

La biométrie du limbe : mise au point de nos connaissances (*)

par J.-A. MOUTON

*Laboratoire de Phanérogamie, Muséum national d'Histoire naturelle,
et O.R.S.T.O.M., Paris.*

Résumé. — L'auteur montre qu'avec un échantillonnage adéquat, on obtient une feuille caractéristique de la plante ou de l'espèce. Sont reconnus valables 6 valeurs absolues, 9 mesures relatives, 4 mesures angulaires, soit un total de 19 critères dont 5 sont nouveaux et 8 presque inusités. Ces mesures présentent un intérêt particulier pour la diagnose foliaire et le spectre foliaire de RAUNKIAER. La systématique, la floristique et la paléobotanique sont concernées par cette étude.

Mots clés : Feuille - biométrie foliaire - surface du limbe - spectre de Raunkiaer - acumen.

Summary. — A characteristic leaf of plant or species is retained by an adequate sampling. 19 criteria are emphasized : 6 absolute values, 9 percentages, 4 angular, 1 surface measures ; 5 criteria are new and 8 unusual. These measures have a particular interest for the foliar diagnose and RAUNKIAER's spectrum. Systematics, floristics and paleobotany are concerned by this paper.

*
**

DESCRIPTION

La description chiffrée de la forme du limbe d'une espèce botanique se heurte à de nombreuses difficultés à tel point que nos connaissances actuelles ont régressé par rapport à celles du siècle précédent. Cela tient essentiellement au fait que physiologistes et écologistes ont mis l'accent sur la variabilité du système foliaire aux dépens de la stabilité des caractères mis en évidence par les systématiciens. A.-P. DE CANDOLLE (1819) et C. DE CANDOLLE (1868) étaient arrivés à la notion de « feuille caractéristique » de l'espèce. Ce dernier auteur a voulu dire que l'espèce était caractérisée non seulement par les caractères reproducteurs de la fleur et du fruit sur lesquels est basé le système linnéen (familles) mais aussi sur les caractères végétatifs (espèces) tels que ceux du limbe. Cela est particulièrement évident pour les plantes ligneuses. Toutefois, l'examen

(*) Séance du 16 mai 1975. Manuscrit accepté le 20 juin 1975.

19 AOUT 1976

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 82 72 B ok

approfondi de la question montre la variabilité des mesures et l'on est tenté de croire à l'absurdité de cette position. En fait la variabilité de la feuille suit des lois précises et, en prenant soin de réaliser un *échantillonnage* sérieux, les critères foliaires conservent toute leur valeur.

La bibliographie (RYDER, 1954) montre que les études concernant la variabilité du limbe sont très abondantes et continuelles. Citons parmi les plus récentes et les meilleures, celles de BIALOBRZESKA (1966) et de JENTYS-SZAFEROWEJ (1970). Les caractères étudiés sont le plus souvent les mêmes et les redites sont très nombreuses; c'est pourquoi nous ne ferons pas ici une bibliographie détaillée. Toutefois un point de vue d'ensemble a été essayé ces dernières années (MOUTON, 1963; BRIDGES, 1971) et paraît devoir aboutir (HICKEY, 1973, 1974; DILCHER, 1974).

Nous étudierons d'abord le mode d'*échantillonnage* et nous récapitulons les *critères biométriques* du limbe; ensuite, nous indiquerons les applications possibles en systématique (possibilités de détermination et de contrôle) et en floristique (spectre de RAUNKIAER). Nous limitons volontairement notre étude aux caractères macroscopiques à l'exclusion des critères anatomiques et microscopiques.

LE MODE D'ECHANTILLONNAGE

Le fait de vouloir identifier une espèce par une « feuille caractéristique » suppose un échantillonnage qui élimine les causes de variation morphologique. La caducité foliaire, le polymorphisme (propriété de l'espèce de présenter plusieurs morphoses mais toujours la même pour une plante donnée), l'hétérophylie (propriété de la plante d'avoir différents types foliaires) exigeront un échantillonnage adéquat. L'espèce présentera alors plusieurs types de feuilles caractéristiques. Par exemple :

- feuilles de saison sèche et pluvieuse. Ex. : *Acalypha*.
- feuilles d'espèce dioïque. Ex. : *Salix*, *Strychnos*, *Smilax*.
- feuilles différenciées. Ex. : *Triphyophyllum peltatum* (feuille normale, avec cirrhe, avec crochet), *Morus mesozygia*, *Ficus exasperata* (feuille lobée ou non).

Pour les rameaux orthotropes ou plagiotropes, ne seront retenus que ces derniers. De même les feuilles de jeunesse (éophylles) provenant de rejet ou de semis seront considérées comme des formes de passage vers un stade adulte stable qui seul sera considéré comme caractéristique. Il n'en est pas moins vrai que, dans certains cas, les éophylles peuvent être caractéristiques de l'espèce. Ex. : *Turraea heterophylla*. Un bon échantillonnage suppose une solide connaissance de l'espèce.

En dehors de ces cas extrêmes, la croissance foliaire impose le choix d'une feuille spéciale sur un rameau donné. Nous savons que les croisances en longueur, en largeur et en épaisseur se succèdent ou se chevauchent, si bien que la feuille adulte sera celle où tous ces processus seront achevés. Interviennent dans ce choix, les débouremments successifs

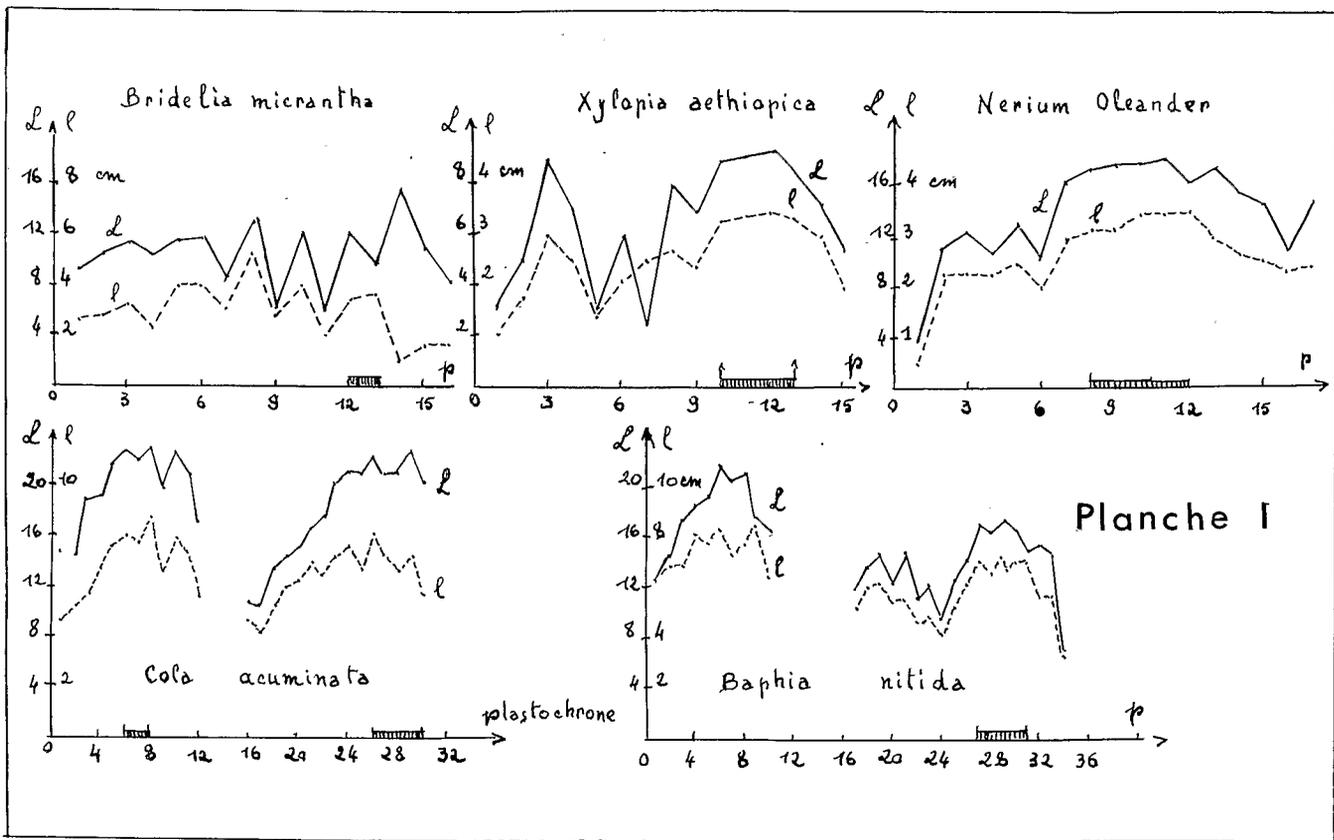


Planche I

— flushes — (un ou plusieurs au cours de l'année), la durée de la vie de la feuille (un an, en général, rarement deux ou trois ans sous les tropiques). Nous définirons donc la « feuille caractéristique » de l'espèce : « une feuille ayant terminé complètement sa croissance sur un rameau non privilégié ». Nous illustrons ce choix par des graphiques de croissance (Planche I) pris au hasard où nous portons en abscisses le numéro du plastochrone (p) et, en ordonnées, la longueur (L) et la largeur (l) du limbe en centimètres. Les feuilles retenues sont soulignées ou encadrées. Les plus jeunes feuilles sont celles dont le plastochrone est le plus faible de façon à respecter la forme classique du diagramme de croissance. Les exemples sont choisis pour diverses phyllotaxies et un nombre variable de débourrements annuels.

Espèce	Phyllotaxie	N. flushes / an
<i>Xylopiæ aethiopica</i>	distique	1
<i>Bridelia micrantha</i>	distique	1
<i>Nerium oleander</i>	opposée	1
<i>Cola acuminata</i>	alterne	2
<i>Baphia nitida</i>	distique	2

LA BIOMETRIE DU LIMBE

(Planche II)

Nous avons étudié de nombreux caractères dans un travail antérieur non publié (MOUTON, 1963). Seuls les critères d'une valeur certaine seront retenus. Nous y ajouterons d'autre part ceux, peu nombreux, mis en évidence par la bibliographie. Il existe quatre groupes de mesures :

- mesures linéaires exprimées en valeur absolue ;
- mesures linéaires exprimées en pourcentages ;
- mesures angulaires ;
- mesure de surface.

1° MESURES LINÉAIRES EXPRIMÉES EN VALEUR ABSOLUE

Les mesures utiles sont précédées du signe + ; les nouvelles sont en caractères gras et les peu usitées en italiques. Les autres mesures précédées du signe — ne sont nécessaires que pour l'établissement de valeurs relatives. Toutes sont exprimées en centimètres, sauf l'épaisseur du limbe en millimètres. Ce sont :

- + Longueur (L) (Fig. 1, Pl. II).
- Largeur maxima (l) (Fig. 1, Pl. II).
- Position de la largeur maxima par rapport à la base du limbe (h) (Fig. 1, Pl. II).
- Longueur de l'acumen (A) (Fig. 1, 2, Pl. II).
- Largeur de l'acumen (II') (Fig. 1, 2, Pl. II).

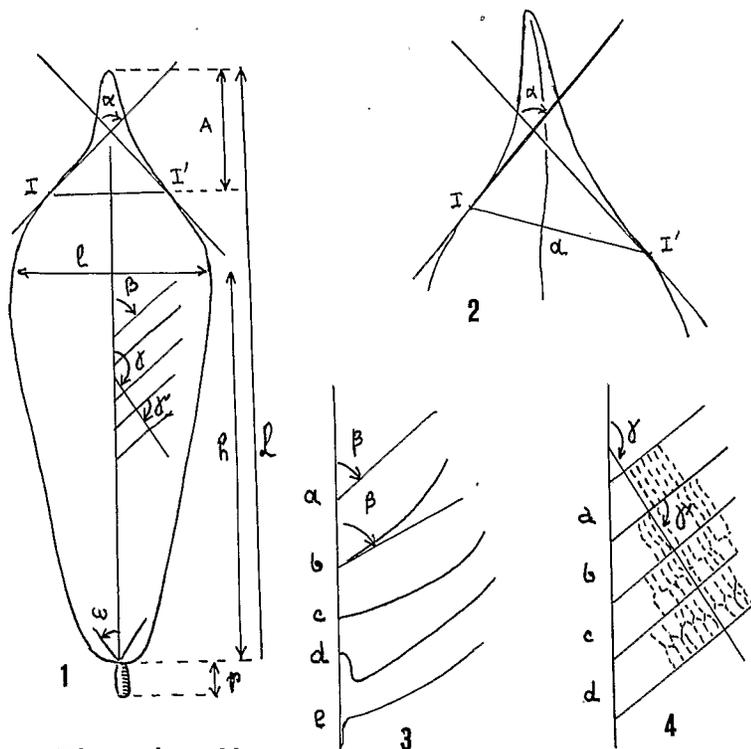
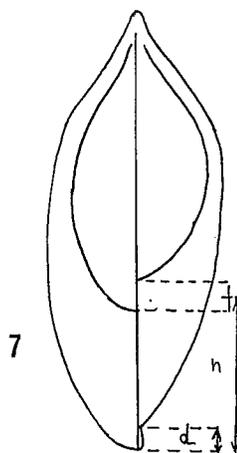
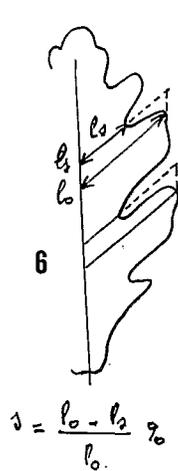
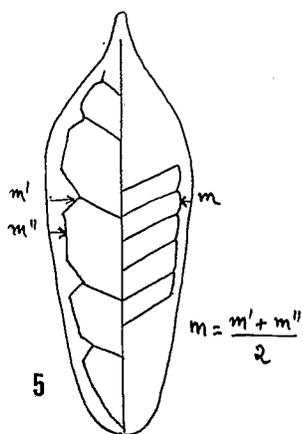


Planche II



N.B. : *L'acumen* (Fig. 2, Pl. II) est une notion bien définie morphologiquement « pointe effilée et allongée », mais imprécise biométriquement. Nous définirons l'« acumen comme étant la zone sommitale du limbe sise au-dessus d'une ligne joignant les deux points d'inversion du bord du limbe ». Le point d'inversion s'obtient en faisant glisser vers le sommet une tangente au bord du limbe. A un point I, cette droite devient bitangente intérieurement et extérieurement. Le segment II' coupe la nervure médiane en un point (a). La distance de ce point (a) au sommet du limbe est la longueur de l'acumen (A) : sa largeur est II'. Les deux tangentes en I et I' forment l'angle acuminale (α).

— Longueur du pétiole (p) (Fig. 1, Pl. II).

— Largeur moyenne de la marge du limbe dans le cas d'une nervure brochodrome (Fig. 5, Pl. II).

— Longueur du lobe (Lo) et du fond du sinus (Ls) supérieur dans le cas de feuille lobée, au niveau de la largeur maxima du limbe (avec emploi de parallélogramme) (Fig. 6, Pl. II). Cela est valable également pour les feuilles palmatilobées, avec emploi de cercles concentriques.

— La distance moyenne à la base (Fig. 7, Pl. II) de la première paire de nervures dans le cas d'acrodromie : (n), par exemple : *Celtis*.

+ Le *décrochement* (d) entre les deux côtés de la base du limbe. Ex. : Ulmaceae (ANDREARCZYK, 1971).

+ L'épaisseur du limbe (e), exprimée en centièmes de millimètre à l'aide d'un palmer à vis.

+ La longueur du *lobe médian* (R) dans le cas de feuille palmatilobée : (JAIN et MISRA, 1966) sur *Ricinus*, (CRITCHFIELD, 1971) sur *Acer*.

+ Le nombre de paires de nervures (Np) secondaires comprises entre la base et l'acumen : demi-somme des nervures.

2° MESURES LINÉAIRES RELATIVES

Toutes sont exprimées en pourcentage, sauf le rapport de finesse (L/l).

+ La finesse L/l. Les valeurs oscillent le plus souvent autour de 1, 2 ou 3 qui sont d'ordre génétique. La fréquence maxima et le minimum de valeur tourne autour de 2,5. La finesse couplée à la surface ou à un autre rapport — A/L, h/L, p/L — est souvent d'une grande valeur systématique.

+ Le *rapport acuminale* (A/L). On peut le subdiviser ainsi :

— 7,5 %	très court	25 — 40 %	long
7,5 — 15 %	court	+ 40 %	très long
15 — 25 %	moyen		

Ce rapport est quelquefois très variable ; il a très peu de valeur entre 7,5 et 15 % (Tableau 1) ; il est constant dans certaines familles (Annonaceae).

+ Le *rapport d'ovalité* (h/L) définit la forme ovale ou obovale du limbe ; n'a que très peu de valeur entre 40 et 60 % dans le cas d'une ellipse longue.

+ Le *rapport marginal* ($2m/L$) est la proportion du limbe occupée par la marge ($m : L/2$). Il est très utile dans le cas d'étude sur les *Strychnos* ou les Melastomaceae.

— La finesse de l'acumen (A/lP) (Fig. 2, Pl. II), fait presque double emploi avec le rapport acuminal A/L , mais il est toutefois indispensable pour la construction figurée de l'acumen.

+ Le *rapport pétiolaire* (p/L) est un excellent critère s'il est petit mais peut perdre de sa valeur quand il croît car le pétiole peut alors être variable. Sa valeur couplée avec L/l a été également reconnue par HATTEMER (1965, 1966) pour identifier les clones de peuplier.

+ Le *rapport n/L* a eu sa valeur reconnue par FLORET (1972). Il est inédit dans le cas des *Celtis*. Il est aussi valable pour les Lauraceae et les Piperaceae sud-américaines.

+ La *profondeur relative des sinus* ($Lo - Ls$) : Lo . Elle peut également s'exprimer comme la moyenne arithmétique des valeurs relatives. Dans le cas de feuilles palmatilobées, il a été aussi défini un cercle circonscrit et un cercle inscrit en ramenant les surfaces des ellipses à des cercles. Les rapports des diamètres définissent la profondeur moyenne relative des sinus.

+ La *densité des dents* (D) est estimée comme « étant le nombre de dents sur dix centimètres de longueur de bord de limbe ». Cette mesure s'inspire de la « densité Svalöf » (nombre de grains existant sur un épi de 10 cm de long). Pour la mesure, employer un fil de nylon suivant le contour du limbe et compter les dents sur une zone homogène. Si la feuille est bidentée ou biserrée, faire deux comptages partiel (Dp) et total (D).

+ La *densité des nervures secondaires* est un critère très peu utilisé. BURLEY et coll. (1971) l'a fait dans le cas de nervures denses et parallèles rectilignes des feuilles d'Eucalyptus. Elle est mesurée le long de la nervure médiane et rapportée au centimètre.

3°) MESURES ANGULAIRES

Il existe pratiquement quatre mesures angulaires α , β , γ , ω , et seul l'angle acuminal α est valable dans tous les cas. Tous sont mesurés à l'aide d'un rapporteur transparent.

+ *Angle acuminal* α (Fig. 2, pl. II). Angle défini précédemment comme étant celui des bitangentes délimitant l'acumen. Les valeurs de cet angle permettent de mieux définir l'acumen :

— 60°	effilé	100° — 120°	accusé
60° — 80°	atténué	+ 120°	caudé, cuspidé, épaulé
80° — 100°	normal		

+ *Angle d'émergence des nervures secondaires* β (Fig. 1, 3, Pl. II). Il n'est rigoureusement valable que dans le cas de nervures rectilignes ou presque (Fig. 3 a, pl. II). Sa valeur diminue dans le cas de nervures courbes (Fig. 3 b, c, pl. II) vu la difficulté d'estimer correctement la tangente à la base.

+ *Angle d'émergence des nervures tertiaires* γ (Fig. 4, pl. II). Cet angle est celui de la nervure tertiaire avec la nervure médiane, estimé à mi-limbe (HICKEY, 1973 ; DILCHER, 1974). Cet angle est constant sauf extrémités des nervures et du limbe. L'angle γ n'est significatif que pour les nervures tertiaires plagiodes (en échelle), soit rectilignes, soit sinuées (Fig. 4 a, b, pl. II). Cet angle est souvent voisin de 120° et n'a guère d'intérêt qu'en dehors des valeurs 100° et 140° . Sa variation correspond en fait à la courbure des nervures secondaires. Dans certains cas, la mesure de l'angle d'émergence avec la nervure secondaire (γ') peut être préférée pour des raisons de facilité de mesure. Les validités de γ et γ' sont les mêmes et l'on passe de l'un à l'autre par la formule : $\gamma = \beta + \gamma'$.

+ *Angle d'émergence des nervures primaires* (ω) (Fig. 1, pl. II). Valable pour les nervures rectilignes, il peut être discuté pour les nervures courbes. Dans le cas de feuilles palmatilobées ou digitées, la moyenne arithmétique des angles est significative.

4°) MESURES DE SURFACE

Une seule mesure de surface a été envisagée, celle du limbe (S), exprimée en centimètres carrés. Les autres mesures possibles — surface de la marge, de l'acumen, du champ intersecondaire — s'expriment beaucoup mieux et plus simplement par les valeurs $2m : L$; $A : L$; Np . Seule, la forme du champ intersecondaire peut être considérée avec intérêt. La surface du limbe est le sujet d'étude de trois groupes de chercheurs, morphologistes, physiologistes et agronomes, ayant des techniques très différentes.

Les morphologistes emploient de préférence l'une des trois suivantes :

— le papier calque millimétré pour les petites feuilles (moins de 25 cm^2) ;

— le planimètre pour les surfaces moyennes (de 40 à 250 cm^2), en prenant soin d'orienter la nervure médiane suivant la bissectrice des deux branches du planimètre ;

— la pesée pour les grandes surfaces de plus de 1000 cm^2 , par l'emploi d'un contre-type en papier fort de densité connue. ALEKSEENKO (1959) se sert de la connaissance du rapport poids/surface pour estimer la surface foliaire d'une prairie.

Les physiologistes étudient essentiellement les problèmes de croissance et se contentent de la formule : $S = k.L.L$, particulièrement employée (LAL, 1951). Cependant, BASU (1969) sur *Oxalis* et *Tephrosia* emploie : $S = k.L^2$, tandis que DALE (1971) utilise le polygone circonscrit à une feuille pennatilobée et une formule de la forme $S = K.L$. Les valeurs de toutes ces techniques sont très voisines et excellentes ; elles ont été discutées par WINTER et coll. (1956). Pour les feuilles composées de Mimosacées, WENDT (1967) emploie la longueur des rachis primaire et

secondaires. Une méthode originale est celle de THOMPSON (1971) employant un liquide adhésif de densité connue dans lequel on trempe le limbe.

Les agronomes lient le rendement au L.A.I. (leaf area index) — rapport de la surface assimilatrice foliaire à la surface du sol cultivé — d'où des études très poussées concernant les feuilles de riz, de sorgho et de maïs à base de corrélation de la forme $S = k.L.I.$ Une note originale est celle de NIQUEUX (1961) où la feuille de sorgho est décomposée en quadrilatères et en triangle. L'emploi des mesures optiques tend à se généraliser avec des appareils de plus en plus élaborés œuvrant sur feuille détachée ou sur plante entière (BONZON, 1964 ; DONOVAN, 1958 ; GRIGORYEV, 1958 ; SCHURER, 1971). Nous sortons de ce lot deux méthodes très originales. L'une (MELTZER, 1967) analyse la surface du limbe par l'emploi de grilles composées de rectangles de plus en plus petits, correspondants à une « résolution » donnée. La surface est alors décomposée sous forme d'un graphique où la résolution est portée en abscisse. L'autre méthode, très ancienne (HABENICHT, 1905), mais non reprise depuis, est d'homologuer le contour du limbe à une courbe mathématique le plus souvent en coordonnées polaires. La surface du limbe est l'intégrale de cette courbe.

BIOMETRIE FOLIAIRE APPLIQUEE A LA COTE-D'IVOIRE

Sur 649 espèces ligneuses de Côte-d'Ivoire, nous avons établi deux tableaux de fréquence concernant le rapport acuminal (Tableau I) et le spectre de RAUNKIAER (Tableaux II, III).

1° LE RAPPORT ACUMINAL (Tableau I)

TABLEAU I

A/L %	N.sp.	%
0 — 7,5	256	39,5
7,5 — 15	275	42,3
15 — 25	103	15,9
25 — 40	15	2,3
Total	649	100

Nous y remarquons l'équilibre entre les acumens courts et moyens et la forte proportion des longs acumens (18,2 %).

2° LE SPECTRE FOLIAIRE DE RAUNKIAER (feuille simple ou foliole)

Nous présentons un spectre spécifique où le type de nervation et de bord remplace le type biologique ; il est alors particulièrement valable en floristique et en paléobotanique. Le deuxième tableau concerne le nombre d'espèces, et le troisième, les pourcentages. Les feuilles à bord entier de nervations secondaires brochidodrome ou camptodrome (MOUTON,

1966) sont inscrites dans les deux premières colonnes. La troisième colonne concerne les feuilles à bord denté quelle que soit la nature de la nervation secondaire mais présentant toujours un caractère aristée.

Spectre foliaire de RAUNKIAER (Nombre d'espèces)

Tableau II

Bord		entier		denté	-	Total
Nervation secondaire		Brochid.	Camptod.	Craspedod.	autres	
0-0,25 cm2	Lp	1	-	-	2	3
0,25-2,25	na	5	-	-	2	7
2,25-20,2	mi	55	10	3	9	77
(20,2-45)	(no)	(110)	(30)	(17)	(4)	(161)
20,2-182,2	ms	313	118	47	12	490
182,2-1640,2	ma	36	19	9	5	69
+ 1640,2	mg	1	-	1	1	3
Total		411	147	60	31	649

Spectre foliaire de RAUNKIAER (Pourcentages)

Tableau III

Bord		entier		denté	-	Total
-phylles	Nerv. 2a	brochid.	Camptod.	Crasped.	autres	
Lepto-		0,2	-	-	0,3	0,5
Nano-		1,	-	-	+	1,
Micro-		8,5	1,5	0,4	1,5	11,9
(Noto-)		(17,)	(4,6)	(2,6)	(0,6)	(24,8)
Meso-		48,3	18,2	7,2	1,8	75,5
Macro-		5,5	2,9	1,4	0,8	10,6
Mega-		0,2	-	0,2	0,1	0,5
Total		63,7	22,6	9,2	4,5	100.

Note : Bord denté : 9,2%

Bord entier (lobé ou sinué) : 90,8%

La dernière colonne comprend les feuilles lobées et autres types de nervations assez rares (réticulodrome, cladodrome, *sensu* HICKEY, 1973). Les feuilles notophylles (WEBB, 1959, 1968) sont considérées comme une fraction des mésophylles. La forte proportion des nervations brochidodromes (63,7 %) est une caractéristique de la flore tropicale, notamment

par rapport aux camptodromes (22,6 %). On remarquera également l'équilibre entre les grandes et petites feuilles par rapport aux mésophylles (75 %).

CONCLUSIONS

LES CRITÈRES NOUVEAUX

Le travail récapitule les différentes données relatives à la biométrie du limbe. Nous voyons que les caractères y sont abondants et fiables moyennant certaines précautions d'échantillonnage.

Critères	nouveaux	rarement utilisés	norma- lement utilisés	Total
Linéaires absolus	1	1	3	5
Linéaires relatifs	3	4	2	9
Angulaires	1	3	0	4
Surface	0	0	1	1
Total	5	8	6	19

Le tableau ci-dessus montre que sur 19 caractères de valeur utilisables, cinq sont nouveaux et huit presque jamais employés ! C'est-à-dire que seuls 6 caractères sur 19 sont connus des botanistes.

APPLICATION EN SYSTÉMATIQUE ET EN ÉCOLOGIE

L'analyse des divers éléments biométriques permet de se faire une idée très précise de la forme du limbe et de construire une figure représentative de la feuille ou de la foliole, ce qui est actuellement impossible à partir d'une description. Nous faisons remarquer que la diagnose d'une fleur ou d'un fruit en permet la représentation figurée. Pour construire la figure d'une feuille à partir de la biométrie, nous partons de la longueur du limbe (L), puis nous construisons l'acumen à partir des données (A/L , A/II , α). Ensuite, nous portons la largeur maxima grâce à h/L et L/l , puis la nervation secondaire (Np , β , γ) et la marge ($2m/l$). Nous terminons par la base (d) (ω), le bord (D) et le pétiole (p/L). Ainsi donc, une biométrie bien faite peut éviter l'emploi d'une figure. La conséquence en est une amélioration notable de la diagnose spécifique et la possibilité d'emploi en sylviculture et en paléobotanique où les caractères foliaires sont les bienvenus.

APPLICATION EN PHYTOSOCIOLOGIE

Le spectre biologique de RAUNKIAER est très employé sous ses formes spécifique et globale en phytosociologie. Le spectre foliaire est, lui, peu employé. Pourtant, CAIN et CASTRO (1956, 1960) et WEBB (1968) ont montré

sa grande valeur sous les tropiques. Nous pensons qu'en couplant les classes de surface et les types de nervation (Tableau III), le spectre foliaire de RAUNKIAER présente alors un très grand intérêt (HOWARD, 1969) en phytosociologie et en paléobotanique. Nous valorisons ainsi le spectre spécifique dont l'utilité est parfois contestée.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

- ALEKSEENKO (L.-N.), 1959. — Méthode de détermination de la surface des feuilles des plantes d'herbage. (En russe.) *Dokl. Vsesoj. Akad. sel'sk. Nauk Lenina S.S.S.R.* 24, 9, 27-28.
- ANDREARCZYK (L.), 1971. — Variability of elm, *Ulmus campestris* L., leaves (en polonais). *Roczn. dendrol.*, 25, 117-135.
- BASU (P.-K.), 1969. — A rapid method for the determination of the leaf area of *Oxalis corniculata* L. and *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. *Ann. of Bot.*, 33 (129), 77-82.
- BIALOBRZESKA (M.), 1966. — Variability of the leaves and fruits of *Carpinus betulus* in analogous associations of the primeval forests of *Puszcza Białowieska*, *P. Borecka*, *P. Niepolomicka*, and of the carpathian mountains. 1. Białowieza national park. (En polonais). *Acta Soc. bot. polon.*, 35 (3), 401-424.
- BONZON (B.), 1964. — Description et mode d'utilisation d'un appareil de mesure photoélectrique des surfaces végétales. *Fruits* (Paris), 19 (10), 577-581.
- BRIDGES (K.-W.), 1971. — The quantitative description of leaf shape. *Diss. intern. abst.*, B, 31 (8), 4505 (n° 71-4288), 142 pp.
- BURLEY (J.), WOOD (P.-J.) et HANS (A.-S.), 1971. — Variation in leaf characteristics among provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. grown in India. *Austral. J. Bot.*, 19 (2), 237-249.
- CAIN (S.-A.) et coll., 1956. — Application of some phytosociological techniques to Brazilian rain forest. *Amer. J. Bot.*, 43 (12), 911-941.
- CAIN (S.-A.), DE OLIVEIRA CASTRO (G.-M.), 1960. — Manual of vegetation analysis. *Harper and broth.* éd., N.Y., 327 pp.
- CANDOLLE (A.-P. de), 1819. — Théorie élémentaire de la botanique. *Déterville* éd., Paris, 8 + 566 pp.
- CANDOLLE (C. de), 1868. — Théorie de la feuille. *Arch. Sci. phys. nat.* (Biblioth. universelle), 32, 32-64.
- CRITCHFIELD (W.-B.), 1971. — Shoot growth and heterophylly in *Acer*. *J. Arnold Arb.*, 52 (2), 240-266.
- DALE et coll., 1971. — A new method for describing leaf shape. *New Phytol.*, 70 (2), 437-442.
- DILCHER (D.-L.), 1974. — Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. *Bot. Rev.*, 40 (1), 157 pp.
- DONOVAN (L.-S.), MAGEE (A.-I.), KALBFLEISCH (W.), 1958. — A photoelectric device for measurement leaf areas. *Canad. J. pl. sci.*, 38 (4), 490-494.
- FLORET (J.-J.), 1972. — Considérations diverses et essai de biométrie foliaire sur les *Celtis* d'Afrique et de Madagascar. *D.E.A. Univ. Paris 6*, 36 pp.
- GRIGORYEV (V.-R.), METREVELI (S.-G.), 1958. — Sur les méthodes de mesure photoélectrique des surfaces foliaires. (En russe.) *Bot. Zhurn.*, 43 (6), 828-831.

- HABENICHT (B.), 1905. — Beiträge zur mathematischen Begründung einer Morphologie der Blätter. *Otto Salle* éd., Berlin, 32 pp.
- HATTEMER (H.-H.), 1965. — Two ratios of leaf characters in the identification of hybrid poplar clones. *Z. Pflanz*, 53, 371-379.
- HATTEMER (H.-H.), 1966. — The suitability of some leaf and twig characteristics for the discrimination of black poplar hybrid clones. *Züchter*, 36 (7), 317-327.
- HICKEY (L.-J.), 1973. — Classification of dicotyledon leaves. *Amer. J. Bot.*, 60 (1), 17-33.
- HICKEY (L.-J.), 1974. — Clasificación de la arquitectura de las hojas de dicotiledonas. *Bol. Soc. argent. Bot.*, 16 (1-2), 1-26.
- HOWARD (R.-A.), 1969. — The ecology of an Elfin forest in Puerto Rico. 8. Studies of stem growth and form and of leaf structure. *J. Arnold Arb.*, 50 (2), 225-267.
- JAIN (T.-C.), MISRA (D.-K.), 1966. — Leaf area estimation by linear measurements in *Ricinus communis* L. *Nature*, 212 (5063), 741-742.
- JENTYS-SZAFEROWEJ (J.), 1970. — Variability of the leaves and fruits of trees and shrubs in forest associations of the Bialowieza national park. (En polonais.) *Monogr. bot., Warszawa*, 32, 238 pp.
- LAL (K.-N.), RAO (M.-S. Subba), 1951. — A rapid method of leaf area determination. *Nature*, 167, 72.
- MELTZER (B.), SEARLE (N.-H.), BROWN (R.), 1967. — Numerical specification of biological form. *Nature*, 216 (5110), 33-36.
- MOUTON (J.-A.), 1963. — De la possibilité d'identifier les feuilles des espèces de phanérogames ligneuses de Côte d'Ivoire. *Mém. inédit.*, 1963, 357 pp. dact.
- MOUTON (J.-A.), 1966. — Sur la systématique foliaire en paléobotanique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 113 (9), 492-502.
- MOUTON (J.-A.), 1966. — Les types biologiques foliaires de Raunkiaer. Etat actuel de la question. *Bull. Soc. bot. Fr., Mém. 1966*, 28-36.
- MOUTON (J.-A.), 1967 (1970). — Architecture de la nervation foliaire. *C.R. 92^e Congr. Soc. sav. Strasbourg, 1967 (1970)*, sér. 3 (sciences), 165-176.
- NIQUEUX (M.), 1961. — Une méthode d'estimation de la surface foliaire pour le sorgho (*Sorghum vulgare* Pers.). *Agron. trop., Paris*, 16 (1), 99-103.
- RYDER (V.-L.), 1954. — On the morphology of leaves. *Bot. Rev.*, 20 (4), 263-276.
- SCHURER (R.), 1971. — Direct reading optical leaf area planimeter. *Acta bot. neerl.*, 20 (1), 132-140.
- THOMPSON (F.-B.), LEYTON (L.), 1971. — New method for measuring leaf area. *Nature (bio.)*, 229 (5286), 572.
- WEBB (L.-J.), 1959. — A physiognomic classification of australian rain forests. *J. of Ecol.*, 47 (3), 551-570.
- WEBB (L.-J.), 1968. — Environmental relationships of the structural types of Australian rain forest vegetation. *Ecology*, 49 (2), 296-311.
- WENDT (C.-W.), HASS (R.-H.), RUNKLES (J.-R.), 1967. — Area measurement of Mesquite (*Prosopis glandulosa*) leaves by using leaf-length measurements. *Bot. Gaz.*, 128 (1), 22-24.
- WINTER (E.-J.) et coll., 1956. — Some methods of measuring leaf area, p. 195-197, in : MILTHORPE « The growth of leaves » (*Proceed. 3^e Easter School agric. Sci. Univ. Nottingham*). Butterworth scient. Publ., London.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ BOTANIQUE

DE FRANCE

Tome 123

N° 3-4

1976

EXTRAIT



8272