

Note sur la sensibilité de six clones d'hévéa à *Phragmenthera capitata*

Guyot J.¹, Ntawanga Omanda E.²

¹ CIRAD-CP / Centre d'appui technique à l'hévéaculture, BP 643, Libreville, Gabon

² Centre d'appui technique à l'hévéaculture, BP 643, Libreville, Gabon

Résumé

L'observation de trois champs de clones implantés dans différentes provinces du Gabon met en évidence des différences de sensibilité de cinq clones d'*Hevea brasiliensis* à une Loranthaceae parasite, *Phragmenthera capitata*. Le clone RRIM 600 s'avère le plus tolérant face à cette espèce. Deux autres espèces de Loranthaceae ont été identifiées sur l'hévéa au Gabon, *Globimetula braunii* et *Helixanthera manii*.

Abstract

Observations of three clone trials in different provinces in Gabon revealed differences in the susceptibility of five *Hevea brasiliensis* clones to a Loranthaceae parasite, *Phragmenthera capitata*. Clone RRIM 600 proved the most tolerant. Two other Loranthaceae species are found on rubber in Gabon, *Globimetula braunii* and *Helixanthera manii*.

Resumen

La observación de tres campos de clones implantados en distintas provincias de Gabón evidencia diferencias de sensibilidad de cinco clones de *Hevea brasiliensis* a una Loranthaceae parásito, *Phragmenthera capitata*. El clon RRIM 600 resulta ser más tolerante frente a esta especie. Se identificaron dos otras especies de Loranthaceae en el hevea en Gabón, *Globimetula braunii* y *Helixanthera manii*.

Les phanérogames parasites des cultures pérennes ne sont pas rares et notamment celles parasitant l'hévéa (Roger, 1954). En Chine, *Taxillus chinensis* dans la province de Hainan, et *Dendrophthoe pentandra* dans le Yunnan sont les espèces qui parasitent le plus l'hévéa (Zhiwei et al., 1995).

Trois espèces de phanérogames parasites se rencontrent sur l'hévéa au Gabon. Elles ont été récemment identifiées par les Professeurs Sallé et Raynal-Roques (université Pierre et Marie Curie, Paris) comme *Phragmenthera capitata* (Sprengel) Balle, *Globimetula braunii* (Engl.) Tieghem et *Helixanthera manii* (Oliver) Danser.

Phragmenthera capitata (photo 1) est une espèce très fréquente, fortement envahissante, à dissémination rapide. Elle est très largement dominante sur l'hévéa et peut être observée sur de nombreux arbres forestiers ainsi que sur certaines espèces cultivées telles que les agrumes, l'avocatier, le cacaoyer, le goyavier, le palmier à huile, les conifères, etc.

Globimetula braunii (photo 2) est moins fréquente que l'espèce précédente et n'a été observée que dans la plantation de Mitzic (province du Woleu-Ntem). Elle concerne une moins grande proportion d'arbres, reste limitée à des foyers proches de la bordure forestière, et progresse moins rapidement dans la plantation. Les touffes sont moins volumineuses que celles de *Phragmenthera capitata* et sont généralement uniques sur un arbre atteint.

Helixanthera manii (photo 3) est très rare sur l'hévéa mais très fréquente sur le cacaoyer, culture parfois associée à celle de l'hévéa. C'est d'ailleurs sur des hévéas situés à proximité de cacaoyères infestées que cette espèce a été observée. Un cas d'hyperparasitisme de cette espèce sur *Phragmenthera capitata* a même été noté sur l'hévéa.

Le problème n'a retenu l'attention qu'à partir de 1994 lorsque la plantation de Mitzic et les champs de clones de Koumameyong (province de l'Ogoué-Ivindo) et de Lambaréné (province du Moyen-Ogoué) se sont révélés fortement infestés par *Phragmenthera capitata*. Une évaluation réalisée en 1994 sur 545 hectares à Mitzic (20 573 arbres observés), portant sur des cultures âgées de 11 et 12 ans, a donné un pourcentage moyen



Jean Guyot

Photo 1. *Phragmenthera capitata*



Jean Guyot

Photo 2. *Globimetula braunii*



Jean Guyot

Photo 3. *Helixanthera manii*

d'arbres parasités de 33,2 %. Selon les parcelles les minimums et maximums ont été respectivement de 8,1 % et 72,5 % pour les cultures de 11 ans, et de 9,7 % et 71,8 % pour les cultures de 12 ans (Bobedzang Be Ndong, 1994). Ces taux d'infestation sont élevés et sont vraisemblablement liés au contexte local où l'on enregistre une forte pression parasitaire exercée par *Colletotrichum gloeosporioides*, champignon pathogène des feuilles, qui induit chez l'hévéa de faibles densités foliaires. Ces taux d'infestation sont comparables à ceux signalés par Zhiwei et Xingguo en Chine (1991). Ces auteurs ont observé un pourcentage d'hévéas parasités par les diverses espèces de loranthacées présentes de 10 à 60 %.

Phragmenthera capitata constitue l'espèce posant le plus de problèmes dans les plantations d'hévéas du Gabon. Celle de Mitzic est à l'heure actuelle la plus parasitée mais l'espèce est présente sur la plupart des sites hévéicoles gabonais, à l'exception de la plantation de Kango-Ekouk (province de l'Estuaire) où aucune de ces trois espèces n'a encore été signalée. L'envahissement des hévéas débute par les zones périphériques, en bordures de forêts. Les plantations villageoises sont donc d'autant plus exposées qu'elles sont constituées de plates-formes de petite taille (quelques dizaines d'hectares au maximum) disséminées en zone forestière.

Une variabilité de sensibilité clonale a été suspectée et un relevé complet a été réalisé sur trois champs de clones afin de préciser cet aspect.

Biologie du parasite

La biologie de *Phragmenthera capitata* n'a pas été précisément étudiée mais Sallé (communication personnelle) la rapproche de celle bien étudiée chez les guis européen, *Viscum album*, et africain, *Tapinanthus* sur le karité en Afrique de l'Ouest (Demele *et al.*, 1994 ; Boussim *et al.*, 1993 ; Sallé *et al.*, 1993). *Phragmenthera capitata* est probablement disséminée par les oiseaux comme cela se produit chez la plupart des loranthacées et viscacées étudiées jusqu'à présent. La dissémination verticale par la chute des baies mûres ne semble jouer aucun rôle (Sallé, communication personnelle).

Les graines mûres se fixent sur les branches de leurs hôtes par les restes de la viscine, constituant gluant du péricarpe qui sèche à l'air libre. Une fois germée, la graine donne naissance à un hypocotyle

Tableau 1. Caractéristiques des champs de clones étudiés au Gabon. *Characteristics of the clone trials studied in Gabon.*

Champ de clone	Mitzic	Koumameyong	Lambaréné
Localisation / Location	Woleu-Ntem	Ogoué-Ivindo	Moyen-Ogoué
Latitude	0°50' nord	0°15' nord	0°50' sud
Altitude / Height above sea level	550 mètres	550 mètres	30 mètres
Date de mise en place / Start date	mars 1982 / March 1982	octobre 1983 / October 1983	mars 1982 / March 1982
Clones	GT 1, PB 217, AF 261, RRM 600, PB 235, AVROS 2037	GT 1, PB 217, AF 261, RRM 600, PB 235	GT 1, PB 217, AF 261, RRM 600, PB 235, AVROS 2037
Dispositif / Design			
Nombre de répétitions / Number of replicates	4	4	3
Surface parcelle élémentaire / Elementary plot area	0,14 ha	0,20 ha	0,14 ha
Effectif initial par parcelle élémentaire / Initial tree numbers per elementary plot	80 arbres / trees	100 arbres / trees	76 arbres / trees
Densité initiale par hectare / Initial density per hectare	580 arbres / trees	510 arbres / trees	580 arbres / trees

chlorophyllien, très court et massif, qui se transforme rapidement en un cône de fixation qui adhère à la surface de l'hôte par un disque adhésif. Le développement des feuilles débute ensuite très rapidement, avant même que les réserves de la graine soient épuisées. Au niveau de l'implantation du parasite sur l'hôte un renflement peut être observé ; il correspond à un développement des tissus du parasite qui finit par entourer partiellement la branche hôte.

Au Gabon, le parasite présente deux périodes principales de floraison qui se situent en fin de saison des pluies (juin-juillet et décembre-janvier).

Matériel et méthode

Les relevés ont été réalisés dans les trois champs de clones à grande échelle concernés par le problème. Les clones plantés dans chacun d'eux, tous fortement sensibles à *Colletotrichum gloeosporioides*, ainsi que les caractéristiques géographiques et le dispositif statistique sont précisés dans le tableau 1. Les dispositifs de ces trois champs de clones sont présentés dans les figures 1 à 3.

Seul *Phragmenthera capitata* était présent lors des relevés, *Globimutela braunii* n'ayant fait son apparition que plus tardivement.

Les observations, réalisées visuellement sur la totalité des arbres de chaque champ de clone, ont été effectuées une seule fois et par le même observateur pour les trois sites.

AF 261	RRM 600	AVROS 2037	PB 217
PB 235	GT 1	RRM 600	PB 235
PB 217	PB 217	GT 1	AF 261
GT 1	PB 235	PB 217	RRM 600
AVROS 2037	AF 261	AF 261	AVROS 2037
RRM 600	AVROS 2037	PB 235	GT 1

Figure 1. Schéma du dispositif du champ de clone de Mitzic. / Layout of the Mitzic clone trial.

AF 261	PB 235	PB 217	RRM 600	GT 1
PB 235	GT 1	RRM 600	AF 261	PB 217
PB 217	GT 1	RRM 600	PB 235	AF 261
GT 1	PB 217	PB 235	AF 261	RRM 600

Figure 2. Schéma du dispositif du champ de clone de Koumameyong. / Layout of the Koumameyong clone trial.

PB 217	RRM 600	GT 1	PB 235	AF 261	AVROS 2037
AF 261	GT 1	AVROS 2037	PB 235	PB 217	RRM 600
AF 261	PB 217	RRM 600	AVROS 2037	PB 235	GT 1

Figure 3. Schéma du dispositif du champ de clone de Lambaréné. / Layout of the Lambaréné clone trial.

Pour chaque arbre sont notés :

- la densité foliaire selon une échelle variant de 10 en 10, cette notation comprenant le feuillage de l'hévéa et celui du parasite ;
- le pourcentage de cette densité foliaire représentée par le feuillage du parasite.

La masse foliaire occupée par *Phragmenthera capitata* est donc évaluée par le produit de ces deux valeurs.

Q_P = densité foliaire observée (hévéa + parasite) x % de cette densité foliaire représentée par le parasite.

L'analyse de variance est réalisée après transformation des données en arc sinus (racine carrée) sur le pourcentage d'arbres parasités, la quantité de parasite par arbre présent et la quantité de parasite par arbre parasité.

Résultats

Les pourcentages d'arbres parasités, tous clones confondus, sont de 80,9 % à Mitzic, 51,2 % à Koumameyong et 83,5 % à Lambaréné, ce qui prouve l'ampleur du problème.

Les résultats présentés dans le tableau 2 mettent en évidence un effet des clones sur les trois sites. RRIM 600 est le moins fréquemment parasité et se distingue significativement de tous les autres clones à l'exception du clone AF 261 à Koumameyong. Ce dernier clone manifeste une sensibilité moins grande que GT 1, PB 235, PB 217 et AVROS 2037, bien qu'elle ne soit statistiquement significative que dans les cas de Mitzic et de Koumameyong. Le classement des autres clones est variable selon les sites mais ils peuvent tous les quatre être considérés comme fortement parasités par *Phragmenthera capitata*.

Tableau 2. Classement des clones en fonction du pourcentage d'arbres parasités selon le test de Newman et Keuls (risque de 5 %). / Clone classification according to the percentage of parasitized trees, using Newman and Keuls' test (5% threshold).

Mitzic		Koumameyong		Lambaréné	
PB 235	95,89 a	PB 217	91,17 a	AVROS 2037	96,85 a
GT 1	94,96 a	GT 1	72,60 a b	GT 1	93,09 a
PB 217	92,25 a	PB 235	59,12 b	PB 235	92,88 a
AVROS 2037	86,40 a	AF 261	25,11 c	PB 217	89,29 a
AF 261	70,86 b	RRIM 600	9,19 c	AF 261	82,68 a
RRIM 600	45,36 c			RRIM 600	47,44 b

Tableau 3. Classement des clones en fonction de la quantité de parasite par arbre présent selon le test de Newman et Keuls (risque de 5 %). / Clone classification according to the quantity of parasite per tree present, using Newman and Keuls' test (5% threshold).

Mitzic		Koumameyong		Lambaréné	
PB 217	30,25 a	PB 217	19,72 a	GT 1	16,94 a
GT 1	23,95 a b	GT 1	13,76 a b	PB 217	16,13 a
PB 235	23,95 a b	PB 235	8,19 a b	AF 261	13,91 a b
AVROS 2037	22,48 a b	AF 261	2,91 b c	AVROS 2037	12,61 a b
AF 261	13,19 b c	RRIM 600	0,64 c	PB 235	9,47 a b
RRIM 600	5,84 c			RRIM 600	3,81 b

Tableau 4. Classement des clones en fonction de la quantité de parasite par arbre parasité selon le test de Newman et Keuls (risque de 5 %). / Clone classification according to the quantity of parasite per affected tree, using Newman and Keuls' test (5% threshold).

Mitzic		Koumameyong		Lambaréné	
PB 217	32,84 a	PB 217	21,10 a	GT 1	18,17 a
AVROS 2037	25,59 a b	GT 1	16,05 a b	PB 217	17,41 a b
GT 1	25,06 a b	PB 235	13,80 a b	AF 261	16,27 a b
PB 235	24,85 a b	AF 261	11,46 a b	AVROS 2037	12,87 a b
AF 261	18,12 b c	RRIM 600	6,72 b	PB 235	10,13 a b
RRIM 600	12,40 c			RRIM 600	7,75 b

Le tableau 3 analyse la quantité totale de parasites sur la parcelle, rapportée au nombre d'arbres présents pour tenir compte des hévéas manquants. On obtient donc une quantité de parasites par arbre $Q_{P/A}$:

$$Q_{P/A} = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{P_i}}{n_A}$$

Q_{P_i} = quantité de parasites de l'arbre i
 n_A = nombre d'arbres présents sur la parcelle élémentaire

Le classement des clones en fonction de la quantité de parasites figure dans le tableau 3. Le clone RRIM 600 se montre encore le moins envahi par le parasite mais, même si elle est nette, la différence par rapport aux autres clones est moins marquée lors de l'analyse statistique. De même, la moins grande sensibilité du clone AF 261 n'apparaît plus aussi nettement lorsqu'on se réfère à ce critère pour apprécier le niveau d'envahissement par le parasite.

Le tableau 4 étudie l'envahissement du parasite au niveau des arbres contaminés, représenté par la quantité de parasites par arbre atteint (= contaminé), $Q_{P/AP}$:

$$Q_{P/AP} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{AP}} Q_{P_i}}{n_{AP}}$$

n_{AP} = nombre d'arbres parasités.

Cette double analyse qui complète l'analyse du pourcentage d'arbres parasités permet de constater que RRIM 600 présente des niveaux d'envahissement à l'échelle de la parcelle et à l'échelle de l'arbre atteint inférieurs à ceux des autres clones.

Conclusion

L'évaluation du niveau de parasitisme de six clones d'hévéa par *Phragmenthera capitata* sur trois champs de clones implantés au Gabon en 1982 et 1983 met en évidence un effet du clone significatif pour un risque de 5 %. Le pourcentage d'arbres malades est le critère le plus discriminant et met en évidence la supériorité du clone RRIM 600 et, dans une moindre mesure, du clone AF 261.

Le clone RRIM 600 est également moins sensible que les autres clones lorsqu'on considère la quantité de parasite rapportée au nombre d'arbres atteints, ce qui pourrait traduire une résistance intrinsèque. Cependant, la différence est moins marquée que lors de l'examen du pourcentage d'arbres parasités. Les clones GT 1, PB 235, PB 217 et AVROS 2037 présentent une forte sensibilité.

Sur la plantation de Mitzic, le clone RRIM 600 est soumis à une forte pression de *Colletotrichum gloeosporioides* auquel il est très sensible. Dans ce contexte, il est fortement défolié et offre donc à *Phragmenthera capitata* un terrain très favorable à son installation et à son développement. Or, le faible taux d'infestation observé sur ce clone témoigne de sa bonne tolérance intrinsèque à ce parasite. Il est possible que son branchage, fortement ramifié, soit un obstacle au déplacement des oiseaux qui assurent la dissémination du parasite. Sa tolérance pourrait aussi se situer dans la difficulté pour le parasite de germer sur ce clone, d'y pénétrer ou de s'y développer. Une étude anatomique de rameaux de même âge appartenant à divers clones pourrait permettre de se prononcer sur l'implication d'éventuels paramètres

anatomiques dans la résistance. L'intervention des polyphénols et des flavonoïdes dans le phénomène de la tolérance mériterait également d'être testée par la quantification de ces composés. En effet, Sallé et Aber (1986) constatent que la compétition entre l'activité prolifératrice des cellules du suçoir primaire du parasite et la synthèse polyphénolique par l'hôte joue un rôle primordial dans la résistance de divers cultivars de peuplier vis-à-vis du gui européen, *Viscum album*.

La mise en évidence d'un effet clonal sur la sensibilité à *Phragmenthera capitata* est un élément intéressant dans une perspective de lutte. En effet, l'intervention contre ce parasite est difficile une fois qu'il s'est installé en plantation : pas de lutte chimique efficace, élagage des branches attaquées dangereux pour les hommes et traumatisant pour l'arbre. De plus, cette espèce représente un problème important pour l'hévéa-culture au niveau régional puisqu'elle est fortement présente au Cameroun, au Gabon et, à un moindre degré, en Côte d'Ivoire. Son impact économique sur la croissance, la phénologie, la production et la qualité du caoutchouc devra cependant être rapidement précisé. ■

Bibliographie / References

- BOBEDZANG BE NDONG T., 1994. Les maladies de l'hévéa à Mitzic. Mémoire de fin de cycle, université des sciences et techniques, Masuku, Gabon, 45 p.
- BOUSSIM I.J., SALLÉ G., GUINKO S., 1993. *Tapinanthus* parasite du Karité au Burkina Faso. Bois For. Trop. (328) : 45-65.
- DEMBELE B., RAYNAL-ROQUES A., SALLÉ G., TUQUET C., 1994. Plantes parasites des cultures et des essences forestières au Sahel. Institut du Sahel, 43 p. (document interne).
- ROGER L., 1954. Les phanérogames parasites. In : Phytopathologie des pays chauds, Paris, France, Paul Lechevalier, III, p. 2415-2446.
- SALLÉ G., ABER M., 1986. Les phanérogames parasites : biologie et stratégies de lutte. Bull. Soc. Bot. Fr., 133, Lettres botaniques (3) : 235-263.
- SALLÉ G., FROCHOT H., ANDARY C., 1993. Le gui. Recherche 24 (260) : 1334-1342.
- ZHIWEI F., XINGGUO D., 1991. Loranthaceae on rubber trees. Chin. J. Trop. Crops Res. 4 : 86.
- ZHIWEI F., XINGGUO D., YUFANG Z., YIDE S., 1995. Chemical control of Chinese *Taxillus* on rubber trees. Planter : 459-468.

Note on the susceptibility of six *Hevea* clones to *Phragmenthera capitata*

Guyot J.¹, Ntawanga Omanda E.²

¹CIRAD-CP/ Centre d'appui technique à l'hévéaculture, BP 643, Libreville, Gabon

²Centre d'appui technique à l'hévéaculture, BP 643, Libreville, Gabon

Phanerogamous parasites are commonly found on tree crops, notably *Hevea* (Roger, 1954). In China, *Taxillus chinensis* in Hainan province and *Dendrophthoe pentandra* in Yunnan are the species most commonly found on *Hevea* (Zhiwei *et al.*, 1995).

Three phanerogamous parasites are found on rubber in Gabon. They were recently identified by Professors Sallé and Raynal-Roques (Université Pierre et Marie Curie, Paris) as *Phragmenthera capitata* (Sprenzel) Balle, *Globimetula braunii* (Engl.) Tieghem and *Helixanthera manii* (Oliver) Danser.

Phragmenthera capitata (photo 1) is a very common, highly invasive species that spreads rapidly. It is largely dominant on rubber and is also found on many forest species and certain cultivated crops such as citrus species, avocado, cocoa, guava, oil palm, conifers, etc.

Globimetula braunii (photo 2) is less common, and was only seen at the Mitzic estate (Woleu-Ntem province) in this study. It was seen to affect a smaller proportion of trees, was limited to foci near the surrounding forest and was spreading less rapidly through the plantation. The tufts were less voluminous than those of *Phragmenthera capitata*, and there was generally only one per affected tree.

Helixanthera manii (photo 3) is very rare on rubber but common on cocoa, which is sometimes intercropped with rubber. Indeed, it was on rubber trees near infested cocoa trees that the species was seen. A case of hyperparasitism of this species on *Phragmenthera capitata* was even seen on rubber.

This problem has only been considered of any importance since 1994, when the Mitzic estate and the clone trials at Koumameyong (Ogoué-Ivindo province) and Lambaréné (Moyen-Ogoué province) proved to be severely infested by *Phragmenthera capitata*. A 1994 evaluation of 545 ha at Mitzic (20 573 trees observed), concerning 11 and 12-year-old plantings, revealed that 33.2% of trees were parasitized on average. Depending on the plots, the minima and maxima were 8.1% and 72.5% for 11-year-old plantings and 9.7% and 71.8% for 12-year-old trees (Bobedzang Be Ndong, 1994). These infestation rates are high, and can probably be attributed to the local situation, where there is high parasite pressure from *Colletotrichum*

gloeosporioides, a leaf fungus, which causes low foliage densities on rubber. The rates are comparable to those reported by Zhiwei and Xingguo in China (1991). These authors observed that between 10 and 60% of rubber trees were parasitized by the various species of Loranthaceae found.

Phragmenthera capitata is the species that poses the most problems on rubber in Gabon. The Mitzic estate is currently the most severely affected, but the species is found at most Gabonese rubber plantations, except for the Kango-Ekouk estate (Estuaire province), where none of the three species has yet been seen. Invasion of the rubber trees starts from the edge of the plantings, near the surrounding forests. Smallholdings are thus severely affected, as they are made up of small areas (a few dozen hectares at most), scattered throughout the forest.

There were suspicions that clone susceptibility might vary, and we thus carried out a detailed study of three clone trials to determine whether this was true.

Parasite biology

Phragmenthera capitata biology has never been studied in detail, but Sallé (personal communication) likens it to that of the European and African mistletoes, *Viscum album* and *Tapinanthus*, on shea nut trees in West Africa (Dembele *et al.*, 1994; Boussim *et al.*, 1993; Sallé *et al.*, 1993). *Phragmenthera capitata* is probably spread by birds, as are most of the Loranthaceae and Viscaceae studied to date. There does not seem to be any vertical dissemination by falling berries (Sallé, personal communication).

Ripe seeds stick to the branches of host trees using the remains of the viscin, a sticky substance found in the pericarp that dries once in the open air. Once it has germinated, the seed gives rise to a very short, stocky chlorophyllous hypocotyl that rapidly turns into an anchoring spindle, which is stuck to the host by an adhesive disc. Leaf development then follows very rapidly, even before the seed reserves are exhausted. At the point at which the parasite is attached to the host, there is a swelling, corresponding to the development of parasite tissues, which eventually partly surround the host branch.

In Gabon, the parasite has two main flowering periods, at the end of the rainy seasons (June-July and December-January).

Material and methods

The observations were made in the three large-scale clone trials affected by the problem. The clones planted in each one, which are all highly susceptible to *Colletotrichum gloeosporioides*, and the geographical characteristics and statistical design are listed in table 1. The respective layouts are shown in figures 1 to 3.

Only *Phragmenthera capitata* was seen during our observations: *Globimetula braunii* did not appear until later.

The observations were made once, with the naked eye, on all the trees in each clone trial, by the same observer for all three sites.

The following were noted for each tree:

- foliage density, on a scale in multiples of ten, including both *Hevea* and parasite foliage;
- the percentage of this foliage density represented by the parasite.

The leaf space occupied by *Phragmenthera capitata* was thus calculated as the product of these two values.

Q_P = observed leaf density (*Hevea* parasite) x % of that leaf density represented by the parasite.

An analysis of variance was carried out after arc sine (square root) transformation of the data, on the percentage of parasitized trees, the quantity of parasite per tree in the trials and the quantity of parasite per affected tree.

Results

The percentages of parasitized trees, all clones combined, were 80.9% at Mitzic, 51.2% at Koumameyong and 83.5% at Lambaréné, which proves the extent of the problem.

The results given in table 2 reveal a clone effect at all three sites. RRIM 600 was the least frequently parasitized, and differed significantly from all the other clones, except for AF 261 at Koumameyong. This last clone was less susceptible than GT 1, PB 235, PB 217 and AVROS 2037, although the difference was only statistically significant at Mitzic and Koumameyong. The classification of the other clones varied depending on the site, but all four

could be considered to be severely parasitized by *Phragmenthera capitata*.

Table 3 analyses the total quantity of parasites in the plot, in relation to the number of trees present, to take account of any missing trees. This gives the quantity of parasites per tree, $Q_{P/T}$:

$$Q_{P/T} = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} Q_{P_i}}{n_T}$$

Q_{P_i} = quantity of parasites on tree i
 n_T = number of trees in the elementary plot

The clone classification according to the quantity of parasites is given in table 3. Clone RRIM 600 again proved to be the least affected by the parasite, but although the difference from the other clones was clear, it was less marked in the statistical analysis. Likewise, the lesser susceptibility of clone AF 261 was not as clear when this criterion was used to assess the level of invasion by the parasite.

Table 4 concerns parasite invasion in relation to contaminated trees, represented by the quantity of parasites per affected (=contaminated) tree, $Q_{P/PT}$:

$$Q_{P/PT} = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} Q_{P_i}}{n_{PT}}$$

n_{PT} = number of parasitized trees

This double analysis, which complemented that of the percentage of parasitized trees, revealed that the degree of invasion at both plot level and affected tree level was lower for RRIM 600 than for the other clones.

Conclusion

Our evaluation of the degree of parasitism of six *Hevea* clones by *Phragmenthera capitata* in three clone trials set up in Gabon in 1982 and 1983 revealed a significant clone effect at the 5% threshold. The percentage of affected clones was the most discriminating criterion, and demonstrated the superiority of clone RRIM 600 and, to a lesser extent, of clone AF 261.

Clone RRIM 600 was also less susceptible than the other clones in terms of the quantity of parasite in relation to the number of affected trees, which may reflect a degree of intrinsic resistance. However, the difference was less marked than when considering the percentage of affected trees. Clones GT 1, PB 235, PB 217 and AVROS 2037 proved highly susceptible.

At the Mitzic estate, clone RRIM 600 is subjected to high pressure from *Colletotrichum gloeosporioides*, to which it is very susceptible. As a result, it is severely defoliated and offers *Phragmenthera capitata* a very favourable establishment and development site. Nevertheless, the low infestation rate observed proves its high intrinsic tolerance of the parasite. It is possible that its branches, which are highly ramified, are an obstacle to birds, which spread the parasite. It is also possible that its tolerance stems from the fact that the parasite has difficulty germinating on this clone, penetrating it or developing on it. An anatomical study of branches of the same age from several

clones could give some idea of the effect of anatomical parameters on resistance. It would also be worth studying the involvement of polyphenols and flavonoids in the tolerance phenomenon, by quantifying those compounds. In effect, Sallé and Aber (1986) observed that competition between cell multiplication in the primary sucking organ of the parasite and polyphenol synthesis by the host play a crucial role in the resistance of various poplar cultivars to the European mistletoe, *Viscum album*.

The detection of a clonal effect on susceptibility to *Phragmenthera capitata* is an interesting step towards controlling the parasite. In effect, the parasite is difficult to control once it is established in plantations: there are no effective chemical treatments, and pruning affected branches is dangerous for the workers involved and stressful for the tree. Moreover, the species is a major problem for rubber in the region as a whole, since it is widespread in Cameroon, Gabon and, to a lesser extent, in Côte d'Ivoire. Its economic impact on *Hevea* growth and phenology and rubber production and quality needs to be determined as soon as possible. ■