



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUME

BP. V-51 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Laboratoire de Botanique

L'INDICE FOLIAIRE DES FORETS TROPICALES

par

Daniel-Yves ALEXANDRE

27 OCT. 1983

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3571

Cote : B

B3571

MARS 1979

L'indice foliaire des forêts tropicales.

Parmi les paramètres qui peuvent le mieux définir une communauté végétale l'indice foliaire (LAI selon la terminologie anglosaxonne) est certainement un des plus utiles.

En fait, et bien qu'il existe actuellement sur le marché des planimètres opérationnels en continu, aucune mesure directe de la surface foliaire n'a jamais, à notre connaissance, été effectuée en forêt tropicale.

Même les mesures semi-directes, par échantillonnage de la biomasse foliaire et de la surface spécifique des feuilles, sont rares.

Ce type de mesure semi-directe a été entrepris à Puerto-Rico (ODUM et al. 1963) à Panama (GOLLEY & coll. 1975) et en Malaisie (KIRA 1978).

Bien que la forêt étudiée à Puerto-Rico soit d'un type particulier, il s'agit en effet d'une forêt d'altitude dont les arbres n'atteignent que des dimensions modestes, les travaux qui y ont été effectués sont remarquables par leur précision et par le fait qu'on ait cherché à y lier indice foliaire et transmission spectrale de la lumière (Travaux de JORDAN). Les résultats des mesures par prélèvements s'échelonnent de 1,95 à 12,6 m²/m², avec une moyenne de 6,4.

Les mesures de GOLLEY et de son équipe ont été répétées en saison sèche et en saison des pluies dans deux forêts voisines. En saison des pluies la biomasse foliaire, de 11,4 t/ha pour les strates supérieures et de 0,6 pour la strate inférieure, correspondrait à un LAI de 22,4. En saison sèche on aurait respectivement 7,4 + 0,7 t/ha et 10,6 ha/ha. Ces valeurs de LAI sont très élevées, elles montrent une variation du simple au double ou bien entre deux forêts apparemment identiques ou bien, et c'est plus probable, entre deux périodes climatiques.

La forêt de Pasoh est typique d'une forêt dense asiatique, c'est elle qui a été retenue dans le cadre des travaux du Programme Biologique International. Selon KIRA, le LAI de la parcelle de référence, abattue pour l'établissement des coefficients d'allélométrie, parcelle d'une surface de 0,8 ha, ce qui est considérable, serait égal à 8.

Hormis ces quelques mesures, on ne possède pour la forêt tropicale que des estimations indirectes.

Trois méthodes principales sont employées : les mesures spectrales de la lumière transmise, les mesures allélométriques partant du DBH et les mesures de chute de litière.

La méthode spectrale nous paraît particulièrement prometteuse. Elle repose sur la propriété qu'ont les feuilles de laisser passer l'infra rouge proche tout en étant pratiquement opaques dans le visible.

Ainsi JORDAN (1969) à Puerto-Rico mesure le rapport de l'intensité lumineuse à 675 et 800 nm et trouve un LAI moyen de 6,6. Notons que l'utilisation par cet auteur d'un fil plombé vertical pour l'étalonnage de la méthode peut conduire à une sous-estimation certaine du LAI.

Ce sont les auteurs japonais qui ont le plus souvent utilisé la méthode allélométrique. A partir de la mesure classique simple et rapide du diamètre des arbres (DBH), on établit des relations successives, donnant la hauteur de l'arbre, sa biomasse, ..., sa surface foliaire. L'erreur relative augmente d'équation en équation mais resterait inférieure à 10 % pour la dernière qui donne précisément la surface foliaire. Le LAI de la forêt de Pasoh est ainsi estimé à 6,87 pour les strates supérieures. La strate inférieure aurait un LAI plus variable allant de 0,23 à 0,95. Au total le LAI moyen varie de 7,1 à 7,82. (KIRA 1978). (Ces chiffres intègrent sans doute la présence de chablis ± anciens).

OGAWA et al. (1965) avaient trouvé, par la même méthode, une biomasse foliaire de 8,4 t/ha pour la forêt de Khao Chong en Thaïlande et un LAI de 12,3. Ainsi que l'indique KIRA, cette valeur ainsi que celles données par GOLLEY et coll. provient certainement d'une erreur d'échantillonnage pour la détermination de la surface spécifique. Celle-ci diminue beaucoup au fur et à mesure que l'on s'élève vers la voûte. Une des difficultés de la méthode provient de l'incertitude grandissante des calculs pour les arbres de très gros diamètre ; ces arbres qu'OLDEMAN (1972) incluerait dans l'ensemble du passé, n'ont pas une biomasse foliaire qui augmente proportionnellement au diamètre. Dans une étude antérieure la même équipe (OGAWA et al., 1961) avait attribué à la forêt galerie de Mae Hoi un indice foliaire de 16,6 ; l'amélioration des équations réduit ce chiffre à 12,1. Quoi qu'il en soit, ces auteurs montrent le caractère asymptotique de la surface foliaire et sa constance pour des surfaces de 40 x 40 m. Pour des parcelles de 100 m² la biomasse foliaire varie de 49 à 117 kg.

Il est bien sûr tentant d'étendre les équations mises au point pour une forêt à d'autres forêts ; c'est bien ce qu'ont tenté OGAWA et al. (1961) pour les forêts de Côte-d'Ivoire et du Nigeria d'après les relevés d'AUBREVILLE (1938) et de JONES (1956) trouvant ainsi des LAI de 8,5 et 9,5. Le côté hasardeux d'une telle tentative n'a pas échappé aux auteurs.

Les mesures de chutes annuelles de litière fournissent une dernière approche de l'indice foliaire des forêts tropicales.

La mesure de la litière de feuilles ne pose pas d'autre problème que celui d'un échantillonnage convenable dans le temps et dans l'espace. On s'accorde sur une durée minimum d'une année avec des prélèvements au moins bimensuels.

Il s'agit donc toujours d'un travail assez lourd, hors de portée du visiteur occasionnel.

Pour convertir la nécromasse de feuilles en surface, il suffit de mesurer également la surface spécifique de la litière. Comme le montre l'étude de LEIGH & SMYTHE la mesure doit être faite à chaque prélèvement : à Barro Colorado la surface spécifique mesurée varie de 0,82 à 1,69 ha/t selon l'époque. Du fait de la résorption au moment de la sénescence, la surface spécifique de la litière est supérieure à celle des feuilles adultes. BRAY & GORHAM (1964) estime la résorption à 19 % ; EDWARDS (1977) dans une forêt d'altitude à 10 %. Cette résorption varie avec les espèces donc avec les forêts (GRUBB 1977). On sait d'autre part que les animaux phytophages prélèvent une part de la biomasse foliaire. BRAY (1964) dans trois forêts canadiennes donne une consommation de 5,9 à 10,6 %. La moyenne de 7,8 % est souvent acceptée pour les forêts tropicales. ODUM & RUIZ REYES (1970) mesurent à Puerto Rico une consommation par les insectes de 6 à 9 %. KIRA (1978) estime la consommation par les chenilles seules à 4 % dans la forêt de Pasoh d'après le poids des déjections. LEIGH & SMYTHE (1975) à Barro Colorado estiment la consommation par les insectes à 9 % et celle des vertébrés à 2,5 % (total 11,5 %). Mais on sait également que les folivores s'attaquent surtout aux jeunes feuilles encore incomplètement développées, plus riches en protéines et moins chargées de substances toxiques. Or on sait qu'il existe fréquemment une croissance compensatoire des feuilles après ablation partielle. Nous pensons donc qu'au niveau de la surface foliaire, l'impact des phytophages est négligeable et qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte. Connaissant la surface de la litière on connaîtra la surface foliaire à condition toutefois de connaître la durée de vie moyenne des feuilles, ou mieux celle des feuilles adultes. On peut admettre comme LEIGH (1975) que celle-ci est en moyenne de 1 an. Cependant d'après WARMING & GRAEBNER (1933) cité par RICHARDS (1952), elle serait de 13-14 mois. Elle augmenterait avec l'altitude. Ainsi selon EDWARDS (1977) elle est de 14 à 16 mois en Nouvelle Guinée, à 2 500 m, et de 14 à 18 mois à la Jamaïque d'après TANNER (1977) (cité par GRUBB) ; les données de ODUM permettent de calculer une durée de vie moyenne à Elverde de 16 à 18 mois. La durée de vie des feuilles est plus longue dans le sous-bois que dans les strates supérieures (GRUBB). Ainsi *Turraeanthus africana* conserve dans le sous-bois ses feuilles trois ans (ALEXANDRE 1977).

Sans qu'il soit, à l'heure actuelle, possible d'estimer l'importance de l'erreur, admettre une durée de vie de 1 an entraîne une sous-estimation certaine. Ainsi, HOPKINS (1966) écrit : "Most of trees at Omo are evergreen and retain their leaves for more than one year so that the higher leaf fall indicates a much higher Leaf Area Index".

Par ailleurs, comme le montrent toutes les études sur le rythme de la chute des feuilles (citons en particulier pour la Côte-d'Ivoire le travail de BERNHARD 1970) la périodicité du phénomène est bien marquée même dans les forêts au climat le plus constant (WHITMORE 1976).

On peut donc en déduire que le LAI suit lui-même des variations d'une certaine amplitude, comme nous l'avons souligné à propos des travaux de GOLLEY et coll. Ces réserves montrent que la chute annuelle de litière ne constitue pas a priori un bon moyen d'estimation de l'indice foliaire, mais ce sont pratiquement les seuls résultats dont on dispose actuellement.

BRAY & GORHAM donnent dès 1964 une compilation des mesures de la chute de litière dans diverses forêts tropicales (voir tableau n° 1).

D'après ces auteurs, la moyenne de chute de litière de feuilles en forêt tropicale serait de 6,8 t/ha/an. On notera que cette moyenne inclut deux fois la même forêt zaïroise à *Brachystegia* et deux valeurs de forêt de montagne. Presque toutes les données sont relatives à la chute globale de litière affectée d'un coefficient 0,66. Pour l'ensemble des valeurs concernant des peuplements naturels on obtient une moyenne de 7,11 t/ha/an.

Nous avons réuni sur le tableau (n° 2) l'ensemble des résultats les plus représentatifs que nous avons pu consulter. Les données de BERNHARD pour la Côte-d'Ivoire sont produites de façon plus détaillée sur le tableau n° 3. Pour l'ensemble des valeurs on obtient une moyenne de 7,1 t/ha/an.

Discussion

La grande similitude des diverses forêts tropicales typiques apparaît nettement. Cette constance, notamment pour ce qui de la productivité, a été soulignée par de nombreux auteurs, par exemple LEMEE (1975) ou JORDAN (1971).

Excepté dans les forêts sur sols inondables ou toxiques, le facteur limitant principal pour la végétation serait l'insolation, assez constante dans la zone intertropicale, d'où la constance de la production.

La tendance que l'on remarque à une légère augmentation de la productivité de litière pour les forêts de basse altitude ou celles dont le climat présente une très courte saison sèche, pourrait s'expliquer par une légère augmentation du rayonnement. Ces forêts atteignent, en Afrique comme en Asie, une hauteur très grande et la corrélation entre la hauteur maximale et la valeur de l'indice foliaire a été notée par OGAWA et al. L'augmentation peut, il est vrai, dans ces forêts provenir d'un turn over plus rapide.

Certaines observations comme celles de BERNHARD au Banco ou de TANNER (1977) dans les montagnes Jamaïquaines, pourraient montrer une augmentation de la productivité de litière sur les sols plus riches en éléments minéraux.

Mais ces petites variations ne cachent pas l'homogénéité d'ensemble et contrastent avec l'effondrement de la production dès que la sécheresse devient marquée.

Très tôt lors des successions secondaires on remarque une production égale, voire supérieure à celle du climax (BRAY & GORHAM 1964, JORDAN 1971, EWEL 1971, 1976). Ainsi EWEL au Guatemala mesure une production de litière de feuille de 8 t à 6 ans, 10 t à 14 ans et 9 t en forêt. FOURNIER & DECASTRO (1973) ont mesuré 12,9 t de litière de feuille en 10 mois dans une forêt secondaire du Costa Rica, ce qui pourrait représenter plus de 15 tonnes par an ! La production élevée des peuplements secondaires est vraisemblablement liée à une durée de vie des feuilles plus courte, en rapport avec la nature héliophile des espèces et à l'évolution rapide de la structure des peuplements. Si en forêt dense la durée de vie des feuilles est d'autant plus longue que l'ombrage est important, chez les espèces pionnières les organes d'assimilation photosynthétique tombent dès qu'ils sont ombragés.

Si la constance de la production de litière de feuille est liée à la disponibilité du facteur lumineux, la constance du LAI doit être encore plus grande, à moins de profondes différences structurales. Il est en effet difficile d'imaginer des feuilles dont le bilan photosynthétique, à l'échelle d'une année, resterait négatif.

Les lianes semblent fournir un exemple de cette stabilité de l'indice foliaire. On sait qu'elles forment une part importante de la biomasse foliaire en forêt tropicale : 36% au Gabon d'après HLADIK 1974, 33 % en Malaisie selon OGAWA et al. La grande difficulté de la mesure de la biomasse foliaire des lianes a reçu une solution originale dans les travaux japonais. KIRA & OGAWA (1971) admettent par hypothèse que la surface foliaire des lianes diminue d'autant la surface foliaire des arbres qui les supportent. La validité des travaux faits en partant de cette hypothèse milite en faveur d'un LAI constant.

Il semble donc possible d'estimer un LAI moyen des forêts tropicales. Si l'on part de la valeur moyenne de chute de feuilles de 7,1 t/ha/an, d'une surface spécifique de 1 ha/t et d'une durée de vie de 1 an (hypothèses de LEIGH), on obtient un LAI de 7,1. En tenant compte d'une durée de vie également probable de 14 mois et d'une surface spécifique de 1,15 (LEIGH & SMYTHE) on obtient un LAI de 9,5. Ces valeurs encadrent bien les résultats de KIRA pour la forêt de Pasoh (7,1 à 7,8 en moyenne). Pour la station de thalweg au Banco étudiée par BERNHARD on trouve un LAI maximum moyen de 11,0, ce qui correspond à la valeur de 10 à 12 donnée par LEMEE (1975).

Si l'on peut admettre un LAI compris entre 7,1 et 9,5 il faut cependant souligner que cette valeur ne peut être acceptée que pour des surfaces assez grandes, comparables à celles que l'on utilise pour les récoltes de litière. Sous un grand arbre il n'est pas douteux que l'indice foliaire puisse atteindre des valeurs plus grandes. Ainsi à El Verde un LAI de 12,6 a été mesuré par prélèvement, or il s'agit d'une forêt de montagne plus basse et moins dense qu'une forêt de plaine typique. Le tableau 4 donne le LAI à Puerto-Rico. A la Jamaïque EDWARDS et GRUBB (1977) trouvent un LAI comparable (5,5 à 6). Mais si sous un émergent on peut trouver localement un LAI très élevé, on doit nécessairement trouver un LAI plus faible dans le peuplement environnant, surtout selon l'axe est-ouest en raison de la marche du soleil.

Notons enfin que la valeur de l'indice foliaire calculée à partir de la chute annuelle de litière, disons 8,3, représente la valeur maximale atteinte au cours de l'année. Au moment du pic de défoliation, elle pourrait baisser de moitié si les observations de GOLLEY sont généralisables.

Conclusion

Malgré les travaux récents et bien que la connaissance de l'indice foliaire puisse être considérée comme essentielle à la compréhension du fonctionnement de la forêt tropicale, un grand effort doit encore être fait dans ce domaine. En raison même de la nature complexe et de la grande hauteur de ces forêts la tâche est en effet très lourde et demanderait un matériel moderne. Les mesures directes ainsi obtenues pourraient ensuite servir à étalonner les méthodes indirectes. Parmi les mesures indirectes employées à l'heure actuelle la mesure de rapports spectraux semble la meilleure. Elle permet une mesure non destructive, instantanée et continue, de grande précision, pour un coût tolérable. Cette mesure semble si bien intégrer les différents paramètres du feuillage qu'il se pourrait qu'elle rende dérisoire la mesure du LAI.

Résumé

L'indice foliaire des forêts denses humides sempervirentes de plaines semble constant pour toute la zone inter-tropicale ; ce qui pourrait s'expliquer par le fait que pour ces formations le rayonnement solaire serait le principal facteur limitant.

Les mesures dont on dispose actuellement pourraient permettre d'attribuer à ce paramètre la valeur moyenne de 8,3. Cette valeur moyenne correspondrait au maximum annuel.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE D.Y. 1977 .- Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte-d'Ivoire : *Turraeanthus africana*. Oecol. Plant. 12 (3) 241-262.
- AUBREVILLE A. 1938 .- La forêt coloniale de l'AOF. Ann., Acad. Sci. Colon. Paris 9 : 1-245.
- BERNHARD F. 1970 .- Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte-d'Ivoire. Oecol. Plant. 5 : 247-266.
- BRAY J.R. 1964 .- Primary consumption in three forest canopies. Ecology 45 : 165-167.
- BRAY J.R. & GORHAM E. 1964 .- Litter production in forests of the world. Adv. Ecol. Res. 2 : 101-157.
- CORNFORTH I.S. 1970 .- Leaf fall in a tropical rain forest. J. appl. Ecol. 7 : 603-608.
- EDWARDS P.J. 1977 .- Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea II : The production and disappearance of litter. J. Ecol. 65 : 971-992.
- EDWARDS P.J. & GRUBB P.J. 1977 .- Studies of the mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. J. Ecol. 65 : 943-969.
- EWEL J. 1971 .- Biomass changes in early succession. Turrialba 21 (1) 110-112.
- EWEL J.J. 1976 .- Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. J. Ecol. 64 (1) 293-308.
- FOURNIER L.A. & CAMACHO de CASTRO L. 1973 .- Produccion y descomposicion del mantillo en un bosque secundario humedas de premontano. Revista de Biol. Trop. 21 (1) 59-67.
- GOLLEY F.B. & coll. 1975 .- Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Univ. of Georgia Press, Athens, 248 pp.

							Litière	
			Lat	Long	Alt		Feuilles	Totale
Jenny et al	1949	Colombie	4 S	74 w	-	Rain forest	-	10,2
Brynaert	p.c.	(Ituri) Congo Zaïre	2 N	27 E	1650	Mixed forest	8,5	11,5
Landelout et Meyer	1954	Yangambi Zaïre	1 N	24 E	-	Young secondary	-	14,9
						<i>Macarlobium</i> forest	-	15,3
						Mixed forest	-	12,4
						<i>Brachystegia</i> forest	-	12,3
Nye	1961	Kade Ghana	6 N	1 W	150	Mature secondary forest	7,0	10,5
Mitchell	p.c.	Malaya	3 N	102 E	-	<i>Dipterocarpus</i> lowland forest	-	7,2
			3 N	102 E	-	<i>Dipterocarpus</i> lowland forest	-	5,5
			3 N	102 E	600	<i>Dipterocarpus</i> lowland forest	-	6,3
			3 N	102 E	230	Secondary	-	8,3
			3 N	102 E	300	Secondary	-	10,5
			3 N	102 E	450	Secondary	-	14,4
			3 N	102 E	450	Plantation	-	9,3
			3 N	102 E	450	Plantation	-	10,9
			3 N	102 E	450	Plantation	-	7,7
			3 N	102 E	450	Plantation	-	14,8
			3 N	102 E	450	Plantation	-	10,2
Moyenne							6,8	

Tableau 1

Auteur	Date	Localité	Pluie	Lat	Alt	Litière de feuille	Nombre d'années de mesure
BRAY et GORHAM	1964	Diverses	-	-	-	(6,8)	-
NYE	1961	Kade Ghana	1625	6 N	150	7	1
JOHN	1971	Kade Ghana Plateau	1625	6 N	150	7,5	2
		Thalweg	1625	6 N	150	7,3	2
KIRA et SHIDEI 1967 in KIRA	1969	Khao Chong Thaïlande	2718	7 N	-	(11,84)	0,1
HOPKINS	1966	Omo Nigeria	2072	-	-	7,2	1
KLINGE et RODRIGUES	1968	Manaus Brésil	1780	2 S	45	(5,6)	2
ODUM	1970	El Verde Puerto Rico	2380	18 N	510	(5,0)	2
JORDAN	1971	El Verde Puerto Rico	2400 à 3600	18 N	510	(5,5)	3
BERNHARD	1970	Banco Plateau Côte-d'Ivoire	2100	5 N	50	8,2	3
		Banco Thalweg Côte-d'Ivoire	2100	5 N	50	7,5	3
		Yapo Plateau Côte-d'Ivoire	1800	5 N	80	7,1	2
		Yapo Thalweg Côte-d'Ivoire	1800	5 N	80	6,3	2
CORNFORTH	1970	Trinidad	>1800	5 N	70 - 200	6,9	1
KLINGE in LEIGH et SMYTHE	1975	Belem Brésil	2277	0	10	7,8	1
LEIGH et SMYTHE	1975	Barro Colorado Panama	2725	9 N	137	7	3
LEIGH	1975	Barro Colorado Plateau	2725	9 N	137	6,1	2
		Barro Colorado Thalweg	2725	9 N	137	7,2	3
HAINES et FOSTER	1977	Barro Colorado	2725	9 N	137	5,8	1
GOLLEY et al	1975	Panama Santa Fe	2000	9 N	30	9,6	1
HLADIK in LEIGH	1975	Ipassa Gabon	-	-	-	6,5	1
KIRA	1978	Pasoh Malaisie	2000	2 N	100	7	1
LIM in LEIGH	1975	Pasoh Malaisie	2000	2 N	100	7,5	1
FOURNIER et de CASTRO	1973	San Jose Costa Rica	2000	5 N	1200	(15,5)	0,8

Moyenne (sans les valeurs entre parenthèses)

7,1

Tableau 2

BERNHARD 1970

	Banco		Yapo	
	Plateau	Thalweg	Plateau	Thalweg
1ère année	8,2	7,9	6,6	5,7
2ème année	9,2	7,3	7,6	6,8
3ème année	7,2	7,2	-	-

Tableau 3

Tableau 4

Leaf Area Index of Tabonuco forest by several methods (table 8 in ODUM 1970).

Procedure	LAI
Ten prisms Odum et al 1963	6,24
Sabana biomass plot Odum 1962 (chap. I-1) [*]	7,3
Giant cylinder plumblin chap. I-9	5,24
Plumblin Jordan, 1968 ^{**}	5,6
Three 600 ft transects using correlation of spectral ratio to biomass. Jordan 69	6,6

* ODUM 1962 .- Man and the Ecosystem Bull Conn Agr Exp Station, New Haven 652 : 57-75.

** JORDAN 1968 .- Optical measure of leaf Area Index pp 26-27 in J.R. KLINE et al eds. The rain forest project, Annual report, USAEC Report PRNC - 119.

- 8
- GRUBB P.J. 1977 .- Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8 : 83-107
- HAINES B. & FOSTER R.B. 1977 .- Energy flow in a panamanian forest. *J. Ecol.* 65 : 147-155.
- HLADIK A. 1974 .- Importance des lianes dans la production foliaire de la forêt équatoriale du nord-est du Gabon. *C.R. Acad. Sci. Paris D.* 278 : 2527-2530.
- HOPKINS B. 1966 .- Vegetation of the Olokemeji forest reserve Nigeria. Part IV : The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *J. Ecol.* 54 : 687-703.
- JOHN D. M. 1973 .- Accumulation and decay of litter and net production of forest in tropical West Africa. *Oikos.* 24 (3) 430-435.
- JONES E.W. 1956 .- Ecological studies in the rain forest of southern Nigeria. IV : The plateau forest of the Okumu forest reserve. The reproduction and history of the forest. *J. Ecol.* 44 : 83-117.
- JORDAN C.F. 1969 .- Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecol.* 50 : 663-666.
- JORDAN C.F. 1971 .- Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. *J. Ecol.* 59 : (1) 127-142.
- KIRA T. 1978 .- Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southern Asia with special reference to Pasoh forest, West Malaysia. in : "Tropical trees as living systems" Tomlinson & Zimmermann ed., Cambridge Univ. Press 561-590.
- KIRA T. & OGAWA H. 1971 .- Estimation de la productivité primaire dans les forêts tropicales et équatoriales. *UNESCO Ecologie et Conservation n° 4* : 319-322.
- KIRA T. & SHIDEI T. 1967 .- Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of western Pacific. *Jap. J. Ecol.* 17 : 70-87.
- KLINGE H. & RODRIGUES W.A. 1968 .- Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part 1 : Litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana* 1 (4) 287-302.

- LEIGH E.G. Jr. 1975 .- Structure and climate in tropical rain forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 6 : 67-86.
- LEIGH E.G. Jr. & SMYTHE N. 1975 .- Leaf production, leaf consumption and the regulation of folivory on Barro Colorado Island. in 4 th Int. Cong. Ecol.
- LEMEE G. 1975 .- Recherche sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de Basse Côte-d'Ivoire. VII : Conclusions générales. *Terre et la Vie* 29 (2) 255-264.
- NYE P.H. 1961 .- Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant Soil* 13 : 333-346.
- ODUM H.T. 1970 .- An emerging view of the ecological system at El Verde. in : "A tropical rain forest" Odum ed.
- ODUM H.T., COPELAND B.J. & BROWN R.Z. 1963 .- Direct and optical assay of leaf mass of the lower montane rain forest of Puerto Rico. *Proc. nat. Acad. Sci. Wash.* 49 : 429-434.
- ODUM H.T. & RUIZ-REYES J. 1970 .- Holes in leaves and grazing control mechanism. in : "A tropical rain forest" USAEC - H.T. Odum ed. p. I-69-80.
- OGAWA H., YODA K. & KIRA T. 1961 .- A preliminary survey on the vegetation of Thailand. *Nature & Life in S-E Asia* 1 : 21-157.
- OGAWA H. & al. 1965 .- Comparative ecological studies of three main types of forest vegetation in Thailand II : Plant biomass. *Nature & Life in S-E Asia* 4 : 34-49.
- OLDEMAN R.A.A. 1972 .- L'architecture de la forêt guyanaise. Thèse Univ. Sci. Techn. Languedoc 247 pp.
- RICHARDS P.W. 1952 .- The tropical rain forest. Cambridge Univ. Press 450 pp.
- TANNER E.V.J. 1977 .- Mineral cycling studies in montane forest on Jamaica. PhD thesis Univ. Cambridge Engl. 296 pp.
- TANNER E.V.J. 1977 .- Four montane rain forests of Jamaica : a quantitative characterisation of the floristics, the soils and the foliar mineral levels and a discussion of the interrelations. *J. Ecol.* 65 : 883-918.
- WARMING E. & GRAEBNER P. 1933 .- Lehrbuch der Ökologischen Pflanzengeographie. Ed. 4 Berlin.
- WHITMORE T.C. 1975 .- Tropical rain forests of the far East. Clarendon Press Oxford 282 pp.