

STRUCTURE FINE DU BOIS DE WAPA EN RELATION AVEC LES CONTRAINTE DE CROISSANCE

par A. MARIAUX
et
A. VITALIS-BRUN

Centre Technique Forestier Tropical

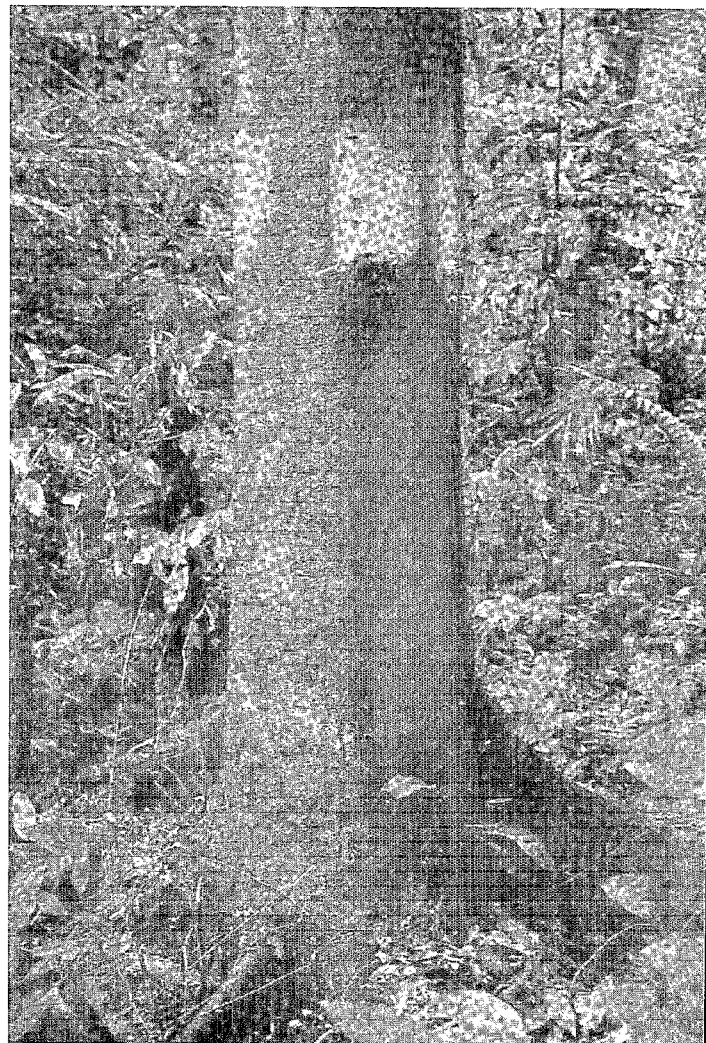


FIG. 1. — *Le Wapa est un arbre de Guyane abondant et de bonne forme. La qualité de son bois en fait une des essences sur lesquelles pourrait s'appuyer l'effort de mise en valeur de la forêt si l'on arrive à dominer les difficultés que rencontre son exploitation.*

SUMMARY

RELATIONSHIPS BETWEEN FINE STRUCTURE IN WAPA AND GROWTH STRESSES

Growth stresses were assessed by a new simplified apparatus on 30 standing trees, in French Guyana, for 3 species of the genus Eperua. Very high longitudinal tensions, leading the felled tree to crack, always are related to a great amount of abnormal fibers, till 100 %. In these species, high tensed growing wood is presumed to be of poor technological quality.

RESUMEN

ESTRUCTURA FINA DE LA MADERA DE WAPA EN RELACION CON LOS ESFUERZOS DE CRECIMIENTO

Se han apreciado los esfuerzos de crecimiento por medio de un dispositivo simplificado, en 30 árboles del bosque de Guayana. Para un mismo género formada por tres especies (Eperua sp. pl.), se ha procedido a la identificación de los caracteres distintivos de variedad y de los caracteres de estructura a analizar en relación con los esfuerzos existentes. Las tensiones longitudinales sumamente elevadas, acarrear la rotura por astillado del árbol en el momento de su tala y se encuentran vinculadas en todos los casos con un contenido de la madera en fibras anormales que puede alcanzar un 100 %. Para esta especie, la madera producida en los árboles en tensión tendrá siempre un carácter mediocre que queda aún por precisar desde el punto de vista tecnológico.

INTRODUCTION

La présence d'un type de bois anormal, dit bois de tension, dans certaines parties des tiges de feuillus inclinées ou à cime fortement déséquilibrée, est bien connue depuis longtemps et l'on sait qu'elle s'observe dans les zones de bois que ce déséquilibre met, ou a mises, en forte tension.

On connaît moins bien le niveau et la répartition des contraintes dans les arbres sur pied normalement équilibrés, et par suite, leur relation avec la présence de bois anormal. On sait moins encore si des niveaux élevés de contrainte entraînent dans tous les cas la présence d'un bois « anormal » au sens le plus général, c'est-à-dire d'un bois qui, sans avoir les fibres typiques du bois de tension, aurait des caractères différents de ceux du bois normal.

Il a déjà été montré, notamment sur le Hêtre (TRENARD et GUENEAU, 1975) et sur l'Eucalyptus (BOYD, 1980), que les valeurs élevées de contraintes correspondent à la présence d'une forte quantité de fibres gélati-

neuses. Récemment, J. D. BOYD a établi une corrélation hautement significative, dans un même arbre, entre les contraintes et l'angle fibrillaire des parois normales ou anormales dans des Eucalyptus (sans différences significatives entre les 2 types de parois).

Notre objectif est d'étendre cette étude aux bois tropicaux, en considérant que le résultat sera de toute façon important par ses conséquences.

Si un bois formé dans un état de fort niveau de contrainte ne présente aucun caractère de structure, même submicroscopique ou chimique, différent d'un bois tout à fait normal, on peut penser qu'après libération des contraintes sans dommage grâce à un mode de débit et un séchage appropriés à leur redistribution, ce bois ne devrait plus présenter aucun comportement anormal à l'emploi.

Si, au contraire, l'existence de fortes contraintes au moment de la croissance est toujours liée à une structure ou une composition particulière on peut craindre

FIG. 2. — Certains arbres se fendent à l'abattage jusqu'à éclater sur pied dès la première entaille à la tronçonneuse, sans qu'on puisse jusqu'ici déceler les arbres « explosifs » redoutés des abatteurs.



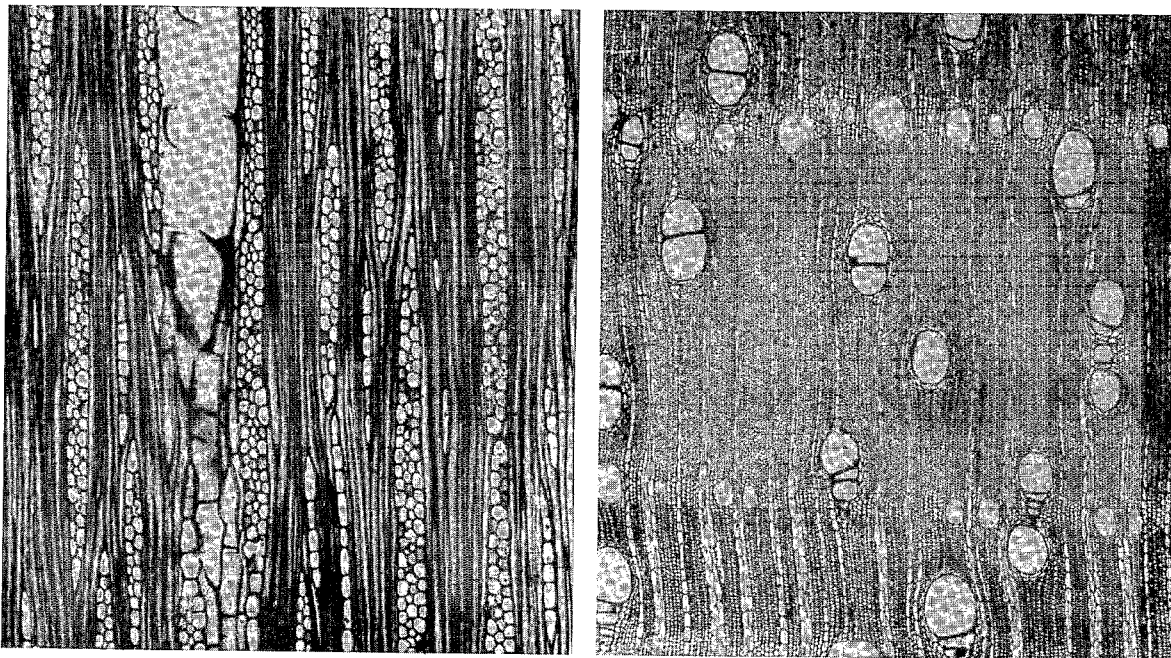


FIG. 3. — Le Wapa ne montre rien dans son plan ligneux qui suggère, par rapport à d'autres essences, une tendance particulière à l'éclatement. Celui-ci se produit d'ailleurs dans des plans longitudinaux d'orientation variée. Ici, section transversale $\times 25$ et section longitudinale tangentielle $\times 55$.

qu'un tel bois n'ait jamais des propriétés — notamment de stabilité — tout à fait normales. Dans ce cas, la possibilité d'identifier les bois à forte contrainte pourra être utilisée pour guider les sylviculteurs et les généticiens dans l'étude des relations entre la formation de ces bois anormaux et les conditions de milieu ou les facteurs génétiques (FERRAND, 1981).

Une étude de la structure du bois liée au niveau des contraintes de croissance sur pied, suppose la connaissance et la mesure de ces contraintes. C'est pourquoi cette recherche a été coordonnée avec celles conduites en Guyane sur la distribution des contraintes dans le

Wapa (*Eperua sp. pl.*) et sur les facteurs liés à l'éclatement de certains Wapa au cours de l'exploitation (fig. 2). Elle est l'œuvre commune de plusieurs chercheurs du C.T.F.T. : P. DÉTIENNE a fait la synthèse bibliographique des recherches sur le bois de tension, A. CHARDIN a conçu l'appareil de mesure des microdéformations, J. THIEL et M. BLOCAILLE ont assuré la plus grande part des mesures et prélèvements en forêt guyanaise commencés avec l'auteur, A. VITALIS-BRUN a fait les photographies au microscope électronique et les mesures sur les fibres.

APERÇU GÉNÉRAL SUR LES WAPA

Sous le nom de Wapa sont connus, en Guyane, des arbres appartenant à plusieurs espèces du genre botanique *Eperua* : notamment *E. falcata*, *E. grandiflora*, *E. rubiginosa*.

Ce sont des arbres de première grandeur, assez bien conformés, donnant un bois brun rougeâtre à traînées rouges huileuses, lourd, à fil bien droit, à faible retrait, mais fissile.

DIFFÉRENCES ENTRE ESPÈCES

En dehors des caractères floraux qui sont à la base de la définition des espèces, il existe des caractères forestiers qui permettent aux prospecteurs avertis de les

reconnaître : aspect de la base du tronc, feuilles, fruits. Donc les récoltes de bois en liaison avec des mesures de tension pourront être identifiées avec certitude quant à

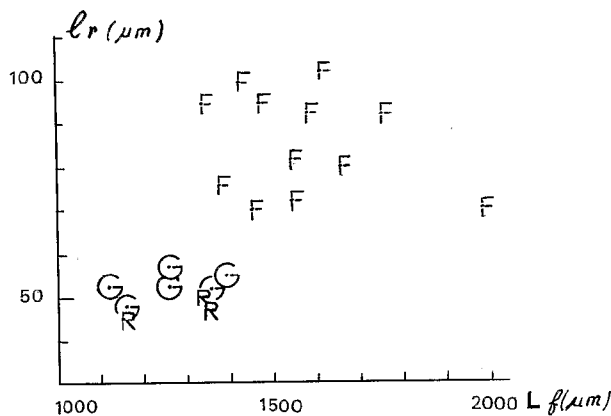


FIG. 4. — Trois espèces de Wapa se rencontrent assez couramment en Guyane : *Eperua falcata* (F), le plus répandu, *E. grandifolia* (G) sur les collines et *E. rubiginosa* (R) dans les bas-fonds humides. Peu de différences anatomiques apparaissent entre ces espèces. Les plus significatives sont la longueur moyenne des fibres (L_f) et la largeur moyenne des rayons (l_r) dont la combinaison graphique sépare bien *E. falcata* du groupe des 2 autres. Il faudra tenir compte de cette différence dans l'analyse des variations liées aux tensions.

l'espèce, au moment des mesures, même en l'absence de documents botaniques complets.

Par son bois (fig. 3), le genre *Eperua* apparaît assez homogène, avec peu de différences marquantes. Cepen-

dant, quelques caractères séparent assez bien *E. falcata* des 2 autres qui, entre-eux, ne semblent pas identifiables avec certitude : notamment la largeur des rayons et la longueur des fibres dont la combinaison en abscisses et ordonnées sur un même graphique engendre des nuages de points, représentatifs des espèces, très bien séparés (fig. 4).

La densité du bois sec est également un peu différente entre *E. falcata* (16 échantillons 0,80 à 0,92), *E. grandiflora* (7 échantillons 0,87 à 1) et *E. rubiginosa* (3 échantillons 0,92 à 1), avec une plage de valeurs communes à 2 espèces.

LES FIBRES ET LES TENSIONS

Rien dans la structure des Wapa ne paraît les prédisposer à se fendre au point d'éclater à l'abattage, si ce n'est un fil assez droit dans l'ensemble. Vaisseaux dispersés, rayons de taille moyenne, parenchyme en bandes tangentielles, sont des banalités. La présence de canaux sécréteurs verticaux en alignements tangentiels est rencontrée sans inconvénients dans d'autres essences.

La tension, comme la compression, ne peut être très forte que si le tissu fibreux en est le siège.

Plusieurs caractéristiques des fibres ont été mises en cause dans les cas de contraintes de croissance élevées :

1) Composition physico-chimique. Il a déjà été avancé que les tensions pourraient résulter du rapprochement des micelles de cellulose pendant la formation de la paroi secondaire. Des variations de cet ordre échapperont à notre étude purement morphologique. Seul, le cas extrême des cellules à paroi non lignifiée, dite « gélatineuse » que nous appellerons en abrégé couche *g*, nous sera accessible par son aspect bien particulier au microscope optique comme au microscope électronique. La présence de fibres *g* dans un bois sera un facteur mesurable en pourcentage.

2) Structure ultra-microscopique de la paroi. La couche S_2 de la paroi secondaire, partie principale de la

paroi normale, est composée de fibrilles, elles-mêmes assemblage de micelles de cellulose imprégnées de lignine. Toutes ces fibrilles présentent une direction dominante en spirale autour de l'axe de la fibre. L'angle d'inclinaison de la spirale, par rapport à l'axe qui a une influence connue sur le retrait longitudinal, semble avoir aussi un rapport avec les tensions, comme vient de le montrer J. D. BOYD (1980). La difficulté est d'observer cet angle.

Au microscope optique, le grandissement n'est pas suffisant pour saisir de tels détails. Au microscope électronique à balayage (M.E.B.), il est parfois possible d'observer des fissurations de paroi qui révèlent la direction dominante des fibrilles de la couche S_2 . On peut constater alors que la direction de fissuration est aussi la direction de l'allongement des orifices internes des ponctuations débouchant dans la cavité de la fibre.

3) Longueur des fibres et allongement par rapport à la longueur de l'initiale du cambium sont des caractères qui pourraient être en liaison avec la formation de tension, comme l'a montré P. DÉTIENNE, et aussi avec l'angle fibrillaire, si l'on se réfère par exemple, au travail de CHAFE. Puisque la longueur des fibres est déjà apparue légèrement différente selon les espèces d'*Eperua*, il y aura lieu de séparer le cas de chaque espèce.

LES CONTRAINTES DE CROISSANCE

DISPOSITIF D'APPRÉCIATION SUR PIED

Les contraintes, tension ou compression, ou du moins les déformations qui en résultent, ont déjà été mesurées sur des arbres sur pied par différents cher-

cheurs, mais, en général, à l'aide d'un dispositif faisant appel à l'électronique pour apprécier les microdéformations de jauges d'extensométrie. En milieu forestier

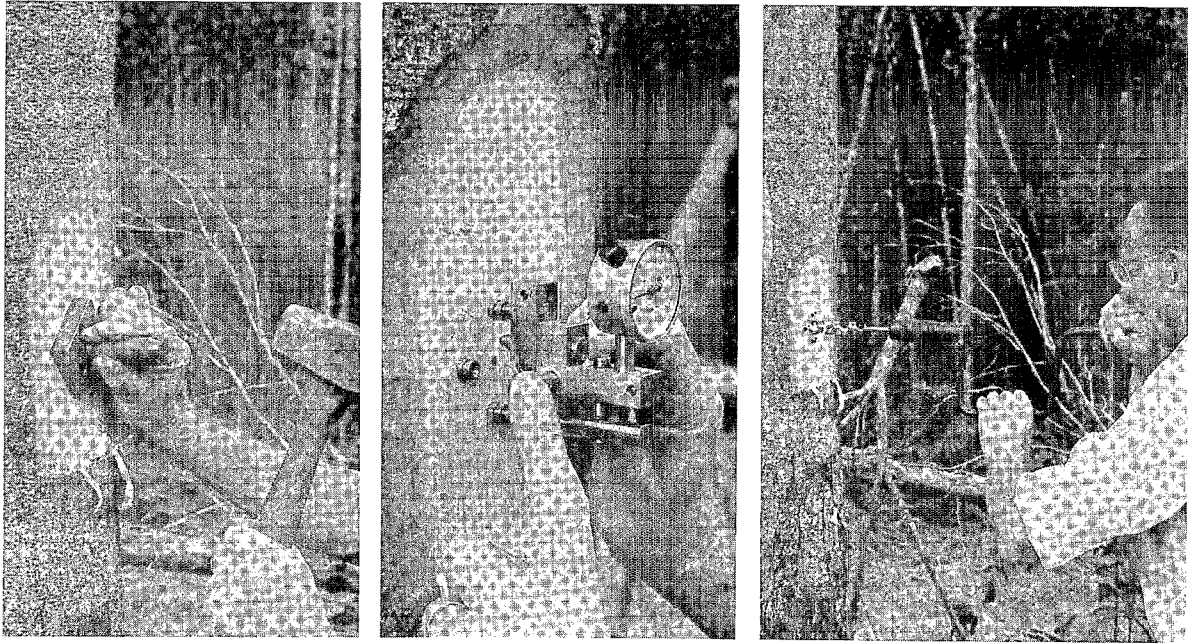


FIG. 5. — L'appréciation des contraintes existant dans l'arbre sur pied se fait par la mesure des déformations du losange formé par 4 pointes creuses quand on ouvre un trou au centre. De gauche à droite : mise en place des pointes sur une flache bien plane ; mesure des distances avant perforation ; ouverture du trou central.

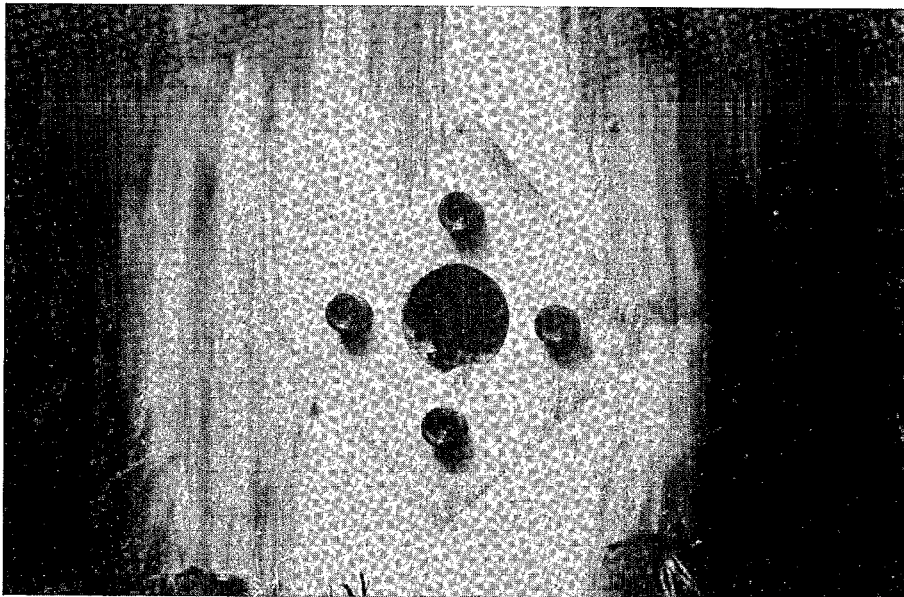


FIG. 6. — Dispositif de mesures de CHARDIN : distance des pointes en diagonales 42 mm ; diamètre du trou central 22 mm ; profondeur 20 mm.

équatorial, cette technique est peu fiable. Pour les différentes recherches prévues au C.T.F.T. sur le Wapa, A. CHARDIN a mis au point, dans le courant de l'année 1980, un appareil simple, basé sur un comparateur

(fig. 5 et 6) et sur une mesure des distances entre 4 pointes à tête évidée disposées en losange. La mesure est faite avant et après perçage d'un trou au centre du losange. La diagonale verticale et la diagonale horizon-

tale sont les 2 mesures principales en un point ; celles des côtés, en position oblique, permettent de contrôler l'ensemble de la déformation et de déceler une erreur éventuelle de lecture. Par le déplacement des pointes à

la suite de l'enlèvement de bois au centre, on obtient une information indirecte sur le niveau et le sens des contraintes.

DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURES EN FORÊT

Les observations et récoltes ont été faites sur 11 sites différents répartis entre Saint-Laurent-du-Maroni et la rivière Conté. 31 Wapa ont été échantillonnés (à raison de 3 à 5 par jour de sortie en forêt). On a rencontré surtout *Eperua falcata* et *E. grandiflora*, sur lesquels s'est fait le plus gros de l'expérience.

Le dispositif expérimental adopté pour chaque arbre choisi était le suivant : en trois points, sauf exception, dont un sur le côté Nord, à hauteur d'homme environ, on réalise à la machette une flache découvrant une sur-

face de bois bien plane sur laquelle est installé le dispositif de CHARDIN, c'est-à-dire les mesures entre 4 pointes avant et après perçage d'un trou central.

Sur chacun des emplacements de mesure on prélève un petit morceau de bois en notant bien sa face extérieure et sa position. 94 prélèvements ont été ainsi rapportés.

Quelques arbres ont été abattus pour observer leur comportement à l'abattage, et cet abattage a été du plus grand intérêt, comme nous le verrons (fig. 29 et 30).

RÉSULTATS DES MESURES DE DÉFORMATION

L'ensemble des microdéformations locales et les observations sur l'arbre sont récapitulées dans le tableau suivant :

DÉFORMATIONS MESURÉES SUR PIED AU NIVEAU DES PRÉLÈVEMENTS					
N° arbre	Circonférence	Orientation	Déplacement		Observations
			Vertical	Horizontal	
<i>Eperua falcata</i>					
2	244	N	+ 44	- 22	
		SO	+ 72	- 8	
		SE	+ 40	- 12	
3	260	N	+ 109	- 27	
		SO	+ 98	- 34	
		SE	+ 97	- 40	
4	188	SE	+ 126	+ 44	
		SO	+ 23	- 27	
		N			
5	186	N	+ 67	- 14	
		SE	+ 177	- 58	
		SO	+ 68	- 27	
6	197	N	+ 66	0	
		SE	+ 100	- 30	
		SO	+ 115	- 18	
8	150	N	+ 100	- 52	
		SO	+ 68	+ 3	
		SE	+ 140	- 65	
10	120	N	+ 33	- 56	
		SO	+ 76	- 26	
		SE	+ 80	+ 26	
11	183	NO	+ 75		
		N	+ 69	- 29	
		SO	+ 85	- 11	
14	145	SE	+ 78	- 4	
		N	+ 110	- 93	
		SO	+ 252	- 65	
15	172	SE	+ 147	- 62	
		N	+ 47	- 67	
		SO	+ 48	- 83	
17	170	SE	+ 46	- 24	
		N	+ 127	- 41	
		SO	+ 98	- 38	
		SE	+ 63	- 37	

N° arbre	Circonfé- rence	Orientation	Déplacement		Observations
			Vertical	Horizontal	
<i>Eperua falcata (suite)</i>					
18	360	N	+ 39	- 36	
		SE	+ 35	- 18	
		SO	+ 36	- 9	
19	162	N	+ 46	- 53	Un peu penché vers l'Ouest Pointe gauche tordue. A tourné ?
		SO	+ 46	+ 85	
		SE	+ 60	- 16	
20	92	NE	+ 271	- 58	Penché vers S.E.
		SE	+ 57	- 52	
21	216	N	+ 23	- 23	Fût creux
		SO	+ 56	- 40	
		SE	+ 24	- 43	
22	192	N	+ 100	- 35	Abattu non éclaté
		SO	+ 81	- 4	
		SE	+ 110	+ 4	
23	233	N	+ 136	- 16	Légèrement penché vers Sud Section irrégulière
		SO	+ 127	+ 42	
		SE	+ 108	- 27	
24	130	N	+ 152	- 43	
		SO	+ 88	- 32	
		SE	+ 197	- 45	
26	109	ENE	+ 57	- 21	Cime déportée vers S.O.
		N	+ 214	- 78	
		SO	+ 52	- 22	
		SE	+ 166	- 53	
<i>Eperua grandiflora</i>					
7	262	N	+ 44	+ 20	
		SO	+ 74	- 31	
		SE	+ 55	- 30	
9	246	N	- 4	+ 12	
		SO	+ 24	- 45	
		SE	+ 46	- 21	
12	191	N	+ 21	+ 1	Cime déportée vers Nord Fût penché
		SO	+ 172	- 15	
		SE	+ 127	- 27	
13	190	N	+ 32	+ 10	Fût penché vers Sud
		SO	+ 39	- 9	
		SE	+ 8	- 5	
27	193	N	+ 62	- 31	
		SO	+ 57	- 33	
		SE	+ 45	- 39	
28	167	N	+ 55	- 45	
		SO	+ 66	- 35	
		SE	+ 57	- 31	
29	91	N	+ 160	- 71	Forte pente du terrain et cime développée vers l'aval
		SO	+ 80	- 27	
		SE	+ 82	- 30	
30	125	O	+ 198		
		N	+ 294	- 76	
		NO	+ 247	- 61	
		SO	+ 280	- 58	
		S	+ 328	- 74	
		SE	+ 306	- 28	
31	111	NE	+ 300	- 25	Cambium prélevé
		N	+ 198	- 53	
		SO	+ 57	- 18	
		SE	+ 98	- 37	
<i>Eperua rubiginosa</i>					
1	230	N	- 62	- 23	Penché vers Nord
		SO	+ 168	- 2	
		SE	+ 199	- 20	
16	182	N	+ 41	- 28	Fût assez court Houppier étalé et abondant
		SO	+ 14	- 55	
		SE	+ 46	- 13	

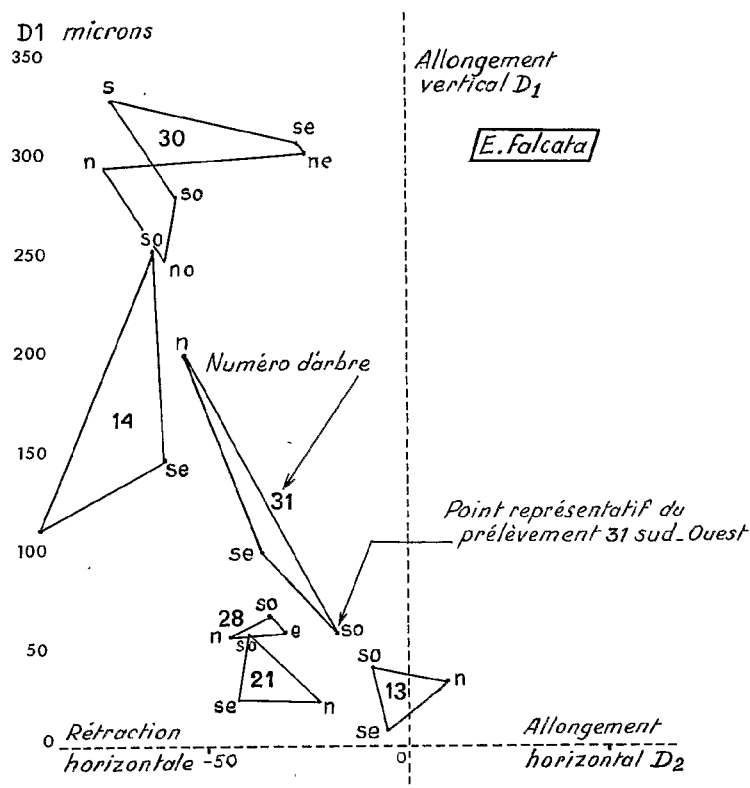


FIG. 7. — Représentation des arbres par le relâchement des contraintes horizontales et verticales aux points de mesures sur pied.

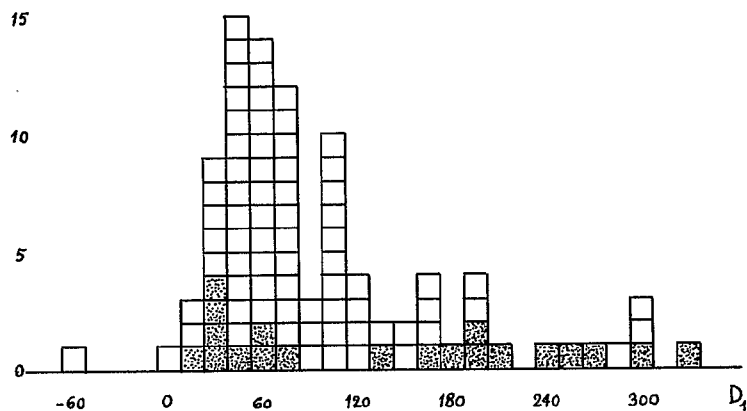


FIG. 8. — Histogramme des valeurs des déformations verticales observées. Les valeurs positives de déformation expriment des tensions ; la valeur négative manifeste un état de compression verticale. En gris, répartition des 20 prélèvements analysés.

Afin de mieux se représenter les intensités de contraintes, on a aussi porté en abscisses et ordonnées (fig. 7) les valeurs de la déformation horizontale et verticale du losange des points. A chaque point d'expérience sur l'arbre, correspond un point du graphique, et l'arbre est représenté par un polygone de trois points en général. La figure donne aussi une bonne idée des arbres à faibles ou à fortes contraintes : réguliers si le triangle est petit ; dissymétriques si le triangle est très étiré.

ANALYSE ANATOMIQUE ET INTERPRÉTATION

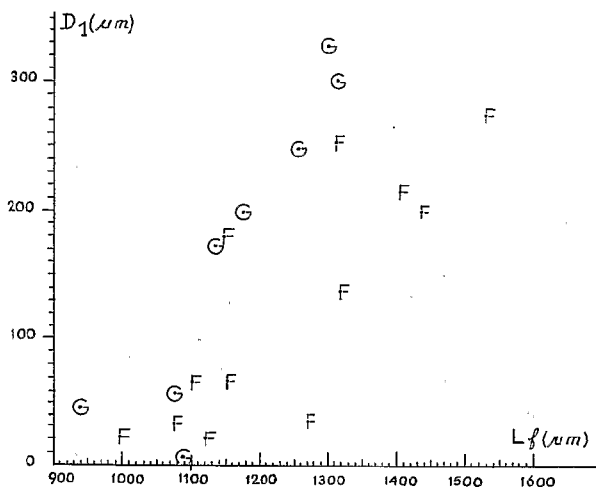
La récolte de près de 100 prélèvements nous a permis d'obtenir une amplitude importante dans la variabilité des contraintes détectées et on a échantillonné dans ce lot une vingtaine de prélèvements allant des déformations verticales les plus faibles jusqu'aux plus fortes. La figure 8 donne l'histogramme des valeurs des déformations verticales pour l'ensemble de la campagne et, en gris, les prélèvements retenus pour l'analyse. Le tableau suivant récapitule, pour les 20 prélèvements analysés, leur espèce, la déformation verticale mesurée, rangée par ordre croissant, la longueur moyenne des fibres, leur élévation par rapport aux éléments courts, l'angle d'inclinaison des ponctuations, et le taux de fibres gélatineuses.

Ce tableau ne donne que les moyennes des mesures sur chaque prélèvement. Les données brutes, mesures individuelles, histogrammes, calculs de variance, etc..., n'ont pas été reproduites ici, et nous avons choisi d'exprimer les résultats par un maximum de représentations graphiques.

Déformation verticale (D_1) et résultats des mesures anatomiques : longueur des fibres L et des cellules initiales i , élongation L/i des fibres par rapport aux vaisseaux et au parenchyme, proportion de fibres gélatineuses g % et angle des ponctuations de fibres θ sur les 20 prélèvements analysés (F = *Eperua falcata*, G = *E. grandiflora*).

Espèce	N° arbre	Ori-entation	D_1	L (μ)	i (μ)	L/i	g %	θ°
G	13	SE	8	1.091	460	2,4	0	11
F	21	N	23	1.120	380	2,9	58	9
F	21	SE	24	997	420	2,4	0	11
F	10	N	33	1.073	530	2,0	0	15
F	18	SE	35	1.277	480	2,7	1	9
G	9	SE	46	939	540	1,7	0	10
G	31	SO	57	1.082	530	2,0	2	8
F	5	N	67	1.105	520	2,1	26	12
F	5	SO	68	1.054	550	2,0	19	6
F	23	N	136	1.321	590	2,2	61	6
G	12	SO	172	1.137	590	1,9	50	5
F	5	SE	177	1.146	540	2,1	72	2
F	24	SE	197	1.436	570	2,5	68	8
G	31	N	198	1.175	510	2,3	55	3
F	26	N	214	1.405	570	2,5	75	11
G	30	NO	247	1.258	500	2,5	91	10
F	14	SO	252	1.315	590	2,2	90	17
F	20	NE	271	1.530	600	2,5	85	17
G	30	NE	300	1.312	520	2,6	100	14
G	30	S	328	1.303	580	2,2	93	13

LONGUEUR DES FIBRES



Pour chaque prélèvement, 100 fibres ont été mesurées sur dissociation (coefficient de variation 14 à 19 %). La figure 9 montre la relation longueur/déformation. Les prélèvements étant figurés par une lettre indicatrice de l'espèce, on voit immédiatement une relation positive entre longueur de fibre et niveau de déformation, et, en même temps, on retrouve la différence montrée par P. DÉTIENNE entre *Eperua falcata* et *E. grandiflora*.

Quelle que soit l'espèce, le bois tendu a une longueur de fibre un peu plus élevée.

FIG. 9. — Longueur des fibres. Relation entre la longueur des fibres L_f et la déformation verticale D_1 pour les 20 prélèvements choisis. On retrouve assez clairement la tendance à une plus grande longueur de fibres chez *E. falcata*, pour un même niveau de déformation.

Pour toutes les figures F = *Eperua falcata* ;
G = *E. grandiflora*.

ALLONGEMENT DES FIBRES

Dès l'instant où les prélèvements les plus tendus ont aussi statistiquement les fibres les plus longues, on peut penser que la tension pourrait être liée à leur allongement plus élevé à partir des cellules dérivées du cam-

bium, c'est pourquoi on a mesuré dans les dissociations, la longueur (i) des éléments de vaisseaux et des files de cellules de parenchyme, pour avoir un ordre de grandeur des initiales du cambium, dont ces éléments

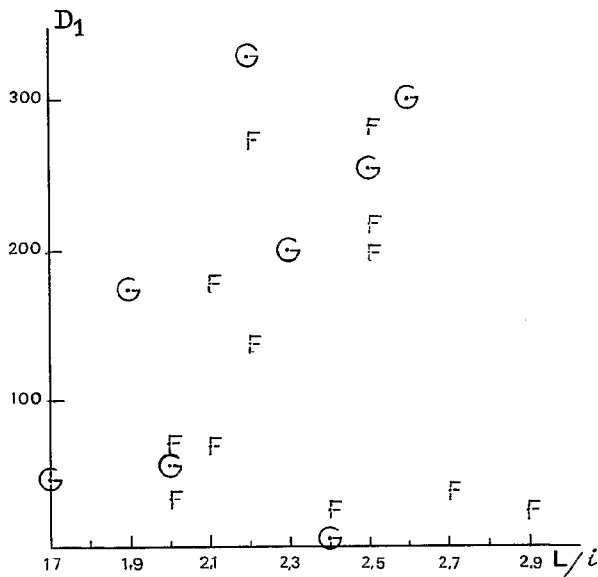


FIG. 10. — Allongement des fibres. Il n'apparaît pas de liaison significative entre l'allongement L/i des fibres, et la déformation verticale D_1 .

sont en principe issus sans changement de longueur. La figure 10 montre que la liaison entre cette elongation et la déformation est très faible, ce qui laisse supposer que les initiales du cambium, ou du moins les cellules-filles qui en dérivent avant différenciation, ont été elles-mêmes marquées par l'action du facteur de tension. On a donc construit aussi (fig. 11) la relation entre i et D_1 ,

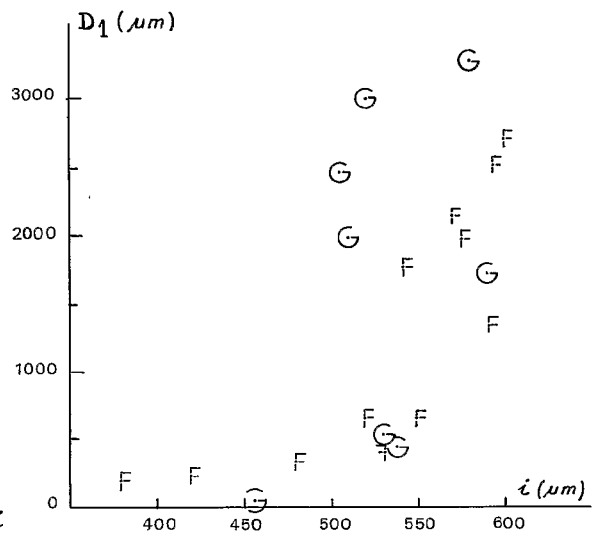
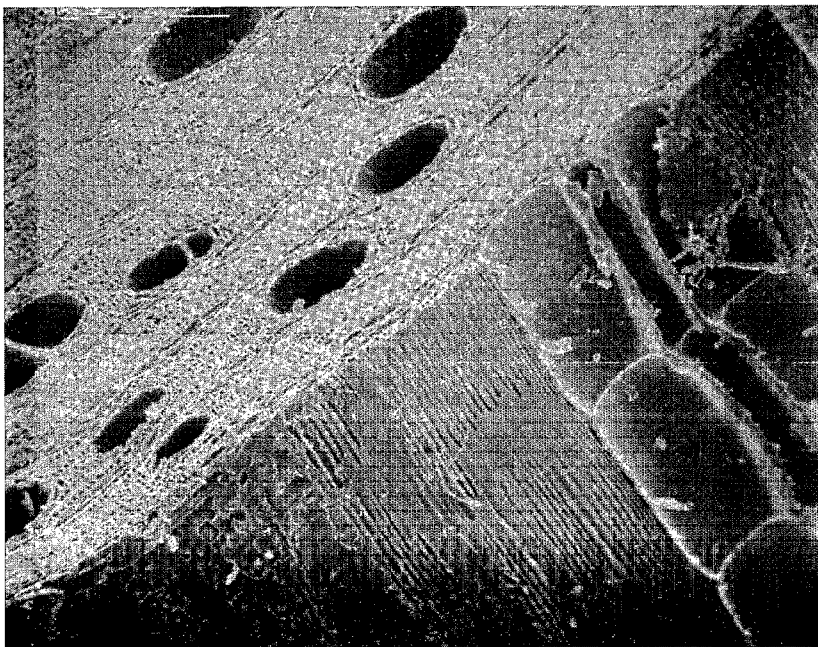


FIG. 11. — Longueur des éléments courts (vaisseaux, parenchyme) comme expression des initiales cambiales i , en relation avec la déformation verticale D_1 .

qui indique une nette liaison dans le cas des *Eperua falcata* (F).

Il y aurait donc lieu d'approfondir la relation entre tension et longueur des cellules de la zone cambiale. Nous ne l'avons pas fait ici car nos prélèvements ne comportent pas la zone cambiale elle-même.

ANGLE FIBRILLAIRE



Une section radiale finement tranchée a été explorée au M.E.B. (fig. 12 et 13), pour trouver des fibres ouvertes montrant à l'intérieur de leur cavité des orifices de punctuations en fente. Sur chacun des 20 échantillons étudiés, on a photographié au moins 10 fibres présentant des punctuations et sur lesquelles, à la fois la direction axiale de la fibre et la direction des punctuations pouvaient être définies avec précision pour la mesure de l'angle θ entre elles.

Les valeurs obtenues pour l'angle θ sont en général très proches pour les punctuations de

FIG. 12. — Vue d'ensemble au M.E.B. (Microscope électronique à balayage) d'un prélèvement de WAPA, pour examen des fibres en section transversale et radiale. Grossissement $\times 85$.

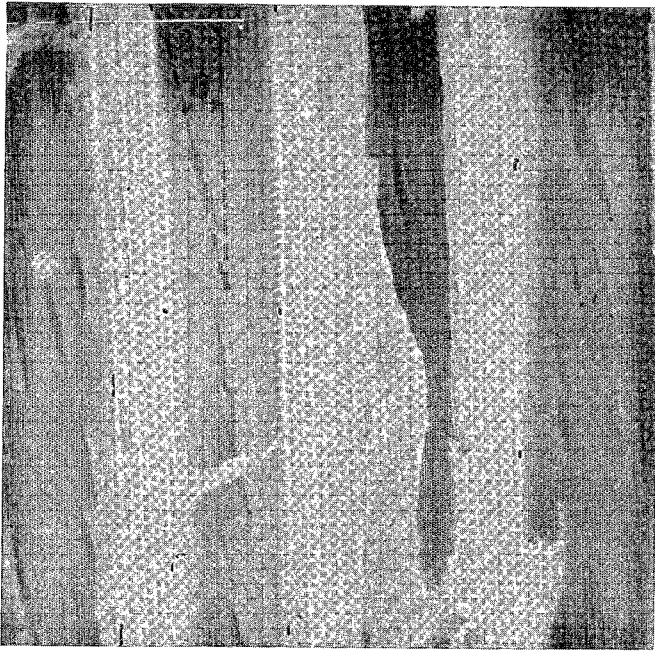


FIG. 13. — Section radiale de WAPA au M.E.B. ($\times 2\ 400$) montrant les cavités ouvertes des fibres. Mesure de l'angle θ des ponctuations en fente avec l'axe de la fibre.

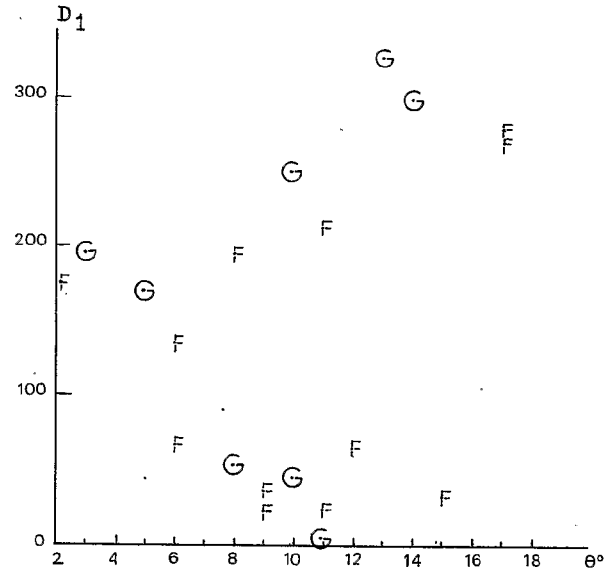


FIG. 14. — Angle fibrillaire. Relation entre l'angle θ que font les ponctuations avec l'axe des fibres, et la déformation verticale D_1 . Deux relations apparaissent : l'une négative pour les faibles D_1 (il s'agit de prélèvements à fibres normales) ; l'autre positive pour les D_1 forts (il s'agit de prélèvements à fibres gélatineuses sur lesquelles les angles des ponctuations sont liés aux fibrilles d'une couche S_2 très réduite ou de la S_1).

FIG. 15. — Section transversale au M.E.B. ($\times 2\ 000$) montrant des fibres à paroi normale. On note les ponctuations entre fibres, allongées en fente.

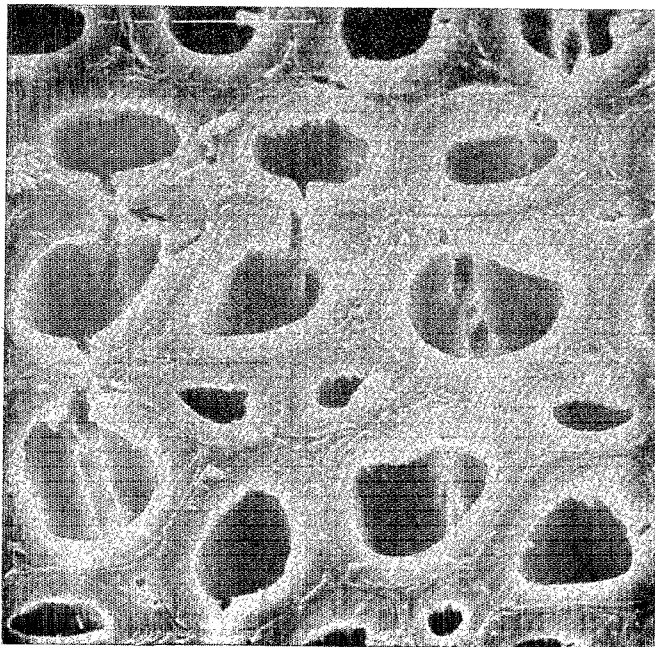


FIG. 16. — Section transversale au M.E.B. ($\times 4\ 000$) montrant des fibres à paroi « gélatineuse » g décollée ou plissée.



la même fibre, mais assez variables d'une fibre à une autre. Par exemple, 0° à 5° (moyenne 3°), ou 5° à 20° (moyenne 11°) ou encore 10° à 37° (moyenne 17°). La valeur moyenne n'est donc qu'un ordre de grandeur, mais elle suffit pour voir qu'aucune liaison n'apparaît globalement entre θ et D_1 . Cependant le nuage de points (fig. 14) est assez singulier dans sa répartition,

montant de droite à gauche pour les faibles contraintes, puis de gauche à droite pour les plus fortes (sans relation avec les espèces *Eperua falcata* (F) et *E. grandiflora* (G).

L'explication se trouve peut-être dans l'abondance de fibres gélatineuses dans les bois à forte contrainte verticale. Nous y reviendrons.

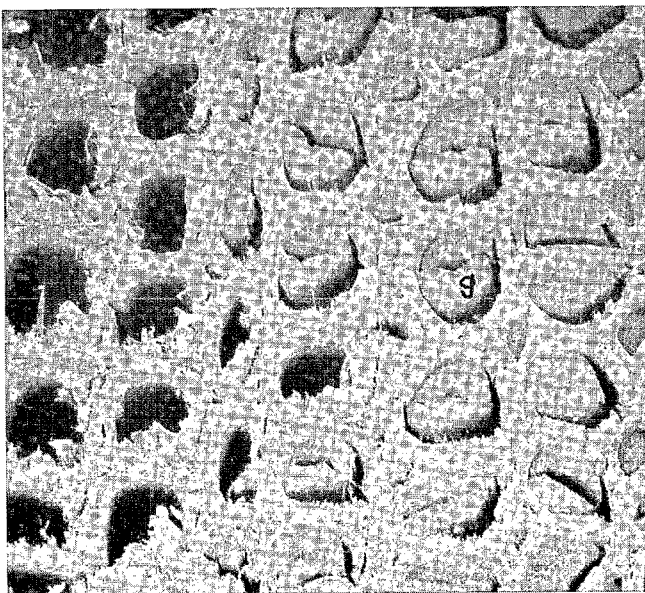
PRÉSENCE DE FIBRES GÉLATINEUSES

Au microscope électronique, dans certains bois, les cavités des fibres étaient difficiles à observer, ou bien les « cavités » visibles ne semblaient pas être la véritable lumière de la fibre mais une surface de décollement d'une couche interne (fig. 15 et 16).

Un examen de préparations microscopiques classiques a confirmé la présence de nombreuses fibres gélatineuses. La coloration des coupes ne semblait pas montrer une différence chimique entre les fibres normales et la partie lignifiée des fibres gélatineuses, mais la couche interne *g*, tantôt épaisse, tantôt assez mince, refusait la coloration et apparaissait, en général, fortement décollée de la paroi normale, au moins d'un côté.

Cependant, le dénombrement des fibres gélatineuses est apparu possible sur bois massif finement tranché transversalement et débarrassé de ses contenus résineux, sous un grossissement de 600 fois en lumière incidente conique (objectif Leitz Ultropak à convergence de lumière réglable) ce qui a permis une exploration très intensive portant sur 500 à 1.000 fibres pour chaque prélèvement (fig. 17).

FIG. 17. — Section transversale au M.E.B. ($\times 1000$) semblable aux sections observées sous lumière incidente au microscope optique, et permettant de dénombrer les fibres « gélatineuses », ici très épaisses.



La figure 18 montre une relation étroite et positive entre le pourcentage de fibres gélatineuses dénombrées (de 0 à 100 %) et la déformation verticale mesurée. Les prélèvements ne contenant pas de fibres gélatineuses, ou moins de 30 %, correspondent à des zones de bois très faiblement tendues, et un taux de 90 à 100 % correspond aux cas de tensions observées les plus fortes.

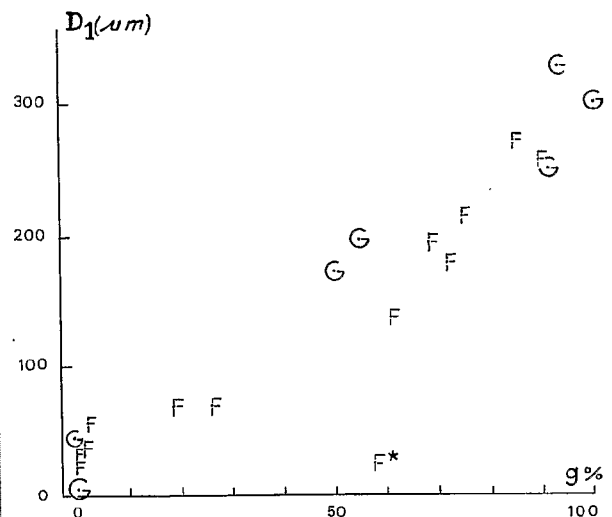
Les deux espèces d'*Eperua* se rencontrent dans les prélèvements, depuis les plus faibles jusqu'aux plus fortes valeurs de *g* % et de D_1 , on ne peut donc dire qu'une espèce soit plus tendue que l'autre, sauf à le vérifier statistiquement sur un plus grand nombre de cas.

Sans aucune exception rencontrée, un bois de Wapa très tendu est un bois riche en fibres gélatineuses.

Un point remarquable du graphique est à commenter : nous l'avons représenté *F**. Ce prélèvement (n° 21 *N*) est le seul qui s'écarte fortement de la loi générale de relation D_1/g % : il comporte 58 % de fibres gélatineuses et n'a montré qu'un allongement de 23 microns entre pointes. Nous avons redouté une

FIG. 18. — Relation entre la proportion de fibres gélatineuses (*g* %) et la déformation verticale D_1 pour 20 prélèvements parmi les plus et les moins tendus dans le lot de 100 récoltes.

*F** est le prélèvement 21 *N* riche en fibres gélatineuses, mais sans tension, cité dans le texte.



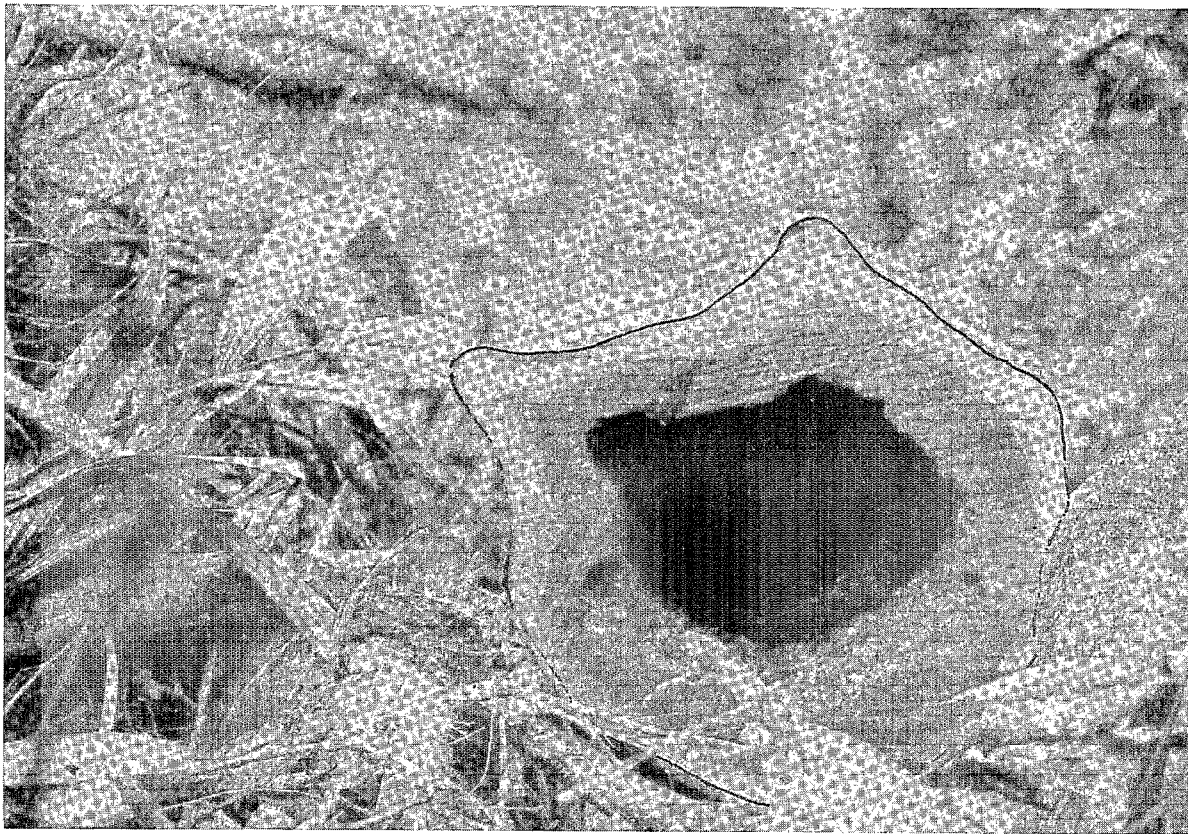


FIG. 19. — L'arbre n° 21 était creux, ce qui explique l'absence de tension périphérique élevée (pas de bois comprimé au centre) malgré l'abondance de bois de tension dans le prélèvement analysé.

erreur de mesure ou de numéro de prélèvement, avant de nous apercevoir qu'il s'agissait de l'arbre trouvé creux à l'abattage (fig. 19), d'où l'intérêt d'avoir abattu quelques arbres. Malgré la production de fibres gélatineuses, il ne pouvait s'y développer de tension externe élevée puisque le cœur disparu ne pouvait être mis en compression. C'est une preuve que le bois de tension n'est pas la conséquence d'une tension élevée, mais

d'un facteur de différenciation destiné à créer une tension.

La photographie finale (fig. 20) illustre la conséquence habituelle de l'excès de bois de tension : pratiquement 100 % de fibres gélatineuses, et les tensions les plus élevées que nous ayons rencontrées. C'est l'arbre n° 30 qui a éclaté d'une façon spectaculaire à l'abattage (voir aussi son diagramme fig. 7).

ANGLE FIBRILLAIRE DANS LE BOIS DE TENSION

Nous avons vu que les pentes des ponctuations sont souvent mesurées, dans ce cas, au niveau de contact de la couche S_2 réduite avec la couche décollée g , et non dans l'étroite lumière réelle de la fibre. Au lieu de se rapprocher d'une valeur nulle, comme cela est décrit

par BOYD dans les fibres gélatineuses, la pente observée n'est plus alors en relation avec la structure de la partie prépondérante g de la paroi, et subit peut-être l'influence des premières couches, proches de la lamelle moyenne, à fibrilles très inclinées.

CONCLUSION

Identifiés par la méthode simple et fiable de CHARDIN, les prélèvements sur pied de bois de Wapa très tendus ont montré systématiquement une teneur

très élevée en « bois de tension ». Celui-ci est caractérisé par une paroi gélatineuse des fibres épaisse à très épaisse, et aussi par une longueur plus grande des élé-

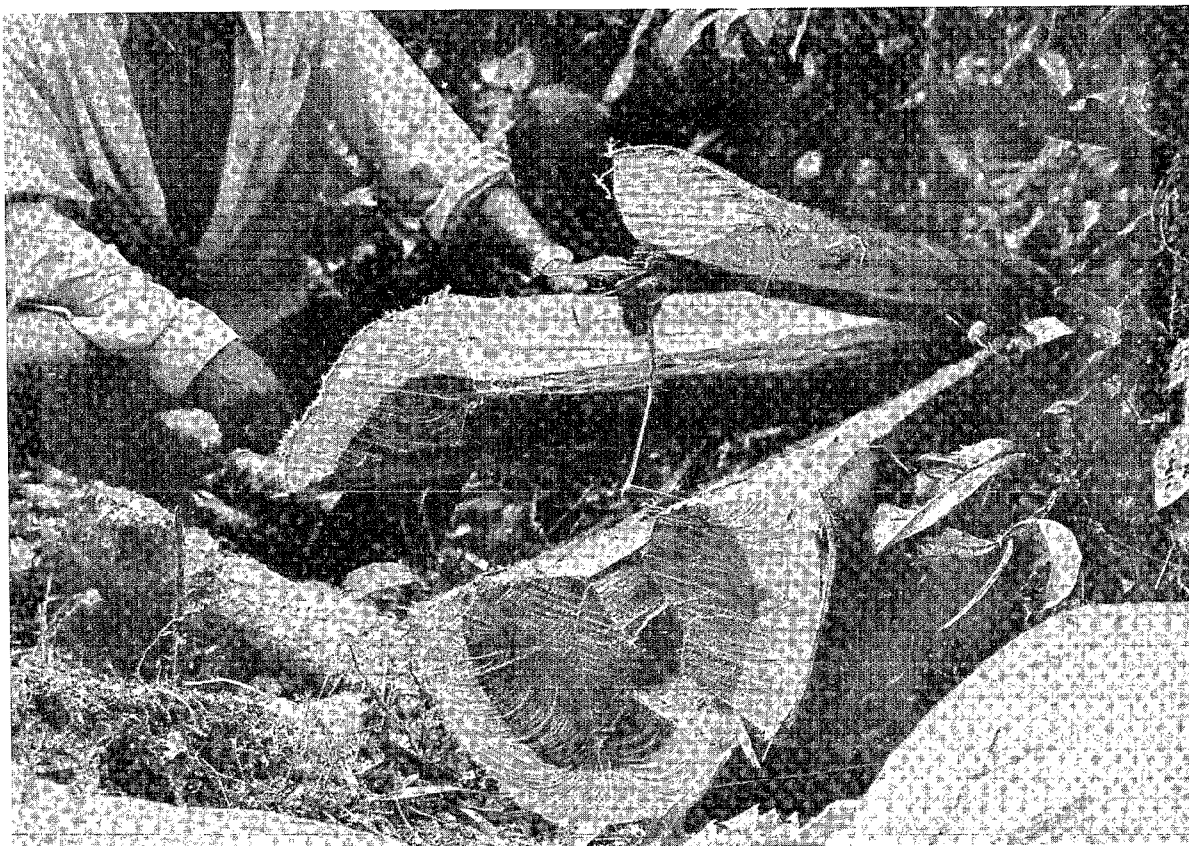


FIG. 20. — L'arbre n° 30 ayant donné les valeurs les plus élevées de déformation verticale, a été abattu pour voir son comportement ; il a éclaté en cours d'abattage et a continué à s'ouvrir à terre.

ments révélant une différenciation dès le cambium, par rapport au bois normal.

La loi générale dans les Wapa serait donc que, par rapport au bois normal faiblement tendu au moment de sa formation, les tensions sont induites par des fibres plutôt longues, à angle fibrillaire plus faible et avec développement d'une importante paroi non lignifiée dite « gélatineuse », dans le cas de tensions élevées. La différenciation commence dès le cambium puisque tous les éléments cellulaires accusent une longueur un peu supérieure à la normale.

Ces observations rejoignent celles réalisées dans d'autres conditions et d'autres climats, sur des Hêtres par TRENARD et GUÉNEAU, sur des Eucalyptus par BOYD.

Il faut en conclure que le relâchement des tensions dans les bois par l'abattage et le sciage n'élimine pas l'état anormal et que le bois produit dans les arbres tendus sera toujours d'une nature particulière dont la qualité reste à préciser sur le plan technologique.

RÉFÉRENCES

- TRENARD (Y.), GUÉNEAU (P.), 1975. — Relations entre contraintes longitudinales et bois de tension dans le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.). *Holzforschung* Bd 29, H. 6 (217-223).
- DÉTIENNE (P.), 1976. — Recherche et nature du bois de tension dans quelques arbres tropicaux. C.T.F.T., rapport non publié, avec une bibliographie très étendue des publications sur le bois de tension.
- BOYD (J. D.), 1980. — Relationships between Fibre Morphology, Growth strains and Physical Properties of wood. *Aust. For. Res.*, 10 (337-360).
- FERRAND (J. C.), 1981. — Recherche des solutions pratiques à apporter aux problèmes posés par les contraintes de croissance des arbres forestiers. Thèse de Docteur Ingénieur, Institut National Polytechnique de Lorraine.