

IMPORTANCE DE LA ROUILLE ORANGÉE ET FACTEURS IMPLIQUÉS DANS L'ÉVALUATION DE LA RÉSISTANCE AU CHAMP DE *COFFEA CANEPHORA* EN CÔTE-D'IVOIRE

C. MONTAGNON (*), T. LEROY (*), I. KÉBÉ (**), A. B. ESKES (*)

Résumé : L'importance de la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) a été évaluée sur du matériel végétal de *Coffea canephora*, vulgarisé ou en sélection en Côte-d'Ivoire. L'impact de la maladie peut être important sur des génotypes sensibles. Dans un essai de fongicides, une défoliation de 60 % du témoin sensible non traité a été constatée, alors qu'elle n'atteint que 20 % lorsque ce témoin est traité. Les observations sur le niveau d'attaque dans les parcelles de sélection montrent de fortes interactions entre génotypes, lieux et années. La sensibilité de plantes d'un même génotype, plantées en randomisation totale dans des essais clonaux, s'avère également variable. Ces résultats montrent une distribution hétérogène de races de l'agent pathogène ayant des gènes de virulence divers. La présence de plusieurs races autres que la race II, jusqu'ici seule inventoriée en Côte-d'Ivoire, peut être supposée. Malgré cette variabilité de l'agent pathogène, un grand nombre de génotypes ont montré une forte résistance pendant toutes les années d'observations, ce qui permettra une sélection efficace. Les conséquences des résultats sur les méthodes de sélection de *Coffea canephora* sont discutées.

INTRODUCTION

La rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) a une grande importance économique sur la production de *Coffea arabica*. Peu de résultats sont disponibles sur les dégâts provoqués par la rouille orangée sur *C. canephora* (Saccas et Charpentier, 1971 ; Kushalappa et Eskes, 1989a et 1989b). En Côte-d'Ivoire, la rouille orangée a été repérée pour la première fois en 1953 (Gry, 1954). *Coffea canephora*, aujourd'hui seule espèce cultivée en Côte-d'Ivoire, n'est pas fortement attaquée par *H. vastatrix*, même si d'importantes variations sont parfois observées entre populations (Cramer, 1957 ; Bouriquet, 1959 ; Bettencourt et Rodrigues, 1988 ; Charrier et Berthaud, 1988). Jusqu'au début des années 1980, les introductions de caféiers en Côte-d'Ivoire étaient essentiellement composées de sélections d'Afrique centrale, du

groupe génétique Congolais (Berthaud, 1986 ; Montagnon *et al.*, 1992) et peu sensibles à la rouille orangée (Leroy *et al.*, 1993). Depuis 1985, un schéma de sélection récurrente et réciproque a été mis en place en Côte-d'Ivoire (Leroy et Charrier, 1990) à partir de deux groupes génétiques : les Congolais et les Guinéens (Berthaud, 1986). La sensibilité élevée des génotypes guinéens à la rouille orangée (Berthaud et Lourd, 1982 ; Leroy *et al.*, 1993) laisse supposer un accroissement de l'importance de ce parasite au niveau des hybrides intergroupes sélectionnés. Les premiers résultats du programme de sélection confirment ces craintes (Leroy *et al.*, 1991).

L'objectif du présent article est d'évaluer l'importance des attaques de la rouille orangée pour *C. canephora* en Côte-d'Ivoire et de faire le point sur le comportement du matériel en sélection vis-à-vis de cet agent pathogène. Les principaux facteurs qui influencent le niveau d'attaque au champ sont relevés.

(*) CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 01, France.

(**) IDEFOR-DCC, 01 BP 1838, Abidjan 01, Côte-d'Ivoire.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Défoliation due à la rouille orangée

Matériel et traitement

Un champ semencier biclonal planté à Divo, recépé en 1989, comportant un clone guinéen (clone 410) généralement sensible au champ à la rouille orangée et un clone congolais (clone 464) habituellement peu sensible au champ à la rouille, a été utilisé. Neuf paires de lignes réparties en trois blocs ont été observées dans l'essai. Chaque paire de lignes est constituée d'une ligne du clone 410 et d'une ligne du clone 464 distantes de trois mètres. La distance entre deux paires de lignes est de neuf mètres. Cinq d'entre elles ont été traitées avec du triadiméfon (produit commercial : Bayleton EC 25), à raison d'un litre par hectare d'une bouillie à 5 %. Le traitement a été effectué tous les quinze jours du 15 juin 1990 au premier novembre 1991. Les quatre autres paires de lignes n'ont reçu aucun traitement.

Evaluation de la sensibilité au champ à la rouille orangée

Matériel végétal

Les observations ont porté sur deux essais clonaux et dix essais de descendances.

L'un des essais clonaux est constitué de génotypes

guinéens. Il a été implanté à Divo en 1988. L'effectif par clone varie de treize à quinze. L'autre essai clonal est un essai de confirmation, qui regroupe vingt et un génotypes ; il a été planté en 1986 et 1988 dans cinq localités de Côte-d'Ivoire qui couvrent une grande partie de l'aire de la caféiculture du pays. L'effectif par clone et par site varie de huit à trente et un caféiers.

Les essais de descendances, plantés entre 1986 et 1990, font partie du programme de sélection récurrente et réciproque. Au total, près de dix mille plants issus de cent soixante et un croisements contrôlés à partir de plus de cinquante géniteurs différents ont été notés. Ces plants sont répartis dans les stations de Divo, Abengourou et Bingerville. Plusieurs combinaisons génétiques sont représentées : croisements intra-guinéens, intracongolais et intergroupes. L'effectif par croisement varie de six à cent, avec une moyenne de cinquante-trois caféiers.

Dans les essais, la productivité est observée arbre par arbre et la vigueur est estimée par le diamètre au collet à trente mois.

Tous les essais de clones et de descendances sont plantés selon un dispositif en randomisation totale de parcelles mono-arbres.

Méthodes

La sensibilité au champ a été notée selon une échelle de 1 à 5, sur chaque plant individuellement durant la période d'août à septembre (qui correspond habituellement au pic des attaques de la rouille) en 1990 et 1991. Dans certains essais, des notations ont été effectuées également avant 1990. Dans l'énoncé des résultats, les arbres qui présentent des taches sporulantes (note au moins égale à 3) sont considérés comme sensibles au champ.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Importance de la rouille orangée

Les résultats des observations réalisées sur les deux clones du champ semencier traités et non traités contre la rouille orangée sont présentés figures 1, p. 105 et 2, p. 106.

L'absence de taches de rouille sporulantes sur les caféiers traités (fig. 1) indique l'efficacité du traitement au triadiméfon ; ces résultats concordent avec ceux disponibles dans la littérature pour *C. arabica* (Kushalappa, 1989).

Pour les plants non traités, le pourcentage de feuilles avec taches sporulantes atteint 58 % pour le clone 410 et 14 % pour le clone 464. Le pourcentage de feuilles atteintes par la rouille orangée chez le clone 410 est comparable à celui observé sur des variétés sensibles de *C. arabica* en Amérique latine (Miguel *et al.*, 1978 ; Galves *et al.*, 1983 ; Reina *et al.*, 1985 ; Avelino *et al.*, 1991).

L'effet positif du Bayleton sur la rétention des feuilles du clone 410 traité apparaît en septembre, trois mois après le début de l'expérience (fig. 2). Sept

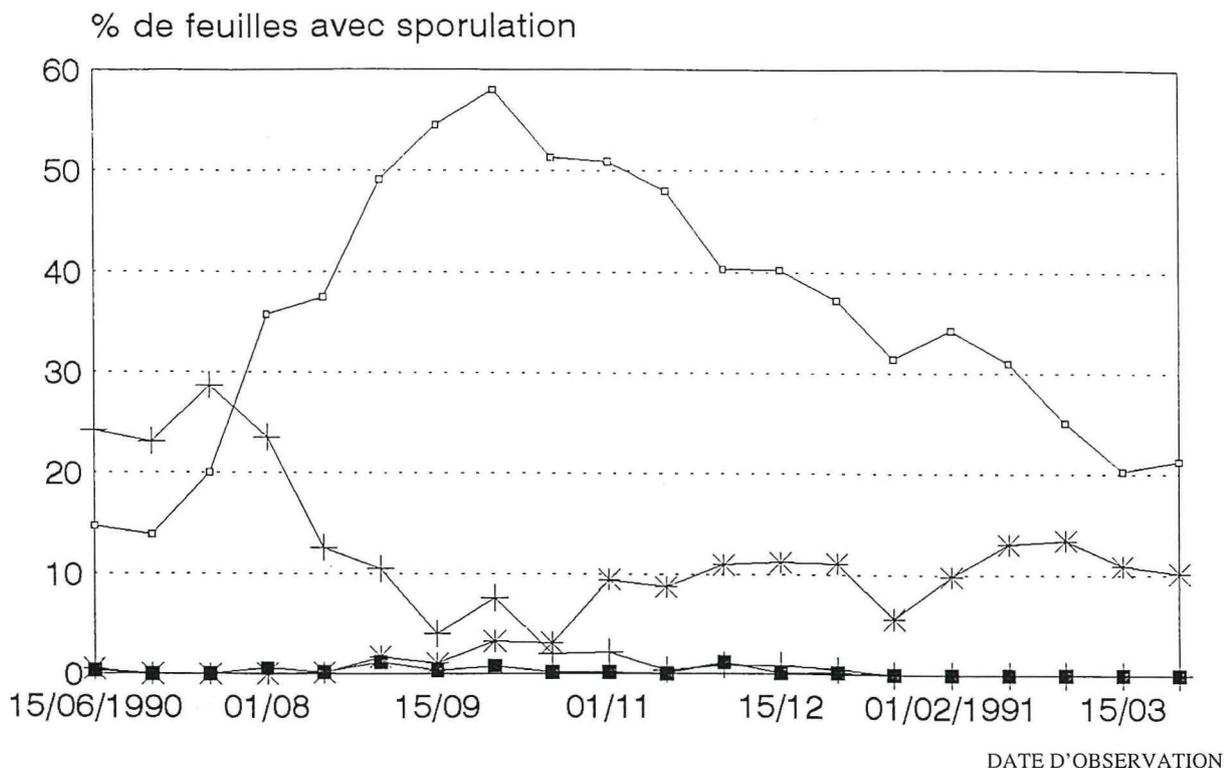


Fig. 1. — Evolution du pourcentage de feuilles attaquées par la rouille orangée observé dans le tiers médian de deux clones de *Coffea canephora* traités ou non traités au triadiméphon à Divo, en Côte-d'Ivoire. □ 410 non traité ; + 410 traité ; * 464 non traité ; ■ 464 traité

Changes in the percentage of leaves attacked by leaf rust seen in the middle third of two *Coffea canephora* clones treated or not with triadimephon at Divo in the Côte-d'Ivoire. □ 410 untreated ; + 410 treated ; * 464 untreated ; ■ 464 treated

mois après le début de l'expérience, le clone 410 traité possède deux fois plus de feuilles que le clone 410 non traité, qui a subi une défoliation de 60 %. Le traitement influence moins la défoliation du clone 464.

La sensibilité au champ à la rouille peut donc être un facteur très important de défoliation chez *C. canephora*. Ce résultat est en accord avec l'effet de la rouille sur des variétés sensibles de *C. arabica* dans différents pays (Kushalappa, 1989).

L'influence de l'attaque de la rouille orangée sur la production n'a pu être évaluée qu'en 1991, année où les clones ont peu produit. Les différences entre les arbres traités et non traités ne sont pas statistiquement significatives, même si, pour le clone 410, une augmentation de production de 40 % est observée sur les arbres traités. Ce chiffre est en concordance avec le niveau des dégâts observé au Brésil sur des variétés sensibles de *C. arabica* (Kushalappa, 1989).

Sensibilité au champ de divers clones et descendances

Les résultats des observations effectuées dans les essais clonaux sont présentés dans les tableaux I,

p. 106 et II, p. 107. L'étude de l'essai clonal de génotypes guinéens (tabl. I) confirme la grande sensibilité de la plupart des clones de ce groupe, sensibilité déjà observée par Berthaud et Lourd (1982) et Leroy *et al.* (1993). Quelques-uns montrent toutefois une résistance partielle (02189) ou complète (02116 et 02292) au cours des deux années pendant lesquelles les attaques ont été fortes (1989 et 1991).

Le clone 410 n'est pas le clone le plus attaqué de la parcelle. Il est donc probable que, sur des clones plus sensibles que lui, la défoliation occasionnée par la rouille orangée soit supérieure à celle décrite précédemment (cf. ci-dessus, paragraphe « Importance de la rouille orangée »).

L'étude de l'essai multilocal (tabl. II) indique une variabilité importante du niveau de sensibilité des clones testés. Trois des six clones actuellement vulgarisés en Côte-d'Ivoire sont fortement attaqués dans presque tous les endroits où les notations ont été effectuées. Le clone 461, très productif, est attaqué à Abengourou, mais pas ou peu ailleurs. Parmi les clones candidats à la vulgarisation, certains sont très peu attaqués, quel que soit le lieu.

La figure 3, p. 107, illustre le résultat de l'évaluation, en 1990 et 1991, de cent soixante et une descendances en sélection dans trois endroits différents de Côte-d'Ivoire. Le pourcentage d'arbres attaqués est en

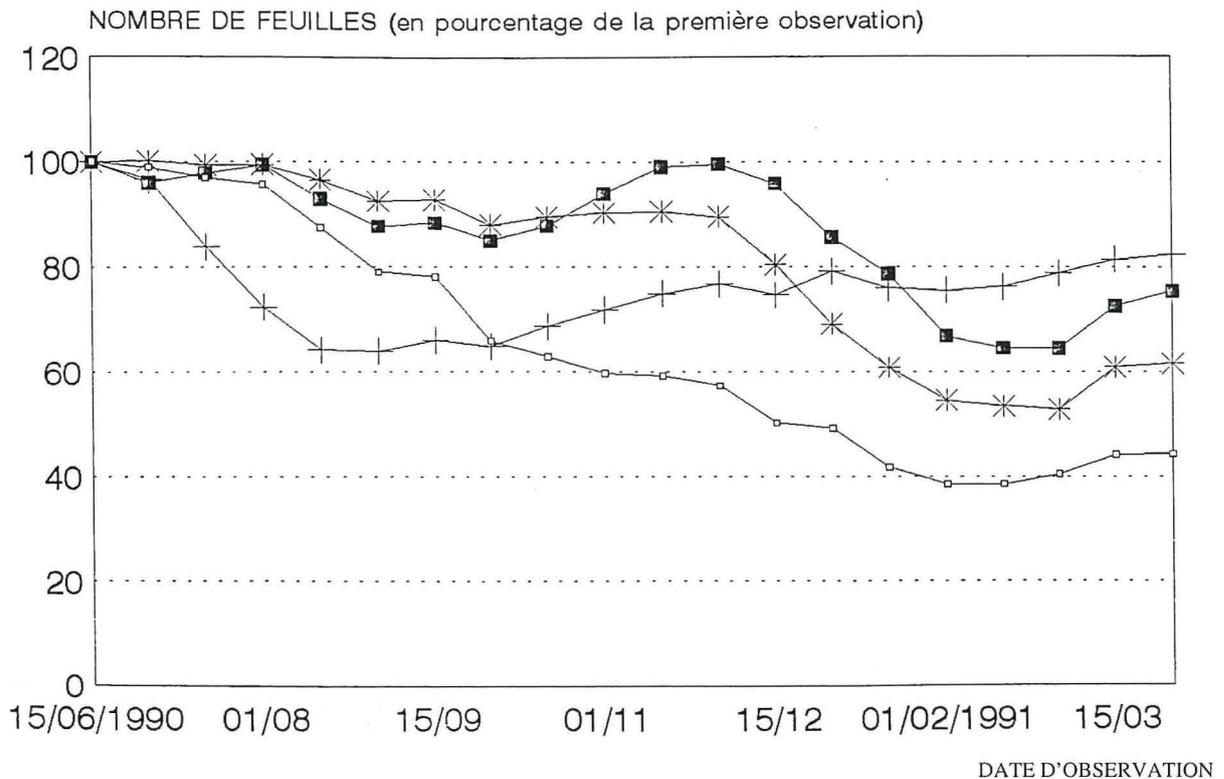


Fig. 2. — Evolution du nombre de feuilles présentes sur des rameaux du tiers médian de deux clones de *Coffea canephora* traités ou non traités au triadiméfon à Divo, en Côte-d'Ivoire. □ 410 non traité ; + 410 traité ; * 464 non traité ; ■ 464 traité

*Changes in the number of leaves on branches of the middle third of two Coffea canephora clones treated or not with triadimephon at Divo in the Côte-d'Ivoire. □ 410 untreated ; + 410 treated ; * 464 untreated ; ■ treated*

TABLEAU I

Sensibilité au champ à la rouille orangée (note de 1 à 5) de géotypes guinéens de *Coffea canephora* à Divo en Côte-d'Ivoire, dans un essai clonal planté en 1988

Susceptibility (marked 1 to 5) of Guinean Coffea canephora genotypes to leaf rust in the field, in a clonal trial planted in 1988 in the Côte-d'Ivoire

Clone (Effectif par clone = 15)	Année			Production en 1991 (kg cerises fraîches/arbre)
	1989*	1990*	1991*	
02239	1,20 (0,56) A***	1,60 (0,51)	3,40 (0,99)	CD 3,3
155	1,33 (0,49) A	1,33 (0,49)	3,20 (1,12)	CD 3,5
02169	1,60 (1,06) AB	1,93 (0,26)	4,86 (0,52)	F 1,7
02189	1,73 (0,59) AB	1,60 (0,74)	2,27 (0,80)	B 0,7
02116	1,80 (0,41) AB	1,47 (0,52)	1,07 (0,26)	A 2,4
02292	1,80 (0,41) AB	1,60 (0,51)	1,53 (0,64)	A 1,2
02121	2,33 (0,49) B	1,73 (0,59)	2,27 (0,70)	B 7,1
410	2,93 (1,16) C	1,53 (0,52)	3,40 (1,12)	CD 4,3
02286	3,33 (0,72) CD	1,93 (0,46)	2,73 (0,59)	BC 3,0
02210	3,60 (1,06) DE	1,27 (0,70)	3,73 (0,88)	DE 3,2
02138	4,07 (1,03) E	1,67 (0,90)	4,20 (0,68)	EF 3,2
02244	4,69 (0,63) F	1,92 (1,32)	4,69 (0,63)	F 4,2
02222	5,00 (0) F	2,00 (1,20)	4,67 (0,62)	F 2,9
Test F**	HS	NS	HS	
Moyenne	2,73	1,88	3,23	3,1

* Moyenne et écart-type (entre parenthèses).

** HS = Hautement significatif, NS = Non significatif.

*** Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas différentes selon le test de Newman et Keuls à 5 %.

TABLEAU II

Pourcentages d'arbres sensibles au champ à la rouille orangée en 1991 pour des clones de *Coffea canephora* dans cinq lieux différents de Côte-d'Ivoire

Percentages of trees susceptible to leaf rust in the field in 1991 for *Coffea canephora* clones at five different sites in the Côte-d'Ivoire

Clone*	Lieu et année de plantation**				
	Zagné (1989)	Soubré (1988)	Bingerville (1986)	Abengourou (1986)	Divo (1986)
107 + H	73	94	100	***	***
119 H	8	35	0	64	86
126 + H	0	3	0	7	0
182 + C	39	87	75	***	***
197 + R	4	47	37	***	***
202 C	0	16	0	0	0
305 H	0	3	0	43	21
461 + H	11	13	0	59	7
477 + C	0	0	0	***	***
503 R	0	0	0	12	7
512 H	7	77	0	0	46
513 H	0	6	0	20	32
526 H	0	19	0	25	0
529 H	0	48	0	46	27
539 C	0	0	0	0	7
586 R	0	0	0	0	0
587 R	0	0	0	43	20
588 R	0	0	0	6	0
589 R	0	0	0	0	0
594 R	0	0	0	13	0
609 C	0	0	0	41	7
Pluviosité (mm)	1 815	1 472	1 836	1 410	1 338

* Les clones actuellement vulgarisés en Côte-d'Ivoire sont indiqués par « + » et les types génétiques par : C = Congolais, H = Guinéen × Congolais, R = Autre.

** Nombre de répétitions par clone = 30, sauf à Bingerville = 8.

*** Clone absent dans le lieu considéré.

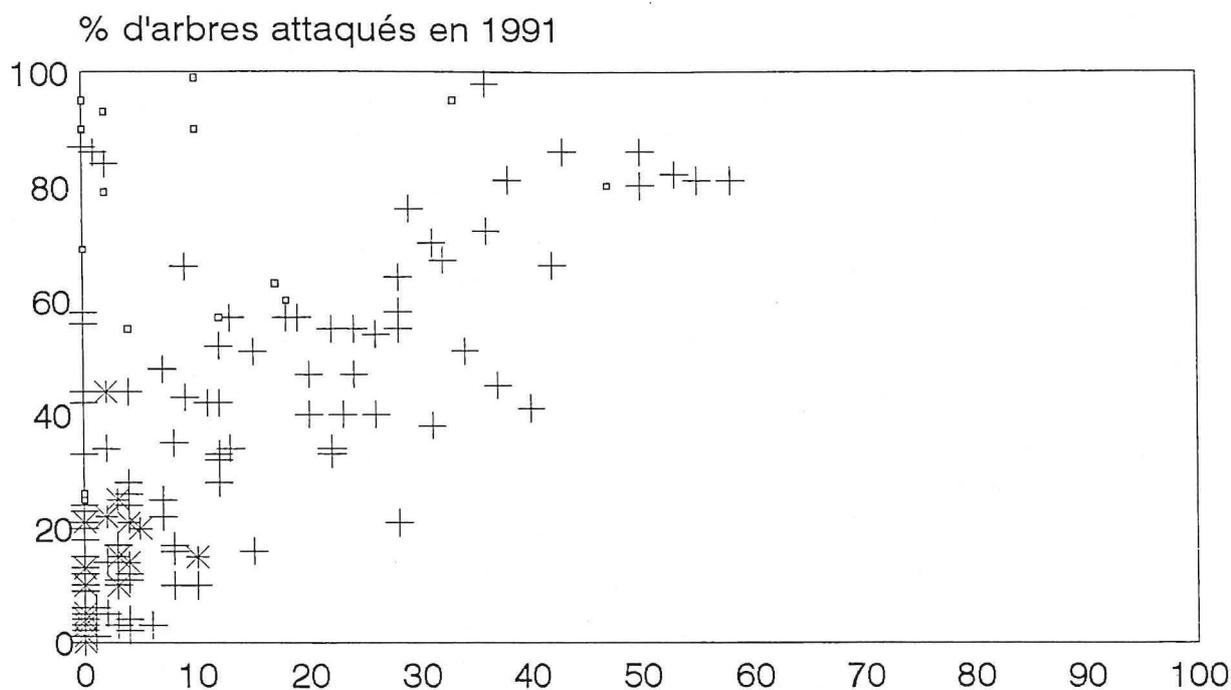


Fig. 3. — Comparaison du pourcentage d'arbres sensibles au champ à la rouille orangée en 1990 et 1991 pour différents hybrides de *Coffea canephora* plantés dans trois stations en Côte-d'Ivoire. □, hybrides Guinéens ; +, hybrides intergroupes ; *, hybrides Congolais

Comparison of the percentage of trees susceptible to leaf rust in the field in 1990 and 1991 for different *Coffea canephora* hybrids planted at three stations in the Côte-d'Ivoire. □, Guinean hybrids ; +, intergroup hybrids ; *, Congolese hybrids

moyenne plus élevée en 1991 qu'en 1990. Le pourcentage d'arbres attaqués des descendance congolaises est très faible les deux années, alors que quinze pour cent des descendance hybrides intergroupes ont plus de 60 % d'arbres sensibles au champ en 1991. Les descendance guinéennes, bien que très sensibles en 1991, présentent en moyenne un très faible pourcentage d'arbres attaqués en 1990. Ceci est en accord avec la forte influence de l'environnement généralement constatée sur les géotypes dont la résistance est de type intermédiaire (Eskes, 1989).

Facteurs influençant la fiabilité de l'évaluation de la résistance au champ

Indices de l'existence de plusieurs races de *Hemileia vastatrix* en Côte-d'Ivoire

L'incidence de la rouille orangée a été forte en 1989 et 1991, et faible en 1990, sur les clones guinéens étudiés (tabl. I). Trois clones (155, 02169 et 02239) particulièrement peu attaqués en 1989 s'avèrent très atteints en 1991. Une nouvelle race de rouille semble avoir surmonté la résistance de ces trois clones en 1991. Un seul des quinze arbres du clone 02169 avait déjà été noté 5, indiquant la faible fréquence de cette race en 1989. Des observations comparables ont été réalisées par Eskes (1981) sur des géotypes Icatu au Brésil et ont ensuite conduit à l'identification en laboratoire de nouvelles races de rouille.

Les observations réalisées dans l'essai multilocal de clones renforcent l'hypothèse de l'existence de plusieurs races de rouille. Une sensibilité au champ variable selon le lieu d'observation apparaît (tabl. II). Certains clones sont sensibles partout. D'autres le sont à certains endroits seulement. Dans un lieu donné, il est attendu que le pourcentage d'arbres sensibles d'un clone soit proche de 0 ou de 100 ; le pourcentage intermédiaire effectivement observé pourrait indiquer une distribution hétérogène des races compatibles à ces clones à l'intérieur des essais (cf. ci-dessous, paragraphe « Dissémination des spores »).

Dès la fin des années soixante, en République centrafricaine, certains auteurs ont évoqué l'apparition de nouvelles races de rouille sur *C. canephora* (Saccas et Charpentier, 1971). Berthaud et Lourd (1982) supputent l'existence de plusieurs races de rouille en Côte-d'Ivoire différentes de la race II, seule jusqu'ici officiellement identifiée (Rodrigues, 1984). L'hypothèse de l'existence de races pathogènes vis-à-vis des clones 182 et 197 a été émise en 1988 par Eskes, qui avait observé leur résistance à Soubré et Man et leur sensibilité à Bingerville. Les résultats présentés ici semblent bien confirmer l'existence de différentes races. Le matériel clonal évalué pourra servir de base

à leur identification. Berthaud (1986), à propos de l'origine de la rouille orangée, suggère sa présence latente dans des populations sylvestres de *Coffea* ou de Rubiacées voisines. La mise en collection à grande échelle de géotypes guinéens sensibles à la rouille orangée et l'introduction dans les schémas de sélection de ceux-ci ont peut-être favorisé l'apparition ou le développement de races de rouille dans les parcelles de sélection. Par ailleurs, les années de forte production sont favorables à l'expression de nouvelles races, comme cela a été noté au Brésil (Eskes, 1981).

A la suite du présent travail, les premiers résultats obtenus après isolements et inoculations artificielles, réalisés au CIRAD à Montpellier (France), confirment l'existence, en Côte-d'Ivoire, de plusieurs races de rouille pathogène vis-à-vis de *C. canephora* (Holguin *et al.*, 1993).

Influence de la pluviosité, de la vigueur et de la production

La comparaison des années 1990 et 1991 pour l'incidence de la rouille orangée sur toutes les descendance étudiées est illustrée par la figure 3. La pluviosité d'une année « n » a été calculée de septembre de l'année n - 1 à août de l'année n, elle est nettement plus élevée en 1991 qu'en 1990 (1 528 mm contre 1 128 mm, en moyenne dans les trois stations). La production en 1991 représente, en moyenne, plus du double de celle de 1990. Ces différences de pluviosité et de production entraînent une plus grande sensibilité au champ en 1991, en particulier chez les descendance guinéennes (cf. paragraphe « Sensibilité au champ de divers clones et descendance »).

Un essai de descendance planté en 1986 permet d'élargir la comparaison à plusieurs années (tabl. III). La répartition des attaques sur la parcelle est comparable les deux premières années de notation. En 1990, l'attaque est bien plus faible qu'en 1991 comme cela a été noté précédemment. En 1989, le témoin sensible attaque montre que l'inoculum était présent et la pluviosité était plus forte qu'en 1991. Le niveau d'attaque, plus important en 1991 ne peut donc s'expliquer que par la plus forte production, qui semble jouer un rôle prépondérant.

Dans l'essai clonal de géotypes guinéens, les corrélations phénotypiques, environnementales et génétiques ont été calculées entre la sensibilité au champ à la rouille, la vigueur et la production de 1991 (tabl. IV). Les corrélations phénotypiques et environnementales, même si elles sont relativement faibles, sont hautement significatives entre l'incidence de la rouille orangée et la vigueur et la production. La vigueur des plants étant corrélée à leur hauteur, la corrélation phénotypique plus forte entre l'incidence de la rouille orangée et la vigueur pourrait s'expliquer par une exposition plus importante des grands arbres à la dissémination des spores par le vent. La corrélation environnementale entre l'incidence de la rouille et la production correspond à la plus grande sensibilité, pour un même géotype, d'arbres productifs, comme cela a été observé chez *C. arabica* (Eskes, 1989).

TABLEAU III

Répartition des classes de sensibilité à la rouille orangée (note de 1 à 5 ; 5 = arbre très sensible) pour un essai de descendance de *Coffea canephora* de Divo en Côte-d'Ivoire comptant 1 581 plants, pendant quatre années

Distribution of leaf rust susceptibility categories (marked from 1 to 5 ; 5 = very susceptible tree) for a Coffea canephora progeny trial at Divo in the Côte-d'Ivoire, involving 1,581 plants, for four years

Année		Répartition des notes en pourcentage					Production (kg café marchand/ha)	Pluviosité (mm)
		1	2	3	4	5		
1988	Total	76	7	10	5	2	170	1 235
	Témoin*	38	5	33	14	10	96	
1989	Total	73	8	7	4	8	1 710	1 543
	Témoin	3	1	12	21	63	1 026	
1990	Total	57	42	0	1	0	145	1 028
	Témoin	61	29	10	0	0	38	
1991	Total	9	43	22	14	11	3 007	1 338
	Témoin	0	1	2	21	76	1 710	

* Témoin sensible : croisement intraguinéen 155 × 410.

TABLEAU IV

Coefficients de corrélation entre la sensibilité au champ à la rouille orangée notée en septembre 1991, la vigueur et la productivité de clones guinéens de *Coffea canephora* à Divo, en Côte-d'Ivoire

Coefficients of correlation between the susceptibility to leaf rust in the field marked in September 1991, vigour and yields of Guinean Coffea canephora clones at Divo in the Côte-d'Ivoire

Type de corrélation (degré de liberté)	Vigueur (diamètre au collet à 30 mois)	Productivité en 1991 (kg cerises fraîches/arbre)	Niveau de signification au seuil de	
			5 %	1 %
Phénotypique (306)	0,316**	0,153**	0,113	0,148
Environnementale (286)	0,208**	0,239**	0,138	0,181
Génétique (20)	0,429*	0,093	0,423	0,537

* Significatif à 5 %.

** Significatif à 1 %.

Cependant, l'absence de corrélation génétique entre l'incidence de la rouille orangée et la production montre que la sélection de clones résistants à la rouille orangée et producteurs est possible.

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent de penser que l'évaluation de *C. canephora* pour la sensibilité à la rouille orangée est la plus efficace sur des plantes adultes et les années de forte production (généralement liée à une forte pluviosité). Ceci est en accord avec les recommandations faites pour *C. arabica* (Eskes, 1989).

Dissémination des spores

Dans l'essai clonal guinéen (tabl. I), le coefficient de variation du clone 410 est de 40, 34 et 33 %, pour les années 1989, 1990 et 1991, respectivement. La moyenne annuelle la plus élevée est 3,40, ce qui traduit une résistance de type intermédiaire. Dans le

champ semencier où ce clone est planté en ligne, peu après l'apparition de l'attaque, la note moyenne est de 5 et le coefficient de variation est nul. Le dispositif en randomisation totale de parcelles mono-arbres semble donc augmenter la variation du niveau de sensibilité au champ pour les individus d'un même clone, par rapport à un dispositif en ligne. Ceci permet de penser que la dissémination des spores est moins uniforme dans les essais en randomisation.

Le résultat des observations effectuées sur deux descendance présentes dans deux parcelles proches plantées la même année est donné dans le tableau V, p. 110. Les paramètres climatiques sont les mêmes pour les deux parcelles. Les plants de la parcelle 1 sont notés plus sensibles à la rouille que ceux de la parcelle 2. La forte proportion de note 2 pour l'hybride 410 × 444 dans la parcelle 1 indique que la quantité de spores de rouille est plus importante dans cette parcelle que dans la parcelle 2. La parcelle 1 est située en sommet de colline, loin de la forêt, alors que la

TABLEAU V

Répartition des notes de sensibilité à la rouille orangée en 1991 pour les croisements 155 × 410 et 410 × 444 dans deux parcelles voisines de *Coffea canephora* à la station de Divo, en Côte-d'Ivoire

Distribution of leaf rust susceptibility marks in 1991 for crosses 155 × 410 and 410 × 444 in two neighbouring Coffea canephora plots at the Divo station in the Côte-d'Ivoire

Croisement	Parcelle	N*	Répartition des notes en pourcentage					Production (kg café marchand/ha)
			1	2	3	4	5	
155 × 410	1	83	0	1	2	21	76	1 710
	2	19	42	31	16	6	5	2 850
410 × 444	1	53	6	72	17	6	0	3 960
	2	19	90	5	5	0	0	5 000

* Effectif du croisement par parcelle.

parcelle 2 est située dans la pente en bordure de forêt. La première est plus exposée au vent, donc à la dissémination des spores de rouille orangée. Ainsi, malgré une plus forte production, les arbres de la parcelle 2 sont moins attaqués que ceux de la parcelle 1.

La distribution de la rouille, à l'intérieur des parcelles ou entre parcelles voisines de *C. canephora*, n'est donc pas toujours uniforme. La dissémination sur de longues distances des spores de ce champignon semble moins efficace que dans d'autres pays. Au Brésil, par exemple, la dissémination par le vent semble très efficace (Kushalappa, 1989). Dans ce pays, les plants sensibles d'une parcelle où prédominent des plants résistants sont toujours tous atteints par des attaques importantes de rouille orangée. En

Côte-d'Ivoire, le dispositif en randomisation totale de parcelles mono-arbres (Charmetant et Leroy, 1990) peut rompre la chaîne de dissémination d'arbres en arbres voisins, si des génotypes résistants sont présents dans l'essai. Il serait donc possible que des races de rouille distinctes coexistent dans différentes zones d'une même parcelle. Ceci expliquerait les pourcentages intermédiaires d'arbres sensibles observés dans chaque lieu de l'essai multilocal. Une autre conséquence est que, même dans des parcelles où la pluviosité et la production sont élevées, la résistance des arbres pourra être surévaluée du fait de la rareté de l'inoculum. C'est le cas par exemple pour l'hybride 155 × 410 dans la parcelle 2 (tabl. V).

CONCLUSIONS

L'importance de la rouille orangée est démontrée par la défoliation qu'elle peut entraîner et par le grand nombre de clones et descendances de *C. canephora* sensibles au champ. Des études complémentaires sont nécessaires pour préciser les chutes exactes de rendement consécutives à une attaque du parasite. Les premiers résultats indiquent que les dégâts peuvent être comparables à ceux observés sur *C. arabica*.

Les observations sur le matériel végétal montrent la sensibilité de trois clones vulgarisés sur les six étudiés. Deux de ces clones, 182 et 197, étaient connus comme résistants au début des années 1980 (Charmetant, comm. pers.). Pour éviter des dégâts importants dans la caféière ivoirienne, leur remplacement doit être envisagé ; ceci est réalisable puisque des clones résistants (tabl. II) et productifs (données non publiées) sont disponibles parmi les clones candidats à la vulgarisation.

La forte interaction de la sensibilité au champ entre clones et années et entre clones et lieux permet de soupçonner l'existence de plusieurs races de rouille orangée en Côte-d'Ivoire. Le matériel végétal de la présente étude pourrait servir de base à l'identification de génotypes différentiels puis pour l'identification définitive de ces races physiologiques.

L'hétérogénéité de la distribution des spores de la rouille orangée à l'intérieur des parcelles et entre parcelles et la présence présumée de plusieurs races de l'agent pathogène doivent être prises en compte pour améliorer l'évaluation de la résistance au champ. Les recommandations faites pour *C. arabica* (Eskes, 1989) semblent valables aussi pour *C. canephora*. Pour une évaluation efficace, il est important de noter les plants adultes à plusieurs reprises et dans plusieurs lieux, de préférence les années de forte production. La note maximale obtenue au cours de plusieurs observa-

tions pour un arbre doit être considérée comme correspondant à son niveau de résistance vis-à-vis des races existant dans la parcelle. Pour les sorties variétales, les descendances devront présenter un minimum d'arbres sensibles au champ et les clones

devront avoir un haut niveau de résistance qui sera testé en laboratoire. Des tests pourront être mis au point avec des races identifiées à l'aide des clones particuliers observés dans ce travail, utilisés comme différentiels.

BIBLIOGRAPHIE

- AVELINO (J.), MULLER (R. A.), CILAS (C.), VELASCO (P. H.). — Développement et comportement de la rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) dans les plantations en cours de modernisation, plantées de variétés naines, dans le Sud-Est du Mexique. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 35, n° 1, 1991, p. 21-42.
- BERTHAUD (J.). — Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application. *Travaux et Documents ORSTOM* (Paris), n° 188, 1986, 379 p.
- BERTHAUD (J.), LOURD (M.). — La résistance à *Hemileia vastatrix* des caféiers de l'espèce *Coffea canephora* de Côte-d'Ivoire. Etude de la transmission de ce caractère par croisements contrôlés. *Garcia de Orta. Serie de Estudos Agronômicos* (Lisbonne), vol. 9, n° 1-2, 1982, p. 89-95.
- BETTENCOURT (A. J.), RODRIGUES Jr (C. J.). — Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In : *Coffee : Volume 4 : Agronomy*. Ed. par R. J. Clarke and R. Macrae, Elsevier Applied Science (Barking), 1988, p. 199-235.
- BOURIQUET (G.). — Les maladies et les ennemis des plantes dans certains territoires d'Afrique. *Bulletin Phytosanitaire FAO* (Rome), vol. VII, n° 5, 1959, p. 63-65.
- CHARMETANT (P.), LEROY (T.). — Méthodologie de la sélection caféière en Côte-d'Ivoire. 13^e Colloque Scientifique International sur le Café, Paipa, 21-25 août 1989, ASIC (Paris), 1990, p. 496-501.
- CHARRIER (A.), BERTHAUD (J.). — Principles and methods in coffee plant breeding. In : *Coffee : Volume 4 : Agronomy*. Ed. par R. J. Clarke and R. Macrae, Elsevier Applied Science (Barking), 1988, p. 167-198.
- CRAMER (P. J. S.). — A review of literature of coffee research in Indonesia from about 1602 to 1945. Interamerican Institute of Agricultural Sciences (Turrialba), 1957, 262 p.
- ESKES (A. B.). — Qualitative and quantitative variation in pathogenicity of races of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) detected in the state of São Paulo, Brazil. *Netherlands Journal of Plant Pathology* (Wageningen), vol. 89, 1981, p. 31-46.
- ESKES (A. B.). — Resistance. In : *Coffee rust : epidemiology, resistance, and management*. Ed. par A. C. Kushalappa et A. B. Eskes, CRC Press (Boca Raton, USA), 1989, p. 171-292.
- ESKES (A. B.), TOMA-BRAGHINI (M.). — Assesment methods for resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). *Plant Protection Bulletin, FAO* (Rome), vol. 29, n° 3-4, 1981, p. 56-66.
- GALVEZ (G. C.), MONTOYA (M.), CORDOVA (M.). — Estudio epidemiológico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en El Salvador. 6^o Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, 20-22 oct. 1982, San Salvador, El Salvador IICA (San José), 1983, p. 121-141.
- GRY (G.). — La lutte contre le parasitisme des cultures en Côte-d'Ivoire. Rapport interne CRA Bingerville, 1954, 11 p.
- HOLGUIN (F.), BIEYSSE (D.), ESKES (A.), MULLER (R.). — Etude de la virulence et de l'agressivité d'isolats d'*Hemileia vastatrix* Berk. et Br. collectés sur *Coffea canephora* et Catimor. 15^e Colloque Scientifique International sur le Café, Montpellier, 6-11 juin 1993, ASIC (Paris), 1993, p. 281-292.
- KUSHALAPPA (A. C.). — Rust management : an epidemiological approach and chemical control. In : *Coffee rust : epidemiology, resistance, and management*. Ed. par A. C. Kushalappa et A. B. Eskes, CRC Press (Boca Raton, USA), 1989, 81-139.
- KUSHALAPPA (A. C.), ESKES (A. B.). — Advances in coffee rust research. *Annual Review of Phytopathology* (Palo Alto), vol. 27, 1989a, p. 503-531.
- KUSHALAPPA (A. C.), ESKES (A. B.). — Coffee rust : epidemiology, resistance, and management. CRC Press (Boca Raton, USA), 1989b, 345 p.
- LEROY (T.), CHARRIER (A.). — Mise en place d'un programme de sélection réciproque chez *Coffea canephora* Pierre. 13^e Colloque Scientifique International sur le Café, Paipa, 21-25 août 1989, ASIC (Paris), 1990, p. 457-465.
- LEROY (T.), CHARMETANT (P.), YAPO (A.). — Application de la sélection réciproque au caféier *Coffea canephora* Pierre : premiers résultats du programme réalisé en Côte-d'Ivoire. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 35, n° 2, 1991, p. 95-103.
- LEROY (T.), MONTAGNON (C.), CHARRIER (A.), ESKES (A. B.). — Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. I. Characterization and evaluation of breeding populations and value of intergroup hybrids. *Euphytica* (Wageningen), vol. 67, 1993, p. 113-125.
- MIGUEL (A. E.), MATIELLO (J. B.), MANSK (Z.), ALMEIDA (S. R.). — Observações sobre os efeitos de três níveis de produção na incidência e controle da ferrugem do cafeeiro. 5^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Guarapari, 18-21 outubro 1977, IBCGERCA (Rio de Janeiro), 1978, p. 220-222.
- MONTAGNON (C.), LEROY (T.), YAPO (A.). — Analyse de la diversité génotypique et phénotypique de quelques groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) en collection : conséquences sur leur utilisation en sélection. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. 36, n° 3, 1992, p. 187-198.
- REINA (F. E.), RIVERA (J. M.), OSEGUERA (S. H.). — Desarrollo de la roya del cafeto y su relación con factores biológicos y climáticos en la zona de Santa Barbara. VII Simposio sobre Caficultura latinoamericana, 1-

3 nov. 1984, San José, Costa Rica, IICA (San José), 1985, p. 1-9.

RODRIGUES Jr (C.). — Coffee rust races and resistance. In : Coffee rust in the Americas. Ed. par R. H. Fulton,

American Phytopathological Society (Saint Paul, E.-U.), 1984, p. 41-58.

SACCAS (A. M.), CHARPENTIER (J.). — La rouille des caféiers due à *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., IFCC (Paris), *Bulletin*, n° 10, 1971, 123 p.

MONTAGNON (C.), LEROY (T.), KÉBÉ (I.), ESKE (A. B.). — **Seriousness of coffee leaf rust and factors involved in *Coffea canephora* field resistance in the Côte-d'Ivoire.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXXVIII, n° 2, avril-juin 1994, p. 103-112, 3 fig., 5 tabl., 25 réf.

The seriousness of leaf rust (*Hemileia vastatrix*) was assessed on *Coffea canephora* planting material either extended or undergoing selection in the Côte-d'Ivoire. The impact of the disease can be considerable on susceptible genotypes. In a fungicide trial, 60 % defoliation was observed on the untreated susceptible control, compared to a mere 20 % on the same control when treated. Observations of the degree of attack in breeding plots revealed strong interactions between genotypes, sites and years. The susceptibility of plants of the same genotype planted in a totally randomized design in clonal trials also proved to be variable. These results show heterogeneous distribution of pathogen races with different virulence genes. It can be assumed that races other than race II, which is the only one to be inventoried so far in the Côte-d'Ivoire, are present. Despite this pathogen variability, a large number of genotypes have revealed substantial resistance throughout the observation years, which will enable effective selection. The consequences of these results for *Coffea canephora* breeding methods are discussed.

MONTAGNON (C.), LEROY (T.), KÉBÉ (I.), ESKE (A. B.). — **Importancia de la roya anaranjada y factores implicados en la evaluación de la resistencia en el campo de *Coffea canephora* en Côte-d'Ivoire.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXXVIII, n° 2, avril-juin 1994, p. 103-112, 3 fig., 5 tabl., 25 réf.

Se estimó la importancia de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) en material vegetal de *Coffea canephora* divulgado o en selección en Côte-d'Ivoire. El impacto de la enfermedad puede ser importante en genótipos sensibles. En un ensayo de fungicidas, se ha mostrado una defoliación del 60 % del testigo sensible sin tratar cuando no alcanzaba sino el 20 % en el momento que este testigo está tratado. Las observaciones sobre el nivel de ataque en las parcelas de selección señalan fuertes interacciones entre genótipos, lugares y años. La sensibilidad de plantas de un mismo genótipo, plantadas en randomización total en ensayos clonales, resulta ser también variable. Estos resultados muestran una distribución heterogénea de razas del agente patógeno que tienen genes de virulencia diversos. Puede ser supuesta la presencia de varias razas que no sean la raza II, hasta ahora única inventariada en Côte-d'Ivoire. A pesar de esta variabilidad del agente patógeno, gran número de genótipos señalaron una fuerte resistencia durante todas las años de observaciones, lo que permitirá una selección eficaz. Se discute sobre las consecuencias de los resultados sobre los métodos de selección de *Coffea canephora*.