et l'accroissement journalier moyen des taches de pourriture (AJM).

Les essais de sensibilité effectués sur cinquante-six familles hybrides de la Station de N'koemvone au Cameroun ont permis de classer ces familles dans une échelle de sensibilité et de repérer les individus résistants au *Phytophthora*.

Dans les croisements entre types résistants, l'hybride a une résistance inférieure à celle des deux géniteurs ; dans ceux entre types sensibles, les hybrides ont une sensibilité semblable à celles des géniteurs.

La non-uniformité des croisements réciproques peut laisser supposer un effet maternel non chromosomique et un rôle primordial joué par le géniteur ♂.

BLAHA (G.), LOTODÉ (R.). — Beitrag zur Kenntnis der Art und Weise der Resistenzvererbung gegen die Braunfäule der Kakaoschoten (*Phytophthora palmivora*) in Kamerun. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXI, n° 3, juil.-sept. 1977, p. 179-196, diag., fig., tabl., réf.

Um die Art und Weise der Resistenzvererbung der Kakaobohnen gegen die *Phytophthora palmivora* beurteilen zu können, wurden in Kamerun Impfversuche an noch lebenden Kakaoschoten auf dem Baum unter Bedingungen vorgenommen, die so weit wie möglich denen der natürlichen Infektion entsprachen. Die Infektionsentwicklung mit Hilfe von Aufschlammungen von Zoosporen von ortsansässigen *P. p.* Stämmen wurde zwölf Tage lang verfolgt.

Der Widerstand gegen das Eindringen oder die epidermische Resistenz gegen den Schädlingsanfall entnimmt man aus dem Prozentsatz der erfolgreichen Infektionen (% IR) und das durchschnittliche tägliche Anwachsen der Fäulnisflecken (AJM).

Die an sechsfünfzig Hybridfamilien der Station N'koemvone in Kamerun durchgeführten Empfindlichkeitsversuche ermöglichten es, diese Familien in eine

BLAHA (G.), LOTODÉ (R.). — Contribution to the knowledge of the means of the hereditary transmission of the resistance of the cocoa tree to the black pod disease (*Phytophthora palmivora*) in Cameroon. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXI, n° 3, juil.-sept. 1977, p. 179-196, diag., fig., tabl., réf.

In order to determine the way of the hereditary resistance of cocoa trees to *Phytophthora palmivora*, inoculation trials were carried out in Cameroon, using living pods still on the tree under conditions resembling as near as possible those under which natural infection occurs. The development of the infection by means of suspensions of zoospores of populations of local strains of *P. p.*, was followed for twelve days.

The resistance to penetration, or resistance of the epidermis to the attack of parasites, was given by the percentage of successful infections (% IR) and the average daily increase in the rot spots (AJM).

Susceptibility trials carried out with fifty-six hybrid families from the N'koemvone Station in Cameroon enabled these families to be classified on a susceptibility scale and the individuals resistant to *Phytophthora* to be found.

In crosses between resistant types, the hybrid had a smaller resistance than that of its parents ; in crosses between susceptible types, the susceptibility of hybrids was found to be similar to that of their parents.

The lack of uniformity in the reciprocal crosses suggests a non-chromosomal maternal effect and a predominant role played by the male parent ♂.

BLAHA (G.), LOTODÉ (R.). — Contribución al conocimiento de las modalidades de la transmisión hereditaria de la resistencia del cacao a la podredumbre parda de las mazorcas (*Phytophthora palmivora*) en Camerún. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXI, n° 3, juil.-sept. 1977, p. 179-196, diag., fig., tabl., réf.

Con objeto de apreciar las modalidades de la transmisión hereditaria de la resistencia del cacao al *Phytophthora palmivora*, en Camerún se han realizado ensayos de inoculaciones en mazorcas vivientes, aún en el árbol, en condiciones lo más parecidas posible a las de la infección natural. Acto seguido, se ha observado durante doce días, la evolución de la infección, realizada mediante suspensiones de zoosporas de poblaciones de estirpes locales de *P. p.*

La resistencia a la penetración, o la resistencia epidermica a la agresión parasitaria, es proporcionada mediante el porcentaje de infecciones logradas (% IR) y el aumento diario medio de manchas de podredumbre (AJM).

Los ensayos de sensibilidad, efectuados en cincuenta y seis familias híbridas de la Estación de N'koemvone

Empfindlichkeitsskala einzuteilen und die Individuen herauszufinden, die gegen die *Phytophthora* resistent sind.

Bei Kreuzungen zwischen zwei verschiedenen, resistenten Typen ist die Hybride weniger widerstandsfähig als die beiden Elternteile. Bei Kreuzungen von anfälligen Typen hingegen, entspricht die Widerstandsfähigkeit derjenigen der Eltern.

Die Ungleichheit der jeweiligen Kreuzungen lässt den Schluss zu, dass der weibliche Elternteil keinen Chromosomeneinfluss hat und dass der männliche Elternteil eine wichtigere Rolle spielt.



en Camerún, han permitido clasificar estas familias en una escala de sensibilidad e identificar los individuos resistentes al *Phytophthora*.

En los cruzamientos entre tipos resistentes, el híbrido posee una resistencia inferior a la de los dos genitores. En los cruzamientos entre tipos sensibles, los híbridos poseen una sensibilidad semejante a la de los genitores.

La falta de uniformidad de los cruzamientos recíprocos puede hacer pensar en un efecto maternal no cromosómico y en un papel primordial desempeñado por el genitor ♂.

Fig. 1. — Dépôt de la suspension de zoospores dans un godet en pâte à modeler en un site du fruit d'un cacaoyer hybride

Fig. 2. — Mise à l'épreuve d'un individu de la famille AHT4



Les clichés sont de G. Blaha.



Fig. 3. — Protection de l'inoculum à l'aide de sacs en matière plastique perforée durant les deux premiers jours après l'infection

Fig. 4 et 5. — Au-delà du 2^e jour, et jusqu'au 12^e jour, évolution de la maladie dans les conditions strictement naturelles : ici, aspect des taches de pourriture au 10^e jour après l'infection sur des hybrides sensibles

