

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Étude histologique des écorces d'Hevea brasiliensis atteint de la maladie des encoches sèches*. Note (*) de **Élisabeth de Fay** et **Charles Héban**, présentée par Roger Buvat.

La maladie des encoches sèches, chez l'*Hevea brasiliensis*, est caractérisée : 1° par des phénomènes généraux de dégénérescence des tissus libériens, comparables à ceux connus d'autres végétaux ligneux attaqués par des microorganismes ou ayant subi des traumatismes, et 2° par des phénomènes plus spécifiques atteignant les laticifères eux-mêmes (coagulation du latex; thylosoïdes; ...).

Brown bast disease in Hevea brasiliensis is characterized: 1., by general phenomena of phloem degeneration comparable to those observed in other woody plants infected with microorganisms, or wounded, and 2., by more specific symptoms affecting the laticifers themselves (viz. latex coagulation; proliferation of thylosoïds; ...).

La maladie des encoches sèches, aussi connue sous l'appellation anglophone de « brown bast », atteint l'hévéa en exploitation. Elle est caractérisée par une réduction pouvant aller jusqu'à un arrêt complet de l'écoulement du latex lors de la saignée. La maladie peut affecter jusqu'à 30 % des arbres et quoiqu'elle ne conduise pas à la mort des individus, le rendement des plantations en est notablement réduit.

Aucune des nombreuses théories énoncées pour expliquer cette maladie n'a paru satisfaisante et l'origine en demeure inconnue. Fort peu d'études histologiques ont porté sur l'écorce de l'hévéa en général [2] et sur le phénomène des encoches sèches en particulier ([3], [4]). Dans le cadre d'une reprise de ces études nous avons été amenés à proposer un nouveau modèle d'organisation fonctionnelle du liber d'*Hevea brasiliensis* [5]. Dans cette Note, nous résumons un ensemble d'observations sur les caractéristiques histologiques de la maladie [1]. Les recherches ont porté essentiellement sur trois clones exploités en Côte-d'Ivoire : GT 1, PR 107 et RRIM 623.

L'étude comparative des écorces d'encoches sèches et d'encoches productrices révèle l'existence de différences significatives. Mais les écorces malades ne présentent pas toutes l'ensemble des caractères enregistrés : les différences observées pourraient correspondre à des étapes distinctes dans l'évolution de la maladie, voire même à des causes différentes pour ce phénomène.

Les modifications suivantes ont été corrélées avec la sécheresse de l'écorce :

Les *tubes criblés* de taille normale (diamètre : 20 à 50 μm env.) disparaissent lorsque l'écorce devient sèche jusqu'au cambium. Il se forme alors en quantité plus ou moins importante des tubes criblés à lumière étroite (surface conduisante individuelle moyenne réduite au moins de moitié; 250 tubes de chaque catégorie mesurés) (fig. 1 à 4).

Des *accumulations de substances de couleur brun clair*, irrégulièrement distribuées, apparaissent à l'intérieur des tubes criblés de la zone de phloème non conducteur (fig. 5). Elles s'étendent parfois dans les méats des cellules parenchymateuses voisines et peuvent éventuellement être observées au niveau des parois de certains laticifères. Décrites comme « gommes » par les auteurs anciens, ces substances sont au moins en partie responsables de la coloration brune prise par les écorces malades (brown bast).

La constitution de ces substances est certainement complexe. Elles montrent une fluorescence primaire lorsqu'on les irradie en lumière bleue (fig. 6), ce qui est indicatif de la présence de composés aromatiques. Elles réagissent positivement au test de Wiesner (phloroglucinol-HCl), mais négativement au test de Maïle, ce qui caractérise des lignines à noyau guaiacyl [6]. Leur aspect en microscopie électronique à transmission est variable et révèle souvent des structures fibrillaires diversement agencées (fig. 7).

TABLEAU II

Action en l'absence de stratification à basse température de la benzyl-amino-purine (BAP) et des gibberellines GA₃ et GA₄₊₇ sur la germination des graines du cv. GF 305; la présence d'anomalies foliaires sur les plantules issues de ces graines. Chaque lot élémentaire compte 50 graines munies de leurs téguments. Toutes les plantules obtenues par les traitements de benzyl-amino-purine avaient à la fin de leur croissance une hauteur de tige supérieure à 30 cm.

Traitements	Germination des graines		Pourcentage de plantules avec anomalies foliaires	
	Pourcentage	Vitesse en jours (*)		
Témoin stratifié 90 jours à +5°C.....	96	2,0	2,1	
Témoin non stratifié.....	0	—	—	
BAP {	20 mg/l ⁻¹	6	11,3	100
	40 mg/l ⁻¹	12	10,4	50
	60 mg/l ⁻¹	64	8,5	25
	70 mg/l ⁻¹	72	8,7	19,4
	80 mg/l ⁻¹	70	6,2	17,1
	100 mg/l ⁻¹	76	5,8	15,8
	150 mg/l ⁻¹	98	5,4	14,3
200 mg/l ⁻¹ (*).....	99,5	4,4	9,6	
GA ₃ {	50 mg/l ⁻¹	6	8	100
	100 mg/l ⁻¹	6	7,6	100
BAP+GA ₃ {	50 mg/l ⁻¹	10	8,1	100
	100 mg/l ⁻¹	8	7,3	75
GA ₄₊₇ (28%+72%) {	70+ 50 mg/l ⁻¹	70	7,6	17,1
	200+100 mg/l ⁻¹	98	4,1	8,1
BAP+GA ₄₊₇ {	70+ 50 mg/l ⁻¹	76	7,7	15,7
	200+100 mg/l ⁻¹	96	4,2	8,3

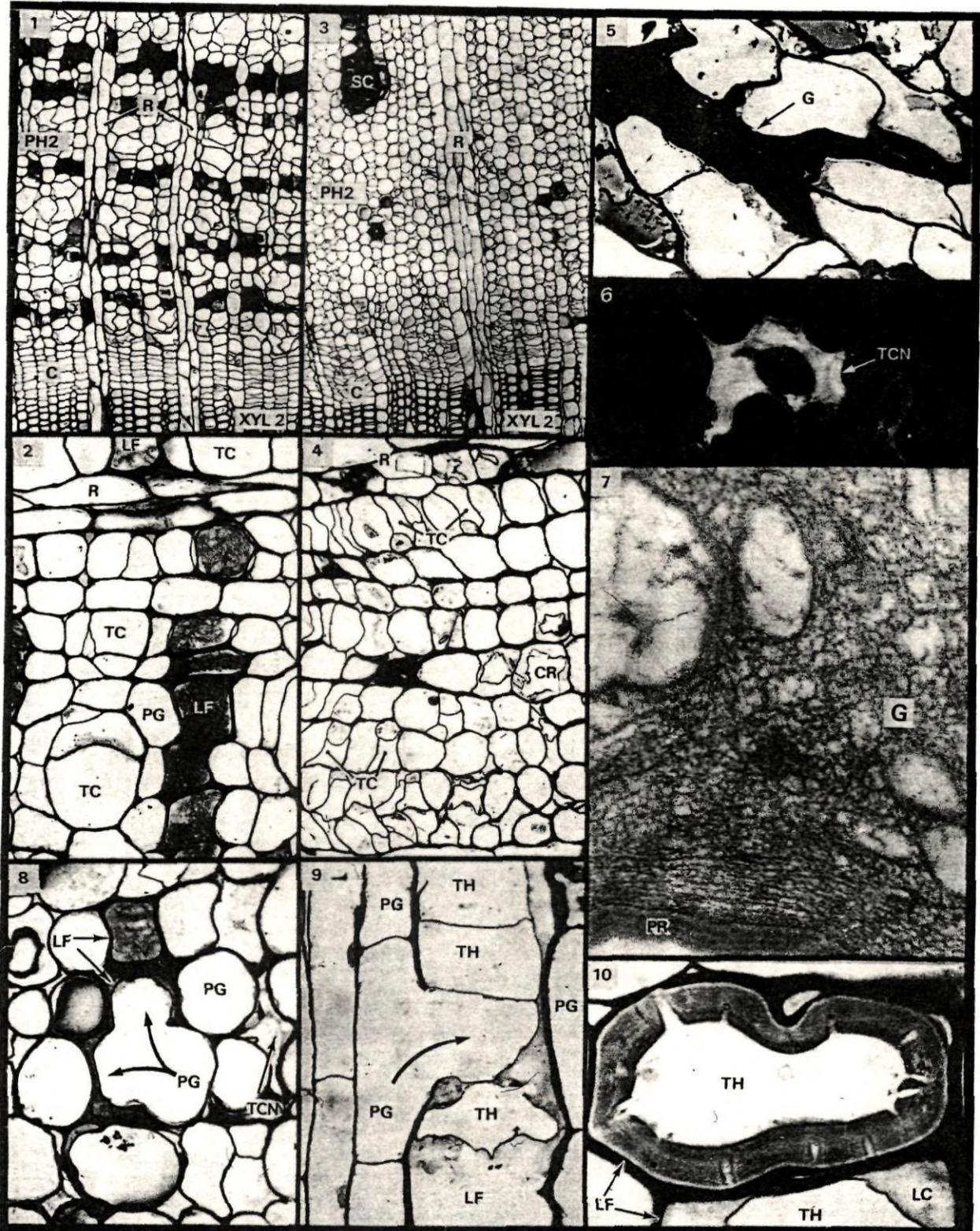
(*) Formule de Harrington, 1962; (h) lot de 400 graines.

Certaines gibberellines (tableau II) semblent agir en synergie avec la BAP. Dans le domaine pratique, l'utilisation de ces substances qui évitent les longues stratifications actuelles, permet l'obtention rapide de porte-greffes vigoureux recherchés en arboriculture fruitière.

(*) Remise le 13 octobre 1980.

- [1] F. T. ADDICOT et J. L. LYON, *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 20, 1969, p. 139-164.
- [2] P. A. BONAMY et F. G. DENNIS, Jr, *J. Amer. Soc. for Hort. Sc.*, 102, (1), 1977, p. 23-28.
- [3] C. BULARD et J. MONIN, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2922.
- [4] D. A. DIAZ et E. C. MARTIN, *A. S. Hort. Sc.*, 97, 1972, p. 651-654.
- [5] F. FLEMION et E. WATERBURY, *Contr. Boyce Thompson Inst.*, 13, 1945, p. 415-422.
- [6] J. F. HARRINGTON, *XVIIth Inter. Hort. Cong.*, II, 1962, p. 435-441.
- [7] M. MASUDA et T. ASAHIRA, *Sc. hort.*, 8, 1978, p. 371-382.
- [8] P. RÉMY, *Thèse Doct. ès Sc.*, Bordeaux, 1961, 197 p.
- [9] H. C. SHARMA et R. N. SINGH, *Sc. Hort.*, 9, 1978, p. 259-263.
- [10] R. P. ZIGAS et B. G. COOMBE, *Austr. J. Pl. phys.*, 4, (3), 1977, p. 349-369.

Laboratoire d'Histophysiologie et Radiobiologie végétales, U.S.T.L., 34060 Montpellier Cedex
et Chaire d'Arboriculture fruitière, E.N.S.A.M., 34060 Montpellier Cedex.



Au niveau des *laticifères* s'observent d'autres anomalies :

- la densité des manteaux (ou ensembles concentriques de laticifères) est faible dans le liber renouvelé des écorces persistant à l'état de sécheresse. Un cas extrême en est montré sur la figure 3, où aucun laticifère n'est identifiable;
- le latex est coagulé *in situ* (fig. 14);
- les parois des laticifères dégénérés peuvent se lignifier (test de Wiesner positif); elles montrent alors une fluorescence primaire (fig. 13);
- des *thyllosoïdes* envahissent progressivement la lumière des laticifères en plaquant le latex contre la paroi des tubes (fig. 8, 9, 11 et 15). Ces thyllosoïdes dérivent des cellules parenchymateuses associées (cellules de la gaine des manteaux de laticifères et,

EXPLICATION DES PLANCHES

Planches I et II

Les figures 1 à 5, 8 à 12 et 18, montrent des coupes semi-fines colorées au Paragon. Les figures 6, 13, 16, 17 et 19 à 21 montrent des coupes à la congélation, les méthodes et colorations utilisées étant précisées dans les légendes correspondantes. Les figures 7, 14 et 15 montrent des clichés obtenus en microscopie électronique à transmission de coupes fines traitées par le test PATAg [8].

C, cambium; CR, cristal; G, « gommes »; LC, latex coagulé; LF, laticifère; PG, parenchyme vertical associé aux laticifères (cellules de la « gaine » des manteaux de laticifères); PH 2, phloème secondaire; PR, paroi; R, rayon; SC, sclérite; T, cellule à tannins; TC, tube criblé; TCN, tube criblé nécrotique, non fonctionnel; TH, thyllosoïde; XYL2, xylème secondaire; V, vaisseau.

Fig. 1. — Écorce d'*Hevea* saine et vierge (= non régénérée après saignée); coupe transversale. Vue d'ensemble de la zone cambiale et de ses dérivées, notamment des éléments du liber jeune (G × 95).

Fig. 2. — *id.*; détail des tubes criblés, et d'un manchon de laticifères (G × 340).

Fig. 3. — Écorce totalement sèche (= sèche jusqu'au cambium); coupe transversale. Vue d'ensemble de la zone cambiale et de ses dérivées, notamment des cellules du liber jeune (G × 95).

Fig. 4. — Comme précédemment (fig. 3); détail du liber jeune (G × 340). Noter la différence de développement des tubes criblés dans les figures 2 et 4, tirées au même grossissement (G × 340).

Fig. 5 à 7. — Étude des « gommes ». Fig. 5, aspect en microscopie optique dans une écorce malade (G × 750).

Fig. 6, fluorescence primaire en lumière bleue (filtre d'excitation : BG 12; G × 330). Fig. 7, aspect ultrastructural (G × 30 000).

Fig. 8 à 12. — Thyllosoïdes dans les laticifères. Fig. 8 et 9, développement à partir des cellules parenchymateuses associées (fig. 8, coupe transversale, G × 435; fig. 9, coupe longitudinale, G × 450). Fig. 10, exemple de thyllosoïde sclérifié (coupe transversale, G × 1 150). Fig. 11, groupe de laticifères totalement envahis par la thyllose (coupe longitudinale tangentielle, G × 370). Fig. 12, prolifération des thyllosoïdes à l'intérieur d'un laticifère distendu (coupe longitudinale, G × 340).

Fig. 13. — Fluorescence primaire des parois de laticifères d'une écorce malade (filtre d'excitation : BG 12; G × 380).

Fig. 14 et 15. — Aspects ultrastructuraux de laticifères dégénérés; coupes transversales. Fig. 14, latex coagulé contre la paroi (G × 10 000). Fig. 15, un thyllosoïde repousse contre la paroi (PR1) du laticifère le latex, également coagulé (PR2 : paroi du thyllosoïde; G × 7 500).

Fig. 16 et 17. — Tissu hyperplasique (sections transversales; coloration à l'acide tannique-FeCl₃; G × 130).

Fig. 18. — Stade précoce de la mise en place d'une assise génératrice cyclique (à l'origine d'un nodule) (section transversale; G × 250).

Fig. 19. — Nodule intralibérien (coupe transversale; G × 60).

Fig. 20 et 21. — Réserves amyliées d'échantillons de bois prélevés au voisinage d'une écorce totalement sèche (fig. 20) et à l'opposé du panneau, sur le même tronc (fig. 21) (coupes transversales; réactif iodo-ioduré; G × 60).

éventuellement, des rayons libériens); leur pénétration implique l'existence de remaniements pariétaux complexes. Dans certains cas, ces thyllosoïdes épaississent et lignifient leurs parois (fig. 10); dans d'autres cas ils se redivisent et prolifèrent à l'intérieur même des laticifères (fig. 12).

Le nombre de *cellules à tannins* augmente à l'intérieur du liber.

La *sclérisation* s'accroît également, au moins dans certains territoires; en particulier, des nodules scléreux apparaissent souvent de manière précoce dans le liber récent, parfois tout près du cambium.

Au sein du liber, se forme un nouveau tissu constitué d'éléments à allure parenchymateuse et à croissance anarchique (fig. 16 et 17). Il s'agit d'une forme de *tissu hyperplasique* (cf. [7]). Des restes de latex coagulé (pouvant être révélés par le rouge soudan ou l'acide osmique) sont fréquemment identifiables à l'intérieur des méats séparant les cellules de ce tissu, ce qui montre qu'il dérive en partie de la prolifération des thyllosoïdes à l'intérieur des laticifères (cf. plus haut, et la figure 12).

À l'intérieur des tissus corticaux ainsi désorganisés, des assises génératrices plus ou moins cycliques se mettent en place (fig. 18). Leurs dérivées peuvent éventuellement se lignifier ou se subériser. Ainsi se forment des *nodules* (formations tertiaires) (fig. 19) dont le développement est à l'origine de déformations du tronc.

Dans une majorité des cas d'encoches sèches, un *épaississement global* net (de un à quelques millimètres) des écorces se manifeste. Ce phénomène est indépendant de la vigueur de l'arbre. Il est probablement lié à un détournement de métabolites vers la croissance végétative (corollaire d'une réduction ou de l'arrêt des synthèses normales de latex dans l'aire considérée); le développement du tissu hyperplasique en est certainement en partie responsable.

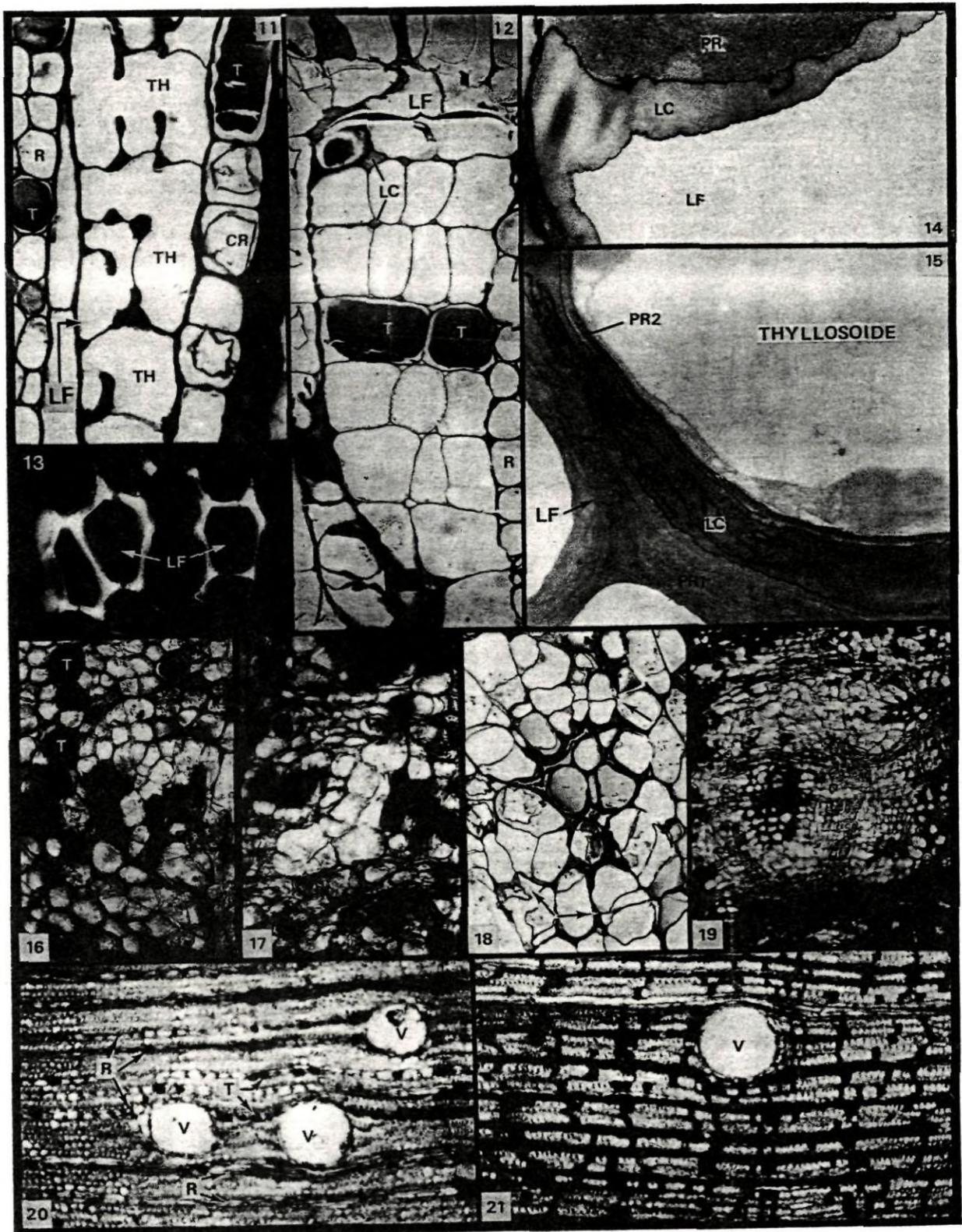
Enfin, au cours des stades avancés de la maladie, des phellogènes se différencient dans la profondeur du liber. Leur fonctionnement contribue à l'isolement puis à l'expulsion de zones malades : l'écorce prend en surface un aspect crevassé, tandis qu'apparaissent des phénomènes de desquamation.

Réserves du bois : dans le cas des écorces totalement sèches (c'est-à-dire sèches jusqu'au cambium), la régression des réserves amylacées du bois, phénomène fréquent au niveau des panneaux en exploitation, peut être particulièrement sévère (fig. 20). Toutefois, seul le bois le plus récent, et situé immédiatement au voisinage de l'écorce sèche, est concerné; les échantillons de bois prélevés plus en profondeur, ou à l'opposé du panneau mis en saignée (fig. 21), possèdent des réserves amylacées normales.

En résumé, et d'un point de vue histophysiologique, la maladie des encoches sèches, chez l'*Hevea brasiliensis*, est caractérisée par :

1° des phénomènes généraux de dégénérescence des tissus libériens (enrichissement local en composés phénoliques, tannins et lignines; formation de « gommages »; croissance cellulaire anarchique; apparition de nodules; ...). De tels phénomènes sont connus d'autres végétaux ligneux atteints de maladies diverses, virales notamment, ou soumis à des traumatismes [7];

2° des phénomènes plus spécifiques atteignant les laticifères eux-mêmes : coagulation du latex *in situ*, développement de thyllosoïdes à partir des cellules associées, démantèlement final des réseaux de laticifères.





« Cahiers de l'Académie des Sciences »

EXPOSÉS sur ...

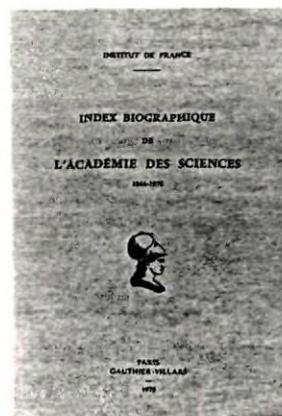
- **L'AGRESSIVITÉ**, 40 pages.
- **les GREFFES**, 108 pages.
- **L'ÉNERGIE**, 144 pages.
- **L'ÉCOLOGIE**, 124 pages.

Broché — Format 21 × 27 cm
50 F TTC, chaque fascicule

Vient de paraître

L'INDEX BIOGRAPHIQUE de l'Académie des Sciences

- *Listes chronologiques des Membres, Associés Étrangers et Correspondants de l'Académie des Sciences depuis 1795 jusqu'à 1976.*
- *Index Biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences du 22 décembre 1666 au 1^{er} octobre 1978.*



514 pages, format 14,5 × 21 cm
Broché — 250 F TTC

Ouvrages en vente, chez : GAUTHIER-VILLARS 70 RUE DE SAINT-MANDÉ
93100 MONTREUIL

Il est difficile, à l'heure actuelle, de toujours bien identifier, parmi les phénomènes observés, les causes et les conséquences. Une étude dynamique de l'évolution de la maladie est en cours. Il est toutefois possible de retenir quelques faits significatifs :

- la réduction de la surface conduisante des tubes criblés dans les écorces sèches jusqu'au cambium et la chute des réserves amylacées du bois au niveau des zones malades, sont susceptibles d'être corrélées avec une déficience en métabolites et/ou facteurs de croissance;
- les symptômes de dégénérescence libérienne observés ici sont suggestifs d'une affection par un micro-organisme. Toutefois, les travaux réalisés dans ce domaine n'ont pas, jusqu'à présent, permis d'isoler un agent pathogène dont l'inoculation reproduise les symptômes de l'encoche sèche.

(*) Remise le 3 novembre 1980.

[1] Ce travail a bénéficié du soutien de l'Institut de Recherches sur le Caoutchouc et du C.N.R.S. (E.R.A. n° 114). Il a été réalisé avec la participation technique de M^{lle} C. Devic (I.R.C.A., Montpellier) et de M. Martin Bbaka Mobio (I.R.C.A., Côte- d'Ivoire). Un microscope à fluorescence a été mis à notre disposition par le Centre de Transfusion sanguine de Montpellier (Pr J.-M. Emberger) et par les laboratoires Clin Midy (Dr G. Richer et M. D. Carrière).

[2] W. BOBILIOFF, *Anatomy of Hevea brasiliensis*, Zurich, 1923, 150 p.; J.-P. RICHES et E. G. B. GOODING, *New Phytol.*, 51, 1952, p. 1-10; B. GOMEZ, R. NARAYANAN et K. T. CHEN, *J. Rubber Res. Inst. Malaya*, 23, 1972, p. 193-203.

[3] R. D. RANDES, *Archf. Rubbercult. Ned.-Indie*, 3, 1919, P. 156-159; A. S. HORNE, *Ann. Bot.*, 35, 1921, p. 457-459; E. RHODES, *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 2, 1930, p. 1-11.

[4] K. PARANJOTHY, J. B. GOMEZ et H. Y. YEANG, *Proc. Int. Rubb. conf.*, 1975, Kuala Lumpur, p. 181-202.

[5] C. HEBANT et E. DE FAÏ, *Z. Pflanzenphysiol.*, 97, 1980, p. 391-398.

[6] K. V. SARKANEN et C. H. LUDWIG, éd., *Lignins, Occurrence, Formation, Structure and Reactions*, Wiley-Interscience, 1971.

[7] K. ESAU, *The Phloem*, encyclopedia of Plant Anatomy, 5/2, 1969, Borntraeger.

[8] J. P. THIERY, *J. Microscopie*, 6, 1967, p. 987-1018.

É. de F. : *Biologie végétale, Faculté des Sciences,*
Université d'Abidjan, B.P. n° 4322,
Abidjan, Côte-d'Ivoire;

C. H. : *Biologie végétale, Université des Sciences et Techniques du Languedoc,*
place-Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier cedex.