

LA ROUILLE ORANGÉE DU CAFÉIER ARABICA EN NOUVELLE-CALÉDONIE



Historique et épidémiologie

F. PELLEGRIN, B. SEIVERT,
F. KOHLER, C. VAN BERCIE, B. BOCCAS

Service de phytopathologie
Centre ORSTOM de Nouméa*

INTRODUCTION

Bref historique de la caféiculture et d'*Hemileia vastatrix* en Nouvelle-Calédonie

Entièrement situé dans la zone intertropicale, entre 20° et 22°30 de latitude sud, l'archipel néo-calédonien est soumis à un climat déterminé par les variations annuelles en latitude de la ceinture anti-cyclonique sub-tropicale et de basses pressions intertropicales. Quatre saisons se succèdent sur l'archipel. De mi-novembre à avril, une saison chaude et pluvieuse durant laquelle des cyclones abordent parfois le territoire. De mi-avril à mi-mai, une saison de transition pendant laquelle la pluviosité et la température diminuent; de mi-mai à mi-septembre, c'est l'« hiver » calédonien avec des pluies parfois fortes et des températures généralement basses. Enfin, de la mi-septembre à la mi-novembre, une saison sèche marquée par des températures en hausse progressive. La côte Est, au vent, reçoit en moyenne 2 000 mm de pluie chaque année, la côte Ouest, sous les vents dominants, est beaucoup moins arrosée avec une pluviosité voisine de 1 000 mm. Ce contexte climatique convient à la culture du caféier, le Robusta réussissant particulièrement bien à l'Est, alors que l'Arabica s'accommode mieux du climat de la côte Ouest.

Depuis longtemps, le café est l'une des bases de l'économie rurale de la Nouvelle-Calédonie. Contemporain des débuts de la colonisation, il fut introduit sur la Grande Terre dès 1856 par les missionnaires maristes. Sa culture devait connaître des débuts difficiles et un lent développement durant les vingt premières années, alors que l'agriculture

se consacrait pour l'essentiel à la canne à sucre, sous l'impulsion des colons de la Réunion et de l'administration pénitentiaire.

Entre 1858 et 1860, la culture du caféier s'étendit aux environs de Nouméa et sur la côte Est à Canala, qui devint le principal centre de la caféiculture naissante. La production de cette région suffit bientôt à la consommation de la colonie. En 1877, on estimait à 50 ha la superficie des caféières, et c'est à partir de 1878 seulement, lorsque la crise sucrière rendit inéluctable la reconversion de l'agriculture, que la caféiculture, considérée jusque là comme une culture d'appoint par la majorité des planteurs, connut un regain d'intérêt. Dans le climat de découragement qui succéda au déclin de la canne à sucre et aux insurrections de 1878, les colons et l'administration, à la recherche de nouvelles orientations agricoles, redécouvrirent progressivement les avantages de cette culture arbustive rémunératrice et bien adaptée aux conditions climatiques locales.

On recommença donc à planter des caféiers, timidement d'abord et pour le seul marché intérieur, jusqu'à l'arrivée du gouverneur Feillet en 1894. Ce dernier imposa alors un ambitieux programme de colonisation libre entièrement fondé sur la caféiculture. Entreprise dans l'enthousiasme, cette expérience allait malheureusement se solder par un demi-échec. L'impréparation technique des planteurs et de l'encadrement agricole, la raréfaction et le renchérissement de la main-d'œuvre, la surestimation des potentialités agricoles de l'île et, surtout, l'effondrement des cours du

Etude réalisée dans le cadre d'une convention entre le territoire de Nouvelle-Calédonie, l'IFCC/Gerdar et l'ORSTOM.

* BPA5, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie.

café engendré par l'arrivée massive sur le marché mondial des Arabica brésiliens coïncidèrent malencontreusement pour briser l'élan des colons. De 1896 à 1903 (15), les exportations n'augmentèrent que de quelque 330 t, passant de 200 à 530 t. La réalité se situait donc très en deçà des prévisions mirobolantes de 1894, et de nombreux colons furent ruinés. L'expérience de Feillet s'achevait ainsi dans la désillusion et le reflux d'une partie du colonat vers Nouméa, la France ou les Nouvelles-Hébrides. Bien que sévère, le bilan n'était cependant pas entièrement négatif. Les exportations s'étaient en effet stabilisées autour de 600 t en 1910, et le café demeurait la principale ressource agricole de plusieurs centres de la côte Ouest comme Voh, Koné et Gomen et de la côte Est de Canala à Hienghène.

A cette époque, deux espèces du genre *Coffea* avaient été introduites en Nouvelle-Calédonie : le *C. arabica* et le *C. liberica*. La culture de cette dernière espèce, d'intérêt médiocre, ne s'était pas développée, et le *C. liberica* n'existait plus qu'à l'état de spécimens botaniques dans quelques plantations anciennes. La totalité de la production provenait de l'Arabica. Les variétés utilisées, issues des introductions successives, étaient déjà assez nombreuses. La descendance des quelques plants mis en terre par les Maristes en 1856 constituait toujours la base de la population d'Arabica, mais d'autres variétés provenaient de semences importées plus tardivement d'Amérique Centrale, de Ceylan et de Bourbon. A côté de ces introductions officielles, on sait également que de nombreux colons, notamment ceux qui arrivèrent de la Réunion en 1880, apportèrent avec eux des caféiers (13 ; 15). C'est aux Réunionnais que l'on doit en particulier l'introduction d'une variété, le « Leroy », ainsi nommée du nom du navigateur qui alla la quérir en Arabie et la rapporta à l'île Bourbon. Le « Leroy », que l'on désigne aussi sous le nom de Bourbon Pointu, se rattache très probablement à l'espèce *C. arabica* var. *laurina* (4). Sa position botanique reste cependant controversée et Chevalier le considère plutôt comme un hybride interspécifique de *C. mauritiana* et de *C. arabica*. Quoi qu'il en soit, le « Leroy » suscita un engouement extraordinaire en Nouvelle-Calédonie. Bien adapté au climat, fort apprécié pour l'excellence de ses qualités aromatiques, le café « Leroy » allait supplanter les autres variétés dans bien des régions de la Grande Terre et notamment dans les vallées de la côte Est, trop humides et aux sols trop lourds pour les Arabica classiques.

C'est donc au total sur une population d'Arabica assez diversifiée dans ses origines, que se fondait une caféiculture en voie de stabilisation, lorsque surgit une crise nouvelle et grave, provoquée cette fois par l'apparition d'une redoutable maladie fongique : la rouille orangée.

Dans les premiers jours de février 1911, le Laboratoire de recherches agronomiques de Nouméa identifia en effet *Hemileia vastatrix*, le champignon responsable de la maladie, sur des feuilles de caféier récoltées à Ponérihoun (2, 9). Cet événement, redouté des planteurs, n'était en fait que la confirmation officielle d'une présence plus ancienne, puisque selon d'autres sources, les premières attaques de rouille avaient été observées dès 1908 à Canala, puis en 1909 sur les arbustes de la plantation St. Paul à Thio. Après les Nouvelles-Hébrides, où la maladie avait ravagé sans rémission la plupart des caféières (12), la Nouvelle-Calédonie était un nouveau territoire d'Océanie atteint par ce fléau qui se propageait depuis 1868 à travers l'océan Indien et l'océan Pacifique dans toutes les régions vouées à la caféiculture.

En Nouvelle-Calédonie, l'impact d'*Hemileia vastatrix* fut dévastateur. Il s'en fallut de peu que la caféiculture, encore fragile, ne lui survécût point (3, 5). Dès 1912, le parasite s'était établi sur l'ensemble du territoire, envahissant toutes les caféières. Au cours de ces deux premières années, les dégâts furent considérables. Le « Leroy », particulièrement sensible à la maladie, fut irrémédiablement détruit et disparut presque complètement de la côte Est, où il ne subsiste plus aujourd'hui qu'à l'état de reliques. Les autres variétés déclinerent également, à tel point que de 1911 à 1915 les exportations diminuèrent de plus de 50 %, retrouvant, avec 200 t, leur niveau d'avant Feillet (15).

Cependant, contrairement à ce qui s'était passé dans d'autres pays, la caféiculture ne périt pas en Nouvelle-Calédonie. Forte des expériences acquises ailleurs, l'administration importa immédiatement le *Coffea canephora*. Dès le mois d'août 1911, 500 kg de semences de la variété *robusta* provenant de Java furent distribués aux planteurs (8). De son côté, le Jardin colonial de Nogent-sur-Marne expédia, en petite quantité, des graines de la variété *kouillouensis*, qui furent également réparties entre les colons. Ces caféiers *canephora*, résistants à la rouille, bien adaptés au climat de la côte Est s'installèrent sur les cimetières d'Arabica. Ces derniers décimés par la maladie furent pratiquement éliminés de cette côte au vent, dont le climat est par trop favorable au parasite. Ils subsistèrent en revanche dans les régions moins arrosées et notamment sur la côte Ouest de l'île et dans la chaîne montagneuse centrale. Si l'on en croit les chroniques de l'époque, il semble même qu'une certaine « tolérance » commença à se manifester chez les Arabica de la côte Ouest après les ravages considérables enregistrés durant les deux premières années de l'épiphytie (3). Ce phénomène trouve vraisemblablement son origine dans l'hétérogénéité génétique des populations d'Arabica de l'île : il est en effet raisonnable de penser que la pression sélective extrêmement puissante opérée

par le parasite sur cette population issue d'introductions d'origines diverses élimina d'emblée les variétés les plus sensibles pour ne laisser subsister que celles qui possédaient une certaine résistance à la maladie. La disparition rapide et quasi totale du « Leroy », variété très sensible, conforte cette hypothèse.

La conjonction de ces deux événements, introduction du *C. canephora* et sélection « naturelle » des Arabica les moins sensibles, permit finalement à la colonie de surmonter la crise de l'*Hemileia*. En 1919, grâce essentiellement au Robusta sur la côte Est, les exportations remontèrent à 600 t. Vingt années de prospérité s'ouvrirent alors au café calédonien. La croissance des exportations, assez lente jusqu'en 1930, allait s'accélérer après cette date pour culminer en 1939 à 2 230 t, record qui sera approché en 1955 sans toutefois être égalé. Ce brusque accroissement de la production reflétait un changement profond dans les structures socio-économiques de la caféiculture. Jusqu'en 1925, en effet, la culture du caféier était restée essentiellement aux mains du colonat européen, malgré l'effort de quelques missions qui avaient tenté de la diffuser dans le monde mélanésien. A partir de 1925, la politique de l'Administration de la colonie allait changer du tout au tout. Sous l'égide d'un Chef du Service des affaires indigènes entreprenant, la culture du caféier fut systématiquement imposée aux tribus et devint le moteur de la promotion autochtone. Cette politique eut deux conséquences : la production de café tripla en dix ans, mais cette croissance s'accompagna d'une déchéance de la qualité du produit offert à l'exportation. Jusqu'à l'arrivée d'*Hemileia vastatrix*, le café calédonien avait, en effet, toujours été considéré comme l'un des tout premiers, équivalent des meilleurs crus mondiaux. Cette réputation avait subi une première atteinte avec la disparition du « Leroy » ; elle allait s'effondrer avec le triomphe définitif du Robusta dans les plantations mélanésiennes de la côte Est. A partir de cette époque, la place de l'Arabica dans la production ne fit que décroître.

En 1945, à la fin des hostilités, l'abolition du régime de l'indigénat et la fin des engagements de travailleurs asiatiques aboutirent à un renchérissement de la main-d'œuvre et de nombreux planteurs européens se désintéressèrent de la culture du caféier devenue peu rentable. C'est alors chez les mélanésiens que la production s'accrut jusqu'à ce que la concurrence de l'emploi industriel pendant le « boom » minier ne marginalise à nouveau la culture du caféier. Ainsi, de 1969 à 1976, la quantité de café commercialisée tomba de 1 330 t à 465 t, la

proportion de l'Arabica dans les tonnages exportés passant dans le même temps de 25 % à 3 % en 1977.

Cette évolution n'est pas sans importance lorsque l'on s'intéresse à l'histoire de la rouille orangée sur le territoire. En effet, le déclin de l'Arabica et le désintérêt croissant des planteurs pour cette espèce se sont accompagnés d'un remarquable changement de l'attitude des caféiculteurs à l'égard de la maladie. *Hemileia vastatrix* est certes toujours présent en Nouvelle-Calédonie (6), mais la dispersion des plantations d'Arabica, leur ancienneté et le peu de soin dont elles font l'objet ne permettent plus à la maladie de présenter le caractère épidémique dévastateur qu'elle adopta au début du siècle. Dans un contexte moins favorable à la propagation, la rouille est plus discrète et les planteurs, désensibilisés, ne la considèrent plus comme un fléau potentiel, mais simplement comme un vague inconvénient avec lequel on vit sans trop s'en préoccuper.

Mais depuis 1978, le territoire s'est engagé dans un ambitieux programme de rénovation de la caféiculture. Ce plan de relance prévoit la création de 2 000 ha de caféières intensives pour une production de 3 000 t de café marchand, dont un tiers environ d'Arabica. Dans le cadre de cette « Opération café », deux variétés d'Arabica sont actuellement distribuées aux planteurs : le Bourbon Red 6626 (BR) et un Pache Typica Guatemala (PTG). Importées des îles Hawaii où elles donnent d'excellents résultats, ces variétés ont été choisies essentiellement sur la base de leur productivité, sans que la question de leur comportement à l'égard de la rouille orangée ait jamais été examinée. Or, des attaques d'*Hemileia vastatrix* se sont produites dès les premières années dans les nouvelles plantations. Les variétés proposées sont donc sensibles aux races de rouille présentes en Nouvelle-Calédonie, et leur plantation sur plusieurs centaines d'hectares pourrait créer à nouveau un contexte favorable au déclenchement d'épiphyties aussi dévastatrices que celles du début du siècle. Il convient donc dès maintenant d'évaluer les risques d'une recrudescence épidémique de la maladie et, si cela s'avère nécessaire, de s'organiser pour protéger les plantations nouvelles.

C'est dans cette optique que nous avons réalisé en 1980 et 1981 une enquête épidémiologique, dont les objectifs étaient de situer les différentes phases de l'épiphytie dans le cycle annuel du caféier, d'évaluer les taux de défoliation provoqués par la maladie et de tenter de mettre en évidence l'influence des facteurs climatiques sur le déclenchement et le développement de l'épiphytie (1, 11).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Plantations étudiées

Le développement de l'épiphytie de rouille a été étudié sur quatre plantations des variétés nouvelles, croissant sans ombrage, à la densité de 5 900 pieds à l'hectare. Deux de ces plantations mises à l'épreuve sont situées sur la côte Est à Ponérihouen et Tchambouène, les deux autres dans la chaîne montagneuse du centre de l'île, à Bondé et Goapin.

A Ponérihouen, la plantation se trouve sur la station de l'IRCC. Créée en 1974, elle est correctement entretenue, mais endommagée par divers accidents climatiques et les attaques de rouille, qui se sont répétées chaque année depuis sa création.

A Tchambouène, la plantation date de 1978. Située sur le flanc d'une colline, bien ensoleillée et ventilée, elle est entretenue de façon irrégulière.

A Bondé et Goapin, nos études ont porté sur deux plantations respectivement créées en 1976 et 1978. Installées sur des sols hétérogènes, elles sont irrégulièrement entretenues.

Etude de la rouille orangée

Définition des indices d'infection, de poussée foliaire et de défoliation

L'évolution de la maladie en 1980 a été étudiée sur des échantillons de trente arbres, choisis au hasard dans chacune des parcelles soumises à l'enquête. Sur chaque arbre étudié, trois rameaux ont été marqués et suivis tout au long du cycle. Chaque mois, sur tous les rameaux sélectionnés, nous avons compté :

- le nombre total de feuilles,
- le nombre de feuilles nouvelles,
- le nombre de feuilles malades.

Les feuilles nouvelles sont celles qui ont poussé depuis le comptage précédent. Les feuilles malades sont celles qui portent au moins une tache de rouille en phase de sporulation. Le nombre de feuilles tombées entre deux comptages mensuels successifs correspond à la différence entre le nombre total de feuilles du premier comptage et celui du second comptage, diminuée du nombre de feuilles nouvelles observé lors du second.

En 1981, le dispositif a été légèrement modifié : les comptages ont été effectués sur vingt arbres par parcelle et cinq rameaux par arbre.

Après chaque visite mensuelle, l'état d'évolution de l'épiphytie de rouille est déterminé par le calcul de trois indices : l'indice d'infection, l'indice de défoliation et l'indice de poussée foliaire. Ces indices sont calculés de la manière suivante :

Soit, pour chaque arbre étudié :

- n_t = le nombre total de feuilles correspondant à un comptage,
- n_{t-1} = le nombre total de feuilles relevé lors du comptage précédent.
- n_i = le nombre total de feuilles infectées.
- n_v = le nombre total de feuilles nouvelles.
- n_d = le nombre total de feuilles tombées.

Indice d'infection (i_f)

L'indice d'infection d'une plantation est égal à la moyenne des indices d'infection individuels des arbres étudiés sur la parcelle. L'indice d'infection individuel d'un arbre est le rapport entre le nombre total de feuilles infectées sur les rameaux (n_i) et le nombre total de feuilles (n_t).

Soit en 1980 :

$$i_f = \frac{1}{30} \frac{n_i}{n_t}$$

et en 1981

$$i_f = \frac{1}{20} \frac{n_i}{n_t}$$

Indice de poussée foliaire (i_v)

C'est la moyenne des indices de poussée foliaire individuels de chacun des arbres étudiés sur chaque parcelle. L'indice de poussée foliaire d'un arbre est égal au rapport du nombre total de feuilles nouvelles (n_v) sur le nombre total de feuilles (n_t).

Soit en 1980 :

$$i_v = \frac{1}{30} \frac{n_v}{n_t}$$

et en 1981

$$i_v = \frac{1}{20} \frac{n_v}{n_t}$$

Indice de défoliation (i_d)

L'indice de défoliation (i_d) est la moyenne des indices de défoliation individuels des arbres d'une

plantation. Le nombre de feuilles tombées entre deux comptages, pour un arbre, est donné par la formule :

$$n_d = n_{t-1} - (n_t - n_v).$$

L'indice de défoliation d'un arbre est alors égal au rapport du nombre de feuilles tombées (n_d) sur le nombre total de feuilles du mois précédent (n_{t-1}).

En 1980

$$i_d = \frac{1}{30} \frac{n_{t-1} - (n_t - n_v)}{n_{t-1}}$$

et en 1981

$$i_d = \frac{1}{20} \frac{n_{t-1} - (n_t - n_v)}{n_{t-1}}.$$

Les variations mensuelles de ces trois indices permettent d'établir les courbes d'infection, de défoliation et de poussée foliaire, qui fournissent une représentation graphique du développement de la rouille au cours de chacun des cycles étudiés.

Etude de l'influence des facteurs climatiques sur l'épiphytie

Nous avons en outre tenté d'évaluer l'incidence des fluctuations climatiques sur le développement de l'épiphytie. Dans cette intention, la pluviosité ainsi que les variations de la température et de l'humidité relative ont été enregistrées sur la plantation de Ponérihouen. Pour rechercher sur cette station les relations éventuelles entre deux facteurs climatiques, température et pluviosité, et le développement de l'épiphytie, nous avons utilisé un test d'analyse statistique descriptive à deux dimensions, qui permet de mettre en évidence les relations existant entre deux séries d'observations considérées simultanément. Ce test ne recherche pas les corrélations pouvant exister entre les valeurs des mesures elles-mêmes, mais entre leurs rangs, c'est-à-dire entre les numéros d'ordre des observations rangées par ordre croissant pour chacune des variables. Ce test est fondé sur le calcul et l'analyse des « coefficients de rang de Spearman ». Soit

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

relation dans laquelle :

r_s : est le coefficient de rang de Spearman,

d_i : désigne les différences de rangs relatives aux différentes classes de mesure,

n : représente le nombre de classes des mesures.

Etude de l'antracnose

La gravité des attaques d'antracnose observées en 1980 sur plusieurs plantations, où le *Colletotrichum coffeanum* a considérablement amplifié les dégâts dus à la rouille, nous a conduit en 1981 à tenter d'établir une première évaluation quantitative de cette seconde maladie.

Ainsi, à chacun de nos passages sur les plantations étudiées, nous avons noté la présence ou l'absence du *Colletotrichum* sur les rameaux marqués. Les résultats de ces comptages ont été traités de la façon suivante :

Soit n : nombre de rameaux marqués au début de l'enquête,

n_s : nombre de rameaux sains,

x : nombre de rameaux atteints d'antracnose.

La relation $\frac{n - (n_s + x)}{n}$ indique la diminution du nombre de rameaux depuis le début de l'enquête pour des raisons accidentelles (bris de branches). Elle permet de pondérer nos résultats et de ne pas surestimer la proportion de branchettes attaquées par rapport au nombre de rameaux marqués au départ.

On obtient alors le nombre corrigé de rameaux malades, soit

$$x_c = x \left(1 - \frac{n_s + x}{n} \right)$$

d'où

$$\frac{x_c}{n_s + x_c} = \text{pourcentage d'antracnose,}$$

ce qui permet d'établir une représentation graphique de l'antracnose au cours du cycle végétatif.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Evolution de l'épiphytie de la rouille

Les figures 1 et 2 (p. 34-35) représentent les courbes d'infection et de défoliation établies en 1980 et 1981 sur les quatre plantations étudiées.

Sur les plantations les plus âgées, à Ponérihouen et Bondé, c'est en 1980 que l'épiphytie s'est développée avec l'intensité la plus forte. Sur ces stations, les pourcentages de feuilles attaquées par *Hemileia vastatrix* ont atteint les valeurs de 91 % et 82 % (indices d'infection : 0,91 et 0,82) en juillet et en août. Par contre, en 1981, alors que l'épiphytie semblait devoir se développer dès le mois de février sur les deux plantations, le passage de deux cyclones, « Cliff » le 12 février et « Freda » le 6 mars, a provoqué la chute prématurée d'un grand nombre de feuilles infectées, entraînant de ce fait une diminution importante de la quantité d'inoculum disponible. L'épiphytie a ainsi marqué une pause jusqu'en avril, avant de reprendre sa croissance pour culminer en juin à Ponérihouen et début septembre à Bondé avec 62 % et 58 % de feuilles infectées, respectivement.

Sur les plantations plus jeunes de Tchambouéne et de Goapin, que leur situation géographique a préservé de l'impact direct des cyclones de 1981, l'épiphytie a adopté un profil très différent. En 1980, sur les caféiers âgés de deux ans et de petite taille, l'épiphytie ne s'est pas véritablement développée et les pourcentages d'infection ont culminé en août à 23 % à Tchambouéne et à 26 % à Goapin. En 1981, la rouille s'est au contraire propagée avec une intensité beaucoup plus importante sur ces deux plantations, atteignant 65 % du feuillage à Tchambouéne et 87 % à Goapin.

Vitesse d'infection

La comparaison des vitesses d'infection observées sur ces différentes parcelles nous apporte d'autres enseignements. La vitesse d'infection est globalement influencée par les conditions d'environnement et la résistance de la plante, dont l'interaction détermine la capacité infectieuse des propagules du parasite, la période de latence nécessaire aux tissus nouvellement infectés pour devenir infectieux à leur tour, et la durée pendant laquelle ces tissus infectés restent infectieux. La vitesse d'infection traduit ainsi l'aptitude du parasite à se propager au sein d'une population de plantes hôtes. Elle est définie mathématiquement par Van Der Planck (16) de la façon suivante :

Lorsque la propagation d'une maladie est assurée par des spores qui provoquent des infections indépendantes les unes des autres, ou, en d'autres termes, lorsque le nombre de lésions filles est proportionnel, d'une part au nombre de lésions qui leur ont donné naissance et d'autre part à la quantité de matériel végétal sain susceptible d'être infecté : le développement de la maladie est représenté par une courbe sigmoïdale et la vitesse d'infection est donnée par l'équation suivante :

$$\frac{dx}{dt} = r_x(1 - x) \quad (1)$$

dans laquelle :

- x : est la quantité de maladie au temps t ,
- $1 - x$: est la quantité de matériel végétal disponible pour l'infection,
- r : est la vitesse d'infection,
- $\frac{dx}{dt}$: traduit l'augmentation de la quantité de maladie.

On démontre que, dans cette équation, la vitesse d'infection r est le coefficient de régression de $\text{Log} \frac{x}{1-x}$ en fonction du temps.

Dans le cas particulier de la rouille, lorsque l'épiphytie peut se développer régulièrement, sans que des accidents climatiques exceptionnels ne viennent perturber ou interrompre son cours, les courbes d'infection se caractérisent par une première phase ascendante d'aspect sigmoïdal, que nous appellerons *période d'infection* dans la suite du texte, suivie d'une phase descendante rapide, qui ramène les taux d'infection à des valeurs proches de 0. Nous avons étudié pour chaque station la

régression de $\text{Log} \frac{x}{1-x}$ en fonction du temps. Les résultats sont indiqués dans la figure 3 (p. 36) qui donne les différents points $\text{Log} \frac{x}{1-x}$ en fonction

du temps et la droite de régression correspondant à la période d'infection. On observe que pendant cette période la régression est linéaire. Le tableau qui récapitule les valeurs des différents coefficients de corrélation permet de constater que ces coefficients sont significativement différents de 0 au risque 5%. Ces résultats tendent à indiquer que les courbes d'infection qui représentent le développement de l'épidémie de rouille sont bien sigmoïdales pendant la période d'infection et que nous nous trouvons donc dans le cas général décrit précédemment : à chaque instant, le pourcentage de

TABLEAU I
Valeurs du coefficient de corrélation et de la vitesse d'infection r , en 1980 et 1981, sur les quatre plantations étudiées

Plantations	1980			1981		
	Coefficient corrélation	Seuil 5 %	Coefficient régression (vitesse infection)	Coefficient corrélation	Seuil 5 %	Coefficient régression (vitesse infection)
Goapin	0,980	0,79	0,027	0,960	0,87	0,100
Tchambouène	0,940	0,76	0,023	0,959	0,83	0,057
Bondé	0,877	0,87	0,054	0,953	0,87	0,054
Ponérihouen	0,966	0,92	0,060	0,898	0,83	0,036

feuilles qui s'infectent est proportionnel au pourcentage de feuilles déjà infectées et au pourcentage de feuilles saines.

L'équation (1) peut donc s'appliquer au cas de la rouille du caféier : x est alors le pourcentage de feuilles infectées au temps t ; $1 - x$ le pourcentage de feuilles saines disponibles pour l'infection; et $\frac{dx}{dt}$ représente l'augmentation du pourcentage de feuilles infectées. Bien que l'on sache que la vitesse r varie très probablement au cours de la période d'infection avec les conditions climatiques, on peut considérer sa valeur moyenne au cours de cette période. Le coefficient de régression de la fonction

$\text{Log} \frac{x}{1-x}$ sur le temps fournit alors une bonne estimation de la vitesse r pendant la période d'infection. Les valeurs de r calculées pour les différentes plantations au cours des deux cycles sont indiquées dans le tableau I.

Les différences observées en 1980 entre les vitesses d'infection des plantations jeunes de Tchambouène et de Goapin ($r = 0,02$ et $0,06$) tendent à indiquer que la vitesse d'infection croît avec l'âge de la plantation. Cette interprétation est confortée par l'augmentation très importante en 1981 des valeurs de r sur les parcelles de Tchambouène et de Goapin, où les vitesses d'infection sont passées de $0,02$ et $0,03$ en 1980 à $0,06$ et $0,1$ en 1981.

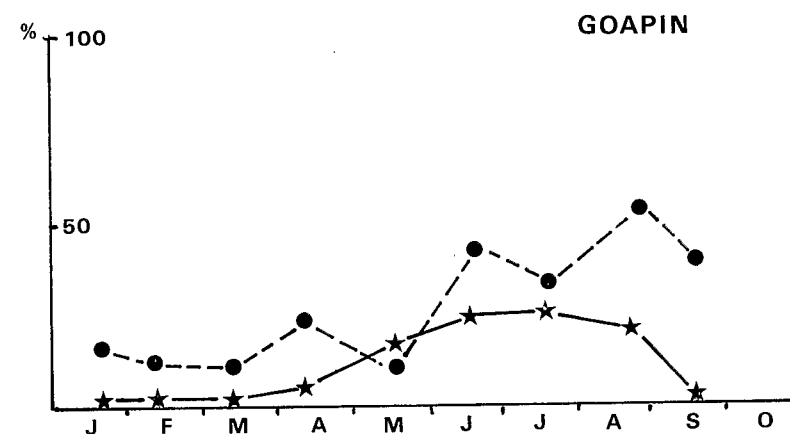
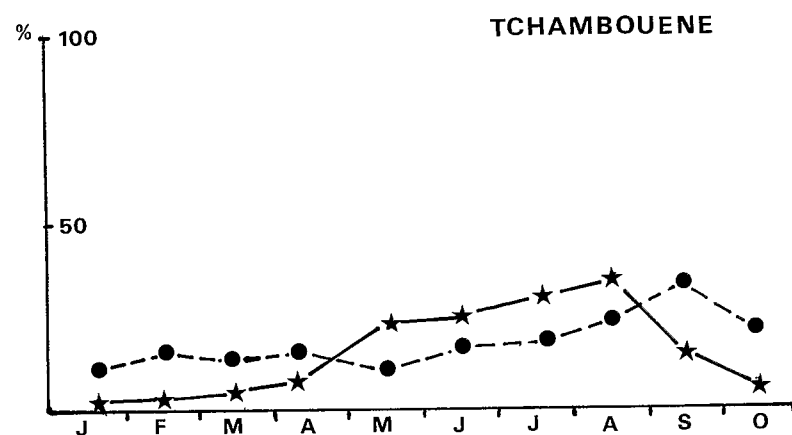
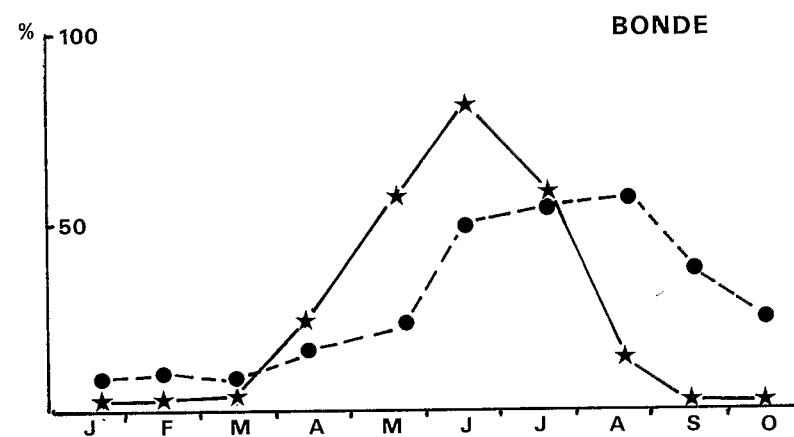
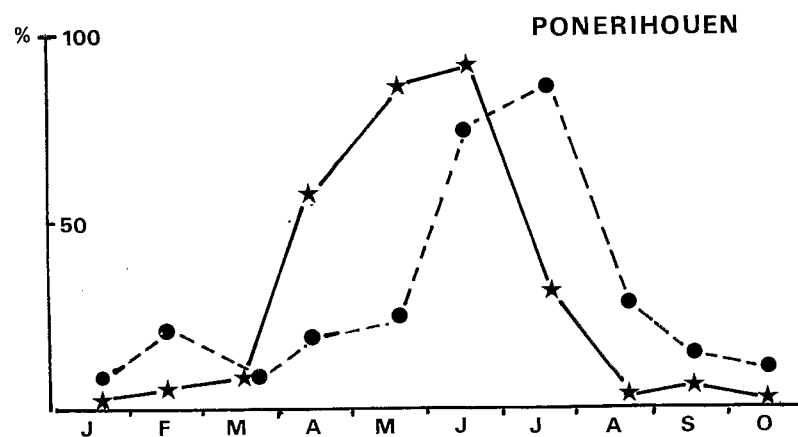
Ces résultats confirment en outre ce que nous avons fréquemment constaté sur d'autres plantations du territoire : le seuil au-delà duquel on passe de quelques infections isolées n'entraînant qu'une défoliation partielle à une épiphytie généralisée aboutissant à une défoliation quasi totale se situe vers la troisième ou la quatrième année, suivant l'état physiologique des arbres. Cette gradation ne semble pas due à une modification de la sensibilité intrinsèque des caféiers avec l'âge, car nous avons vérifié que la rouille inoculée artificiellement se développe aussi rapidement sur de jeunes plants que sur des sujets adultes, mais plus probablement à la modification progressive des conditions d'environnement dans la caféière. Il est en effet probable que la vitesse d'infection est liée

d'une part à la quantité d'inoculum disponible en début de cycle, cet inoculum étant d'autant plus abondant que le parasite est installé depuis plus longtemps sur la plantation, et d'autre part à la densité du feuillage, dont l'augmentation crée un microclimat favorable à la propagation de la maladie. Si cette hypothèse est exacte, on peut légitimement conclure que plus une plantation est âgée, plus la maladie risque de s'y développer rapidement.

L'évolution de la majorité des plantations du territoire au cours des dernières années tend à confirmer cette conclusion, mais il existe cependant des exceptions à la règle. Ainsi, à Ponérihouen, la vitesse d'infection et le taux maximal d'infection sont restés en 1981 nettement inférieurs à ce qu'ils étaient en 1980. Comme l'état végétatif de la plantation ne semblait pas moins propice au développement de la rouille en 1981 qu'en 1980, nous avons tenté de déterminer si cette diminution de l'intensité de l'épiphytie pouvait être liée à l'action de la température ou de la pluviosité.

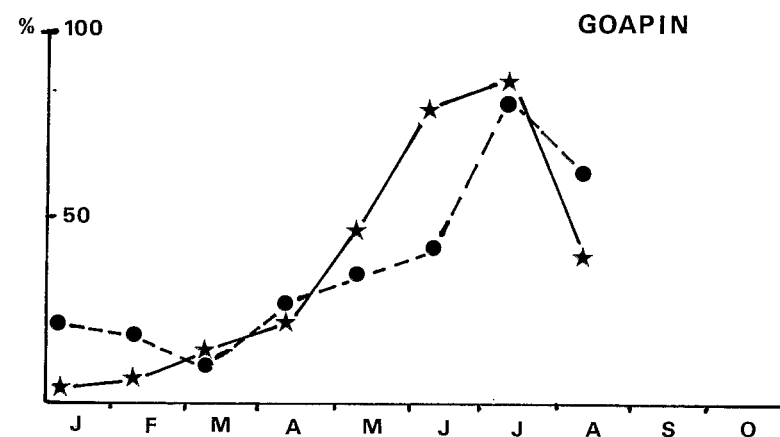
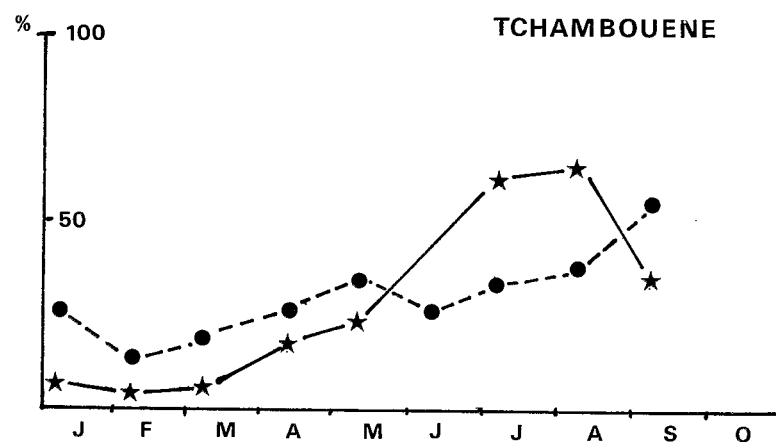
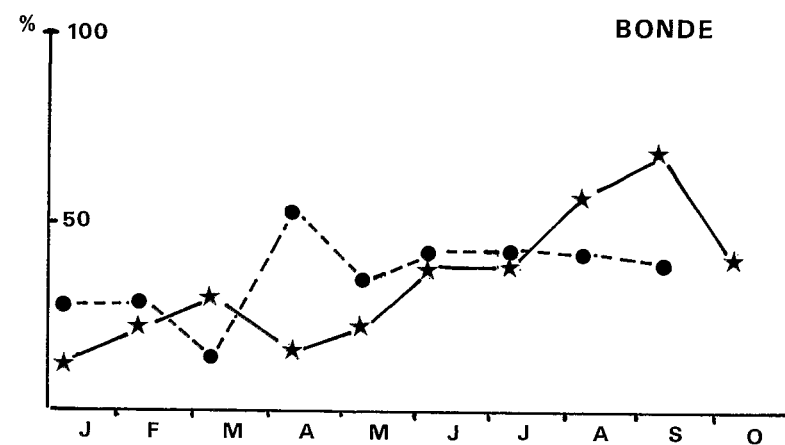
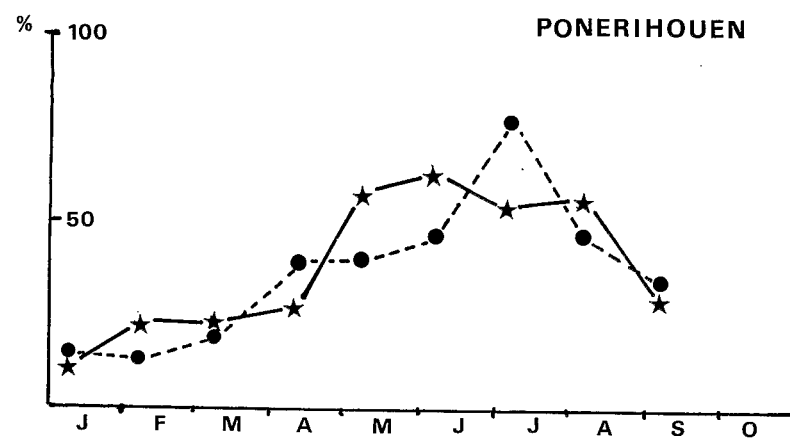
Rôle des facteurs climatiques

L'influence de deux températures, 16°C et 28°C , valeurs limites en dehors desquelles la germination des urédospores est inhibée (10, 14) a été étudiée par l'analyse des coefficients de rang de Spearman (7). Pour chaque température et pour chacun des deux cycles annuels, les corrélations entre deux séries de variables classées par ordre croissant ont été calculées. La première série est celle des indices mensuels d'infection, la seconde est constituée par le classement des mois d'enquête, soit en fonction du nombre de jours où la température maximale a atteint ou dépassé 28°C , soit en fonction du nombre de jours où la température minimale est restée inférieure ou égale à 16°C . Une seule relation significative a été constatée : en 1980, l'évolution de l'indice d'infection est négative en corrélation avec le nombre de jours où la température a égalé ou dépassé 28°C (r , pour 5 ddl = $-0,75$, significatif à 5 %).



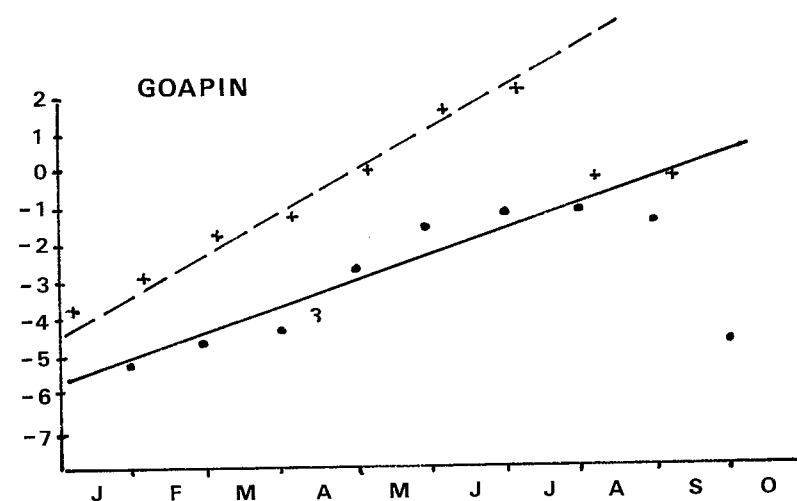
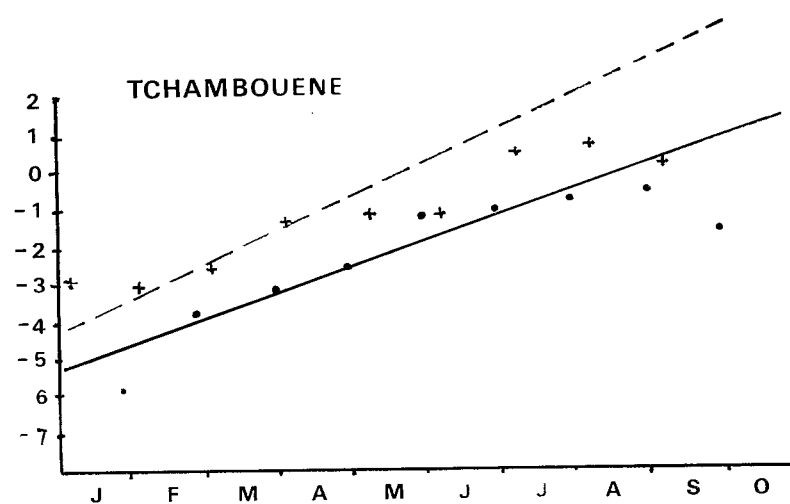
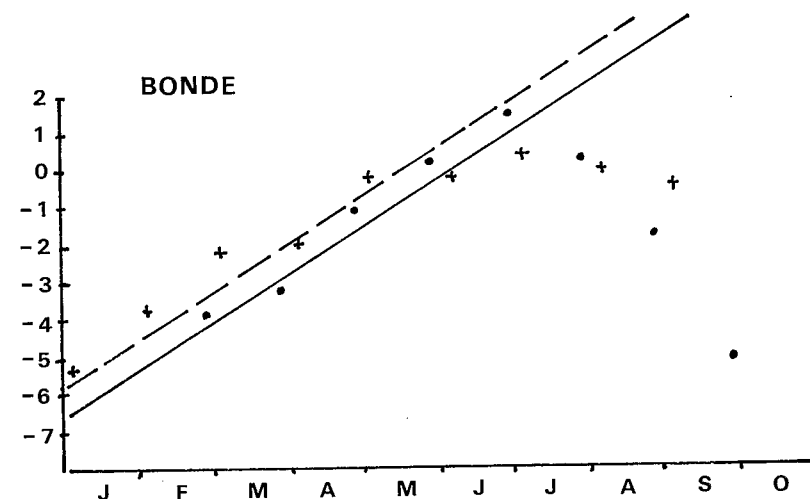
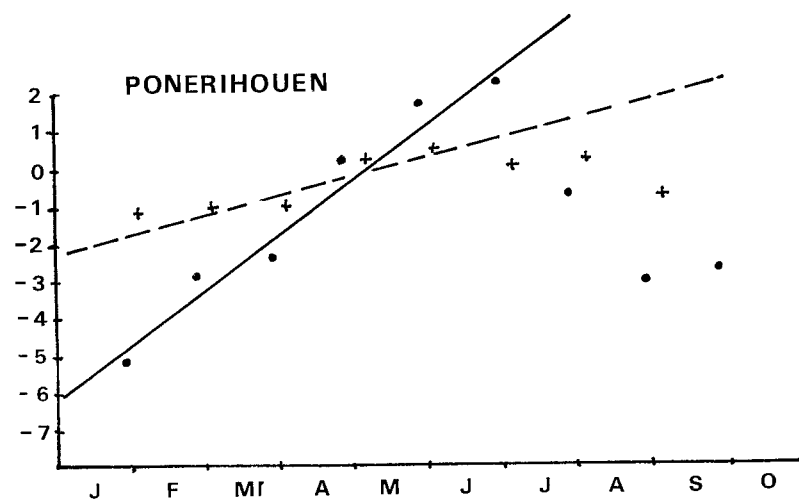
★—★ Indice d'infection
 ●---● Indice de défoliation

Fig. 1. — Evolution des pourcentages d'infection et de défoliation, correspondant aux indices calculés, au cours du cycle végétatif de 1980



★—★ Indice d'infection
●---● Indice de défoliation

Fig. 2. — Evolution des pourcentages d'infection et de défoliation, correspondant aux indices calculés, au cours du cycle végétatif de 1981



● — 1980
+ - - - 1981

Fig. 3. — Droites de régression de $\text{Log} \frac{x}{1-x}$ en fonction du temps pendant la période d'infection en 1980 et 1981

L'influence de la pluviosité sur les deux cycles épiphytiques a été analysée par la même méthode : les corrélations éventuelles étant alors recherchées entre les indices d'infection et le nombre de jours de pluie de chaque mois couvert par l'enquête. Dans ce cas également, une seule relation significative a été détectée : en 1981, il existe une corrélation négative entre l'évolution de l'indice d'infection et le nombre mensuel de jours de pluie (r_s pour 6 ddl = - 0,82, significatif à 5 %).

La première corrélation signifie qu'en 1980 le début du développement de l'épiphytie a été retardé par les fortes températures enregistrées en début de cycle, de janvier à mars. La seconde indique qu'en 1981, c'est au contraire l'excès de pluie qui a ralenti la propagation de la rouille, cette relation traduisant vraisemblablement l'action retardatrice des pluies cycloniques de février et de mars 1981.

Développement de l'antracnose

La figure 4 (p. 38) montre que les attaques d'antracnose ont été sévères sur toutes les plantations,

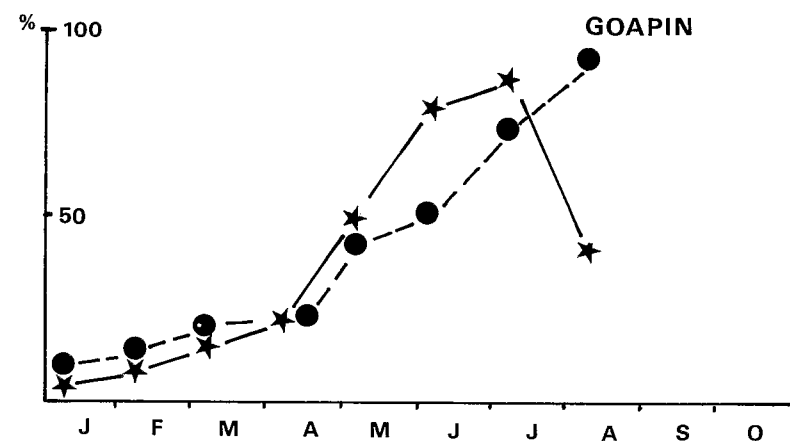
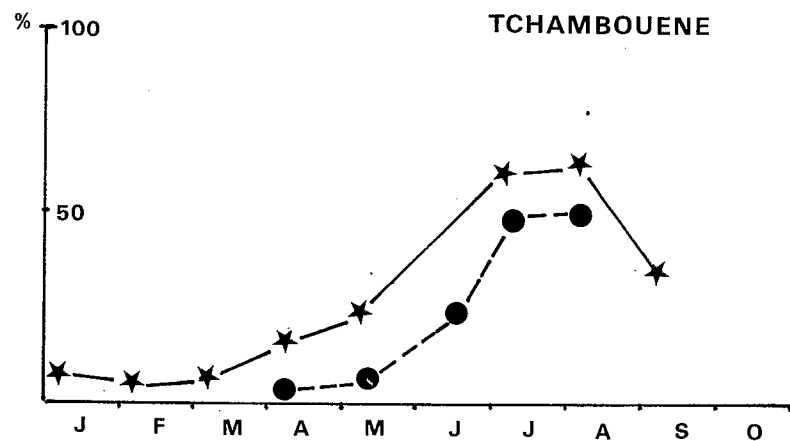
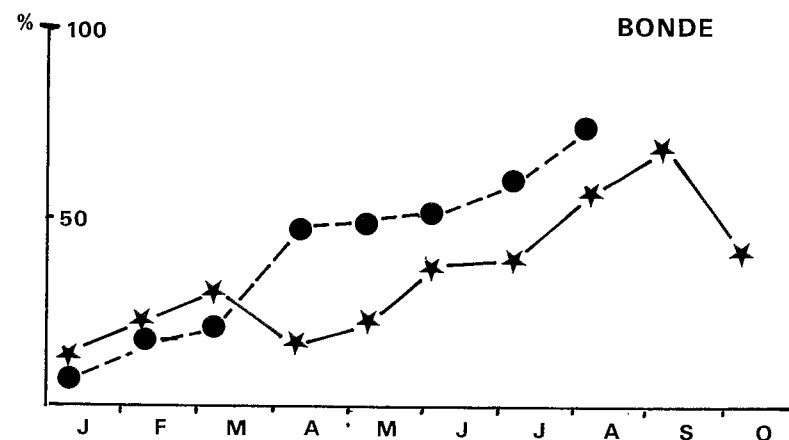
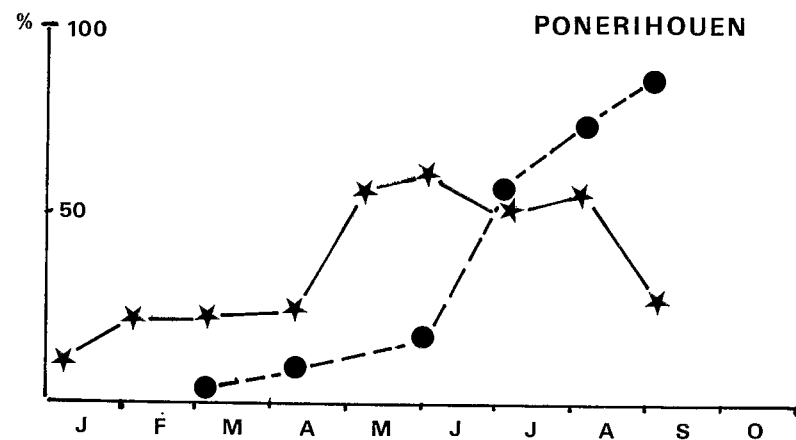
frappant avec un maximum d'intensité à Ponérihouen et à Goapin. Il apparaît également que sur les plantations les mieux entretenues, à Ponérihouen et à Tchambouène, l'antracnose, très discrète en début de cycle, n'apparaît et ne se développe qu'avec un décalage d'environ un mois par rapport à la rouille orangée. Tout se passe comme si *Hemileia vastatrix* affaiblissait les arbres en les défoliant, et ouvrait ainsi la voie à *Colletotrichum coffeanum*, qui tue les rameaux déjà endommagés par la rouille. Par contre, sur la plantation mal entretenue de Bondé et sur celle de Goapin, qui végète sur un sol hétérogène et médiocre, les attaques des deux maladies sont simultanées. Dans tous les cas, l'action conjuguée des deux parasites provoque des dégâts considérables, laissant les caféiers totalement défoliés et réduits à l'état de squelettes aux branchettes desséchées. Lorsque de telles attaques se répètent au cours de plusieurs cycles consécutifs, ce que nous avons fréquemment observé, les dommages sont en général irréversibles et les caféiers ne survivent pas.

CONCLUSION

L'étude épidémiologique conduite sur les nouvelles variétés d'*Arabica* proposées aux planteurs de la Nouvelle-Calédonie montre clairement que ce matériel végétal est très sensible à la rouille orangée et à l'antracnose des rameaux. Le profil des courbes d'infection des caféières par *Hemileia vastatrix* dépend étroitement de la température et de la pluviosité, facteurs climatiques dont les valeurs extrêmes en début de cycle végétatif peuvent soit retarder le début du développement de l'épiphytie, soit en ralentir la propagation. Les destructions foliaires qui résultent de ces attaques sont cependant toujours sévères et l'étendue des dégâts produits par l'action conjuguée des deux maladies tend en outre à s'accroître avec l'âge des plantations. D'ores et déjà, la production de café de nombreuses plantations nouvelles est affectée et la réussite du plan de relance de la culture de l'*Arabica* s'en trouve gravement compromise.

Cette constatation nous a conduit à entreprendre

des recherches pour mettre au point les méthodes de lutte qui permettront de contrôler la rouille en Nouvelle-Calédonie. Ces recherches ont deux objectifs. Le premier est de définir une méthode chimique adaptée au contexte climatique et social du territoire, pour assurer la survie des plantations déjà installées et préserver celles que l'on continue à mettre en place. Les résultats déjà acquis en ce domaine feront l'objet d'une publication ultérieure. Le second objectif est de proposer aux planteurs un matériel végétal nouveau, résistant ou tolérant à *Hemileia vastatrix*. Cette solution génétique est cependant difficile à mettre en œuvre, car plusieurs races physiologiques de rouille, combinant au moins trois facteurs de virulence, ont déjà été identifiées en Nouvelle-Calédonie (11). Nous nous orientons donc vers le choix d'hybrides interspécifiques Robusta-Arabica. Les premiers essais de comportement d'une variété hybride, le Catimor d'origine portugaise, sont déjà en place. Leurs résultats sont à l'heure actuelle fort encourageants.



★ — ★ Rouille orangée
● — — — ● Anthracnose

Fig. 4. — Evolution des pourcentages d'infection de la rouille orangée et de l'anthracnose de janvier à octobre 1981

BIBLIOGRAPHIE

1. BOCCAS (B.), SEIVERT (B.), PELLEGRIN (F.), KOHLER (F.). — La rouille orangée du caféier d'Arabie en Nouvelle-Calédonie. Document ORSTOM, 1981, 32 p. + annexes.
2. BLANDEAU. — *Hemileia*. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, n° 10, 1911, p. 17-19.
3. CHARLES (J.). — Le caféier. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, août-septembre 1932, p. 794-837.
4. COSTE (R.). — Les caféiers et les cafés dans le monde. Editions Larose (Paris), 1955, tome I : 381 p.; 1959, tome II, vol. 1 + vol. 2 : 894 p.
5. CRAMER (P. J. S.). — L'influence de l'*Hemileia vastatrix* sur la culture du café à Java. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, 1911, n° 12, p. 24-50, et n° 13, p. 16-26.
6. DADANT (R.). — Le caféier en Nouvelle-Calédonie, ses maladies. *L'Agronomie Tropicale* (Paris), vol. 9, n° 1, 1954, p. 49-58.
7. DAGNELIE (P.). — Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2. Presses Agronomiques de Gembloux, 1975.
8. DUSSERT (P.). — Semences de caféiers réfractaires à *Hemileia*. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, n° 11, 1911, p. 17-20.
9. FRAYSSE (A.). — L'*Hemileia vastatrix* à Ponérihouen. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, n° 6, 1911, p. 3-12.
10. MULLER (R.). — Contribution à la connaissance de la phytomycocénose constituée par *Coffea arabica* L., *Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf, *Hemileia vastatrix* B. et Br., *Hemileia coffeicola* Maublanc et Roger. Bulletin de l'IFCC (Paris), n° 15, 1980, 175 p.
11. PELLEGRIN (F.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — La rouille orangée du caféier d'Arabie en Nouvelle-Calédonie. Document ORSTOM, 1982, 20 p. + annexes.
12. PEYROT (G.). — Note sur la maladie du caféier à Vaté. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, déc. 1910, p. 25-29.
13. RISBEC (E.). — Rapport à Monsieur le Gouverneur rendant compte de la tournée effectuée du 6 au 19 octobre et du 27 octobre au 13 novembre. *Revue Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*, févr. 1932, p. 641-653.
14. SACCAS (A. M.), CHARPENTIER (J.). — La rouille des caféiers due à *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Bulletin de l'IFCC (Paris), n° 10, 124 p.
15. SAUSSOL (A.). — Le café en Nouvelle-Calédonie, grandeur et vicissitudes d'une colonisation. *Cahiers d'Outre-Mer* (Bordeaux), Tome XX, 1967, p. 1-33.
16. VAN DER PLANCK (J. E.). — Disease resistance in plants. Academic Press (New York et Londres), 1968.

PELLEGRIN (F.), SEIVERT (B.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — **La rouille orangée du caféier Arabica en Nouvelle-Calédonie. Historique et épidémiologie.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVII, n° 1, janv.-mars 1983, p. 27-40, 4 fig., 1 tabl., 16 réf.

La rouille orangée du caféier Arabica, présente en Nouvelle-Calédonie depuis 1910, s'attaque actuellement aux variétés nouvelles utilisées dans la mise en oeuvre du plan de relance de la caféiculture. Une enquête épidémiologique conduite en 1980 et 1981 sur les nouvelles plantations a montré que l'épiphytie entre en phase de croissance exponentielle en février ou mars, pour culminer entre la mi-juillet et la fin du mois d'août. Le développement de l'épiphytie en début de cycle est soumis à l'influence de la température et de la pluviosité, dont les excès peuvent ralentir la propagation de la maladie. Les pourcentages maximaux d'infection du feuillage ont tendance à croître avec l'âge des plantations et dépassent fréquemment les 90 %. L'antracnose des rameaux se développe sur les caféiers affaiblis, accentuant les dégâts dus à la rouille.

PELLEGRIN (F.), SEIVERT (B.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — **Arabica coffee rust in New Caledonia. Historic and epidemiology.** *Café Cacao Thé* (Paris) vol. XXVII, n° 1, janv.-mars 1983, p. 27-40, 4 fig., 1 tabl., 16 réf.

Arabica coffee rust which has existed in New Caledonia since 1910 is now attacking the new varieties planted under the plan to give a new impetus to coffee culture. An epidemiological survey carried out in 1980 and 1981 on new plantations has shown that the epiphytic disease enters the exponential growth phase in February or March and culminates between mid-July and the end of August. The development of the epiphytic disease at the beginning of the cycle is subjected to the influence of temperature and rainfall, excesses of which can slow down the propagation of the disease. The maximum leaf infection percentages have a tendency to rise with the age of the plants and frequently exceed 90 %. Shoot anthracnosis develops on weakened coffee trees, accentuating the damage due to rust.

PELLEGRIN (F.), SEIVERT (B.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — **Der Gelbrost des Arabica Kaffeebaums in Neukaledonien. Geschichtliche Darstellung und Epiphytie.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVII, n° 1, janv.-mars 1983, p. 27-40, 4 fig., 1 tabl., 16 réf.

Der Gelbrost des Kaffeebaums « Arabica », der seit 1910 in Neukaledonien vertreten ist, greift jetzt auch die neuen Sorten an, die im Zuge des Plans zur Wiederbelebung des Kaffeeanbaus benutzt werden. Eine 1980-81 durchgeführte Seuchenuntersuchung der neuen Pflanzungen hat gezeigt, dass die Epiphytie im Februar/März exponentiell ansteigt; der Höhepunkt liegt zwischen Mitte Juli und Ende August. Zu Beginn des Zyklus hängt die Entwicklung der Epiphytie von der Temperatur und den Regenfällen ab. Zuviel Regen kann die Weiterverbreitung der Krankheit verlangsamen. Die Tendenz geht dahin, dass der maximale Infektionsprozentsatz des Laubs mit dem Alter der Pflanzung ansteigt; häufig sind mehr als 90 % der Blätter angegriffen. Auf den Zweigen der derart geschächten Kaffeebäumen entwickelt sich dann Anthraknose, die die durch den Rost entstandenen Schäden noch verstärkt.

PELLEGRIN (F.), SEIVERT (B.), KOHLER (F.), VAN BERCIE (C.), BOCCAS (B.). — **La roya anaranjada del café Arabica, en Nueva Caledonia. Historia y epidemiología.** *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXVII, n° 1, janv.-mars 1983, p. 27-40, 4 fig., 1 tabl., 16 réf.

La roya anaranjada del café Arabica, que se viene poniendo de manifiesto en Nueva Caledonia desde 1910, ataca actualmente a las variedades recientes, que se utilizan para la aplicación del plan de reactivación del cultivo del café. La encuesta epidemiológica llevada a cabo en 1980 y 1981 en relación con las nuevas plantaciones ha permitido demostrar que la epifitía entra en su fase de crecimiento exponencial en febrero o marzo, para culminar a mediados de julio y finales del mes de agosto. El desarrollo de la epifitía a principios del ciclo queda sujeta a la influencia de la temperatura y de la pluviosidad cuyos excesos pueden moderar la propagación de la enfermedad. Los porcentajes máximos de infección de las hojas tienen tendencia a aumentar con la edad de las plantaciones y sobrepasan frecuentemente de un 90 %. La antracnosis de las ramas se desarrolla en los cafetos debilitados, acentuando así los daños generados por la roya.