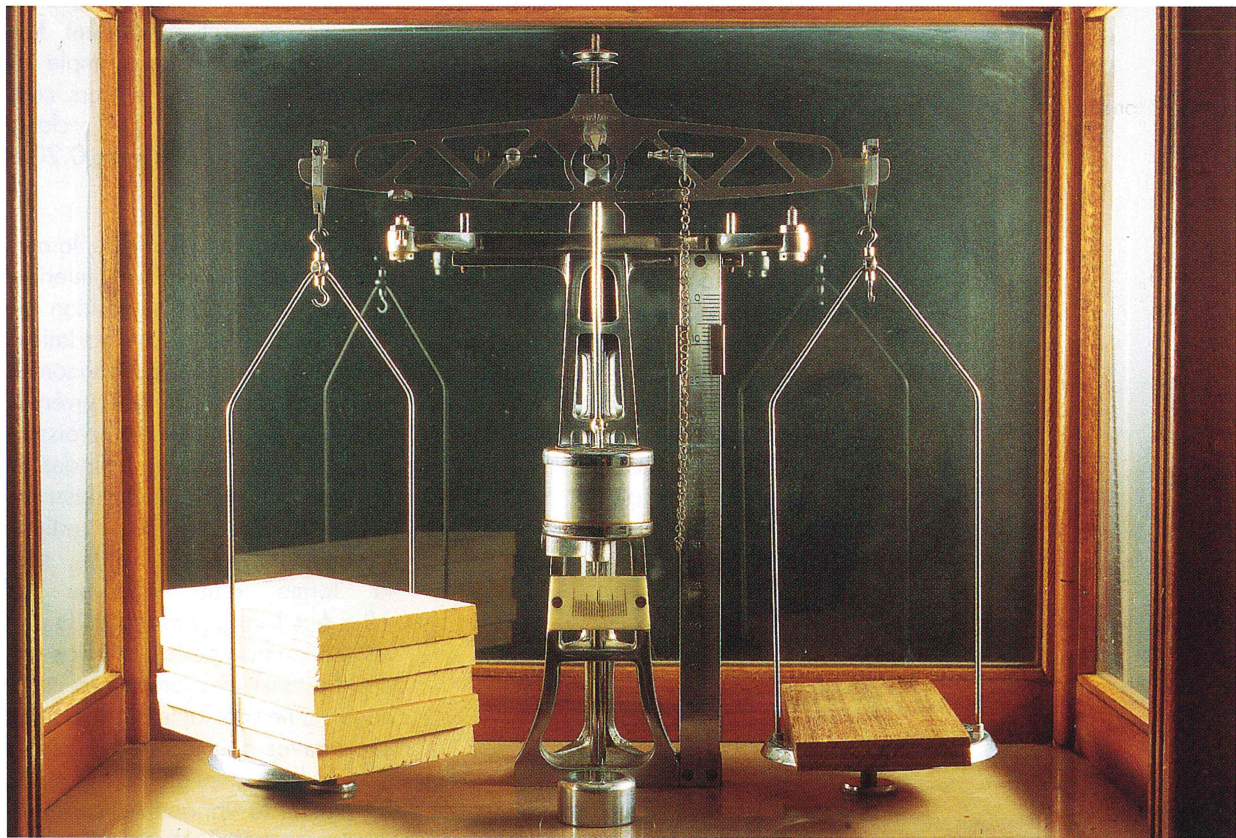


Pierre DETIENNE
CIRAD-Forêt

Bernard CHANSON
CIRAD-Forêt

L'ÉVENTAIL DE LA DENSITÉ DU BOIS DES FEUILLUS

Comparaison entre différentes régions du monde



La densité du bois noir est quatre fois plus élevée que celle du bois clair.
The density of dark wood is four times higher than light wood.

La densité des bois du monde, d'un continent ou même d'une grande famille botanique, suit une loi de distribution normale, conséquence certaine de la diversité biologique.

Avec la couleur comme élément d'appréciation esthétique, la densité est le caractère le plus facile à appréhender pour estimer les caractéristiques mécaniques d'un bois. Même si, comme la couleur, ce critère de description et de classement varie un peu à l'intérieur d'une même espèce, il est néanmoins assez fiable ; il est d'ailleurs couramment utilisé pour qualifier le matériau, permettant d'avoir facilement une certaine idée des propriétés et des aptitudes de chaque essence (U.S. Department of Agriculture, 1956 ; KINGSTON *et al.*, 1961 ; CHU, 1975 ; WENGERT, 1979 ; GUITARD, 1987). Cependant, la densité moyenne d'un groupe ou d'une catégorie de bois est parfois appréciée de manière subjective : les bois tropicaux peuvent ainsi être réputés lourds, durs et colorés quand les références sont les Ebènes et les Palisandres alors qu'ils seront au contraire prétendus légers et tendres si les références sont le Balsa et l'Okoumé. En fait, si toute la gamme des densités est représentée dans la panoplie des essences mondiales, existe-t-il réellement une différence dans les distributions de densité entre les bois de provenances géographiques différentes aussi significatives que celles observées entre les bois de deux forêts mexicaines (Barajas-Morales, 1987) ? La même analyse sera en outre réalisée au niveau intrafamilial à partir de trois familles pantropicales et abondantes sur les zones géographiques prises en compte.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

MATÉRIELS

L'échantillon est composé de 3 805 espèces de Dicotylédones prises dans la xylothèque du CIRAD-Forêt. Ces espèces sont capables de donner des arbres d'au moins

20 cm de diamètre et donc potentiellement commercialisables. De par la vocation du CIRAD-Forêt, la plupart des espèces considérées sont d'origine tropicale (mis à part quelques espèces françaises et coréennes), mais de vastes régions du globe ne sont pas représentées ici (Amérique du Nord, Australie, Europe).

DENSITÉ DU BOIS, ÉCHANTILLONNAGE

La densité d'un bois peut être exprimée de plusieurs façons. Dans cette étude, nous avons utilisé la densité à 12 % d'humidité définie par la Norme Française B 50-002. Elle correspond à environ 1,23 fois la densité basale (quotient de la masse du bois anhydre par le volume saturé). Les densités à 12 % calculées ont été conventionnellement rangées dans un système simple de classes : classe 1 = valeurs comprises entre 0,10 et 0,19 ; classe 2 = valeurs comprises entre 0,20 et 0,29, etc.

A un même taux d'humidité, la densité varie plus ou moins à l'intérieur d'un tronc, selon la position de l'échantillon étudié : aux variations possibles dans le sens horizontal, dues à la présence de bois juvénile, d'aubier, à des vitesses de croissance différentes selon les périodes de la vie de l'arbre, s'ajoutent aussi des variations dans le sens vertical. L'échantillonnage disponible, sous la forme d'un morceau de $13 \times 6 \times 1$ cm par arbre tiré le plus souvent du bois parfait, n'a pas permis d'estimer exactement ces variations qui ne sont toutefois pas assez importantes pour fausser le classement, relativement grossier, adopté. De même, la variabilité interindividuelle, neutralisée lorsque l'échantillonnage par espèce est abondant (dix échantillons), ne peut, au pire, que décaler certains résultats d'une

seule classe lorsque la valeur attribuée à l'espèce est celle d'un unique spécimen ou la moyenne de 2. Ainsi une moyenne de 0,67 ($\sigma = 0,064$) calculée avec plusieurs échantillons place-t-elle l'espèce dans la classe 6 alors qu'un ou deux échantillons de 0,70 de densité la classeraient en 7.

ESPÈCES ET RÉGIONS GÉOGRAPHIQUES CONSIDÉRÉES

Le choix des régions n'a pas été totalement aléatoire car il fut orienté par la nécessité de pouvoir évaluer beaucoup d'échantillons appartenant au plus grand nombre possible de genres et de familles botaniques sur un territoire relativement homogène. Les dix zones retenues et regroupées par continent sont données dans le tableau I.

Amérique tropicale représentée :

- par un groupe andin (Equateur et Pérou : 333 espèces testées),
- par un groupe guyanais (Guyane française et Surinam : 570 espèces),
- par un petit groupe caraïbe (îles de Guadeloupe et de Martinique : 292 espèces),

soit trois zones.

Afrique tropicale comprenant :

- un groupe sahélien (Burkina Faso, Mali et Nord-Sénégal : 89 espèces),
- deux zones humides, l'une occidentale (moitié méridionale de la Côte-d'Ivoire : 341 espèces), l'autre centrale (Congo et Gabon : 522 espèces),

soit trois zones.

Madagascar, île considérée comme un grand bloc par sa flore importante et particulière (803 espèces testées).

TABLEAU I NOMBRES D'ESPÈCES, DENSITÉ MOYENNE ET ÉCART-TYPE (σ) SELON LES RÉGIONS		
Régions	Nombre d'espèces	Densité moyenne
Inde	270	0,686 $\sigma = 0,191$
Cambodge, Laos, Vietnam	465	0,691 $\sigma = 0,182$
Total Asie	735	0,689 $\sigma = 0,185$
Guyanes	570	0,755 $\sigma = 0,218$
Antilles	292	0,756 $\sigma = 0,211$
Equateur-Pérou	333	0,650 $\sigma = 0,201$
Total Amérique	1 195	0,735 $\sigma = 0,218$
Savanes Afrique	89	0,734 $\sigma = 0,186$
Sud Côte-d'Ivoire	341	0,699 $\sigma = 0,185$
Congo-Gabon	522	0,733 $\sigma = 0,184$
Total Afrique	952	0,721 $\sigma = 0,185$
Madagascar	803	0,785 $\sigma = 0,203$
France-Corée	120	0,652 $\sigma = 0,141$
Total général	3 805	0,731 $\sigma = 0,201$

Asie avec :

- un groupe tropical indochinois (Cambodge, Laos et Vietnam : 465 espèces),
- l'Inde associant divers climats, du tropical au tempéré montagnard (270 espèces),

soit deux zones.

Régions à climat tempéré représentées ici par le groupe très artificiel France-Corée (120 espèces).

RÉSULTATS

Le tableau II permet d'apprécier, d'un point de vue statistique, si les valeurs moyennes de densité par région, toutes espèces comprises, sont significativement différentes.

ÉTENDUE DES DENSITÉS DU BOIS

Etant donné le grand nombre d'espèces étudiées, ainsi que la surface et la diversité de leurs aires naturelles, l'étendue des densités est extrêmement grande, allant de la classe 1 à la classe 12 (fig. 1, p. 22), c'est-à-dire de 0,10 à 1,29. Rappelons ici que la densité de la paroi cellulaire des éléments du bois est estimée entre 1,44 et 1,54 selon les auteurs et les méthodes d'estimation (STAMM, 1929 ; WILFONG, 1966 ; KELLOG, WANGAARD, 1969). Elle eût été encore plus vaste si les bois d'*Aeschynomene elaphroxylon* Taub. (Fabacées des marécages africains) et de *Zollernia paraensis* Huber (Caesalpiniciacées en Amazonie)

TABLEAU II

COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES DE DENSITÉ PAR RÉGION

	France	Inde	CLV	CI	Congo	Savane	Antilles	Guyane
Equateur	NS	S	S	S	S	S	S	S
France		NS	S	S	S	S	S	S
Inde	NS		NS	NS	S	S	S	S
CLV	S	NS		NS	S	S	S	S
CI	S	NS	NS		S	NS	S	S
Congo	S	S	S	S		NS	NS	S
Savane	S	S	S	S	NS		NS	NS
Antilles	S	S	S	S	NS	NS		NS
Guyane	S	S	S	S	S	NS	NS	
Madagascar	S	S	S	S	S	S	S	NS

S = différence significative, NS = non significative, CLV = Cambodge, Laos, Vietnam, CI = Côte-d'Ivoire.

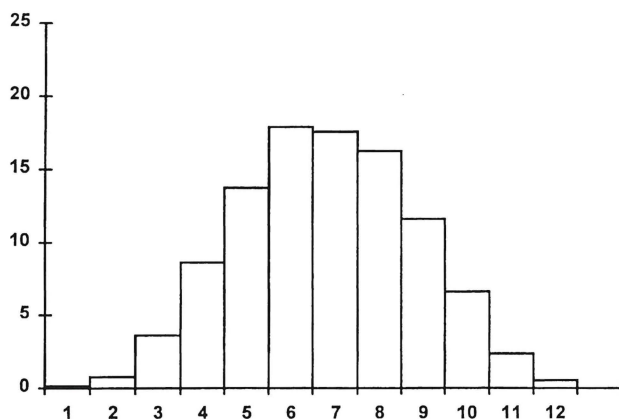
ENSEMBLE DES DONNEES
n = 3805

Figure 1. Distribution (en %) de l'ensemble des espèces par classes de densité.
Distribution (in %) of all species by category of density.

avaient été échantillonnés dans les zones géographiques de cette étude : classe 0 (densité moyenne de 0,08) pour la première espèce, classe 13 (densité moyenne de 1,30) pour la seconde.

Il apparaît que les espèces au bois extrêmement léger ou extrêmement lourd sont très peu nombreuses car,

aussi étrange que cela puisse paraître, les densités sont normalement distribuées (tableau III).

Les espèces classées en 1 et 2 représentent à peine 1 % du total (36 sur 3 805). Ce ne sont que certaines espèces de quelques genres d'un petit nombre de familles : *Operculicarya* (Anacardiaceae à Madagascar), *Cleistopholis* (Annonaceae en Afrique), *Adenium* (Apocynaceae en Afrique), *Adansonia*, *Cavanillesia*, *Ceiba*, *Ochroma* (Bombacaceae, le premier en Afrique, les autres en Amérique), *Commiphora* (Burséraceae à Madagascar), *Givonia*, *Newboultonia*, *Ricinodendron* (Euphorbiaceae, le premier à Madagascar, les deux autres en Afrique), *Erythrina*, *Machaerium* (Fabaceae, le premier sur tous les continents, le second en Amérique), *Hernandia*, *Gyrocarpus* (Hernandiaceae, en Amérique et à Madagascar), *Cecropia*, *Ficus*, *Musanga* (Moraceae, les deux premiers en Amérique, le troisième en Afrique), *Meliosma* (Sabiaceae en Asie) *Sterculia* (Sterculiaceae en Asie) et *Heliocarpus* (Tiliaceae en Amérique).

Les espèces au bois extrêmement dense, classées en 11 et 12, sont un peu plus nombreuses mais ne réunissent cependant que 3 % de l'ensemble (seulement 22 espèces, soit 0,6 %, composent la classe 12). La classe 12 rassemble certaines espèces des genres suivants : *Brenierea*, *Bocoa*, *Swartzia* (Caesalpinaceae, le premier à Madagascar, les deux autres en Amérique), *Eremo-*

TABLEAU III

RÉSULTATS DU TEST DE NORMALITÉ DE WILK PAR RÉGION

France	Inde	CLV	CI	Congo	Savane	Antilles	Guyane	Madagascar
0,940	0,942	0,940	0,957	0,948	0,950	0,961	0,957	0,956

CLV = Cambodge, Laos, Vietnam, CI = Côte-d'Ivoire.

laena (Chlaenacées à Madagascar), *Diospyros* (Ebénacées en Asie), *Dalbergia*, *Indigofera*, *Phyllonoxylon* (Fabacées, les trois à Madagascar, le premier aussi en Afrique), *Humbertia* (Humbertiacees à Madagascar), *Mouriri* (Mélastomatacées en Amérique), *Krugiodendron* (Rhamnacées en Amérique), *Placodiscus*, *Talisia* (Sapindacées en Afrique et en Amérique), *Capurodendron*, *Pouteria* (Sapotacées, le premier à Madagascar, le second en Amérique) et *Guaiacum* (Zygophyllacées en Amérique).

FRÉQUENCE DES DENSITÉS DU BOIS EN FONCTION DES ZONES GÉOGRAPHIQUES

Les figures 2 à 6 représentant les fréquences d'espèces par classe de densité en fonction des zones géographiques laisse percevoir deux types : le cas où trois classes (parfois deux seulement) émergent par leur effectif élevé et le cas où quatre classes sont dominantes.

• Dans le premier cas, les trois classes dominantes sont les

classes 5-6-7 en Inde (58,2 % des espèces dans ces trois classes, fig. 4B), au Cambodge-Laos-Vietnam (58 %, fig. 4C), en France-Corée (74,2 %, fig. 5) ou les classes 6-7-8 en Côte-d'Ivoire (56 %, fig. 2B) et au Congo-Gabon (58,6 %, fig. 2C).

• Dans le second cas, les quatre classes dominantes sont les classes 6-7-8-9 dans les Antilles (62 %, fig. 3B), les Guyanes (61,2 %, fig. 3D), à Madagascar (68,6 %, fig. 6) ou les classes 4-5-6-7 en

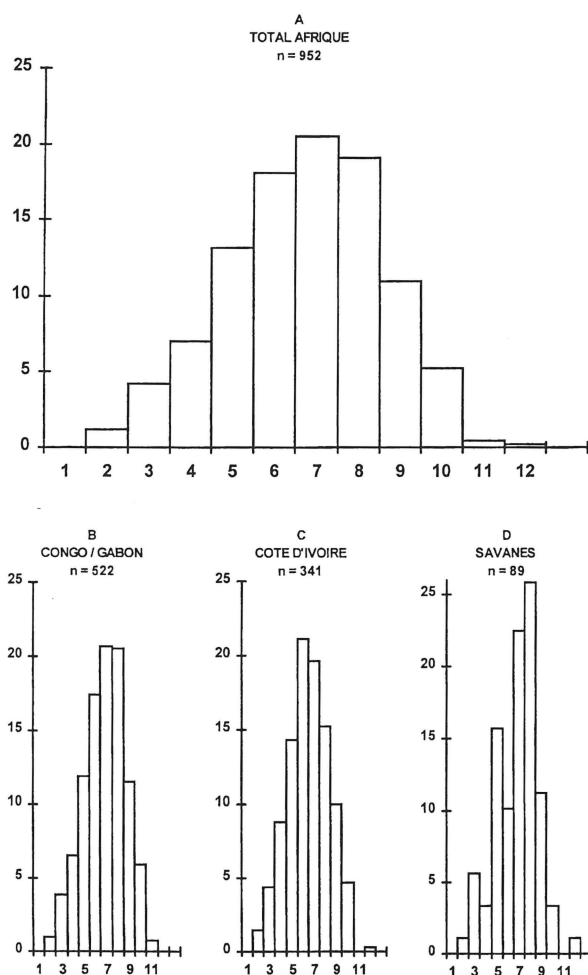


Figure 2. Distribution (en %) des espèces africaines par classes de densité.
Distribution (in %) of African species by category of density.

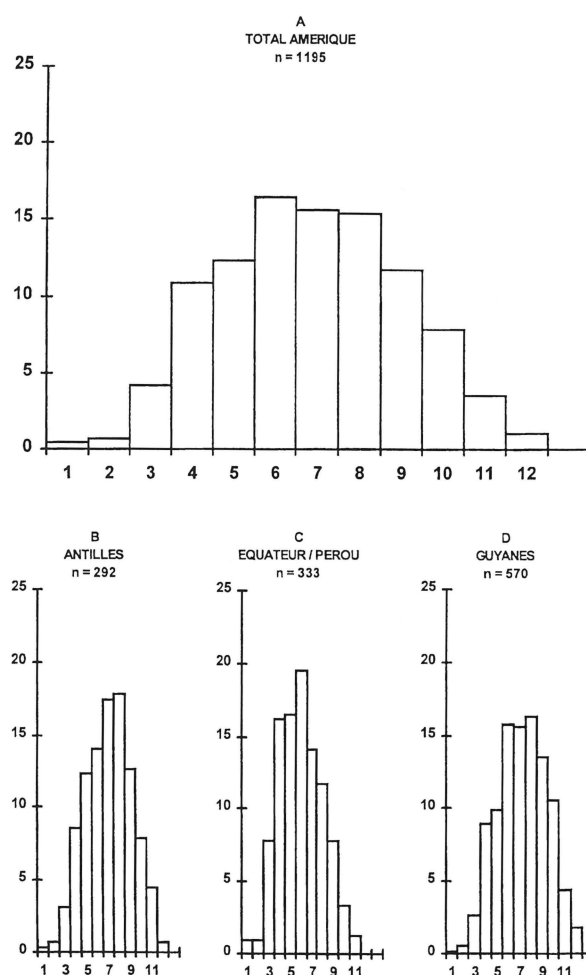


Figure 3. Distribution (en %) des espèces sud-américaines par classes de densité.
Distribution (in %) of South American species by category of density.

Equateur-Pérou (66,4 %, fig. 3C). Les bois des savanes de l'Ouest africain (fig. 2D) présentent un déficit d'espèces assez important dans la classe de densité 6 et ne peuvent pas être introduits dans l'un des deux types évoqués ci-dessus. Il paraît étrange qu'il y ait naturellement moins de bois de classe 6 que de bois de classe 5 dans cette région et il est vraisemblable que cette anomalie soit due à la taille trop faible de l'échantillonnage dans cette zone à flore plus pauvre (avec peu d'espèces supplémentaires en classe 6 et quelques unes en moins dans la classe 9, l'histogramme des densités des bois de savane serait semblable à ceux des bois de forêt dense du sud de la Côte d'Ivoire et du groupe Congo-Gabon).

Les classes extrêmes 1-2-3 et 10-11-12 renferment trop peu d'espèces pour que de réelles dissemblances entre les populations des différentes zones puissent être constatées. Il faut seulement noter un excédent de bois de classe 3 en Equateur-Pérou (fig. 3C), l'absence d'espèce en classes 10-11-12 dans les pays à climat tempéré (fig. 5), un déficit en classes 10 et 11 dans les savanes africaines (fig. 2D), la Côte-d'Ivoire (fig. 2B), le groupe Equateur-Pérou (fig. 3C) et un excédent pour ces mêmes classes dans les Guyanes et les Antilles (fig. 3B et 3D).

DENSITÉS MOYENNES DU BOIS PAR RÉGION

Les moyennes des densités des bois des espèces par région (tableau I) sont toutes situées dans les classes 6 ou 7, de 0,65 (groupes Equateur-Pérou et France-Corée à 0,78 (Madagascar). Les différences notées entre les zones géographiques peuvent être expliquées de la manière suivante, en prenant pour référence la densité de 0,73, moyenne générale de tous les bois étudiés.

- **Inde et groupe Cambodge-Laos-Vietnam** (fig. 4B et 4C) : excédent d'espèces fort en classe 5, faible en classe 4, déficit moyen à faible dans les classes 8-9 et 12, d'où une densité moyenne pour l'Asie de 0,689, un peu plus faible que la moyenne générale.

- **Madagascar** (fig. 6) : léger déficit d'espèces en classes 4 et 5 associé à des excédents faibles à moyens dans les classes 9-10 et 11, d'où une densité moyenne relativement élevée : 0,785.

- **Côte-d'Ivoire** (fig. 6) : très léger excédent en classe 6 avec un déficit en classe 11.

- **Congo-Gabon** (fig. 2A) : très légers excédents en classes 7 et 8 compensés par un déficit en classe 12.

- **Savanes ouest-africaines** (fig. 2D) : des excédents moyens à forts en classes 7 et 8 associés à des déficits dans les classes 4-6-10 et 11 donnent une moyenne de 0,734, semblable (fortuitement ?) à la moyenne générale.

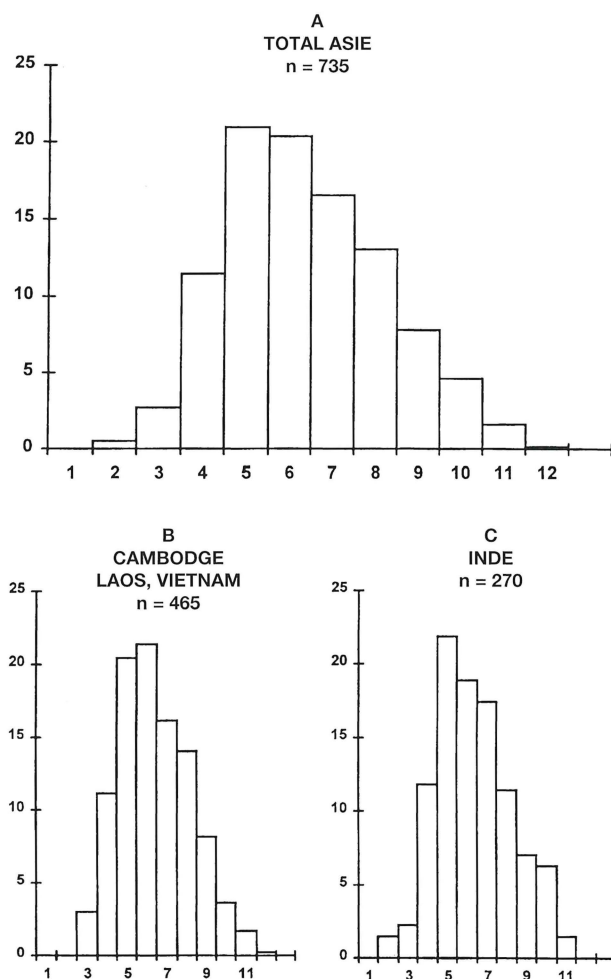


Figure 4. Distribution (en %) des espèces asiatiques par classes de densité.
Distribution (in %) of Asian species by category of density.

rale. La moyenne des trois zones africaines, 0,721, est très proche de la moyenne générale.

- **Equateur-Pérou** (fig. 3C) : de forts excédents dans les classes 3 et 4 associés à des déficits dans les classes 8 et 12 donnent une moyenne faible : 0,650.

- **Guyanes et Antilles** (fig. 3B et 3D) : populations semblables ayant un faible déficit dans les classes 5 et 6 et un léger excédent dans les classes 10 et 11. La densité moyenne des bois de ces zones, entre 0,75 et 0,76, est un peu supérieure à la densité générale.

- **France-Corée** (fig. 5) : de forts à très forts excédents en classes 5-6 et 7, de forts déficits dans les classes 8 et 9 et une absence d'espèces dans les classes 10-11 et 12 donnent une moyenne faible : 0,652.

Des différences significatives de densité selon les régions paraissent évidentes mais, biologiquement, les comparaisons s'avèrent délicates. Il serait, en définitive, plus prudent d'évoquer des différences botaniques : des familles botaniques produisant essentiellement des bois tendres et légers, Magnoliacées et Symplocacées par exemple, sont représentées par de nombreuses espèces dans les forêts du groupe Cambodge-Laos-Vietnam et n'ont que très peu, ou pas, de représentant dans la forêt guyanaise alors que les Chrysobalanacées au bois très dur et très lourd sont, au contraire, très nombreuses en Guyane (34 espèces dans cette étude) et rares au Cambodge-Laos-Vietnam (une seule espèce testée). Par contre, aucune différence significative de densité des bois n'apparaît entre deux zones ayant une composition floristique presque

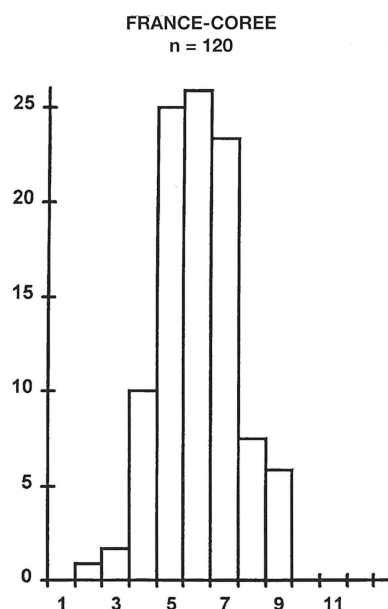


Figure 5. Distribution (en %) des espèces tempérées (France, Corée) par classes de densité.

Distribution (in %) of temperate species (France, Korea) by category of density.

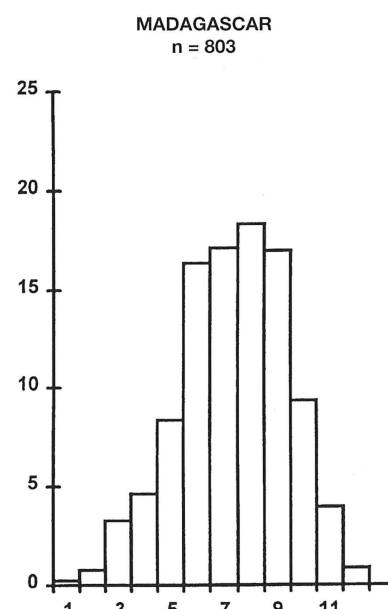


Figure 6. Distribution (en %) des espèces malgaches par classes de densité.

Distribution (in %) of Malagasy species by category of density.

identique même si leur régime climatique n'est pas exactement le même : c'est le cas, par exemple, des Guyanes et des Antilles.

Dans de telles conditions, une comparaison de la densité des bois appartenant à une même famille botanique bien représentée dans toutes les régions devrait être une meilleure approche car une certaine hétérogénéité botanique serait annulée. C'est ce que nous proposons de faire dans la suite de cet article.

EFFET RÉGIONAL SUR LA DENSITÉ DU BOIS POUR UNE MÊME FAMILLE

Les familles choisies, au nombre de trois, devaient répondre à deux critères : présence dans toutes les régions (zones à climat tempéré exclues) et abondance d'espèces

dans chaque zone. Ce sont les Légumineuses (super-famille englobant les Caesalpiniacées, Fabacées et Mimosacées), les Euphorbiacées et les Lauracées, ces dernières n'étant cependant que peu représentées sur le continent africain (tableau IV).

Les histogrammes des densités des bois des Légumineuses des régions africaines, américaines et asiatiques (fig. 7B, 7C, 7D) sont très semblables : peu d'espèces dans les classes 1-2-3-11 et 13, un petit nombre dans les classes 4-5 et 10 et la majorité dans les classes 6-7-8 et 9. La densité moyenne des bois de chacune de ces zones est très voisine ou identique à la densité moyenne de 0,773 calculée sur tous les bois de cette famille (tableau IV). Les bois de Madagascar (fig. 7E) font exception en présentant un histo-

TABLEAU IV NOMBRE D'ESPÈCES, DENSITÉ MOYENNE ET ÉCART-TYPE (σ) SELON LES FAMILLES ET LES RÉGIONS		
Familles et régions	Nombre d'espèces	Densité moyenne
Légumineuses Afrique	200	0,770 $\sigma = 0,180$
Légumineuses Amérique	205	0,748 $\sigma = 0,217$
Légumineuses Asie	76	0,779 $\sigma = 0,208$
Légumineuses Madagascar	77	0,845 $\sigma = 0,238$
Total Légumineuses	558	0,773 $\sigma = 0,208$
Euphorbiacées Afrique	83	0,660 $\sigma = 0,203$
Euphorbiacées Amérique	54	0,635 $\sigma = 0,197$
Euphorbiacées Asie	27	0,594 $\sigma = 0,149$
Euphorbiacées Madagascar	51	0,740 $\sigma = 0,210$
Total Euphorbiacées	215	0,664 $\sigma = 0,203$
Lauracées Amérique	51	0,632 $\sigma = 0,166$
Lauracées Asie	53	0,574 $\sigma = 0,096$
Lauracées Madagascar	65	0,724 $\sigma = 0,109$
Total Lauracées	169	0,649 $\sigma = 0,141$

gramme avec trois pics, conséquence d'une pénurie d'espèces en classe 7 et de forts excédents dans les classes 10 et 11. La densité moyenne de ces bois (0,845) est donc logiquement plus forte que la densité moyenne générale. La faiblesse de la classe 7 à Madagascar pourrait être expliquée par la prépondérance de deux genres : *Albizia* dont les 11 espèces observées sont dans les classes 5 et 6 et *Dalbergia* dont 18 des 20 espèces se trouvent dans les classes 8 à 11. Cependant la flore des Légumineuses de cette île n'étant pas achevée, un certain nombre de bois non identifiés au niveau spécifique dans certains genres n'ont pas été utilisés

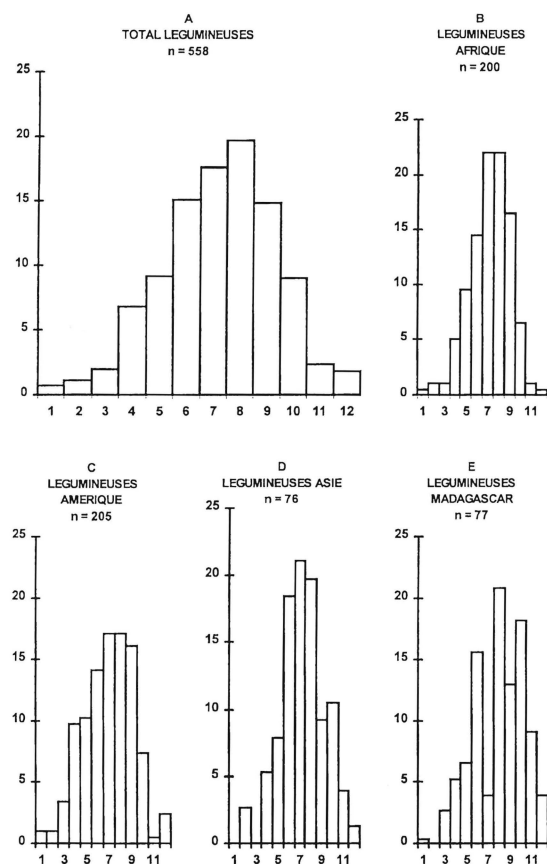


Figure 7. Distribution (en %) des espèces de Légumineuses par classes de densité.
Distribution (in %) of species of leguminous plants by category of density.

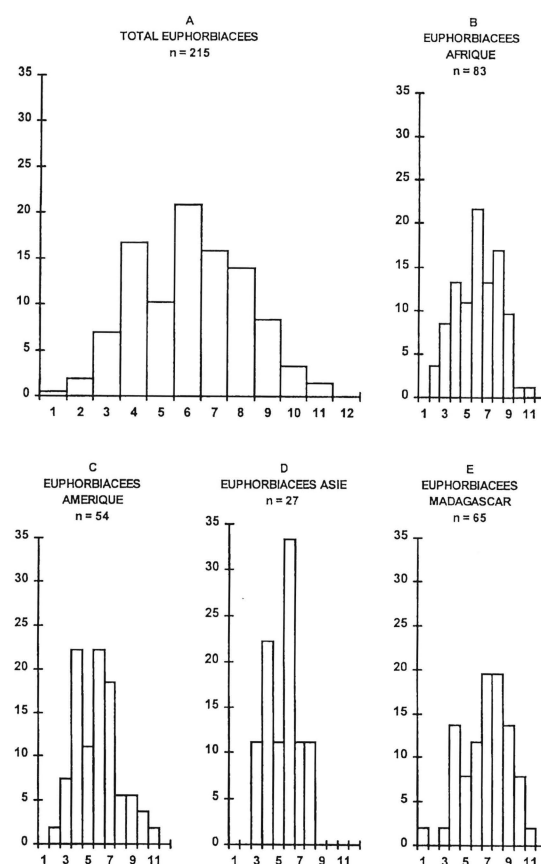


Figure 8. Distribution (en %) par classes de densité des espèces d'Euphorbiacées dans différentes régions.
Distribution (in %) by category of density of species of Euphorbiaceae in different parts of the world.

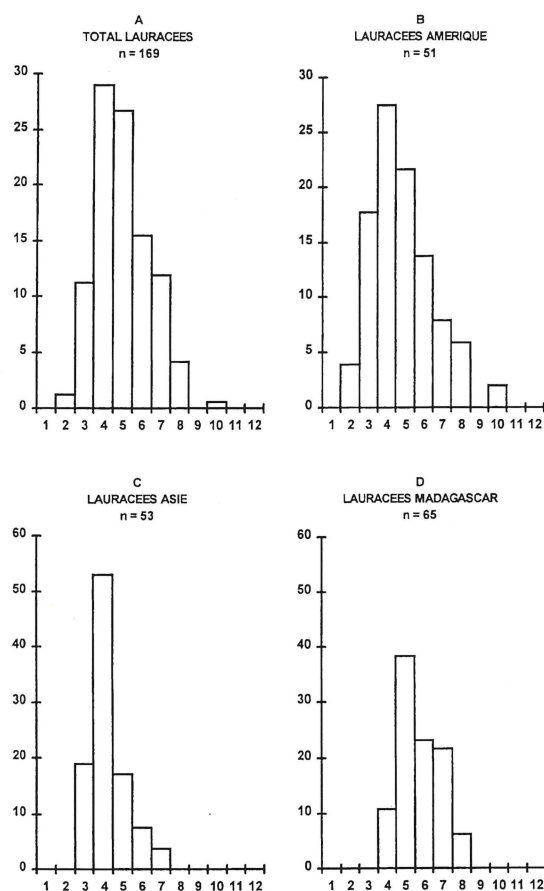


Figure 9. Distribution (en %) par classes de densité des espèces de Lauracées dans différentes régions.
Distribution (in %) by category of density of species of Lauraceae in different parts of the world.

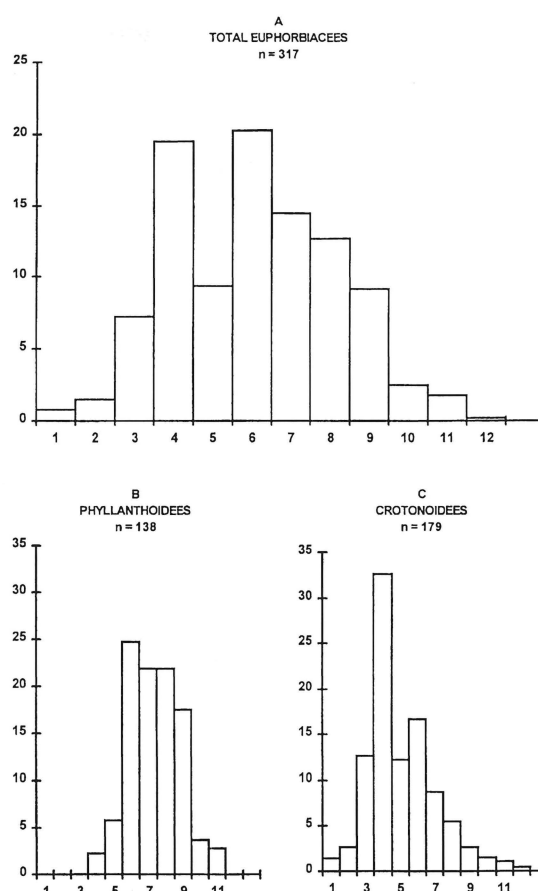


Figure 10. Distribution (en %) des espèces d'Euphorbiacées par classes de densité.
Distribution (in %) of species of Euphorbiaceae by category of density.

et les résultats pour cette région sont donc moins fidèles à une certaine réalité, qui est d'ailleurs loin d'être parfaite dans les autres régions.

La famille des Euphorbiacées (fig. 8) présente une singularité : un déficit d'espèces de densité de classe 5 dans toutes les régions du monde (cf. encadré, p. 28). Les principales différences relevées entre les diverses zones géographiques sont un excédent en classe 6 associé à l'absence d'espèces en classe 9 à 11 en Asie (fig. 8D)

et des excédents dans les classes 8 et 9 compensés par un déficit en classe 6 à Madagascar (fig. 8E). Il en résulte une densité moyenne un peu faible en Asie (0,594, tableau IV) et un peu forte à Madagascar (0,740, tableau IV) par rapport à la densité moyenne de 0,664 calculée avec tous les bois d'Euphorbiacées (tableau IV).

Les fréquences des densités des bois des Lauracées (fig. 9) ont grossièrement une même distribution en Amérique et en Asie (fig. 9B et 9C). Par contre, Mada-

gascar (fig. 9D) se signale encore par l'absence de bois légers, classes 3 et 4, et par une forte représentation de bois relativement lourds, pour cette famille, dans les classes 7 et 8. Cet excédent est essentiellement dû aux genres endémiques *Aspidostemon*, *Potameia* et *Ravensara* qui fournissent 20 espèces sur un total de 29 dans ces deux classes. En conséquence, les bois des Lauracées de la Grande Ile sont significativement plus lourds que les autres : densité moyenne de 0,724 contre 0,574 en Asie et 0,632 en Amérique.

LA DENSITÉ DES BOIS DE LA FAMILLE DES EUPHORBIACÉES

La faiblesse de l'effectif des espèces dans une classe de densité par rapport aux deux classes adjacentes, dans la famille des Euphorbiacées, est un phénomène apparemment curieux car non explicable par une taille trop petite de l'échantillonnage ou par la provenance des bois. En effet, le déficit des espèces au bois de densité classe 5 (fig. 10, p. 27) se manifeste sur tous les continents quelle que soit la taille de la population sondée (cf. tableau III, p. 22).

La première explication plausible de cette singularité est la forte hétérogénéité botanique de cette famille divisée en sous-familles, en nombreuses tribus et même aussi en plusieurs familles par quelques botanistes. L'un des découpages le plus communément admis parmi les plus simples définit deux vastes sous-familles : les Phyllanthoïdées, dont chaque loge de l'ovaire contient deux ovules, et les Crotonoïdées ayant un seul ovule par loge.

La distribution de la densité des bois des Phyllanthoïdées (138 espèces retenues ici) suit une forme presque normale (fig. 10B). Les principales classes, 6-7-8 et 9, rassemblent 85,5 % des espèces, les autres espèces au bois ayant une densité inférieure à 6 ou supérieure à 9 ne formant que des traînées minimes de part et d'autre. La densité moyenne des bois de toutes les Phyllanthoïdées est de 0,786.

La distribution de la densité des bois des Crotonoïdées des 179 espèces considérées (fig. 10C) tend vers la normale avec un maximum dans la classe 4 (1/3 des espèces). Néanmoins elle semble montrer qu'il subsisterait encore une petite hétérogénéité dans cette sous-famille par un léger déficit d'espèces de densité 5 (en comparaison avec la classe 6) et par une longue traîne dans les densités élevées, jusqu'à la classe 12. Cette traîne serait non totalement supprimée mais fortement diminuée si les espèces d'un petit nombre de genres appartenant aux tribus des Géloniées et des Pérées étaient exclues. Malgré ces quelques espèces au bois lourd, la densité moyenne des bois de toutes les Crotonoïdées n'est que de 0,558.

La densité moyenne des 317 espèces d'Euphorbiacées (Phyllanthoïdées et Crotonoïdées réunies) considérées ici est de 0,657, presque identique à la moyenne des 215 espèces sélectionnées par région.

CONCLUSION

Les bois d'une vaste région tropicale sont produits par quelques centaines d'espèces appartenant à plusieurs dizaines de familles botaniques. Il paraît donc normal de rencontrer, dans une même zone, des bois très différents en densité,

depuis les très légers ayant une densité inférieure à 0,20 jusqu'aux très lourds dont la densité dépasse 1,10.

Cependant, quelle que soit la zone géographique, la majorité des espèces, 60 à 80 %, ont leur bois dans les quatre classes de densité 5-6-7 et 8.

Le groupe des bois légers appartenant aux classes de densité 1-2-3 et 4 ne rassemble que 10 à 25 % des espèces, celui des bois lourds, de classes 9-10-11 et 12, de 10 à 30 % des espèces. Par conséquent, la densité moyenne des bois d'une région se situe généralement dans la classe 6 ou la classe 7 et, plus précisément, entre 0,68 et 0,76, la moyenne générale de 3805 espèces du monde étant de 0,73. Le groupe andin Equateur-Pérou et le groupe artificiel de climat tempéré France-Corée semblent présenter des bois plus légers en moyenne (0,650) alors que Madagascar se signale par des bois plus lourds, ayant une densité moyenne de 0,785.

Peut-on prétendre que les bois d'une région sont plus denses que ceux d'une autre ? Les moyennes de cette étude ont été faites sur la densité du bois des espèces botaniques présentes dans une région, quelle que soit leur fréquence dans les forêts, et non sur la densité des bois des arbres de la région : ainsi au Gabon, par exemple, le bois de densité classe 10 de l'espèce rare *Magnistipula cupheiflora* est considéré de la même façon que le bois léger, classe 4, du très abondant Okoumé. Il est donc plus raisonnable de constater qu'une région possède plus d'espèces susceptibles de produire du bois très dense que d'affirmer que les bois de ladite région ont une densité supérieure, en moyenne, à ceux d'une autre.

Une abondance d'espèces appartenant à certaines familles ou à certains genres dans une région peut être l'un des éléments expliquant le mieux une densité moyenne des bois un peu différente de la moyenne mondiale : les espèces des Bombacacées, au bois très léger à léger, rarement mi-lourd, sont les plus nombreuses en Equateur-Pérou, région dans laquelle la densité moyenne



des bois se révèle faible. Cette famille n'est pas représentée dans les pays à climat tempéré (France et Corée) dont la densité moyenne des bois est également faible mais, dans ces pays, la famille des Salicacées aux bois le plus souvent en classe 4 y joue le même rôle. Par contre, à l'intérieur d'une même famille botanique, les moyennes régionales des densités des bois ne paraissent ni plus ni moins différentes que ne le sont les moyennes des bois de toutes les familles réunies. Néanmoins c'est dans la région aux bois les plus

lourds en général, Madagascar, que les espèces des trois familles considérées, Légumineuses, Euphorbiacées et Lauracées, produisent des bois légèrement à nettement plus lourds en moyenne par rapport aux bois homologues des autres régions.

Le rôle du climat est toujours difficile à définir et, dans le cas présent, il est impossible à déceler à cause de sa relative hétérogénéité dans les vastes régions sélectionnées. Cependant il ne semble pas qu'il puisse influencer directement sur la densité

des bois : des arbres au bois de densité inférieure à 0,20 poussent dans le voisinage d'arbres au bois de plus de 1,10 de densité, aussi bien dans les savanes que dans les forêts denses humides. C'est d'ailleurs pourquoi l'éventail des densités des bois est toujours très étendu, quelle que soit la zone géographique considérée. □

► Pierre DETIENNE
Bernard CHANSON
CIRAD-Forêt
B.P. 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARAJAS-MORALES J., 1987.

Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. IAWA Bull. n.s. 8(2) : 143-148.

GIORDANO G., 1980.

Il legnani del mondo. Rome, Il Cerilo Editrice

GUITARD D.

Mécanique du matériau bois et composites. Collection Nabla, Cépadués Editions, 238 p.

JANE F. W., 1970.

The structure of wood. London, Adam and Charler Black : 261-292.

KOCH P., 1985.

Utilization of hardwoods growing on southern Pine sites. US Depart. Agri. Forest Service, Vol. I, 465-548.

KOLLMANN F. F. P. et COTE W. A., 1968.

Principles of Wood Science and Technology. Vol. I Solid Wood. Berlin, Springer Verlag : 160-180.

STAMM A. J., 1929.

Density of wood substance, absorption by wood and permeability of wood. J. Phys. Chem. 33 : 398-414.

WILFONG J. G., 1966.

Specific gravity of wood substance. For. Prod. J. 16(1) : 55-61.

ZOBEL B. J. et BUIJTENEN J. P., 1989.

Wood variation - Its causes and control. Berlin, Springer Verlag, 363 p.

R É S U M É

L'ÉVENTAIL DE LA DENSITÉ DU BOIS DES FEUILLUS Comparaison entre différentes régions du monde

Les densités du bois calculées pour 3805 espèces ont une distribution normale, avec une moyenne de 0,73. Malgré la grande diversité botanique, il n'existe pas de différence bien significative entre les différentes zones géographiques, exception faite du déficit en bois extrêmement lourd dans l'échantillonnage venant d'une zone à climat tempéré. De même il n'y a pas de réelles différences entre les moyennes et les distributions des bois d'une même famille botanique selon les provenances. Ainsi, la même anomalie dans la distribution des densités des bois de la famille des Euphorbiacées apparaît-elle sur tous les continents.

Mots-clés : Bois. Feuillu. Provenance. Densité. Monde. *Euphorbiaceae*.

A B S T R A C T

THE RANGE OF WOOD DENSITY IN HARDWOODS A comparison between different parts of the world

Wood densities calculated for 3,805 species show a normal distribution, with an average of 0.73. Despite the great botanical diversity, there is no very significant difference between the various geographical zones, with the exception of the shortfall in extremely heavy wood in the sampling coming from a temperate zone. Likewise, there are no real difference between the averages and distribution of wood from one and the same botanical family, depending on the provenance. So the same anomaly in the distribution of wood densities in the family *Euphorbiaceae* appears in every continent.

Key words : Wood. Hardwoods. Provenance. Density. World. *Euphorbiaceae*.

R E S U M E N

LA GAMA DE LA DENSIDAD DE LA MADERA DE FRONDOSAS Comparación entre las diversas regiones del mundo

Las densidades de la madera calculadas para 3 805 especies presentan una distribución normal, con un promedio de 0,73. Pese a la gran diversidad botánica, no existen diferencias muy significativas entre las diversas zonas geográficas, salvo por lo que se refiere al déficit en cuanto a maderas sumamente pesadas en el muestreo procedente de una zona de clima templado. Del mismo modo, no existen reales diferencias entre los promedios y las distribuciones de las maderas de una misma familia botánica según las procedencias. Así, aparece en todos los continentes la misma anomalía en la distribución de las densidades de las maderas Euforbiáceas.

Palabras clave : Madera. Frondosas. Procedencia. Mundo. *Euphorbiaceae*.