

# LES RACES PHYSIOLOGIQUES D'*HEMILEIA VASTATRIX* EN NOUVELLE-CALÉDONIE ET À VANUATU

B. BOCCAS, F. KOHLER, F. PELLEGRIN  
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer \*

## INTRODUCTION

Les deux variétés de caféier Arabica actuellement proposées aux planteurs de la Nouvelle-Calédonie se sont révélées très sensibles à la rouille orangée. Le contrôle chimique de la maladie est possible (2) mais onéreux, et le choix d'un matériel végétal plus résistant est actuellement envisagé pour la poursuite du plan de restructura-

tion de la caféiculture. Afin d'orienter ce choix, nous avons entrepris d'identifier les races physiologiques d'*Hemileia vastatrix* en Nouvelle-Calédonie et dans l'archipel voisin de Vanuatu. Cet article présente les premiers résultats de cette recherche.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'identification des facteurs de virulence et la détermination des races physiologiques d'*Hemileia vastatrix* s'effectuent par inoculation artificielle d'urédospores du parasite récoltées dans la nature, à une collection de caféiers de géotypes connus, portant différentes associations de gènes de résistance (1, 3, 6, 9).

En Nouvelle-Calédonie, des échantillons d'urédospores ont été prélevés dans les différentes régions de la Grande Terre sur les deux types de *Coffea arabica* actuellement cultivés : d'une part sur la variété dite « locale », issue des nombreuses introductions réalisées au début du siècle (2), et d'autre part sur les variétés naines Bourbon Red (BR) et Pache Typica Guatemala (PTG), distribuées aux planteurs du territoire au cours des cinq dernières années (2).

\* BP A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

A Vanuatu, les urédospores mises à l'épreuve provenaient des îles de Vaté et de Tanna, où elles furent récoltées sur trois variétés d'Arabica : une variété ancienne, d'origine indéterminée, introduite dans l'archipel à la fin du siècle dernier, et les variétés Arusha et Fiji plus récemment importées de l'Afrique de l'Est et des îles Fiji, respectivement.

Chaque échantillon étudié est constitué d'urédospores prélevées sur plusieurs caféiers d'une même variété. Les résultats présentés dans cet article concernent l'inoculation de huit échantillons d'origines différentes :

— Urédospores récoltées en Nouvelle-Calédonie :

- NC1 : prélevé sur variétés BR et PTG dans le nord de l'île.
- NC2 : prélevé sur variétés BR et PTG sur la Côte Est.
- NC3 : prélevé sur variété « locale » dans le Sud.
- NC4 : prélevé sur variétés BR et PTG sur le versant Ouest de la dorsale montagneuse centrale.

— Urédospores récoltées à Vanuatu :

- VN1 : prélevé sur variété « locale » à Vaté.
- VN2 : prélevé sur variété « locale » à Vaté.
- VN3 : prélevé sur variété Arusha à Tanna.
- VN4 : prélevé sur variété Fiji à Tanna.

La collection de caféiers résistants provient du CIFIC (Centro de Investigação das Ferragens do

Cafeeiro, Oeiras, Portugal). Cette collection est constituée de caféiers appartenant à dix groupes physiologiques de résistance. Chacun des groupes représentés est caractérisé par un génotype résistant connu. La répartition des facteurs de résistance dans les différents clones est indiquée dans le tableau I.

La méthode d'inoculation a été mise au point par Rodrigues (8). Les urédospores sont déposées sur la face inférieure de jeunes feuilles de taille moyenne de caféiers qui croissent en pots. Ces urédospores sont étalées à l'aide d'un pinceau doux, puis le caféier reçoit une abondante pulvérisation de fines gouttelettes d'eau. Les plants inoculés sont alors placés en chambre humide à l'obscurité pendant deux jours, à 22 °C, puis sous ombrière, où ils sont arrosés quotidiennement (4, 8). La lecture des résultats est effectuée vingt-cinq à trente jours après l'inoculation, la réaction est identifiée suivant l'échelle définie par Branquinho d'Oliveira et Rodrigues (6, 9). Dans les tableaux II et III, les résultats sont cependant présentés sous une forme simplifiée. Nous avons noté trois cas : l'absence de réaction (0), les réactions d'hypersensibilité (flecks), qui révèlent une résistance spécifique du clone inoculé à la souche d'*Hemileia* mise à l'épreuve, et les réactions de sensibilité (S), lorsque l'infection réussit et aboutit à la production d'urédospores sur le clone inoculé.

TABLEAU I  
Génotypes des caféiers de la collection différentielle

Groupes physiologiques	E	α	D	C	γ	I	J	G	W	L
Répartition des gènes de résistance	Sh5	Sh1	Sh2 Sh5	Sh1 Sh5	Sh1 Sh4	Sh4	Sh4 Sh5	Sh3 Sh5	Sh1 Sh4 Sh5	Sh1 Sh2 Sh5

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Deux cycles d'inoculations ont été effectués. Au cours du premier cycle, chaque échantillon d'urédospores a été inoculé à deux caféiers de chacun des groupes de résistance. Dans tous les cas, plusieurs feuilles ont été inoculées et le test a

été répété une fois, chaque échantillon d'urédospores étant ainsi confronté à quatre plants de chaque clone de la collection différentielle, les résultats de ce premier cycle d'inoculations sont indiqués dans le tableau II.

TABLEAU II

Réaction des clones de *Coffea arabica* inoculés à l'aide des urédospores collectées en Nouvelle-Calédonie et à Vanuatu

Urédospores inoculées	Clones de caféiers (groupes de résistance)									
	E	α	D	C	γ	I	J	G	W	L
NC1	S	S	O	S	F	O	O	O	O	O
NC2	S	S	O	S	O	O	O	O	O	O
NC3	S	S	S	S	O	O	O	-	-	F
NC4	S	S	S	S	O	O	O	O	O	F
VN1	S	O	O	O	O	O	O	O	O	O
VN2	S	O	O	O	O	O	O	O	O	O
VN3	S	O	O	O	O	O	O	O	O	O
VN4	S	O	O	O	O	O	O	O	O	O

S : réaction de sensibilité, des urédospores sont produites sur les clones inoculés

F : (flecks) : réaction hypersensible (résistance)

O : pas de réaction

- : non mis à l'épreuve

Le second cycle d'inoculations a été réalisé à l'aide des urédospores récoltées sur les clones sensibles aux inoculations du premier cycle. Cette seconde expérimentation avait pour objectif, d'une part de confirmer les réactions de sensibilité observées au terme des premières séries d'inoculations, d'autre part de séparer différentes races qui auraient pu se trouver associées dans les échantillons récoltés dans les plantations.

Compte tenu des résultats du premier cycle d'infections qui indiquent la présence dans les échantillons d'*Hemileia vastatrix* des trois facteurs de virulence V1, V2 et V5, le second cycle d'inoculations a porté sur les clones E (Sh5), α (Sh1), D (Sh2, Sh5), C (Sh1, Sh5) et L (Sh1, Sh2, Sh5) porteurs des gènes de résistance correspondants. Les résultats de ces inoculations figurent dans le tableau III.

Tous les échantillons étudiés ont induit chez les caféiers du groupe E (tableaux II et III) des réactions de sensibilité qui démontrent que le facteur de virulence V5 est largement répandu dans la population d'*Hemileia vastatrix* de la Nouvelle-Calédonie et de Vanuatu.

Dans ce dernier pays, le facteur de virulence V5 est d'ailleurs le seul que les deux séries d'inoculations aient permis d'identifier. Les quatre échantillons récoltés dans l'archipel de Vanuatu en étaient dotés et appartenaient donc à la race physiologique II.

A la situation homogène qui semble exister à Vanuatu s'oppose la diversité observée en Nouvelle-Calédonie où plusieurs races d'*Hemileia vastatrix* coexistent.

Ainsi les réactions induites par les échantillons NC1 (tableau II), puis E/NC1, α/NC1 et C/NC1 (tableau III) révèlent la présence des facteurs de virulence V1 et V5 associés au sein d'un même génome : celui de la race III.

TABLEAU III

Réaction des clones de caféiers inoculés à l'aide d'urédospores issues du premier cycle d'inoculations

Origine des urédospores (*)	Clones de caféiers					Pathotypes correspondants	Races physiologiques correspondantes
	E	α	D	C	L		
E/ VN1	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ VN2	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ VN3	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ VN4	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ NC1	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
α/ NC1	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
C/ NC1	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
E/ NC2 (1)	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ NC2 (2)	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
α/ NC2	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
C/ NC2	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
E/ NC3	S	S	S	S	F	V1 V5 ; V2 V5	Races I et III
α/ NC3	S	S	O	S	F	V1 V5	Race III
D/ NC3	S	O	S	O	F	V2 V5	Race I
E/ NC4 (1)	S	O	O	O	-	V5	Race II
E/ NC4 (2)	S	S	S	S	O	V1 V5 ; V2 V5	Races I et III
α/ NC4	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III
D/ NC4	S	O	S	O	O	V2 V5	Race I
C/ NC4	S	S	O	S	O	V1 V5	Race III

\* Chaque échantillon d'urédospore est identifié dans ce tableau par : - le clone sur lequel il a été récolté (E, α, C ou D) - l'échantillon d'urédospore inoculé au cours du premier cycle (VN1, 2, 3, 4 ; NC1, 2, 3, 4). Ainsi l'échantillon E/ VN1 est constitué d'urédospores produites sur le clone E inoculé à l'aide de l'échantillon VN1 de Vaté à Vanuatu.

(1) et (2) : deux types de réactions induites dans le second cycle d'inoculation par les divers échantillons E/NC<sub>2</sub> et E/NC<sub>4</sub> prélevés sur différents plants du clone E à l'issue des premières inoculations.

De son côté l'échantillon NC2 était constitué d'urédospores de deux races différentes :

— la race II, dotée de la virulence V5, révélée par la sensibilité du seul clone E à l'échantillon E/NC2 (1) (tableau III),

— la race III, possédant les facteurs V1 et V5, mise en évidence par les réactions aux échantillons E/NC2 (2),  $\alpha$ /NC2 et C/NC2 des clones E et C (tableau III).

Dans l'échantillon NC3, ce sont trois facteurs de virulence, V1, V2 et V5, que les premières confrontations ont mis en évidence (tableau II). Leur présence a été confirmée par la seconde série d'inoculations (tableau III), qui a également permis d'établir que ces facteurs étaient répartis en deux races physiologiques distinctes : la race I, dotée des gènes V2 et V5, et la race III, dotée des gènes V1 et V5. Les réactions d'hypersensibilité (F) observées sur le clone L tendent par contre à montrer que la race XVII, associant les trois facteurs de virulence V1, V2 et V5 dans un même génome, n'était pas présente dans l'échantillon NC3.

L'étude de l'échantillon NC4 a également révélé la présence des trois facteurs V1, V2 et V5. Toutefois, dans le second cycle d'inoculations, les urédospores prélevées sur le clone E ont induit deux types de réactions (tableau III). L'échantillon E/NC4 (1) a provoqué une réaction de sensibilité sur le seul clone E, caractérisant ainsi le facteur V5 et la race II. L'échantillon E/NC4 (2) a infecté les clones E,  $\alpha$ , D et C, révélant ainsi la présence des deux races I et III, présence confirmée par les réactions des clones sensibles aux échantillons de spores  $\alpha$ /NC4, D/NC4 et C/NC4. L'absence de la race XVII (V1, V2 V5) est établie par la résistance du clone L à ces différents échantillons.

Trois races physiologiques d'*Hemileia vastatrix* ont donc jusqu'à ce jour été identifiées en Nouvelle-Calédonie : ce sont les races I, II et III respectivement dotées des facteurs de virulence V1 V5, V5 et V2 V5. Leur présence sur ce territoire peu étendu et isolé suggère que la population de *Coffea arabica* locale est vraisemblablement hétérogène au plan génétique. Cette population (2) issue des introductions nombreuses et variées de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle comprend probablement des variétés dotées des gènes de résistance Sh1, Sh2 et Sh5, qui pourraient avoir exercé sur le parasite une pression sélective suffisante pour lui permettre de développer les races virulentes correspondantes et de les maintenir à l'état endémique, malgré le faible développement de la culture du caféier Arabica au cours des dernières années.

Cette étude permet également de confirmer que

les variétés Bourbon Red et Pache Typica Guatemala, qui sont actuellement distribuées aux planteurs de la Nouvelle-Calédonie, appartiennent au groupe E sensible à toutes les races de rouille identifiées sur le territoire. De la même façon, les variétés d'Arabica exploitées à Vanuatu sont du même groupe E et sensibles à la race II présente dans l'archipel. Il apparaît donc nécessaire de reconsidérer les choix variétaux effectués dans ces deux pays.

A la lumière du développement récent des connaissances sur la résistance du caféier à *Hemileia vastatrix* (5), il apparaît improbable qu'une solution génétique durable au problème de la rouille puisse résulter de l'utilisation des seuls facteurs de résistance verticale identifiés chez *Coffea arabica*. On sait en effet aujourd'hui que l'action des gènes de résistance V1 à V5 est rapidement neutralisée par des mutations monogéniques du parasite vers les caractères de virulence correspondants. Même utilisés en « multigène » (mélange de génotypes), stratégie considérée comme tout à fait séduisante au plan théorique il y a quelques années, ces gènes n'apportent pas de solution durablement efficace. L'abandon du Iarana (5), cultivar créé au Brésil pour former une « multigène », et dont les résistances ont rapidement été surmontées par le parasite, tend à le démontrer.

Selon Muller (5), une méthode plus efficace de l'exploitation de la résistance verticale pourrait résider dans l'utilisation des gènes de résistance identifiés chez *C. canephora*. Ainsi, les quatre « gènes de Timor », V6, V7, V8, V9, et peut-être un cinquième, le gène V10, pourraient opposer à *Hemileia* une résistance difficile à vaincre, s'ils sont utilisés ensemble, réunis dans un même génome, comme ils le sont par exemple chez les hybrides Catimor du groupe A. De fait, une expérimentation de ce type est engagée en Nouvelle-Calédonie depuis quatre ans. Environ trois mille plants de Catimor F5 et F6, obtenus à Oeiras de l'autofécondation de clones du groupe A, sont à l'essai dans différentes régions de l'île. Aucune attaque de rouille n'a jusqu'à ce jour été observée sur aucun de ces caféiers. Il importe cependant de souligner que cette population, issue de la reproduction sexuelle de clones non encore totalement isogénisés, comporte probablement en son sein des sujets qui n'ont pas hérité de la totalité des « gènes de Timor », et n'appartiennent donc pas au groupe A. Si l'expérimentation des Catimor devait être poursuivie et développée, il conviendrait alors, comme le suggère Muller, de n'utiliser désormais que des plants issus de la multiplication végétative, par bouturage ou culture *in vitro*, de clones du groupe A. La voie végétative permettrait en effet de mieux garantir l'homogénéité génétique de la population de caféiers et d'éviter

la présence en son sein de différents génotypes résistants, dotés d'une partie seulement des « gènes de Timor » et donc susceptibles de fournir à *Hemileia* le moyen de former par étapes successives, en cumulant progressivement les mutations, une race virulente à l'égard du groupe A. Notons cependant que le risque potentiel d'apparition d'une telle race demeurera, même s'il est réduit par l'utilisation exclusive de caféiers pour-

vus de tous les gènes verticaux actuellement identifiés chez le *C. canephora*.

C'est pourquoi il est raisonnable de ne pas écarter la possibilité, complémentaire de la précédente, d'exploiter également la résistance horizontale observée aussi bien chez *C. canephora* que chez certains cultivars d'Arabica. Mais la mise en œuvre de cette solution paraît plus lointaine dans l'état d'avancement actuel des recherches.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BETTENCOURT (A. J.), NORONHA-WAGNER (M.). — Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk and Br. *Agronomia lusitana*, 31, 1971, p. 285-292.
2. BOCCAS (B.), PELLEGRIN (F.), KOHLER (F.), SEIVERT (B.), PILECKI (A.). — La rouille orangée du caféier Arabica en Nouvelle-Calédonie. 2. Essais de contrôle chimique. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVIII, n° 3, juil.-sept. 1984, p. 203-208.
3. GOUJON (M.). — Détermination des races physiologiques d'*Hemileia vastatrix* et caractérisation des groupes de caféiers résistants. Rapport de mission au CIFC d'Oeiras. Document ORSTOM (Adiopodoumé, Côte d'Ivoire), mai 1968, 23 p.
4. HARR (J.), GUGGENSHEIM (R.). — Contributions to the biology of *Hemileia vastatrix*. I. SEM — Investigation on germination and infection of *Hemileia vastatrix* on leaf surfaces of *Coffea arabica*. *Phytopathologische Zeitschrift*, vol. 92, 1978, p. 70-75.
5. MULLER (R. A.). — Quelques réflexions à propos de la sélection de variétés de caféiers résistantes à la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVIII, n° 1, janv.-mars 1984, p. 17-42.
6. OLIVEIRA (Branquinho d'). — As ferrugens do cafeeiro. *Revista do Café Português* (Lisbonne), vol. 1, n° 4, 1954, p. 5-13.
7. PELLEGRIN (F.), SEIVERT (B.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — La rouille orangée du caféier Arabica en Nouvelle-Calédonie. 1. Historique et épidémiologie. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVII, n° 1, janv.-mars 1983, p. 27-40.
8. RAYNER (R. W.). — Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. and Br.). *Annals of Applied Biology* (Londres), vol. 49, n° 3, oct. 1961, p. 497-505.
9. RODRIGUES Jr (C. J.), BETTENCOURT (A. J.), RIJO (L.). — Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Annual Review of Phytopathology* (Palo Alto), vol. 13, 1975, p. 49-70.

BOCCAS (B.), KOHLER (F.), PELLEGRIN (F.). — Les races physiologiques d'*Hemileia vastatrix* en Nouvelle-Calédonie et à Vanuatu. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIX, n° 3, juil.-sept. 1985, p. 177-182, 3 tabl., 9 réf.

L'identification des facteurs de virulence d'*Hemileia vastatrix* et des races physiologiques de ce parasite a été entreprise en Nouvelle-Calédonie et à Vanuatu. Trois facteurs de virulence, V1, V2 et V5, répartis dans les races I, II et III, ont jusqu'à ce jour été identifiés en Nouvelle-Calédonie, seule le facteur V5 a été reconnu à Vanuatu.

BOCCAS (B.), KOHLER (F.), PELLEGRIN (F.). — Physiological races of *Hemileia vastatrix* in New Caledonia and Vanuatu. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIX, n° 3, juil.-sept. 1985, p. 177-182, 3 tabl., 9 réf.

The virulence factors of *Hemileia vastatrix* and the physiological races of this parasite have been identified in New Caledonia and Vanuatu. Three virulence factors, V1, V2 and V5, divided into races I, II and III, have so far been identified in New Caledonia but only the V5 factor in Vanuatu.

BOCCAS (B.), KOHLER (F.), PELLEGRIN (F.). —  
Die physiologischen Arten von *Hemileia vastatrix* in  
Neu-Kaledonien und in Vanuatu. *Café Cacao Thé*  
(Paris), vol. XXIX, n° 3, juil.-sept. 1985, p. 177-182,  
3 tabl., 9 réf.

In Neu-Kaledonien und in Vanuatu wurde die Identifikation der Virulenzfaktoren von *Hemileia vastatrix* und seiner physiologischen Arten vorgenommen. Bislang wurden drei Virulenzfaktoren V1, V2, und V5 welche sich auf die Arten I, II, und III verteilen in Neu-Kaledonien identifiziert, allein der Faktor V5 wurde in Vanuatu erkannt.

BOCCAS (B.), KOHLER (F.), PELLEGRIN (F.). —  
Razas fisiológicas de *Hemileia vastatrix* en Nueva  
Caledonia y en Vanuatu. *Café Cacao Thé* (Paris),  
vol. XXIX, n° 3, juil.-sept. 1985, p. 177-182, 3 tabl.,  
9 réf.

La identificación de los factores de virulencia de *Hemileia vastatrix* y de las razas fisiológicas de este parásito se ha emprendido en Nueva Caledonia y en Vanuatu. Tres factores de virulencia, V1, V2 y V5, repartidos en las razas I, II y III, se han identificado hasta la fecha en Nueva Caledonia, mientras que el factor V5 únicamente se ha reconocido en Vanuatu.