OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIOPODOUME
BP. V-51 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Laboratoire de Botanique
Laboratoire de Pédologie
Laboratoire de Bioclimatologie

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE LA DÉFORESTATION EN ZONE ÉQUATORIALE SUR L'ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN GAZ CARBONIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

par

T. JAFFRÉ, Ch. de NAMUR(*)

E. FRITSCH(**)

B.A. MONTENY, J.M. BARBIER, C. OMONT(***)

PROJET INTEREQUIPES- FORET IVOIRIENNE
P.I.R.E.N. / O.R.S.T.O.M.

Août 1983

(*) Laboratoire de Botanique - Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.
(**) Laboratoire de Pédologie - Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.
(***) Laboratoire de Bioclimatologie - Centre ORSTOM d'Adiopodoumé.

1 DEC. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 83/83/4022-4025
Cote : B
ex1

AVANT-PROPOS

Le projet est essentiellement axé sur l'étude des processus de fonctionnement des écosystèmes secondaires. Ces derniers s'étendent en raison du développement des activités humaines qui entrainent la destruction de la forêt primaire au profit des cultures itinérantes, des brousses secondaires ou des cultures pérennes.

Dans une synthèse bibliographique récente BERTRAND (1982) estime que "la déforestation est généralement le résultat des défrichements agricoles opérés par les paysans qui profitent des voies d'accès créées par les exploitants forestiers et qu'elle est pour une faible part liée au développement des cultures agro-industrielles". D'après cette étude, la Côte d'Ivoire aurait, parmi les pays africains, le rythme annuel de déforestation le plus important (315.000 ha/an de 1974 à 1980).

Dans le document "les ressources forestières de l'Afrique Tropicale" (1981) réalisé par la F.A.O., la surface des jachères forestières en Côte d'Ivoire est estimée à 8.400.000 ha. Cette estimation a été faite à partir de l'évaluation des surfaces occupées par les plantations pérennes et à partir des surfaces annuellement cultivées pour les plantations vivrières en tenant compte d'une durée moyenne de 7 ans.

Reprenant les statistiques agricoles de la Côte d'Ivoire pour l'année 1980 BERTRAND (1982) évalue à 900.000 ha la surface des cultures vivrières et à 2.438.000 ha la surface des cultures industrielles ou d'exportation en zone forestière.

Le but de la présente étude est de connaître dans quelle mesure le carbone libéré, lors des défrichements, sous forme de gaz carbonique se trouve à nouveau intégré dans les écosystèmes secondaires.

Les études entreprises concernent, d'une part les recrûs forestiers naturels qui s'installent après l'abandon des cultures vivrières sur brûlis de défrichement, d'autre part les cultures industrielles pérennes implantées sur d'anciennes surfaces forestées.

Trois programmes principaux ont été développés :

- Etude de la dynamique de la phytomasse et du stock de carbone de l'écosystème au cours de la succession secondaire,
- Etude de l'évolution de la biomasse épigée et du stock de carbone d'une culture pérenne : le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.),
- Etude des flux de gaz carbonique au niveau d'un couvert d'*Hevea brasiliensis*.

4022 - 4025
B.

ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DE LA PHYTOMASSE ET DU STOCK DE CARBONE DE L'ÉCOSYSTÈME AU COURS DE LA SUCCESSION SECONDAIRE

T. JAFFRÉ, Ch. de NAMUR *
E. FRITSCH **

I. INTRODUCTION

Le travail entrepris compte quatre études principales :

- Etude de la biomasse de recrûs forestiers,
- Estimation des quantités de carbone stockées dans la biomasse,
- Etude de la matière organique et du carbone au sol,
- Etude du carbone du sol.

Les travaux ont été menés dans le Sud-Ouest Ivoirien, région de Taï (figure 1). Il s'agit d'une zone forestière où la pression démographique n'est pas encore trop forte, ce qui permet le maintien d'un système cultural itinérant basé sur des pratiques traditionnelles caractéristiques de l'ethnie Oubi (MOREAU, de NAMUR, 1976 ; de ROW, 1979). Une immigration des ethnies voisines est en voie de modifier ces pratiques culturales par une utilisation plus intense du sol et une diversification des cultures (RICHARD et *al.*, 1977).

L'étude porte sur une série de friches datées à partir de l'arrêt de la culture du riz. Il s'agit de parcelles défrichées et cultivées selon la méthode Oubi : la forêt est abattue sur une surface de 1 à 2 ha (seuls quelques grands arbres sont laissés sur pied) la matière végétale est regroupée puis brûlée en fin de saison sèche (février, mars) aucun travail du sol n'est effectué, le champ est planté en riz pluvial (*Oryza sativa*) au début de la saison des pluies (mars, avril), après la récolte (octobre) il est laissé à l'abandon. Toutes les friches retenues sont des champs abandonnés après une seule culture de riz pluvial implanté sur brûlis après défrichement de la forêt primaire. Le choix des stations a été fixé après une enquête auprès des villageois, portant sur l'âge des recrûs, le traitement des champs, et à la suite d'une prospection pédologique.

(*) Laboratoire de Botanique
(**) Laboratoire de Pédologie
ORSTOM, BP. V-51, ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

- 1 DEC. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 4023 ex 1
Cote : B

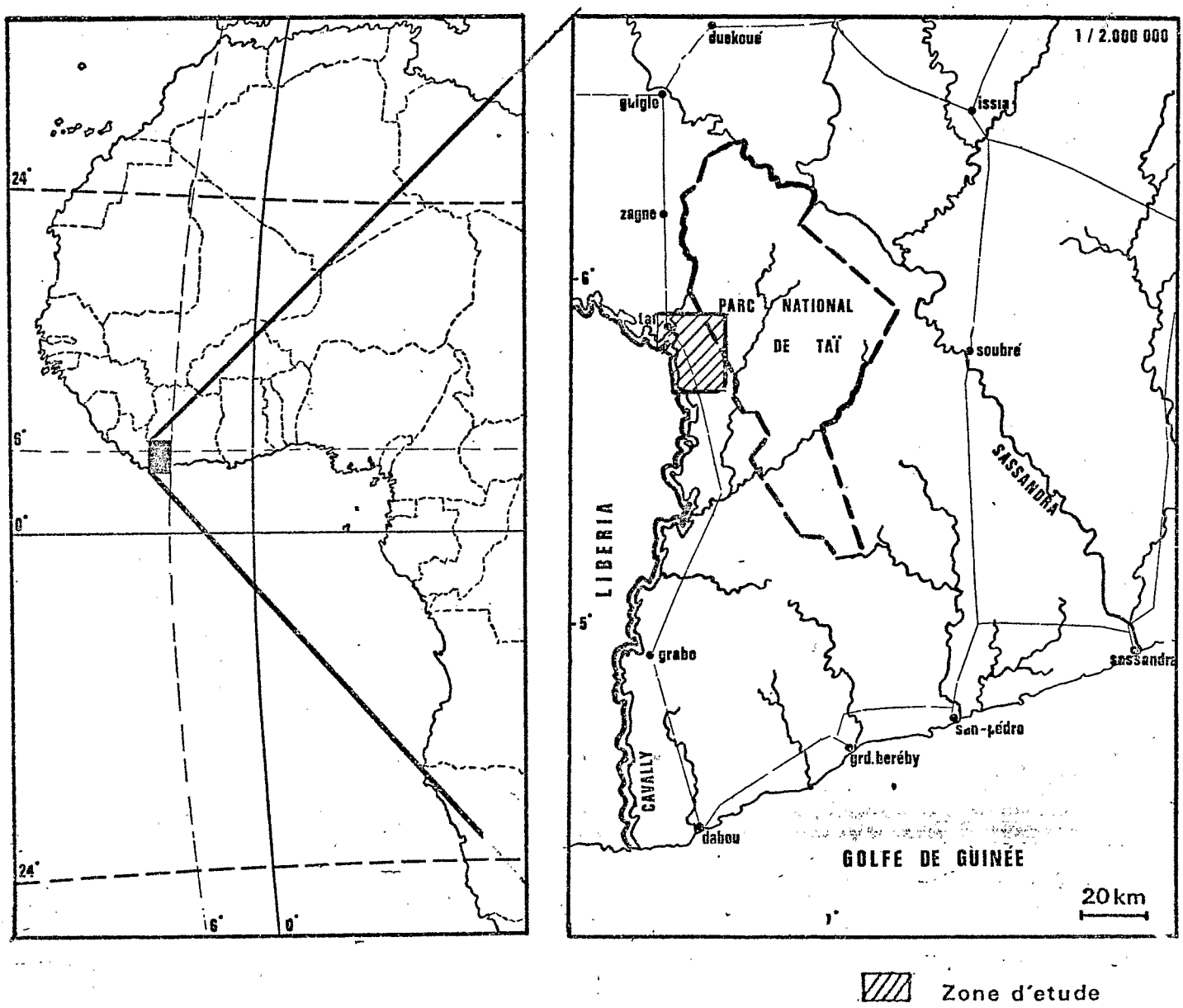

duekoué
guiglo
issia
zagné
PARC NATIONAL
DE TAÏ
taï
soubré
SASSANDRA
LIBERIA
grabo
sassandra
San-pédro
grd.beréby
CAVALLY
dabou
GOLFE DE GUINÉE
1 / 2.000 000
20 km
24°
6°
0°
-6°
-5°
Zone d'etude

Figure 1 :

II. LE MILIEU

2.1. Géologie

La carte géologique au 1/500.000e (PAPON, 1970) situe la région de Taï dans le complexe libérien. Les roches seraient principalement constituées par des migmatites et quelques granites postectoniques discordants dans les formations plissées de la région. D'après la description des altérites (FRITSCH, 1982) le substrat géologique de la zone d'étude se rattacherait plutôt à des micaschistes.

2.2. Le climat (cf. figure 2)

Le climat (ELDIN, 1971 ; 1979) est de type guinéen, il est caractérisé par une température annuelle de 26,1°C une humidité relative moyenne mensuelle oscillant entre 50 % et 70 %, une pluviométrie moyenne annuelle, calculée sur 20 ans, de 1.800 mm. L'évapotranspiration potentielle mensuelle est de l'ordre de 100 mm. Le déficit hydrique (zone hachurée sur la figure) varie de 8 à 107 mm (cumulé : 247 mm). La pluviométrie est déficitaire par rapport à l'évapotranspiration potentielle du mois de novembre au mois de février.

2.3. Le sol

La couverture pédologique du Sud-Ouest Ivoirien présente des formations anciennes (cuirasses, carapaces), reliques de périodes climatiques vraisemblablement plus sèches.

Les parcelles retenues pour cette étude sont situées à mi-versant (pente de 4 à 9 %) sur un même type de sol (Annexe I) : sol jaune ferrallitique fortement désaturé remanié appauvri. Dans le paysage forestier de Taï, ce type de sol est le plus fréquemment observé. Il se caractérise par la superposition de trois ensembles qui sont de haut en bas :

- un ensemble meuble, appauvri, jaune, coloré par la matière organique dans sa partie supérieure,
- un ensemble gravillonnaire d'épaisseur variable 10-40 cm,
- un ensemble argileux tacheté.

2.4. La végétation

2.4.1. La végétation climacique

La zone étudiée appartient au massif forestier de Taï qui fait partie du secteur ombrophile du domaine guinéen représenté ici selon GUILLAUMET (1967) et GUILLAUMET et ADJANOHOUN (1971) par de la forêt dense sempervirente à *Eremospatha macrocarpa* et *Diospiros manii* comprenant en outre comme espèces caractéristiques (MANGENOT, 1955) : *Antidesma membranaceum*, *Chrysophyllum pruiniforme*, *Memecylon guineensis*, *Pachypodanthium staudtii*, *Scytopetalum tieghemii*.

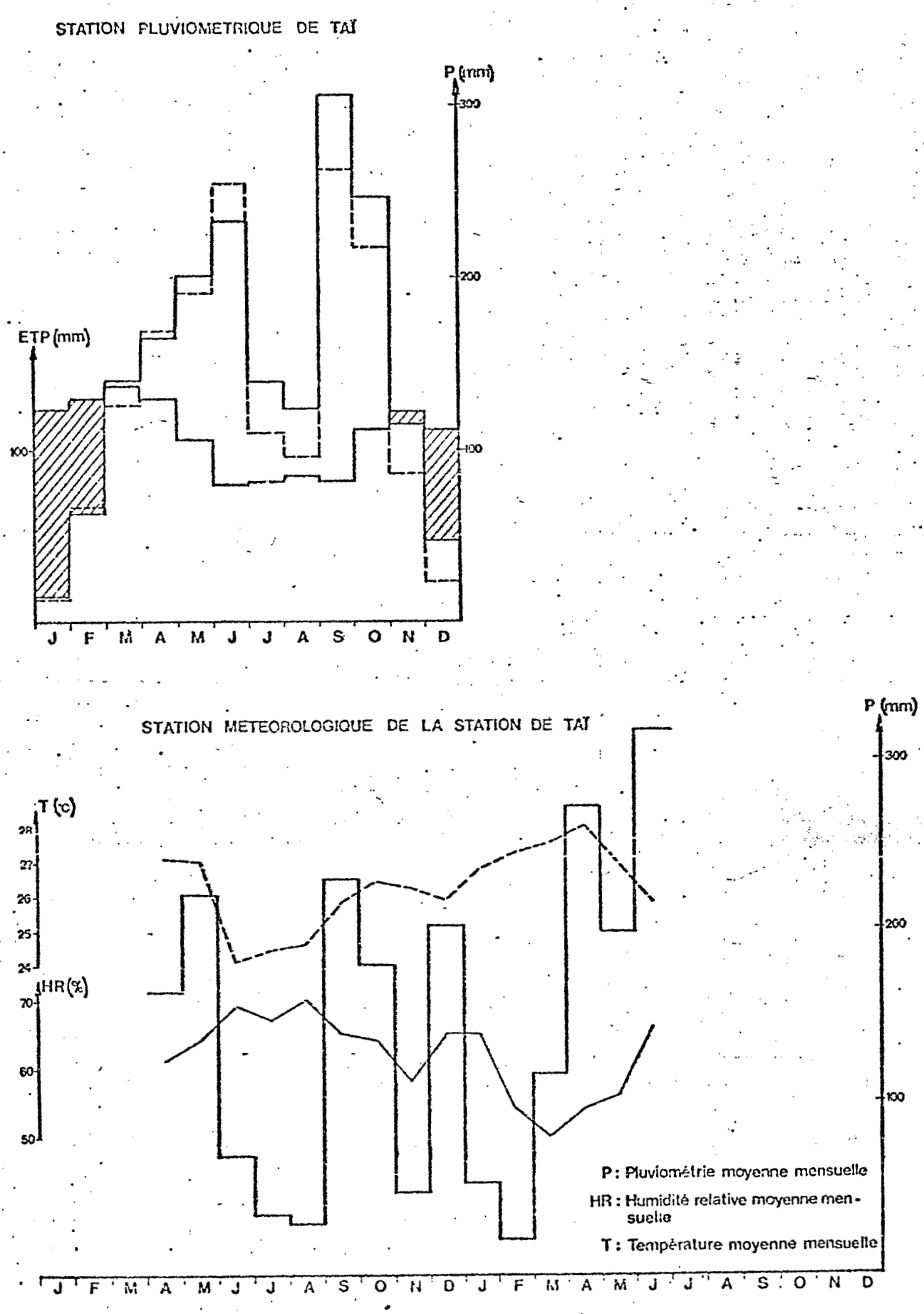


Figure 2 : Données climatiques.

A partir d'un inventaire forestier réalisé le long d'un transect topographique VOOREN (1981) conclut que la forêt de Taï présente des caractères de transition entre la forêt dense sempervirente qui s'étend vers le Sud et la forêt semi-décidue située plus au Nord. Dans cette étude l'auteur précise que la voûte fermée de la forêt de Taï se trouve entre 25 et 35 m de hauteur (quelques arbres culminant entre 45 et 55 m) et que les arbres d'une circonférence supérieure à 99 cm sont de 499 pour une superficie inventoriée de 7 ha.

2.4.2. Les recrûs forestiers

La reconstitution de la forêt tropicale humide du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire a fait l'objet de nombreux travaux dans le cadre du projet Taï (Projet M.A.B. n° 1) consacré à l'examen des effets de l'accroissement des activités humaines sur la forêt. La dynamique ainsi que les caractéristiques floristiques et structurales de la reconstitution ont été largement étudiées (GUILLAUMET et *al.* 1978, KAHN, 1982).

A la végétation herbacée et subligneuse représentée par le champ de riz à la récolte succède une végétation arbustive dense dominée par l'espèce pionnière *Macaranga hurifolia*. La frondaison de cette espèce forme un couvert continu dont la hauteur est de 4 à 5 m à 14 mois, de 6 à 7 m à 26 mois, de 8 à 9 m à 4 ans et de 9 à 11 m à 6 ans 1/2. A ce dernier stade les *Macaranga hurifolia* se courbent sous le poids des lianes qui favorisent leur chute. La disparition du peuplement pionnier de *Macaranga hurifolia* et le développement des espèces de forêts secondaires transforment le recrû en une formation préforestière qui à 10 ans atteint 12 à 14 m de hauteur. A 15 ans, les arbres atteignent 15 à 18 m et le sous bois s'éclaircit. A 40 ans, le recrû est une forêt secondaire facilement pénétrable dont les arbres culminent à plus de 25 m de hauteur.

III. ÉTUDES DE LA BIOMASSE DE RECRÛS FORESTIERS

Les études de biomasse ont été menées dans un champ de riz après la récolte (stade initial) et dans des recrûs âgés de 14 mois, 26 mois, 4 ans, 6 ans 1/2, 10 ans, 15 ans, 40 ans à compter de l'abandon du champ.

3.1. La biomasse épigée

L'étude de la biomasse épigée, qui a porté sur les 8 stades de la chronoséquence, a donné lieu à une publication (JAFFRE, de NAMUR, 1983) dont nous reprenons ici, de manière succinte, les principaux éléments.

3.1.1. Méthode

Jusqu'au stade 15 ans l'évaluation de la biomasse épigée a été effectuée par coupe intégrale et pesée de la végétation sur deux parcelles de 625 et 1.250 m². Les poids des différentes composantes biologiques ont été déterminés ainsi que les proportions de bois et de feuilles des espèces arbustives ou arborescentes.

Les composantes biologiques suivantes ont été distinguées :

- *Macaranga hurifolia*, Euphorbiacée épineuse grégaire dominant les stades jeunes,
- Les Marantacées et les Zingibéracées regroupant des espèces héliophiles à grandes feuilles, érigées (*Thaumatococcus danielli*, *Costus* spp., *Afromomum* spp.) ou lianescentes (*Trachyphrynium braunianum*, *Marantochloa* spp.),
- les lianes comprenant les lianes herbacées, sub-ligneuses et ligneuses,
- l'ensemble des espèces diverses n'appartenant pas aux catégories précédentes comprenant notamment quelques espèces pionnières plus longévives que *Macaranga hurifolia* (*Harungana madagascariensis*, *Anthocleista nobilis*, *Musanga cecropioïdes*, *Macaranga barteri*) des espèces de la forêt secondaire (*Fagara macrophylla*, *Ceiba pentandra*, *Terminalia superba*) et quelques espèces typiques de la forêt climacique

Pour la friche de 40 ans il a été procédé (sur deux parcelles de 2.500 m²) à une évaluation indirecte de la biomasse à partir des volumes, calculés à l'aide de tarifs de cubages, et des masses volumiques des espèces représentées.

3.1.2. Résultats

Les résultats sont regroupés dans le tableau 1. Ils indiquent que la biomasse épigée augmente progressivement avec l'âge des recrûs.

A partir des valeurs de biomasse totale à différents âges il a été possible de calculer les valeurs des paramètres régissant la droite de régression liant la phytomasse (en t/ha) à l'âge des recrûs (en mois) l'équation de la droite s'écrit $y = 0,4740x + 0,5591$ ($R = 0,99$). Selon cette équation, dans l'hypothèse extrême d'un accroissement linéaire jusqu'au stade de maturité de la forêt, une biomasse de 450 t/ha (moyenne des valeurs de biomasse données par HUTTEL (1969) pour la forêt de Taï) serait atteinte 80 années après l'abandon de la culture. Comme une diminution du taux d'accroissement de la biomasse intervient probablement à l'approche du stade de maturité de la forêt, on doit admettre que 80 années représente le temps minimum requis pour la reconstitution de la biomasse initiale. Le temps réel nécessaire serait de l'ordre du siècle, valeur également avancée par J.P. LESCURE (communication personnelle) pour la reconstitution de la biomasse initiale en zone forestière guyanaise.

TABLEAU 1 - Biomasse végétale épigée (feuilles comprises) de recrûs forestiers d'âges différents
(t/ha de matière sèche à l'étuve)

Composantes de la biomasse \ Temps après la récolte du riz		Champs de riz à la récolte	14 mois	26 mois	4 ans	6,5 ans	10 ans	15 ans	40 ans
Macaranga hurifolia	parcelle 1		1,65	8,97	17,97	18,16	14,56		
	parcelle 2		2,18	8,27	14,75	11,94	5,68		
	moyenne		1,92	8,62	16,36	15,05	10,12		
Espèces diverses	parcelle 1	1,28	3,95	3,53	1,77	12,11	44,03	77,68	230
	parcelle 2	1,24	4,33	2,72	2,64	15,09	47,60	56,59	218
	moyenne	1,26**	4,14	3,13	2,21	13,60	45,82	67,14	224
Lianes	parcelle 1		1,55	0,79	1,71	8,85	6,24	10,46	6,00
	parcelle 2		1,94	1,00	1,77	9,44	4,32	10,57	6,00
	moyenne		1,75	0,90	1,74	9,15	5,28	10,51	6,00
Marantacées et Zingibéracées	parcelle 1		0,98	1,96	1,91	0,82	0,59		
	parcelle 2		1,09	0,85	0,70	0,33	0,45		
	moyenne		1,04	1,41	1,31	0,58	0,52		
Riz	parcelle 1	2,05							
	parcelle 2	1,96							
	moyenne	2,00							
TOTAL	parcelle 1	3,33	8,13	15,25	23,26	39,94	65,42	88,14	236
	parcelle 2	3,20	9,54	12,84	19,86	36,80	58,05	67,16	224
	moyenne	3,26*	8,88	14,05	21,61	38,37	61,74	77,65	230
Bois mort	parcelle 1		0,37	1,08	2,62	5,49	7,50	4,63	
	parcelle 2		0,52	1,13	1,66	3,75	4,20	5,64	
	moyenne		0,45	1,07	2,14	4,62	5,85	5,14	

* dont 0,75 t/ha exportée lors de la récolte (épis et extrémités des tiges)

** dont environ 0,06 t/ha de Marantacées et Zingibéracées et 0,20 t/ha de lianes.

La figure 3 montre que les principales composantes de la biomasse évoluent différemment. Les premiers stades sont marqués par le développement du peuplement pionnier à *Macaranga hurifolia*. Le déperissement de cette espèce déjà sensible au stade 6 ans 1/2 intervient massivement entre 10 et 15 ans. Durant toute la succession secondaire on assiste à un accroissement continu de la biomasse des espèces diverses qui comprennent en outre les espèces arborescentes de la forêt secondaire. Ces dernières constituant l'essentiel de la biomasse des recrûs âgés.

La comparaison de nos résultats et de ceux recueillis par différents auteurs ayant effectué des études similaires dans d'autres régions tropicales (figure 4) conduit à quelques remarques. Pour les stades jeunes, les valeurs obtenues dans la présente étude sont proches de celles données par EWEL (1971) à Panama et et de celles données par SNEDAKER (1980) au Guatemala. Elles sont par contre, nettement inférieures à celles obtenues par FOLSTER et *al.* en Colombie (1976) et à celles obtenues par BARTHOLOMEW et *al.* (1953) au Zaïre. Cette dernière étude concerne des recrûs à parasoliers (*Musanga cecropioïdes*) qui apparaissent dans les stades jeunes beaucoup plus productifs que les recrûs à *Macaranga hurifolia*.

Il ressort de ces comparaisons que l'évolution de la biomasse épigée des recrûs forestiers est fonction des conditions de milieu (sol, climat) mais aussi de la composition spécifique des communautés végétales qui se développent au cours de la succession secondaire.

3.2. La biomasse racinaire

3.2.1. Méthode

Bien que l'évaluation de la biomasse racinaire soit toujours difficile à réaliser elle se trouve facilitée dans le cas des recrûs à *Macaranga hurifolia* en raison de la dominance de cette espèce pionnière qui confère une certaine homogénéité au couvert végétal. Toutefois l'interprétation des résultats demeure délicate, les valeurs obtenues étant plus ou moins surévaluées à cause de la présence dans le sol de racines anciennes, mortes ou en voie de dégénérescence, appartenant à des souches de la formation forestière antérieure au défrichement.

L'évaluation de la biomasse racinaire a été réalisée pour les cinq premiers stades de la chronoséquence étudiée. Dans chaque recrû la totalité des racines a été triée dans deux échantillons de sol de 1 m³ (1 m de profondeur sur 1 m² de surface).

3.2.2. Résultats

Les résultats sont donnés dans le tableau 2 où sont rassemblées les valeurs de biomasse racinaire de divers recrûs forestiers en régions tropicales, ainsi que les valeurs de l'importance relative de la biomasse racinaire par rapport à la biomasse totale.

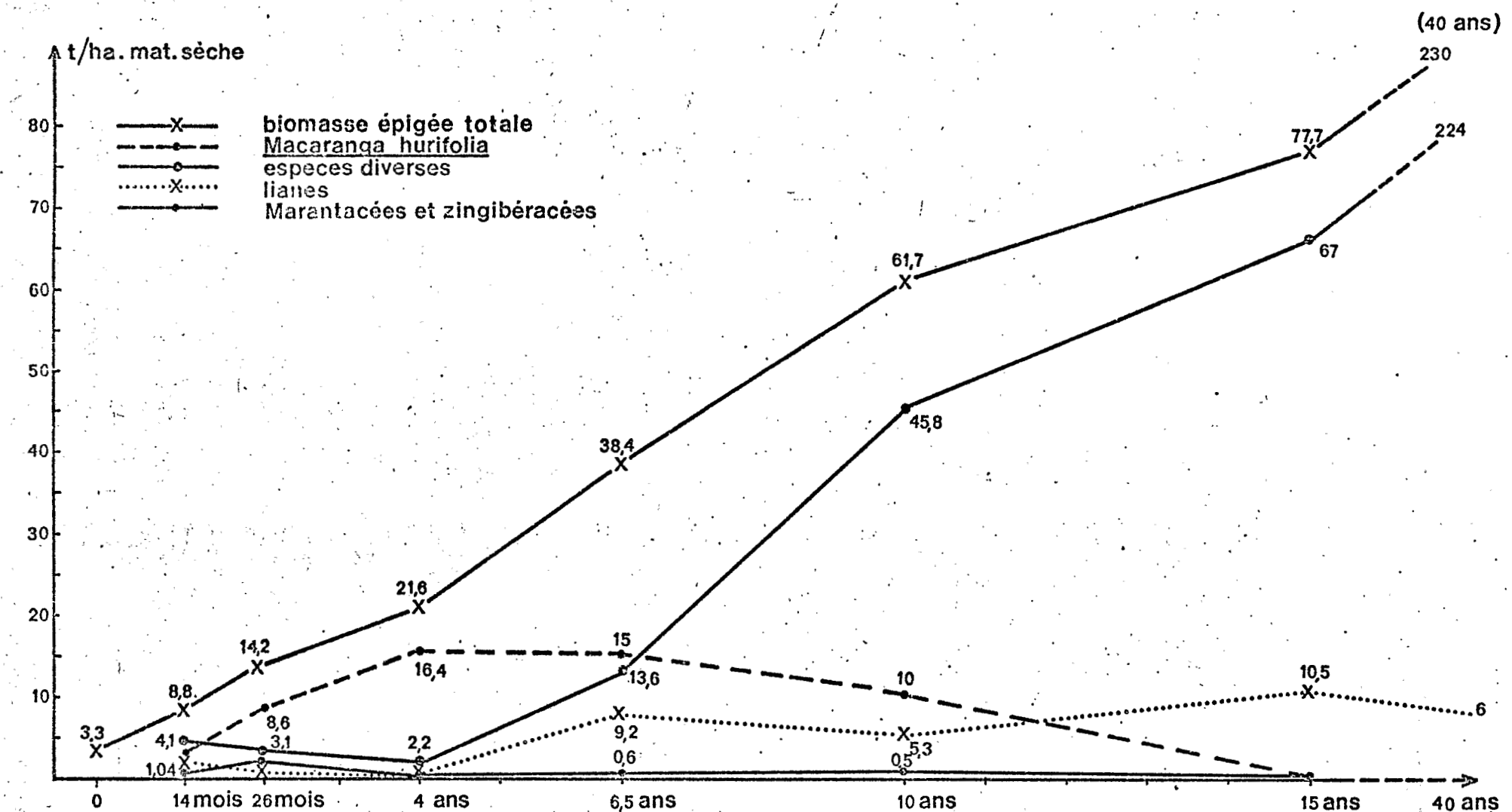


Fig. 3 Evolution de la biomasse végétale épigée et de ses composantes au cours de la succession secondaire

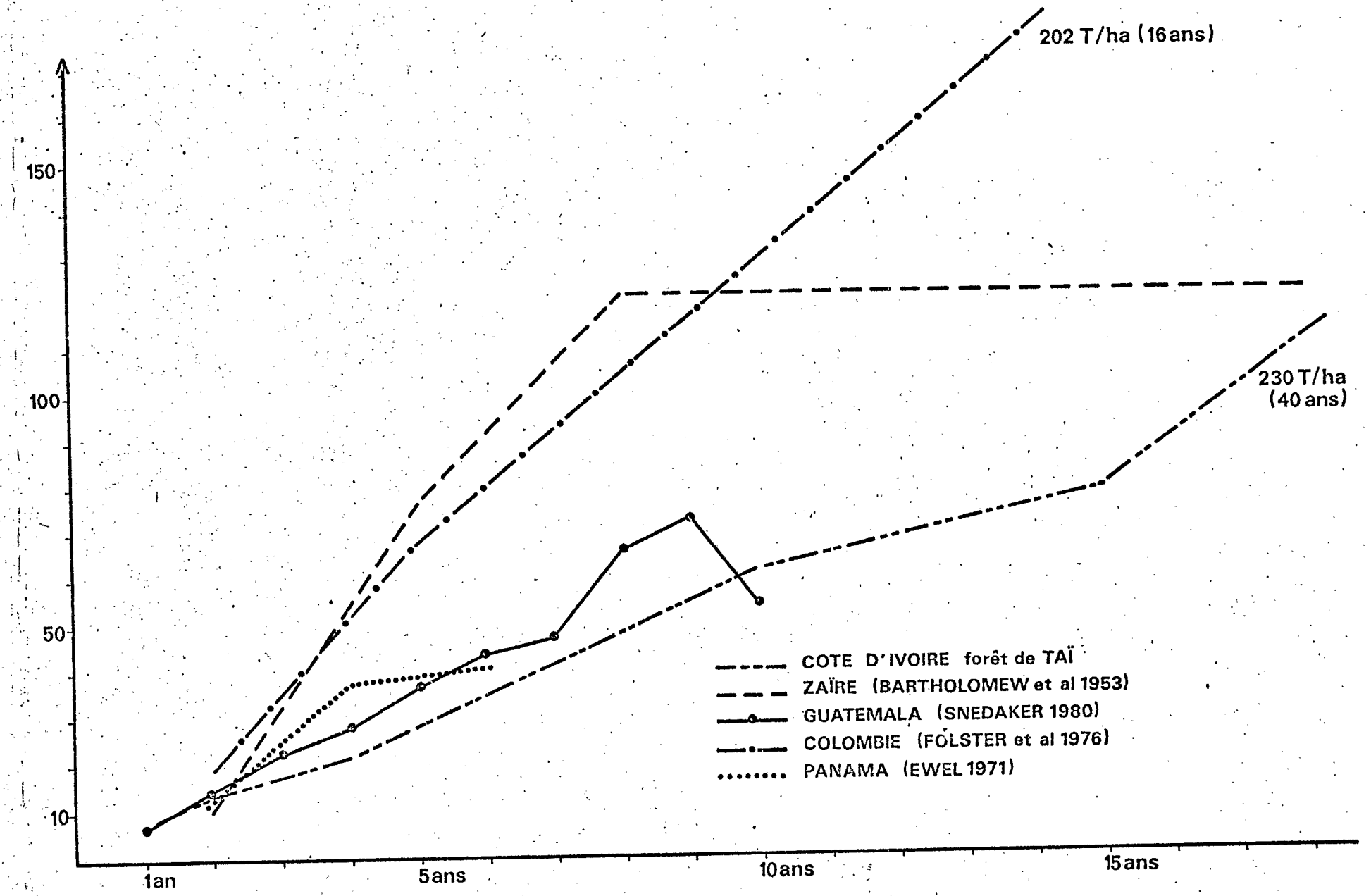


Figure 4 : Comparaison de l'évolution de la biomasse épigée au cours de la succession secondaire dans différentes régions du monde.

	Biomasse racinaire (t/ha)		Biomasse totale (t/ha)	B. racin. x 100 / B. totale
Côte d'Ivoire (TAI)	(0-20 cm)	(0-1 m)		(0 - 1 m)
Champs de riz à la récolte	8,98	19,20	22,46	85,49
recrû de 14 mois	7,20	9,11	17,95	50,75
recrû de 26 mois	8,21	9,32	23,37	39,88
recrû de 4 ans	13,65	14,37	35,98	39,94
recrû de 6 ans 1/2	20,86	25,75	64,12	40,16
Panama (EWEL, 1971)	(0 - 30 cm)			
recrû de 2 ans	2,33		15,31	15,21
recrû de 4 ans	2,86		40,80	7,00
recrû de 6 ans	14,70		57,64	25,50
Panama (GOLLEY et *al.*, 1975)	(0 - 30 cm)			
recrû de 2 ans	2,60		15,62	16,65
recrû de 2 ans	4,10		28,46	14,40
recrû de 4 ans	4,50		42,54	10,58
recrû de 6 ans	14,20		56,75	25,02
Zaïre (BARTHOLOMEW et *al.*, 1953)				
recrû de 5 ans	25,75		102,44	25,14
recrû de 8 ans	22,68		144,37	15,70
recrû de 17-18 ans	31,24		152,32	20,51

Tableau 2 : Biomasse racinaire et importance relative de cette dernière par rapport à la biomasse totale dans divers recrûs forestiers en régions tropicales.

Dans le cas des recrûs de la région de Taï la biomasse racinaire du champ à la fin de la culture représente 85 % de la biomasse totale (73 % si l'on ne tient compte que de la biomasse racinaire contenue dans les 20 premiers cm du sol) à 14 mois elle représente 51 % et à 26 mois 4 ans et 6 ans 1/2 environ 40 %.

La proportion de racines contenues dans les 20 premiers centimètres du sol s'établit à 46,5 % de la biomasse racinaire totale à l'abandon de la culture, à 79 % à 14 mois, 88 % à 26 mois, 93 % à 4 ans et 81 % à 6 ans 1/2. Ces valeurs témoignent de la présence en-dessous de 20 cm de profondeur de racines anciennes préexistantes à la culture de riz. L'importance de ces racines est maximale à l'abandon du champ de riz et devient insignifiante à partir du stade 4 ans lorsque les racines de la végétation forestière antérieure à la culture ont disparu.

Les valeurs obtenues pour la biomasse racinaire des recrûs de la région de Taï sont relativement élevées par rapport à celles données par différents auteurs pour différentes régions tropicales (tableau 2). Il convient toutefois de remarquer que toutes ces valeurs ne sont pas absolument comparables. Les valeurs données par EWEL (1971) et par GOLLEY et *al.* (1975) correspondent

aux 30 premiers cm du profil pédologique, GOLLEY précise en outre que seules les racines d'un diamètre supérieur à 0,05 cm ont été triées et pesées.

BARTHOLOMEW et *al.* (1953) ne donnent pas la profondeur du profil exploré ni la taille des racines prélevées. Dans le cas des recrûs de Taï toutes les racines ont été prises en compte, les plus fines étant séparées de la terre par un tamisage sous jet d'eau.

Bien que les données "sûres" ne soit pas les plus nombreuses, comme le souligne PARDE (1980) il apparait que la part de la biomasse racinaire dans la biomasse totale est plus importante dans les recrûs forestiers que dans les forêts à maturité. En effet, la biomasse racinaire représente seulement 2,59 % et 4,56 % de la biomasse totale de deux forêts étudiées à Panama (GOLLEY et *al.*, 1975), 8,16 %, 10,50 % et 8,76 % de la biomasse totale de trois forêts étudiées en Thaïlande (OGAWA et *al.*, 1965), 8,72 % de la biomasse de la forêt du Banco en Côte d'Ivoire (BERNHARD-REVERSAT et *al.*, 1975), 10,36 % d'une forêt de 40 à 50 ans au Ghana (GREENLAND et KOWAL, 1960).

IV. ESTIMATION DES QUANTITÉS DE CARBONE STOCKÉES DANS LA BIOMASSE

4.1. Méthode

Le calcul des quantités de carbone stockées dans la végétation a été effectué à partir du poids des principales composantes de la biomasse et des teneurs moyennes en carbone de chacune de ces composantes.

Les échantillons de poudres végétales pour analyse ont été constitués lors des études de biomasse et leurs teneurs en carbone ont été déterminées par coulométrie.

La composition carbonée des lianes ainsi que celle des Marantacées et Zingiberacées a été déterminée pour chaque recrû à partir de l'analyse de cinq échantillons représentatifs constitués chacun de 3 à 4 kg de matière sèche. Pour le stade initial (champs de riz au moment de la récolte) la composition carbonée de ces deux composantes a été obtenue en faisant la moyenne des teneurs en carbone des principales espèces de chaque composante.

La composition carbonée moyenne des feuilles et des tissus ligneux de *Macaranga hurifolia* a été déterminée pour chaque recrû à partir de l'analyse, de 5 à 9 échantillons de feuilles et d'un nombre égal d'échantillons de tissus ligneux (troncs et branches). Celle des feuilles et des tissus ligneux du peuplement des

espèces diverses (soit toutes les espèces ligneuses érigées à l'exception de *Macaranga hurifolia*) a été établie en faisant la moyenne des teneurs en carbone des principales espèces représentées dans le recrû considéré.

La teneur moyenne en carbone des racines est obtenue à partir de l'analyse de deux échantillons constitués chacun, et pour chaque recrû, par l'ensemble des racines prélevées dans 1 m³ de sol.

4.2. Résultats

Tous les résultats sont donnés dans les tableaux 3 et 4 et les stocks de carbone de la biomasse épigée et de la biomasse racinaire sont comparés sur la figure 5.

Champs de riz

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Riz			
épis	41,60	0,75	312
chaumes	40,83	1,25	510
Marantacées et Zingibéracées	42,70 ± 1,03	0,06	26
Lianes	45,80 ± 1,83	0,20	92
Autres espèces			
Tiges	43,92 ± 0,83	0,70	307
Feuilles	43,77 ± 3,17	0,30	131
Total		3,26	1.378

Friche de 14 mois

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Macaranga hurifolia			
Bois + écorce	45,26 ± 3,37	1,75	792
Feuilles	45,74 ± 2,07	0,17	78
Espèces diverses			
Bois + écorce	44,48 ± 2,48	3,12	1.388
Feuilles	46,70 ± 3,48	1,02	476
Marantacées et Zingibéracées	45,22 ± 0,70	1,04	470
Lianes	47,39 ± 0,69	1,75	829
Total		8,85	4.033

Tableau 3 : Carbone de la biomasse épigée

Friche de 26 mois

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Macaranga hurifolia			
Bois + écorce	46,03 ± 1,46	7,84	3.609
Feuilles	45,84 ± 2,83	0,78	358
Espèces diverses			
Bois + écorce	46,16 ± 2,68	2,74	1.237
Feuilles	45,97 ± 3,73	0,39	179
Marantacées et Zingibéracées	45,19 ± 1,90	1,41	637
Lianes	47,05 ± 0,49	0,90	423
Total		14,06	6.443

Friche de 4 ans

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Macaranga hurifolia			
Bois + écorce	46,59 ± 0,99	15,33	7.142
Feuilles	45,78 ± 2,21	1,03	472
Espèces diverses			
Bois + écorce	46,45 ± 2,36	1,94	901
Feuilles	45,75 ± 2,70	0,27	124
Marantacées et Zingibéracées	46,56 ± 1,11	1,31	610
Lianes	45,36 ± 0,43	1,74	789
Total		21,61	10.038

Friche de 6 ans 1/2

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Macaranga hurifolia			
Bois + écorce	46,87 ± 1,47	14,65	6.866
Feuilles	46,70 ± 3,11	0,40	187
Espèces diverses			
Bois + écorce	46,11 ± 2,13	12,52	5.773
Feuilles	46,81 ± 3,20	1,08	506
Marantacées et Zingibéracées	46,56 ± 1,93	0,58	270
Lianes	45,63 ± 0,55	9,15	4.175
Total		38,37	17.777

Friche de 10 ans

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Macaranga hurifolia			
Bois + écorce	47,05 ± 1,12	9,89	4.653
Feuilles	46,91 ± 1,58	0,23	108
Espèces diverses			
Bois + écorce	45,39 ± 2,37	43,06	19.545
Feuilles	45,08 ± 3,13	2,76	1.244
Marantacées et Zingibéracées	45,72 -	0,52	238
Lianes	46,44 ± 0,92	5,28	2.452
Total		61,74	28.240

Tableau 3 (suite) : Carbone de la biomasse épigée.

Friche de 15 ans

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Espèces diverses			
Bois + écorce	47,39 ± 1,58	63,29	29.993
Feuilles	46,36 ± 3,50	3,85	1.785
Lianes	47,21 ± 2,57	10,51	4.962
Total		77,65	36.740

Friche de 40 ans

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Espèces diverses			
Bois + écorce	47,13 ± 2,33	219,60	103.497
Feuilles	46,21 ± 4,31	4,40	2.033
Lianes	47,21 -	6,00	2.832
Total			108.362

Tableau 3 (suite) : Carbone de la biomasse épigée

	Teneurs moyennes en carbone (%)	Biomasse t/ha mat.sèche	Carbone kg/ha
Champ de riz	46,45	19,20	8,92
Recrû de 14 mois	47,21	9,11	4,30
Recrû de 26 mois	47,44	9,32	4,42
Recrû de 4 ans	50,68	14,37	7,28
Recrû de 6 ans 1/2	46,24	25,75	11,90

Tableau 4 : Carbone de la biomasse racinaire.

Il apparait que pour les stades jeunes, jusqu'à 14 mois après l'abandon du champ, la quantité de carbone stockée dans la biomasse racinaire demeure supérieure à la quantité de carbone stockée dans la biomasse épigée. L'inverse s'observant ensuite.

Il ressort de l'ensemble des résultats que les quantités totales de carbone contenues dans la biomasse végétale s'échelonnent de 8,30 t/ha à 14 mois à une valeur de l'ordre de 130 t/ha à 40 ans.

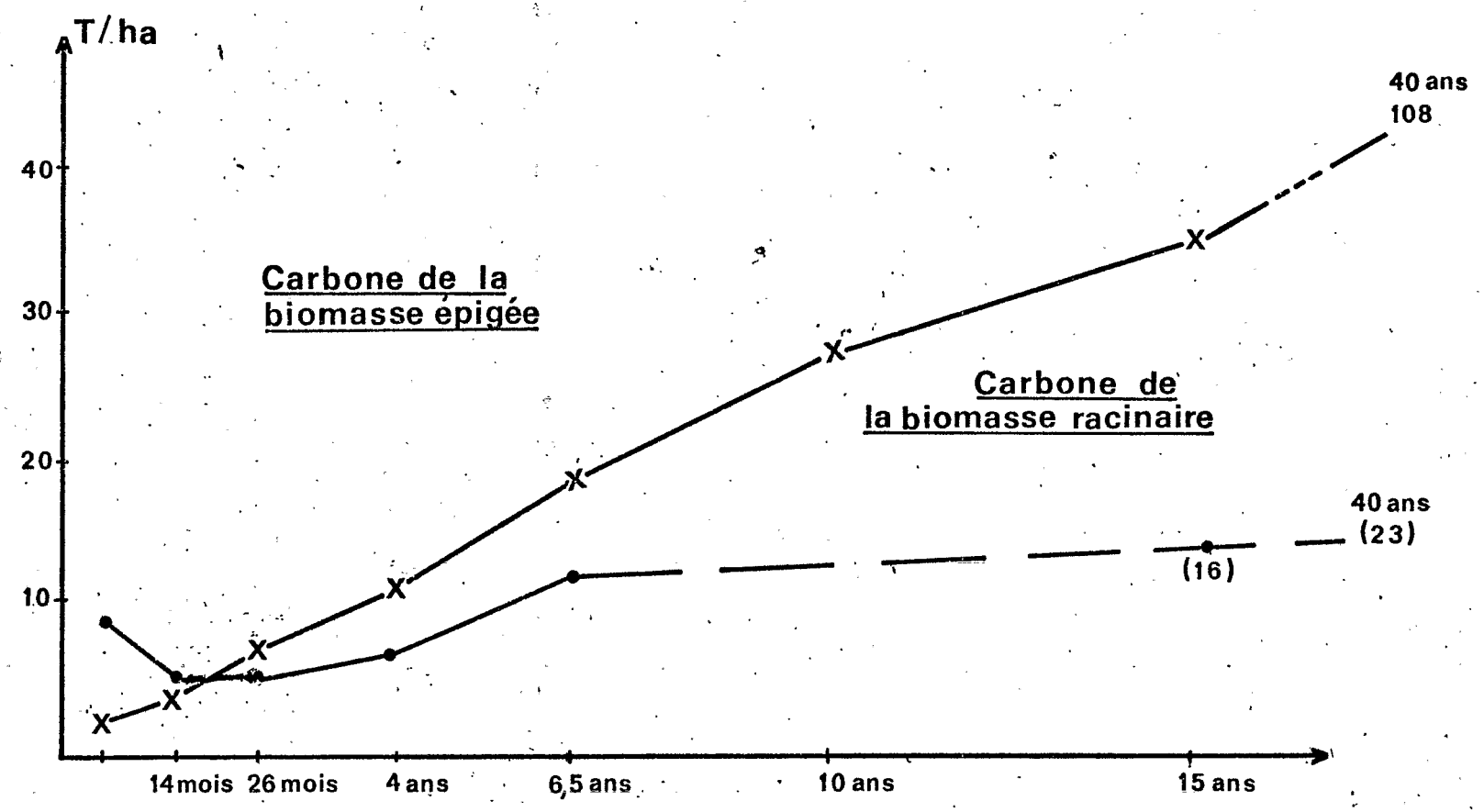


Figure 5 : Evolution des quantités de carbone, contenues dans la biomasse épigée et dans la biomasse racinaire, au cours de la succession secondaire.

-(16) et (23) sont des valeurs établies à partir de données bibliographiques sur la biomasse racinaire.

V. LA MATIÈRE ORGANIQUE ET LE CARBONE AU SOL

5.1. Etude à l'époque du maximum de retombée foliaire

5.1.1. Méthode

La matière organique à la surface du sol (feuilles mortes, litière en décomposition, branches d'un diamètre inférieure à 6 cm) a été prélevée sur 16 parcelles de 1 m² de surface réparties sur une superficie de 625 m² pour sept recrûs et deux témoins forestiers. Les prélèvements ont été effectués en avril 1981 juste après le maximum de retombée foliaires.

En outre les quantités de bois morts d'un diamètre supérieur à 6 cm ont été évaluées lors de l'étude de la biomasse épigée. Ils ont été récoltés et pesés sur deux parcelles de 625 m² pour le stade 6 ans 1/2 et deux parcelles de 1.250 m² pour le stade 15 ans. En raison de l'hétérogénéité de la distribution des chablis cette évaluation n'a pu être effectuée pour le recrû de 40 ans ni pour les témoins forestiers.

5.1.2. Résultats

Les résultats rapportés en t/ha de matière sèche à 105° (tableau 5) montrent que la quantité de matière végétale au sol est maximale lors de l'abandon de la culture (21,1 t/ha). Cette valeur très élevée s'explique par la présence de nombreuses petites branches provenant du stade forestier antérieur au défrichement. De 14 mois à 6 ans 1/2 la quantité de matière organique au sol passe de 7,4 à 15,7 t/ha. Cette accumulation est dûe à des apports résultant en majeure partie de l'élagage naturel et du dépérissement d'un certain nombre d'individus du peuplement pionnier.

	Feuilles	Brindilles Ø < 1 cm	Branches (1 < Ø < 6 cm)	Branches* Ø > 6 cm	TOTAL
Champ de riz	0,8	1,8	18,5	0 *	21,1
Recrû de 14 mois	2,2	1,6	3,6	0 *	7,4
Recrû de 26 mois	3,1	3,7	6,7	0 *	13,5
Recrû de 4 ans	2,3	3,9	8,9	0 *	15,1
Recrû de 6 ans 1/2	5,4	1,9	4,4	4,0	15,7
Recrû de 15 ans	3,0	1,5	3,4	5,0	12,9
Recrû de 40 ans	2,0	0,7	1,4	-	(4,1)
Témoin forestier (I)	1,2	1	1,8	-	(4,0)
Témoin forestier (II)	1,4	0,5	1,3	-	(3,2)

Tableau 5 : Quantités (en t/ha) de matière organique au sol.

(* abstraction faite des branches appartenant à la végétation forestière préculturale).

La teneur en carbone de la fraction foliaire de la matière organique au sol oscille entre 35 et 45 % du poids de la matière sèche, elle est légèrement plus faible pour la fraction ligneuse du fait d'un accroissement de la teneur en cendres (figure 6).

Par rapport à la forêt et aux recrûs, une variation du taux de carbone semble significative lors de l'abandon de la culture. Pour les feuilles une légère diminution de la teneur coïncide avec un accroissement de la teneur en cendre. L'inverse s'observe pour le bois mort. Ainsi, après la récolte (quasi absence de végétation), la minéralisation serait forte pour les feuilles (changement de microclimat) faible à nulle pour le bois (matière organique fraîche abattue lors de la défriche).

Les quantités de carbone contenues dans la matière organique au sol (tableau 6) varient de 2,7 t/ha à 14 mois à 6,8 t/ha à 6 ans 1/2 et 9,3 t/ha au moment de l'abandon du champ. Dans ce dernier cas, la majeure partie du carbone est contenue dans les restes de la végétation forestière antérieure à la culture.

	Feuilles	Brindilles et branches Ø < 6 m	Branches Ø > 6 cm	TOTAL
Champ de riz	0,3	9,0	-	9,3
Recrû de 14 mois	0,8	1,9	-	2,7
Recrû de 26 mois	4,4	1,1	-	5,5
Recrû de 4 ans	0,8	5,2	-	6,0
Recrû de 6 ans 1/2	2,4	2,6	1,8	6,8
Recrû de 15 ans	1,1	1,3	2,2	4,6
Recrû de 40 ans	1,1	0,3	-	
Témoin forestier (I)	0,5	1,1	-	(1,6)
Témoin forestier (II)	0,6	0,7	-	(1,3)

Tableau 6 : Stocks de carbone (en t/ha) contenus dans la matière organique au sol.

5.2. Retombées annuelles de litière

Cette étude aurait nécessité un suivi que l'éloignement de la station de Taï n'a pas permis. Les résultats obtenus restent donc très fragmentaires.

Dix collecteurs de litière avaient été disposés dans chacun des recrûs de 26 mois, 4 ans, 6 ans 1/2 et 15 ans, la litière devant être récoltée tous les 15 jours.

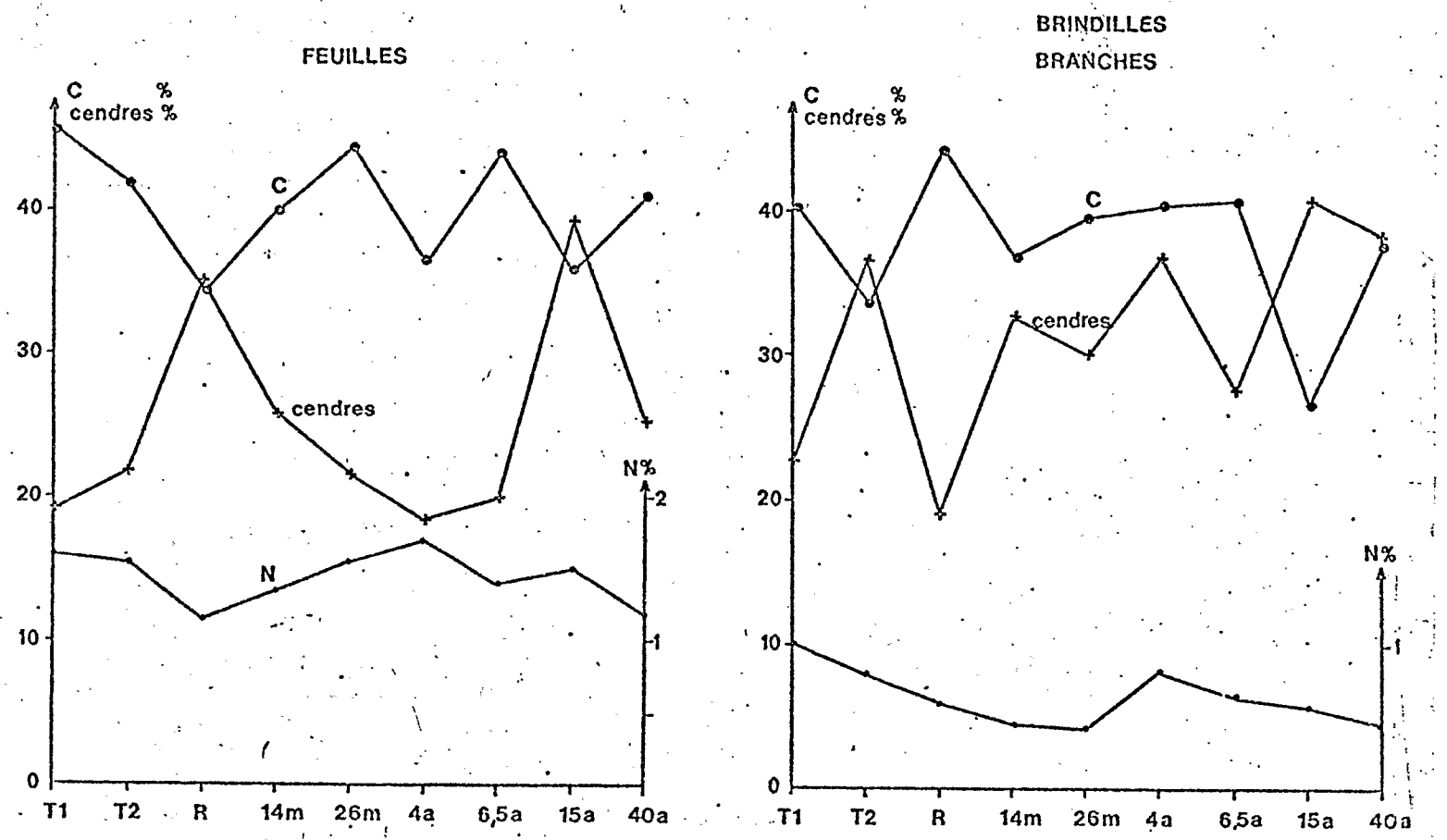


Figure 6 : Teneurs en carbone de la matière organique au sol.

Sur une période de 1 an (Mai 1981 à Mai 1982) les quantités de litière (feuilles, fleurs, fruits, brindilles d'un diamètre inférieur à 1 cm) s'établissent pour les recrûs de 26 mois, 4 ans, 6 ans 1/2 et 15 ans, respectivement à 5,48, 7,21, 7,35 et 4,99 t/ha/an de matière sèche à 105°. Ces valeurs établies sur une seule année et ne correspondant qu'à une fraction de la matière végétale morte tombant au sol ne permettent pas d'évaluer les quantités réelles de carbone restituées au sol annuellement.

VI. LE CARBONE DU SOL

La matière organique des sols de neuf stations précédemment étudiées (sept recrûs et deux témoins forestiers) a fait l'objet d'un travail détaillé (FRITSCH, 1982). Nous reprenons, ici les données concernant le carbone.

6.1. Méthode

Les teneurs en carbone du sol ont été déterminées dans les turricules à la surface du sol et dans six niveaux de l'horizon pédologique (0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-70, 70-90 cm. Les rejets de surface (turricules) ont été prélevés pour chaque stade sur les 16 parcelles ayant fait l'objet des prélèvements de matière organique au sol. Les échantillons de terre représentatifs des différentes profondeurs du sol ont été constitués à partir de sondages effectués tous les 5 mètres sur une parcelle de 25 m de côté pour chaque stade.

Le carbone total et le carbone minéralisable ont été dosé par coulométrie sur la terre fine tamisée à 2 mm.

Les quantités de carbone exprimées en t/ha ont été calculées à partir des teneurs en carbone et des densités apparentes des différentes tranches de sol. Un facteur de correction rendant compte du pourcentage de gravillons a été introduit dans les calculs.

6.2. Carbone total

Les résultats sont représentés sur la figure 7. Sous forêt, les teneurs en carbone sont faibles et décroissent rapidement en profondeur. Maximales dans les turricules (28 ‰), elles diminuent de moitié (14 ‰) à 5 cm de profondeur, passent à 8,5 ‰ à 15 cm et tendent à se stabiliser à 5,5 ‰ en profondeur.

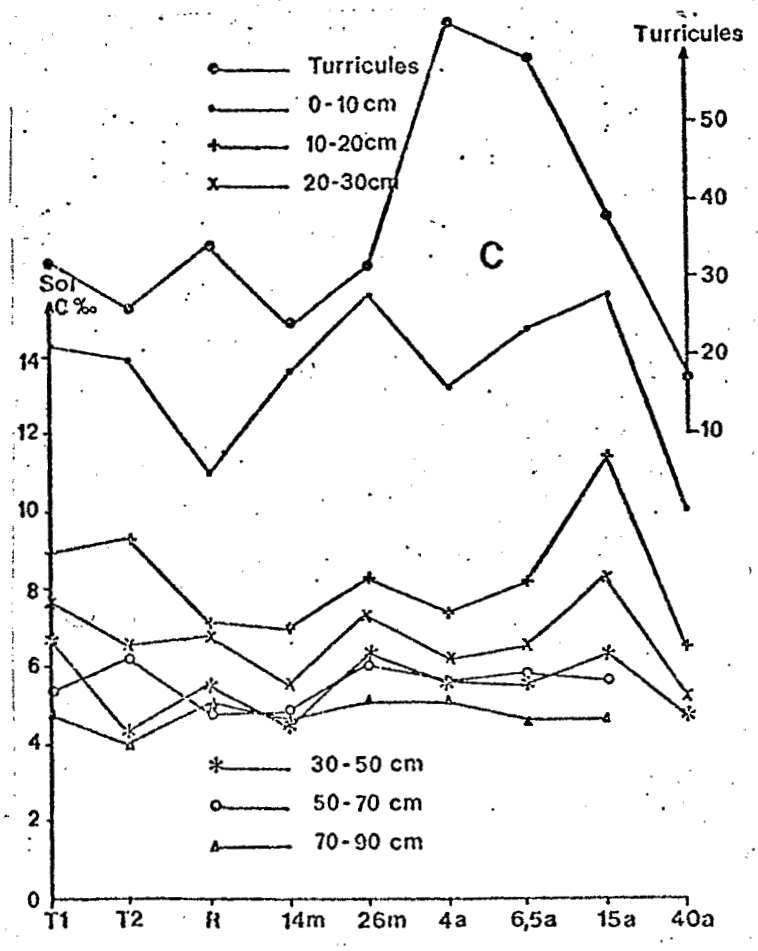


Figure 7 : Variations de la teneur en carbone du sol à différentes profondeurs.

Les variations de la teneur en carbone du sol sous l'effet du défrichement puis de la recolonisation par un recrû sont significatives pour les rejets de surface, pour la tranche de sol comprise entre 0-10 cm, et dans une moindre mesure pour celle comprise entre 10 et 20 cm.

Lors de l'abandon de la culture, on observe un accroissement de la teneur en carbone dans les rejets et à l'inverse une diminution plus marquée dans le sol (jusqu'à 20 cm). Sous jeunes recrûs les valeurs se rapprochent à nouveau de celles observées sous forêt en raison d'une diminution de la teneur en carbone dans les rejets et d'un accroissement dans le sol (sur 0-10 cm pour le recrû de 1 an et sur 0-20 cm pour celui de 26 mois. Sous les recrûs de 4 et 6 ans 1/2 on enregistre un net accroissement de la teneur en carbone dans les rejets et sous le recrû de 15 ans, des teneurs sensiblement égales à celles des sols forestiers. Les teneurs en carbone les plus faibles sont observées dans le sol du recrû de 40 ans.

Dans les rejets de surface, les valeurs maximales, correspondent chaque fois à un apport de résidus organiques au sol (défrichement puis dépérissement du peuplement pionnier à *Macaranga hurifolia*).

La baisse du taux de carbone du sol après défrichement résulte d'une activation des processus de minéralisation de la matière organique et probablement d'une érosion consécutive à la disparition du couvert végétal.

6.3. Carbone minéralisable

La fraction minéralisable du carbone total est constituée de composés facilement biodégradables. Elle se traduit par une dynamique spécifique dépendant d'un potentiel non moins spécifique de l'activité microbienne du sol.

Afin de comparer des échantillons de sol à teneur en matière organique différente, il est nécessaire d'exprimer cette caractéristique sous forme de rapport (carbone minéralisable/carbone total) appelé indice de minéralisation du carbone.

Le défrichement produit une baisse de l'indice de minéralisation dans les rejets et sur 0-10 cm de profondeur. Cet indice augmente sous recrûs d'un an (cet accroissement affecte alors l'ensemble des horizons humifères soit les 30 premiers centimètres du sol) puis décroît fortement sous recrû de 2 ans. Sous recrûs plus anciens, il devient dans le sol sensiblement identique à celui qu'on observe sous forêt, mais demeure plus faible dans les rejets de surface.

Ces résultats montrent que la microflore de la défriche (champs de riz à la récolte) et du recrû de 26 mois consomme plus de carbone facilement minéralisable qu'elle n'en libère. Ceci se traduit par une baisse relative de cet élément dans le sol. Le raisonnement inverse s'applique au recrû de 14 mois.

6.4. Stock de carbone du sol

Les quantités de carbone (en t/ha) contenus dans différentes tranches du profil pédologique, établies pour les différentes stations, sont données dans le tableau 7.

Ces variations du stock total de carbone, observées entre les différentes parcelles ne semblent pas liées au défrichement et à l'installation du recrû. Les causes de ces variations sont à rechercher dans une certaine hétérogénéité des sols notemment en ce qui concerne les teneurs en gravillons.

Les variations observées dans les horizons supérieurs du profil peuvent être interprétées en fonction de l'évolution des recrûs.

Le défrichement puis la mise en culture entraine une baisse du stock de carbone sur 0-20 cm (environ 5 t/ha). L'abandon de la culture puis la recolonisation du sol par un jeune recrû de *Macaranga hurifolia* s'accompagne d'une reconstitution progressive des stocks initiaux de carbone (reconstitution sur 0-10 cm sous recrû de 14 mois puis sur 10-20 cm sous celui de 26 mois). La reconstitution de ces stocks résulte d'un accroissement de l'activité des microorganismes qui interviennent dans la putréfaction de la biomasse végétale au sol (abattue lors du défrichement) et d'une stimulation de l'activité de fouissage des vers qui incorporent cette nécromasse dans le sol.

	Champs de riz	Recrû de 14 mois	Recrû de 26 mois	Recrû de 4 ans	Recrû de 6 ans 1/2	Recrû de 15 ans	Recrû de 40 ans	Témoin forestier I	Témoin forestier II
Turricules	0,7	1,2	0,9	0,9	1,0	0,3	0,2	0,2	0,1
0 - 10 cm	16,2	15,2	21,7	20,0	20,0	19,3	14,0	20,1	19,6
10 - 20 cm	10,0	15,0	11,0	10,6	12,6	12,6	9,0	12,1	12,1
20 - 30 cm	9,6	8,4	8,5	8,2	9,9	7,7	7,2	10,0	7,8
30 - 50 cm	11,4	11,3	12,8	12,3	14,3	16,7	11,9	11,9	8,0
50 - 70 cm	8,9	8,9	13,5	11,7	14,5	10,9	-	7,9	10,6
70 - 90 cm	14,1	11,6	20,4	18,1	15,4	17,1	-	12,5	6,2
0 - 30 cm	35,8	38,6	41,2	38,8	42,5	39,6	30,2	42,2	39,5
0 - 90 cm	79,8	70,4	87,9	80,9	86,9	78,3	-	74,5	64,3
T O T A L	81,5	71,6	88,8	81,8	87,9	78,6	-	74,7	64,4

Tableau 7 : Stocks de carbone, exprimés en t/ha, contenus dans différentes tranches de sol sous recrûs et sous forêts.

Sous recrû de 4 à 6 ans 1/2, les stocks de carbone des rejets de surface deviennent supérieurs à ceux de la forêt alors qu'ils sont sensiblement identiques dans le sol. Cet enrichissement résulte d'un deuxième apport de matière végétale au sol consécutif au dépérissement du peuplement de *Macaranga hurifolia*. Les stocks de carbone sont en ce qui concerne les rejets de surface et les horizons supérieurs du sol, sensiblement identiques sous recrû de 15 ans et sous forêt.

VII. CONCLUSIONS

La majeure partie du stock de carbone se trouve suivant les cas dans le sol ou dans la biomasse végétale. La quantité de carbone contenue dans la litière demeure inférieure à 10 % du carbone total des différents biotopes étudiés.

La comparaison des stocks de carbone du sol et de la biomasse (figure 8) montre que le carbone du sol constitue la majeure partie du carbone emmagasiné dans les anciens champs jusqu'au delà du stade 15 ans. A 40 ans la plus grande partie du stock de carbone se trouve dans la phytomasse. Le carbone de la biomasse

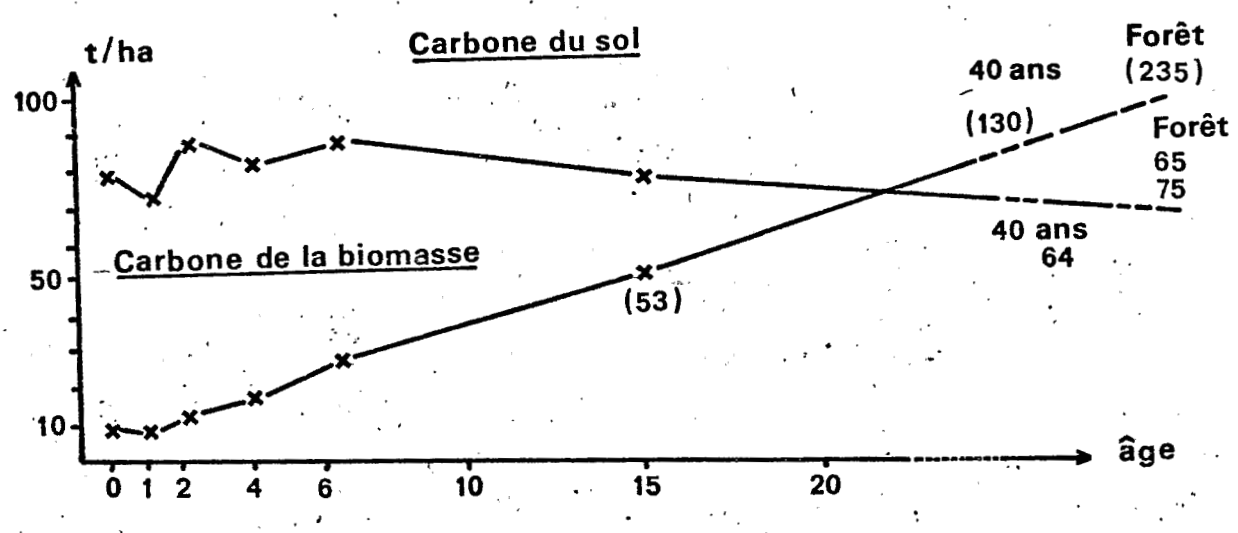


Figure 8 : Comparaison des quantités de carbone dans le sol et dans la biomasse végétale à différentes stades de la succession secondaire.
(53), (130), (235) : valeurs comprenant une quantité de carbone racinaire estimée à partir de données bibliographiques.

végétale représente environ 10 % du stock de carbone total du biotope jusqu'au stade 26 mois, il représente 16 % à 4 ans, 24 % à 6 ans 1/2, 39 % à 15 ans, environ 65 % à 40 ans et 75 % vers 100 ans lorsque la forêt a reconstitué sa biomasse initiale.

Il ressort de cette étude qu'au cours de la reconstitution de l'écosystème forestier après une culture de riz sur brûlis de défrichement de la forêt primaire, la somme des quantités totales de carbone contenu dans le sol et dans la matière organique déposée à sa surface ne varie pas de manière significative. L'accroissement du stock de carbone au cours de la succession secondaire résulte principalement de l'accroissement de la phytomasse (épigée et racinaire).

BIBLIOGRAPHIE

BARTHOLOMEW, W.V., MEYER,J., LANDELOUT, H. (1953).- Mineral nutrient immobilisation under forest and grass follow in Yangambi (Belgian Congo) region.
Brussels INEAC, Serie Sci., n° 57, 27 p.

BERNHARD-REVERSAT, F., HUTTEL, Ch., LEMEE, G. (1975).- Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte d'Ivoire.
La Terre et la Vie, 29 : 169-264.

BERTRAND, A. (1982).- La déforestation en zone de forêt en Côte d'Ivoire.
C.T.F.T., multigr., 24 p.

ELDIN, M. (1971).- Le climat.
in : Le milieu naturel en Côte d'Ivoire.
Mém. ORSTOM, n° 50 : 77-108.

ELDIN, M. (1979).- Eléments généraux du climat
in : "Atlas de la Côte d'Ivoire", Pl. A3.

EWEL, J. (1971).- Biomass changes in early tropical succession.
Communicaciones. Turrialba, 21 (1) : 110-112.

F.A.O. - P.N.U.E. (1981).- Les ressources forestières de l'Afrique Tropicale.
Document préparatoire du G.E.M.S.

FÖLSTER, H., DE LAS SALAS, G., KHANNA, P. (1976).- A tropical evergreen forest site with perched water table, Magdalena Valley, Columbia. Biomass and bioelement inventory of primary and secondary vegetation.
Oecol. Plant., 11 (4) : 297-320.

FRITSCH, E. (1982).- Evolution des sols sous recrû forestier après mise en culture traditionnelle dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.
ORSTOM, Abidjan, multigr., 60 p. + annexes.

GOLLEY, F.B., McGINNIS, J.T., CLEMENTS, R.G., CHILD, G.I., DUEVER, M.J. (1975).- Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem.
University of Georgia Press, Athens, 248 p.

GREENLAND, D.J., KOWAL, J.M.L. (1960).- Nutrient content of the moist tropical forest of Ghana.
Plant and Soil XII (2) : 154-174.

GUILLAUMET, J.L. (1967).- Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally (Côte d'Ivoire).
Mém. ORSTOM, n° 20, 249 p.

GUILLAUMET, J.L., ADJANOHOUN, E. (1971).- La végétation.
in : "Le milieu naturel en Côte d'Ivoire".
Mém. ORSTOM, n° 50 : 159-264.

GUILLAUMET, J.L., ALEXANDRE, D.Y., KAHN, F., de NAMUR, Ch. (1978).- Observations sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire).
Cah. ORSTOM, Sér. Biol., XIII (3) : 189-270.

HUTTEL, Ch. (1969).- Etude de quelques caractéristiques structurales de la végétation du bassin versant de l'Andrenisrou.
ORSTOM, Abidjan, multigr., 24 p.

JAFFRE, T., de NAMUR, Ch. (1983).- Evolution de la biomasse végétale épigée au cours de la succession secondaire dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.
Acta Oecologia, Oecol. Plant., 4 (18) : 259-272.

KAHN, F. (1982).- La reconstitution de la forêt tropicale humide, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire.
Mém. ORSTOM, n° 97, 150 p.

MANGENOT, G. (1955).- Etude sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire.
Etudes Eburnéennes, I.F.A.N., 4 : 5-61.

MOREAU, R., de NAMUR, Ch. (1978).- Le système Oubi de la région de Taï.
in : Observations sur les premiers stades de reconstitution de la forêt (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire).
Cah. ORSTOM, Sér. Biol., Vol. XIII (3) : 191-196.

OGAWA, H., YODA, K., OGINO, K., KIRA, T. (1965).- Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass.
Nature and life in Southeast Asia 4 : 49-80.

PARDE, J. (1980).- Forest biomass.
Forestry abstracts, 41 (8) : 343-362.

RICHARD, J.F., LENA, P., MARTINET, F., SCHWARTZ, A., DJAMAT DUBOIS, M., KOLI BI ZUELI, B., KONE, M., N'GUESSAN, A., AMANY, Y.M. (1977).- Le dynamisme dans le Sud-Ouest Ivoirien, ses effets sur le milieu forestier. M.A.B. - UNESCO, 257 p.

ROW (de), A. (1979).- La culture traditionnelle dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire (région de Taï) : le système Oubi confronté aux pratiques des Baoulés immigrés. ORSTOM, Abidjan, multigr., 41 p.

SNEDAKER, S.C. (1980).- Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forest. Biotropica 12 (2) : 10-22.

VOOREN, A.P. (1982).- Analyse de la végétation sur pente en forêt de Taï, Côte d'Ivoire. Centre Neerlandais / ORSTOM, Abidjan, multigr., 34 p.

A N N E X E

Les sols, résultats d'analyses.

PT 1	Témoin forestier
PT 2	Témoin forestier
Po	Stade initial (abandon du champ après la récolte)
P1	Recrû de 1 an - 14 mois
P2	Recrû de 2 ans - 26 mois
P4	Recrû de 4 ans
P7	Recrû de 6 ans 1/2 - 7 ans
P15	Recrû de 15 ans
P38	Recrû de 38 - 40 ans.

I) CATIONS MINERAUX

	pH		COMPLEXE ADSORBANT									CATIONS DE RESERVE				
	H_2O	KCl	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	S	T	100S/T	Taux à calciner à 350°	Perte à calciner	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	S
			me	me	me	me	me	me	%			me	me	me	me	me
PT1 Tur	4,8	3,9	2,40	0,90	0,18	0,03	3,51	9,55	36,75	2,41	7,39	13,45	2,10	0,20	0,48	6,23
0-10 cm	4,1	3,7	0,60	0,30	0,11	0,05	1,06	5,80	18,28	1,99	4,24	0,75	1,40	0,10	0,48	2,73
10-20	4,2	3,9	0,20	0,10	0,04	0,02	0,36	3,92	9,18	2,13	3,07	0,50	1,40	0,10	0,26	2,11
20-30	4,3	4,0	0,20	0,10	0,01	0,02	0,33	3,80	8,68	2,41	3,11	0,35	1,40	0,01	0,01	1,77
30-50	4,9	4,2	0,18	0,10	0,01	0,01	0,30	3,59	8,36	2,68	3,59	1,60	2,50	1,60	3,16	8,26
50-70	4,9	4,3	0,14	0,10	0,09	0,01	0,34	3,41	9,97	3,03	4,17	1,20	2,50	1,50	1,80	7,00
70-90	5,0	4,4	0,15	0,10	0,01	0,01	0,27	3,63	7,32	2,51	3,72	1,20	2,50	1,10	1,26	6,06
PT2 Tur	5,4	4,6	3,44	1,90	0,13	0,03	5,50	8,94	61,52	2,38	7,93	13,68	2,30	0,17	0,03	6,18
0-10	4,9	4,2	1,30	0,70	0,11	0,03	2,14	5,03	42,54	1,55	3,97	1,68	1,60	0,17	0,04	3,49
10-20	4,7	4,1	0,44	0,30	0,04	0,02	0,80	3,69	21,68	1,76	2,93	0,55	1,40	0,07	0,04	2,06
20-30	4,6	4,1	0,20	0,20	0,01	0,02	0,43	3,41	12,61	2,13	2,79	0,45	1,60	0,10	0,16	2,31
30-50	4,9	4,3	0,20	0,10	0,01	0,01	0,32	2,85	11,23	2,13	2,71	2,20	2,50	1,20	3,16	9,66
50-70	5,0	4,4	0,22	0,10	0,02	0,01	0,35	3,02	11,59	2,38	3,10	1,80	2,50	1,60	2,40	8,30
70-90	5,1	4,5	0,31	0,10	0,01	0,01	0,43	3,09	13,92	2,78	3,58	0,90	2,10	1,20	1,16	5,36
PO Tur	5,8	4,9	3,68	1,60	0,16	0,03	5,47	10,28	53,21	2,60	8,63	5,65	2,60	0,30	0,24	8,79
0-10	4,8	4,0	0,84	0,40	0,08	0,01	1,34	4,24	31,60	1,74	2,73	0,35	1,20	0,10	0,10	2,35
10-20	4,6	4,1	0,26	0,20	0,04	0,03	0,53	3,24	16,36	1,80	2,60	0,35	1,30	0,10	0,10	1,85
20-30	4,8	4,2	0,30	0,20	0,02	0,02	0,54	3,42	15,79	2,13	2,95	0,35	1,40	0,01	0,08	1,84
30-50	5,0	4,4	0,30	0,20	0,01	0,01	0,52	3,31	15,71	2,28	3,37	1,90	2,60	1,90	3,16	9,56
50-70	5,0	4,5	0,24	0,20	0,03	0,01	0,48	3,21	14,95	2,55	3,28	1,60	2,50	1,60	2,06	7,76
70-90	5,0	4,5	0,18	0,20	0,01	0,01	0,40	3,53	11,33	3,30	3,85	1,50	2,60	1,20	2,06	7,36
P1 Tur	6,6	5,6	3,06	1,50	0,34	0,01	4,91	7,28	67,45	2,17	5,28	6,30	2,70	1,30	0,10	10,40
0-10	5,6	4,7	1,80	0,70	0,05	0,01	2,60	4,93	52,10	1,62	3,71	2,15	1,60	0,12	0,16	4,03
10-20	4,8	4,1	0,44	0,25	0,04	0,01	0,74	3,37	21,96	1,63	2,58	0,65	1,30	0,10	0,36	2,41
20-30	4,5	4,2	0,38	0,20	0,04	0,01	0,63	3,08	20,45	2,09	2,49	0,35	1,40	0,10	0,36	2,21
30-50	5,0	4,3	0,35	0,20	0,04	0,01	0,60	2,74	21,90	2,30	2,25	0,50	1,40	0,10	0,08	2,08
50-70	5,2	4,4	0,38	0,20	0,07	0,02	0,67	3,06	21,90	2,60	3,39	0,60	1,70	0,25	0,16	2,71
70-90	5,1	4,4	0,36	0,10	0,02	0,01	0,49	3,21	15,26	2,99	3,66	0,50	1,70	0,40	0,16	2,76
P2 Tur	6,4	5,5	4,26	1,70	0,23	0,02	6,21	9,76	63,63	3,24	7,35	7,50	2,80	0,95	0,20	11,45
0-10	5,0	4,2	1,50	0,60	0,06	0,01	2,17	5,73	37,87	2,19	4,69	2,05	1,90	0,10	0,26	4,21
10-20	4,7	4,1	0,30	0,20	0,02	0,01	0,53	4,30	12,33	2,53	3,63	0,65	1,70	0,02	0,42	2,25
20-30	4,7	4,2	0,20	0,15	0,02	0,01	0,38	3,92	9,69	2,56	3,76	0,35	1,60	0,07	0,10	2,12
30-50	4,9	4,3	0,18	0,10	0,01	0,01	0,30	3,66	8,20	2,91	4,02	0,30	1,40	0,10	0,08	1,88
50-70	5,0	4,3	0,18	0,20	0,01	0,01	0,40	3,96	10,10	2,93	3,82	0,40	1,80	0,10	0,16	2,46
70-90	4,9	4,3	0,18	0,10	0,01	0,01	0,30	3,70	8,11	3,65	4,14	1,0	2,40	0,25	1,90	5,55
P4 Tur	5,9	5,1	4,56	1,90	0,31	0,03	6,80	12,56	54,14	3,42	8,57	12,50	5,90	1,80	0,22	25,92
0-10	5,0	4,3	1,58	0,50	0,07	0,01	2,16	5,58	38,71	1,81	4,14	2,05	2,10	0,20	0,09	4,52
10-20	4,8	4,1	0,61	0,20	0,03	0,01	0,85	4,13	20,58	2,12	3,03	0,95	2,30	0,30	0,20	3,75
20-30	4,8	4,2	0,58	0,20	0,02	0,01	0,81	3,81	21,21	2,41	2,87	1,0	2,50	0,25	0,04	3,79
30-50	5,1	4,3	0,60	0,20	0,01	0,01	0,82	3,76	21,81	3,02	3,43	2,30	3,80	1,90	2,76	10,70
50-70	4,8	4,3	0,52	0,30	0,02	0,01	0,85	4,09	20,78	3,55	3,58	1,20	3,70	1,70	0,40	6,00
70-90	5,1	4,4	0,46	0,30	0,01	0,01	0,78	4,24	18,40	4,21	4,05	1,50	4,40	1,20	1,90	9,60
P7 Tur	6,3	5,9	4,96	2,90	0,51	0,03	8,40	12,71	66,09	3,66	8,59	14,50	7,0	2,65	0,06	24,61
0-10	5,5	4,7	1,60	1,10	0,13	0,02	2,85	5,16	55,23	1,81	4,0	2,50	2,30	0,95	0,04	5,79
10-20	5,1	4,2	0,58	0,50	0,07	0,02	1,17	3,60	32,50	2,03	3,23	0,90	1,90	1,00	0,04	3,84
20-30	5,1	4,4	0,38	0,40	0,05	0,01	0,84	3,03	27,18	1,80	2,58	0,70	2,10	1,00	0,14	3,94
30-50	5,3	4,5	0,35	0,40	0,04	0,01	0,80	3,03	26,40	2,57	3,11	2,30	3,30	2,80	3,16	11,56
50-70	5,3	4,7	0,32	0,40	0,03	0,01	0,76	3,03	25,08	2,65	3,33	1,80	3,20	2,60	1,96	9,56
70-90	5,3	4,8	0,34	0,50	0,03	0,01	0,88	3,24	27,18	3,45	3,83	1,70	3,30	2,40	1,96	9,36
P15 Tur	5,9	4,9	3,66	1,70	0,26	0,03	5,65	10,46	54,02	3,81	7,27	7,70	3,20	0,40	0,50	11,80
0-10	4,5	4,0	0,86	0,40	0,03	0,01	1,30	5,81	23,41	2,03	4,58	1,40	1,60	0,10	0,02	3,12
10-20	4,4	4,0	0,42	0,20	0,10	0,02	0,74	5,56	13,31	2,49	4,24	0,80	1,70	0,00	0,04	2,54
20-30	4,7	4,1	0,30	0,20	0,02	0,02	0,54	4,37	12,36	2,35	3,76	0,50	1,60	0,25	0,04	2,39
30-50	4,9	4,2	0,32	0,20	0,01	0,01	0,54	4,34	12,44	2,73	3,72	1,30	2,30	0,95	0,36	4,91
50-70	4,9	4,2	0,32	0,20	0,01	0,01	0,54	4,09	13,20	3,28	3,97	1,0	2,10	0,75	0,14	3,99
70-90	5,0	4,3	0,30	0,20	0,01	0,01	0,52	3,97	13,46	3,80	4,10	1,40	2,20	0,90	0,24	4,74
P38 Tur	5,2	4,2	1,26	0,70	0,13	0,02	2,11	10,51	20,08	2,52	5,67	2,20	3,0	0,50	0,10	6,20
0-10	4,8	4,0	0,50	0,30	0,06	0,01	0,87	4,31	20,19	1,98	3,19	1,60	2,70	1,50	0,32	6,12
10-20	4,7	4,0	0,26	0,10	0,03	0,01	0,46	3,38	13,61	1,83	2,21	0,50	2,30	0,45	0,12	3,37
20-30	5,0	4,2	0,43	0,20	0,01	0,01	0,65	3,47	18,73	2,53	2,49	0,80	2,60	0,70	1,14	5,34
30-50	5,0	4,2	0,57	0,20	0,01	0,01	0,79	3,77	20,95	2,91	2,83	1,0	2,90	0,75	0,02	4,67

II) MATIERE ORGANIQUE

			MATIERE ORGANIQUE				ELEMENTS MINERALISABLES						HUMINE				
			M.O. total %	C ‰	N ‰	C/N	C Minér. ‰	NO_3 Initial 10^{-5}	NO_3 Ap. Incub. 10^{-5}	NH_4 Initial 10^{-5}	NH_4 Ap. Incub. 10^{-5}	Indice de Kiazdi Minér.	Humine alcoolisée Lec. ambrée C‰	Humine alcoolisée Lec. verte C‰	Humine alcoolisée C Total C‰	Humine alcoolisée % Humine	% quantité
FORESTIERE	PT1	Tur	5,5	31,30	2,53	12,61	0,36	2,33	5,22	4,22	3,28	0,51	1,70	2,21	3,56	1,24	71,11
		0-10 cm	2,5	14,25	1,13	12,61	0,16	2,26	4,51	1,43	0,65	1,25	0,61	1,30	2,16	0,70	43,0
		10-20	1,5	8,83	0,75	11,85	0,08	0,18	2,66	0,71	0,11	2,51	0,46	0,36	0,71	0,64	32,34
		20-30	1,3	7,67	1,10	6,97	0,05	0,07	1,61	0,61	0,41	1,22	0,39	0,77	0,77	1,38	14,43
		30-50	1,2	6,77	0,48	14,10	0,03	0,10	0,68	0,34	0,43	1,52	—	—	—	—	—
		50-70	0,9	5,33	0,43	12,40	0,03	0,10	0,28	0,38	0,50	0,70	—	—	—	—	—
		70-90	0,8	4,81	0,35	13,74	0,01	0,03	0,31	0,55	0,41	0,40	—	—	—	—	—
REFERENCE	PT2	Tur	4,5	26,03	3,23	8,06	0,33	0,13	2,53	2,24	5,29	1,21	1,86	1,95	4,12	1,26	72,46
		0-10	2,4	13,92	1,05	13,26	0,16	1,63	3,68	1,66	0,33	0,63	0,73	1,06	1,68	0,92	33,83
		10-20	1,6	9,32	0,73	12,77	0,03	0,20	3,25	0,88	0,07	3,07	0,68	1,06	0,87	0,50	35,60
		20-30	1,1	6,47	2,40	2,70	0,05	0,01	1,38	0,31	0,52	0,66	0,37	0,91	1,38	0,64	6,56
		30-50	0,8	4,37	0,43	10,16	0,02	0,18	0,29	0,38	0,55	0,65	—	—	—	—	—
		50-70	1,1	6,25	0,40	15,63	0,01	0,03	0,36	0,38	0,62	1,28	—	—	—	—	—
		70-90	0,7	4,02	0,30	13,40	0,01	0,27	0,68	0,30	0,52	2,10	—	—	—	—	—
CHAMP DE RIZ	P0	Tur	5,3	34,16	0,88	38,82	0,26	0,01	2,78	1,62	3,46	5,24	1,93	1,82	5,15	1,58	76,08
		0-10	1,9	10,97	0,80	13,71	0,03	1,37	3,76	2,27	0,33	0,56	0,52	0,94	1,26	0,70	42,57
		10-20	1,2	7,06	0,55	12,84	0,07	0,15	2,05	0,48	0,01	2,58	0,45	0,37	0,83	12,08	1,03
		20-30	1,2	6,81	0,53	12,85	0,06	0,05	1,76	0,25	0,01	2,76	0,57	1,74	0,87	0,68	3,24
		30-50	1,0	5,52	0,53	10,42	0,04	0,57	0,45	0,35	0,01	/	—	—	—	—	—
		50-70	0,8	4,77	0,40	11,93	0,02	0,22	0,27	0,31	0,41	0,38	—	—	—	—	—
		70-90	0,9	5,01	0,50	10,02	0,03	0,27	0,26	0,17	0,42	0,48	—	—	—	—	—
	P1	Tur	4,2	24,17	1,78	13,58	0,24	0,13	3,42	2,32	2,12	1,70	1,68	1,30	4,46	1,0	63,80
		0-10	2,3	13,60	1,00	13,60	0,14	0,13	2,0	1,24	0,84	1,47	0,71	1,20	2,13	1,08	31,94
		10-20	1,2	6,35	0,73	8,52	0,08	0,22	1,92	0,60	0,18	1,75	0,48	0,83	3,05	0,14	32,14
		20-30	1,0	5,51	0,45	12,24	0,06	0,35	0,78	0,84	0,85	0,92	0,35	0,83	0,83	0,64	1,25
		30-50	0,8	4,43	0,43	10,44	0,03	0,03	0,36	0,32	0,83	2,03	—	—	—	—	—
		50-70	0,8	4,85	0,38	12,76	0,02	0,01	0,20	0,32	0,27	1,35	—	—	—	—	—
		70-90	0,8	4,55	0,40	11,38	0,02	0,01	0,16	0,21	0,80	1,85	—	—	—	—	—
	P2	Tur	5,4	31,23	2,20	14,20	0,16	0,03	1,01	2,85	5,70	1,71	1,97	1,83	7,02	2,66	41,03
		0-10	2,7	15,50	1,08	14,35	0,10	0,98	2,27	1,05	0,22	0,98	0,70	1,55	4,56	0,16	64,33
		10-20	1,4	8,23	0,70	11,76	0,06	0,68	1,37	0,55	0,17	1,30	0,34	0,86	3,03	/	/
		20-30	1,3	7,30	0,60	12,17	0,05	0,16	1,23	0,43	0,27	0,52	0,49	0,91	1,31	0,64	17,31
		30-50	1,1	6,25	0,45	13,83	0,03	0,05	0,40	0,32	0,65	1,51	—	—	—	—	—
		50-70	1,0	6,05	0,42	12,60	0,02	0,03	0,33	0,34	0,82	1,63	—	—	—	—	—
		70-90	0,9	5,12	0,38	13,47	0,01	0,03	0,33	0,30	0,23	0,61	—	—	—	—	—
FORESTIERS	P4	Tur	10,8	62,71	4,45	14,09	0,33	2,74	5,23	4,33	7,65	1,31	3,53	2,08	11,54	2,64	74,43
		0-10	2,3	13,18	1,05	12,55	0,16	1,70	3,80	0,34	0,13	1,23	0,76	1,18	4,18	0,02	300,0
		10-20	1,3	7,35	0,70	10,50	0,08	0,98	2,26	0,42	0,01	1,23	0,51	0,91	1,91	0,34	15,08
		20-30	1,1	6,18	0,50	12,36	0,04	0,14	1,41	0,38	0,01	1,18	0,45	0,73	1,60	0,30	4,0
		30-50	1,0	5,55	0,45	12,33	0,02	0,08	1,01	0,10	0,03	2,04	—	—	—	—	—
		50-70	0,1	5,56	0,38	14,63	0,02	0,10	0,48	0,41	0,23	0,53	—	—	—	—	—
		70-90	0,9	5,13	0,38	13,50	0,02	0,06	0,18	0,35	0,77	1,42	—	—	—	—	—
RECRUS	P7	Tur	10,0	58,15	4,15	14,01	0,32	1,55	7,27	3,54	3,64	1,40	3,73	2,30	11,03	2,64	78,11
		0-10	2,5	14,70	1,20	12,25	0,18	1,06	2,31	1,24	1,52	1,22	0,83	1,05	1,84	2,34	17,48
		10-20	1,4	8,15	0,70	11,64	0,08	0,22	1,71	0,84	0,90	2,21	0,47	0,86	1,73	0,42	39,76
		20-30	1,1	6,53	0,55	11,87	0,05	0,16	0,78	0,84	0,66	0,30	0,44	0,81	1,71	0,44	14,55
		30-50	0,9	5,48	0,45	12,18	0,03	0,12	0,15	0,45	0,35	/	—	—	—	—	—
		50-70	1,0	5,80	0,40	14,50	0,02	0,17	0,11	0,50	0,57	0,03	—	—	—	—	—
		70-90	0,8	4,53	0,33	13,91	0,02	0,01	0,04	0,26	0,43	0,73	—	—	—	—	—
	P15	Tur	6,5	37,63	2,55	12,76	0,03	1,95	3,23	5,78	7,53	1,05	2,08	1,30	5,11	2,12	65,6
		0-10	2,7	15,55	1,23	12,64	0,17	2,26	4,18	1,91	0,94	0,77	0,9	0,87	2,76	0,58	83,10
		10-20	2,0	11,44	0,88	13,0	0,08	0,35	2,57	1,47	1,22	2,24	0,63	0,98	2,44	0,72	28,13
		20-30	1,4	8,33	0,60	13,88	0,07	0,10	1,20	0,87	1,33	2,65	0,47	0,80	1,96	1,50	10,30
		30-50	1,1	6,35	0,48	12,23	0,04	0,01	0,38	0,36	0,75	0,54	—	—	—	—	—
		50-70	1,0	5,52	0,50	11,24	0,02	0,01	0,30	0,55	0,52	0,52	—	—	—	—	—
		70-90	0,8	4,65	0,43	10,81	0,01	0,01	0,29	0,44	0,33	0,40	—	—	—	—	—
	P38	Tur	2,3	17,03	1,40	12,21	0,17	1,10	2,12	3,54	4,25	1,24	1,03	0,72	3,26	1,04	45,53
		0-10	1,7	10,05	0,88	11,42	0,03	0,86	2,72	1,44	0,81	1,40	0,78	0,52	2,02	1,04	19,43
		10-20	1,1	6,52	0,58	11,24	0,07	0,15	1,83	0,35	0,16	2,67	0,46	0,93	1,70	1,46	0,21
		20-30	0,9	5,34	0,50	10,68	0,04	0,07	0,97	0,43	0,37	1,68	0,40	0,34	1,21	1,33	5,05
		30-50	0,8	4,76	0,43	11,67	0,03	0,01	0,37	0,22	0,61	1,74	—	—	—	—	—

III PHOSPHORE

		P_2O_5 Total ‰	P Olsen ppm	P Bray² ppm	Pm 48 ppm	Pouvoir fixateur ppm	IO
PT1	Tur	0,39	20	15	28	45	8,62
	0-10	0,28	18	11	16	75	3,44
	10-20	0,26	10	4	6	110	0,50
	20-30	0,30	7	2	2	135	0,10
PT2	Tur	0,28	13	8	16	53	3,15
	0-10	0,23	12	6	11	62	1,78
	10-20	0,24	10	4	6	93	0,58
	20-30	0,24	7	3	2,5	104	0,16
P0	Tur	0,36	30	36	36,5	30	18,25
	0-10	0,21	11	5	9	60	1,39
	10-20	0,23	7	2	3	95	0,21
	20-30	0,21	7	1	2	110	0,12
P1	Tur	0,34	10	5	9	60	1,29
	0-10	0,24	11	6	10,5	55	1,75
	10-20	0,23	8	3	4,5	83	0,40
	20-30	0,24	8	1	1,5	102	0,11
P2	Tur	0,37	13	8	10,5	80	1,47
	0-10	0,29	11	4	7	95	0,73
	10-20	0,26	9	2	3	132	0,19
	20-30	0,25	6	1	1	165	0,04
P4	Tur	0,57	15	9	5,5	45	1,65
	0-10	0,24	12	6	12,5	82	1,60
	10-20	0,23	7	2	4	130	0,20
	20-30	0,22	6	1	2	142	0,08
P7	Tur	0,74	12	5	27,5	65	4,29
	0-10	0,42	11	5	12,5	70	1,70
	10-20	0,36	8	2	4,5	80	0,41
	20-30	0,39	6	2	4,5	105	0,24
P15	Tur	0,40	11	5	16,5	44	3,30
	0-10	0,28	14	8	11,2	85	1,58
	10-20	0,30	13	4	2	114	0,20
	20-30	0,33	8	2	1,4	145	0,07
P38	Tur	0,28	11	6	9,5	80	1,15
	0-10	0,23	12	7	9,5	65	1,48
	10-20	0,20	8	3	4	104	0,29
	20-30	0,17	6	2	1,4	135	0,06

ÉVOLUTION DE LA BIOMASSE ÉPIGÉE ET DU STOCK DE CARBONE D'UNE CULTURE PÉRENNE : LE PALMIER À HUILE (*ELAEIS GUINEENSIS* Jacq.)

T. JAFFRE
Laboratoire de Botanique
O.R.S.T.O.M. - BP. V-51
ABIDJAN - (Côte d'Ivoire)

I. INTRODUCTION

L'étude a été menée dans les plantations de palmiers à huile de l'I.R.H.O., à Dabou à une cinquantaine de kilomètres à l'Ouest d'Abidjan. Elle porte sur une série de plantations d'âges différents.

Cette région appartient au secteur ombrophile sempervirent, caractérisé par une pluviométrie annuelle de 1700 mm environ et un déficit hydrique cumulé d'nexcédant pas 300 mm (GUILLAUMET, ADJANOHOUN, 1971).

Les sols qui reposent sur des sables tertiaires sont du type ferrallitique appauvri désaturé. (PERRAUD A. de la SOUCHERE P. 1969, PERRAUD 1972).

La végétation naturelle de ce secteur à climax forestier est une savane secondaire maintenue par l'action des feux. (AUBREVILLE 1949, ADJANOHOUN 1962).

1 DEC. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 4024 ex 1
Cote : B

II. LA BIOMASSE EPIGÉE

Les estimations de la biomasse épigée ont été réalisées sur la lignée L2T x D 10 D, dans des plantations de 3, 4, 7, 9, 15 et 21 ans.

2.1. Méthode

Les plantations de palmiers à huile constituant des peuplements équiennes relativement homogènes il a été possible d'estimer leur biomasse par la méthode de l'arbre moyen, ce dernier étant défini à partir des paramètres hauteur du stipe et circonférence. Afin de ne pas perturber les plantations on a dû limiter l'échantillonnage à un arbre par station.

Dans le cas des peuplements de 3, 4 et 7 ans les différentes parties de l'arbre (stipe, rachis, folioles coeur, feuilles terminales incomplètement développées, ont été pesées en totalité sur le terrain, les poids secs étant déterminés sur des échantillons de 20 à 30 kg pour les stipes et les rachis, de 2 à 5 kg pour les folioles séchés à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant. Pour les palmiers de 9 ans 15 ans et 21 ans, le poids des différentes parties de la couronne et celui du coeur ont été déterminés comme précédemment. Le poids du stipe, dont on a déterminé la longueur, le diamètre à différents niveaux, a été calculé à partir du poids sec de tronçons de dimensions connues, représentatifs des différentes parties du stipe. Dans tous les cas les régimes, exportés à maturité, n'ont pas été pris en compte.

La biomasse en t/ha de matière sèche a été obtenue en multipliant le poids de l'arbre moyen par le nombre de pieds à l'hectare, celui-ci étant d'environ 130 si l'on tient compte des routes d'accès aux différents blocs.

2.2. Résultats - Discussion

Les résultats sont consignés dans le tableau 1. Les variations de poids des différentes parties de l'arbre moyen au cours du temps se caractérisent par une augmentation du poid de la couronne jusqu'à 9 ans, et une augmentation du poids du stipe jusqu'à 15 ans. A cet âge le palmier a atteint son poids maximum (environ 380 kg) ce qui correspond à une biomasse de 49,6 t/ha. Jusqu'à l'âge de 4 ans le poids de la couronne demeure supérieur à celui du stipe.

L'évolution de la biomasse épigée de quatre palmeraies de diverses régions du monde ainsi que l'évolution de la biomasse épigée de recrûs forestiers au cours de la succession secondaire en Côte d'Ivoire sont représentés sur la figure 1. En ce qui concerne les palmeraies les biomasses les plus élevées sont données par SIEW KEE et *al.*, 1968 pour une plantation en Malaisie littorale.

âge	folioles kg	rachis kg	feuilles terminales kg	coeur kg	couronne (total) kg	stipe kg	poids total kg	biomasses t/ha
3 ans	9	21,25	2,89	0,48	33,62	29,76	63,38	8,24
4 ans	15,17	26,99	2,22	0,54	44,92	37,85	82,77	10,76
7 ans	23,85	62,26	2,88	0,59	89,58	96,12	185,70	24,14
9 ans	32,96	65,10	4,82	2,76	105,64	156,97	262,61	34,14
15 ans	30,57	68,24	4,23	2,80	105,84	276,23	382,07	49,67
21 ans	32,73	67,85	4,60	2,72	107,90	274,05	381,95	49,65

Tableau 1 : Poids moyen (kg. mat. sèche) de palmiers à huile de différents âges et biomasse épigée (t/ha.mat. sèche) de peuplements de 130 unités à l'hectare.

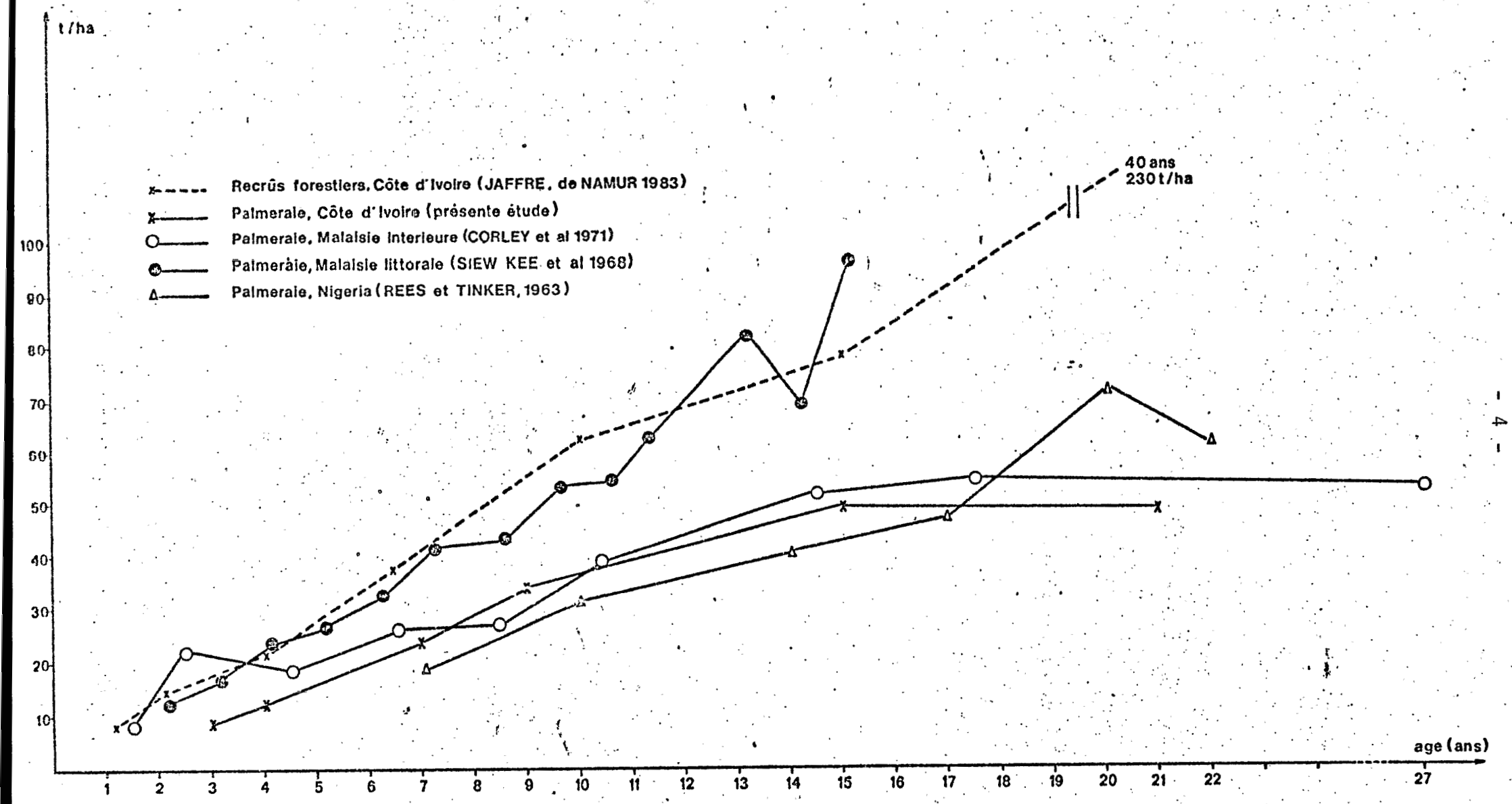


FIG. 1 : EVOLUTION DE LA BIOMASSE EPIGEE DE PLANTATIONS DE PALMIERS A HUILE DANS DIFFERENTES REGIONS DU MONDE, ET D'UNE SERIE DE RECRÛS FORESTIERS EN CÔTE D'IVOIRE.

Dans ce cas la biomasse épigée maximum (99 t/ha) est observée à 15 ans. Les valeurs obtenues par CORLEY et *al.* (1971) en Malaisie intérieure et par REES et TINKER (1963) au Nigéria sont plus proches que les précédentes des valeurs obtenues en Côte d'Ivoire, les biomasses épigées maxima sont toutefois plus élevées (54 t/ha en Malaisie à 17 ans 1/2 et 73 t/ha au Nigéria à 20 ans).

Il convient de noter que les palmeraies de la région de Dabou où la présente étude a été menée sont d'une manière générale moins exubérantes, ont un développement moins rapide et sont moins productives que celles situées au Nord d'Abidjan, sur schistes et granites.

Ces dernières plantations ont, d'après les travaux de HIRSCH (1973), une production annuelle de matière sèche de 24 t/ha contre une production de 19,5 t/ha pour la palmeraie étudiée par REES et TINKER au Nigéria et 33,51 t/ha pour la palmeraie de Malaisie intérieure. On peut donc penser que les biomasses des plantations du Nord d'Abidjan sont supérieures à celles des plantations de Dabou mais demeurent néanmoins nettement inférieures aux biomasses observées en Malaisie littorale.

La comparaison de l'évolution de la biomasse épigée des palmeraies et des recrûs forestiers de Côte d'Ivoire montre d'une part que l'accroissement de biomasse des recrûs forestiers (cas de recrus installés sur brûlis de défrichement de la forêt après un seul cycle de culture) est supérieur à l'accroissement de biomasse d'une plantation de palmiers à huile, d'autre part que la biomasse maximum de la palmeraie atteinte vers 15 à 20 ans demeure nettement inférieure à la biomasse des recrûs forestiers qui atteint 230 t/ha à 40 ans et environ 450 t/ha (valeur maxima) au bout d'une centaine d'années.

III. LE STOCK DE CARBONE

3.1. Méthode

Les teneurs en carbone des folioles du stipe et des rachis ont été déterminées pour chaque arbre abattu sur un échantillon de 1 à 2 kg de matière sèche broyée et homogénéisée. Les teneurs en carbone des coeurs et des feuilles terminales ont été déterminées sur un échantillon composite constitué de prélèvements effectués sur les différents palmiers abattus.

3.2. Résultats - Discussion

Les teneurs en carbone et les quantités de cet élément calculées à partir des poids et des différentes parties de l'arbre moyen sont rassemblées dans le tableau 2. Il apparait que le carbone emmagasiné dans les plantations de palmiers à huile demeurent relativement basses en comparaison des quantités de carbone emmagasinées dans la biomasse épigée des recrûs forestiers du Sud-Ouest Ivoirien : 17,77 t/ha à 6 ans 1/2 et 28,24 t/ha à 10 ans, 36,74 t/ha à 15 ans, 108 t/ha à 40 ans (JAFFRE et *al.*, 1983).

âge	TENEURS EN CARBONE % MAT. SECHE					STOCK DE CARBONE			
						kg/ha.PAR PIEDS			T/ha
	folioles	rachis	feuilles terminales	coeur	stipe	couronne	stipe	arbre moyen	plantation 130 pieds/ha
3 ans	49,38	48,69	46,83	45,05	46,08	16,36	13,71	30,07	3,91
4 ans	50,35	45,75	"	"	45,98	21,27	17,40	38,67	5,03
7 ans	50,54	48,76	"	"	44,93	44,03	43,19	87,22	11,34
9 ans	47,94	46,67	"	"	44,16	48,74	69,32	118,06	15,35
15 ans	48,80	48,86	"	"	47,01	51,49	129,86	181,35	23,58
21 ans	50,59	47,01	"	"	43,86	51,84	120,20	172,04	22,37

Tableau 2 : Teneurs en carbone des différentes parties de palmiers à huile de différents âges et stock de carbone par palmier et par hectare de plantation.

Les savanes secondaires de la région de Dabou qui constituent un couvert végétal très hétérogène n'ont fait l'objet d'aucune étude de biomasse. On peut penser que les valeurs de biomasse de la strate herbacée ne sont pas très différentes de celles données par CESAR (1971) pour la savane de Lamto en Moyenne Côte d'Ivoire. (Biomasse moyenne de la matière vivante sèche de la partie épigée comprise entre 3,21 t/ha et 4,36 t/ha). Si on ajoute à cette biomasse herbacée celle des palmiers rôniers (*Borassus aethiopum* Mart.) dont la densité dans la région de Dabou ne dépasse pas 17 unités à l'hectare et dont le poids doit être proche de celui d'un palmier à huile à maturité (380 à 400 kg), on peut estimer que la biomasse épigée totale des savanes secondaires de Dabou ne dépasse pas 10 à 25 t/ha soit une biomasse inférieure à celle des palmeraies de 7 ans (24,14 t/ha).

On peut admettre corrélativement que le stock de carbone de la végétation secondaire naturelle n'excède pas celui d'une palmeraie industrielle de 7 ans.

Le stock de carbone des plantations de palmiers à huile de basse Côte d'Ivoire apparait donc nettement inférieur au stock de carbone des formations forestières mais supérieur à celui de la végétation secondaire savanicole naturelle.

L'étude de la biomasse et du stock de carbone de plantations d'*Hevea* de différents âges a été entreprise par le Laboratoire de Bioclimatologie. Les mesures de biomasse sont effectuées à l'occasion de la chute d'arbres, consécutive à des tornades. Les premiers résultats donnés par MONTENY et *al.* (Biomasse de 159 t/ha, stock de carbone de 72 t/ha pour une plantation d'*Hevea* de 18 ans comptant 380 arbres à l'hectare) indiquent que l'hévéaculture assure mieux que la culture du palmier à huile la reconstitution de la biomasse et du stock de carbone en zone forestière de Côte d'Ivoire.

BIBLIOGRAPHIE

ADJANOHOUN, E.J., (1962).- Etude phytosociologique des savanes de basse Côte d'Ivoire (savane lagunaire). Végétation, XI, 1-2 : 1-38.

AUBREVILLE, A., (1949).- Climat, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale. Soc. Ed. Geogr. Marit. col. PARIS 351p.

CESAR, J., (1971).- Etude quantitative de la strate herbacée de la savane de Lamto (Moyenne Côte d'Ivoire). Thèse Doct. 3ème cycle. PARIS 128p.

CORLEY, R.H., GRAY, B.S., NG SIEW KEE, (1971).- Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. Expl. Agric. 7 : 129-136.

GUILLAUMET, J.L., ADJANOHOUN, E., (1971).- La végétation en Côte d'Ivoire. *in* : le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Mem. ORSTOM, n° 50 : 159-264.

HIRSCH, P.J., (1980).- Relations entre l'appareil végétatif et la production chez le palmier à huile en Côte d'Ivoire. Oléagineux, 35 (5) : 233-237.

JAFFRE, T., FRITSCH, E., de NAMUR, Ch., (1983).- Etude de la biomasse végétale et du stock de carbone dans la végétation, la litière et le sol au cours de la succession secondaire dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, multigr., 15p.

NG SIEW KEE, THAMBOO, S., PHILIP, DE SOUZA, (1968).- Nutrient content of oil palms in Malaya. II Nutrient in vegetatives tissues. The Malayian Agricultural Journal '3 (3) : 332-390.

PERRAUD, A., de la SOUCHERE, P., (1969).- Esquisse pédologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle du 1/500.000. Publi. ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé.

PERRAUD, A., (1971).- Les sols. *in* : Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Mem. ORSTOM, n° 50 : 269-391.

MESURE DES FLUX DE CO_2 AU NIVEAU D'UN COUVERT D'*HEVEA BRASILIENSIS*

B.A. MONTENY, J.M. BARBIER et C. OMONT

Laboratoire de Bioclimatologie
O.R.S.T.O.M. - B.P. V-51
ABIDJAN - (CÔTE D'IVOIRE)

RESUME

Il est communément accepté que la forêt, de par l'importance de sa surface, affecte certains paramètres climatiques, en particulier la concentration de vapeur d'eau et de gaz carbonique.

L'équilibre que représente le système "forêt tropicale humide-atmosphère" tend à se modifier du fait de la réduction accélérée de sa superficie. Son remplacement par d'autres couverts végétaux serait susceptible d'introduire des changements au niveau des échanges plantes-atmosphère et de modifier ainsi certains paramètres atmosphériques.

C'est dans ce cadre que se situe l'analyse des échanges s'établissant entre un couvert forestier secondaire (plantation d'*Hevea*) et l'atmosphère. Le bilan d'énergie/rapport de BOWEN est la méthode utilisée pour déterminer l'activité photosynthétique globale du système ainsi que les autres échanges énergétiques.

Cette étude a été réalisée en basse Côte d'Ivoire dans la région d'Abidjan.

L'assimilation photosynthétique instantanée de l'hévéaculture représente, peu après la refoliation, une fixation énergétique de près de 4 % du rayonnement net. Dans les mêmes conditions hydriques, le vieillissement du feuillage entraîne une réduction de la capacité photosynthétique de 50 à 60 %. D'autre part, la disponibilité en eau du sol est un autre facteur qui réduira l'absorption du gaz carbonique. Son effet se manifeste particulièrement dans l'après-midi et en fin de journée.

1 DEC. 1983
O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 40254 Y
B

Toutefois, les échanges plante-atmosphère sont perturbés par le mouvement des masses d'air, en particulier par la brise de terre dont les caractéristiques (humidité et CO_2) ont été modifiées par la formation de brouillards au-dessus de la zone forestière.

En effet, durant la période nocturne, la condensation devapeur d'eau par refroidissement radiatif entraîne la formation de brouillards qui piègent le CO_2 dégagé par l'écosystème végétal et le sol. Au cours de la matinée, la brise de terre entraîne ces masses d'où le brouillard s'est progressivement dissipé. Le passage de ces masses d'air se traduit par des profils inhabituels des concentrations de vapeur d'eau plus élevées au niveau supérieur par rapport au niveau proche de la canopée et des gradients de gaz carbonique très accentués. Les flux qui en découlent traduisent un apport advectif de vapeur d'eau dans le système et une assimilation photosynthétique très élevée (8 à 10 % de Rn).

Ces constatations doivent être confirmées par les mesures actuellement en cours.

Ce travail entre dans un programme de recherches plus vaste concernant le déterminisme des variations cycliques de la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère.

I. INTRODUCTION

L'écosystème "forêt tropicale humide" est progressivement remplacé par d'autres types d'écosystèmes à caractère anthropique. Leur maintien, en population homogène, est en liaison étroite avec le système d'exploitation agricole que l'homme utilise. Les changements physionomiques et phénologiques ainsi introduits pourraient entraîner des modifications dans l'équilibre existant précédemment entre le couvert forestier et l'atmosphère, entre autre au niveau du mécanisme des échanges du gaz carbonique par la biosphère continentale. Le rééquilibrage des échanges pourrait avoir des répercussions sur certains paramètres climatiques, entraînant des changements au niveau du cycle de l'eau et du gaz carbonique.

En basse Côte d'Ivoire, les plantations paysannes, souvent itinérantes, s'installent de plus en plus en zone forestière , entraînant chaque année la destruction par le feu de grandes superficies de forêt. Parallèlement, les cultures agro-industrielles occupent généralement des surfaces monobloc dans les zones considérées jusqu'alors comme réserves ou forêts classées. Toutefois, ces cultures de grande échelle ont un caractère pérenne. Tel est le cas de l'hévéaculture qui occupe une superficie de plus en plus grande dans le massif forestier ivoirien.

L'analyse des échanges d'énergie de cette forêt d'hévéa est essentielle pour comprendre son fonctionnement et tout spécialement ses bilans hydrique et carboné.

Ce rapport présente la méthode d'analyse du bilan d'énergie utilisée, compte tenu des caractéristiques climatiques locales et les résultats obtenus. La discussion porte sur l'importance des effets des mouvements des masses d'air sur les échanges en eau et en CO_2 entre le couvert forestier et l'atmosphère.

II. CONSIDERATIONS THEORIQUES

L'interprétation du fonctionnement de l'écosystème forêt d'*Hevea*, siège de la transformation de l'énergie solaire reçue, nécessite la connaissance des mécanismes de transfert qui s'y opèrent.

2.1. Transferts radiatifs. Energie disponible pour l'écosystème.

Le bilan des transferts radiatifs au niveau supérieur du couvert végétal s'écrit :

$$Rn = Rg - R_r + \varepsilon Ra - \varepsilon\sigma T_s^4 \qquad (1)$$

Rg = rayonnement solaire global ($\lambda < 3000$ nm)

R_r = rayonnement réfléchi par la surface du couvert ($\lambda < 3000$ nm)

Ra = rayonnement atmosphérique ($\lambda > 3000$ nm)

σT_s^4 = rayonnement émis par le massif forestier ($\lambda > 3000$ nm), fonction de sa température moyenne)

ε = émissivité de la surface (égale à son absorptivité)

σ = constante de Stefan-Boltzmann.

Le rayonnement net est défini comme la résultante des densités de flux énergétique descendants (+) et ascendants (-). Il représente la quantité d'énergie absorbée et donc utilisable par le système végétal. Ce terme doit être connu avec une grande précision du fait de son importance au niveau de l'étude du bilan d'énergie.

2.2. Bilan d'énergie : Transferts convectifs et conductifs

La quantité d'énergie absorbée Rn par le couvert et utilisée dans les divers processus convectifs et conductifs peut s'exprimer par l'équation du bilan d'énergie :

$$Rn = S+LE+G+P+\Delta + \rho cp \int_z^{z'} Uz \frac{dt}{dx}(z)\, dz + \rho L \int_z^{z'} Uz \frac{dc}{dx}(z)\, dz \qquad (2)$$

R_n = rayonnement net

S = flux convectif de chaleur sensible

E = évapotranspiration réelle

L = chaleur latente de vaporisation de l'eau

P = énergie photosynthétique fixée sous forme chimique

G = flux conductif à la surface du sol

ρ = masse volumique de l'air

cp = chaleur massique de l'air à pression constante

Uz = vitesse du vent ($m.s^{-1}$) au niveau Z

Δ = correspond au changement de la quantité de chaleur sensible et de chaleur latente de l'air à l'intérieur du système :

c'est-à-dire : $\int_0^z (\rho a \; cp \frac{dTa}{dt}) \, dz + \int_0^z (\rho v \; cpv \frac{dc}{dt}) \, dz$

Les valeurs de Δ calculées entre 11 et 12 h par belles journées ensoleillées varient de 15 à 20 Wm^{-2} en fonction du rayonnement net (500 à 650 Wm^{-2}). Notre bilan, effectué sur des périodes de 15 minutes, négligera ces quantités dans un premier temps. Ces variations d'énergie dans le volume du système sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par STEWART et *al.* (1973).

Le bilan d'énergie de tout écosystème est à la base de l'analyse de son microclimat et des échanges qui s'y produisent. La somme algébrique des gains et des pertes d'énergie par unité de volume du couvert est égale à zéro dans les conditions de stabilité (principe de conservation de l'énergie). Dans la réalité, ces conditions sont rarement rencontrées, mais les variations des gains et des pertes intégrées sur 15 minutes sont très faibles et l'hypothèse précédente reste donc valable.

Quant aux 2 termes traduisant l'apport horizontal de chaleur sensible et de vapeur d'eau dans l'écosystème, ils ont été généralement considérés comme négligeables si l'étendue des surfaces cultivées entourant le site est importante. Toutefois, l'impact des mouvements des masses d'air de petite échelle (brises) sur l'évolution des flux ne peut être sous-estimé, comme nous le verrons dans la discussion.

Compte tenu de certaines hypothèses - uniformité horizontale et équilibre des conditions physiques - l'équation du bilan d'énergie, sous sa forme simplifiée, correspond à :

$$Rn - G = S + LE + \lambda P \qquad (2')$$

Les équations des 3 densités de flux énergétiques s'écrivent (ALLEN et *al.* 1974) (SAUGIER 1974) :

$$S = -\rho \; cp \; K_h \left(\frac{dT}{dz}\right)$$

$$Le = -L \; K_V \left(\frac{dq}{dz}\right) = - \frac{L \, M_V}{RT} K_V \left(\frac{de}{dz}\right)$$

$$\lambda P = \lambda \alpha \rho \; K_C \left(\frac{dc}{dz}\right)$$

avec $\alpha = \frac{M \; CO_2}{M \; air}$

En admettant l'hypothèse de similarité des coefficients de transferts ($K_H = K_V = K_C$), l'utilisation du rapport de BOWEN, β, qui correspond au rapport des densités des flux de chaleur sensible à ceux de la chaleur latente donne :

$$\beta = \frac{-K_H \rho cp \ (dT/dz)}{-L \ K_V \ (dq/dz)} = \frac{K_H \ (M_a/V) \ cp \ (dT/dz)}{K_V \ (M_V/RT) \ L \ (de/dz)}$$

$$= \frac{Cp \ P}{\varepsilon \ L} \left(\frac{dT}{de}\right)$$

$$= \gamma \left(\frac{dT}{de}\right)$$

avec $\gamma = 0,66$ = constante psychrométrique.

dT = différence de température entre 2 niveaux

de = différence de pression partielle de vapeur d'eau entre 2 niveaux.

Par ailleurs, on peut également considérer le rapport des densités des flux de chaleur photosynthétique aux flux de chaleur latente :

$$\mu = \frac{\lambda \ K_C \ \alpha\rho \ (dc/dz)}{-K_V \ L \ (M_V/RT) \ (de/dz)}$$

$$= \frac{\lambda \ \alpha\rho}{-L(M_V/RT)} \ \frac{dc}{de}$$

$$= 0,0109 \ \frac{dc}{de} \ (mb/ppm)$$

Dès lors, connaissant les valeurs de β et μ, il est possible de déterminer les différents flux, c'est-à-dire :

$$S = \frac{\beta \ (Rn - G)}{(1 + \beta + \mu)}$$

$$LE = \frac{(Rn - G)}{(1 + \beta + \mu)}$$

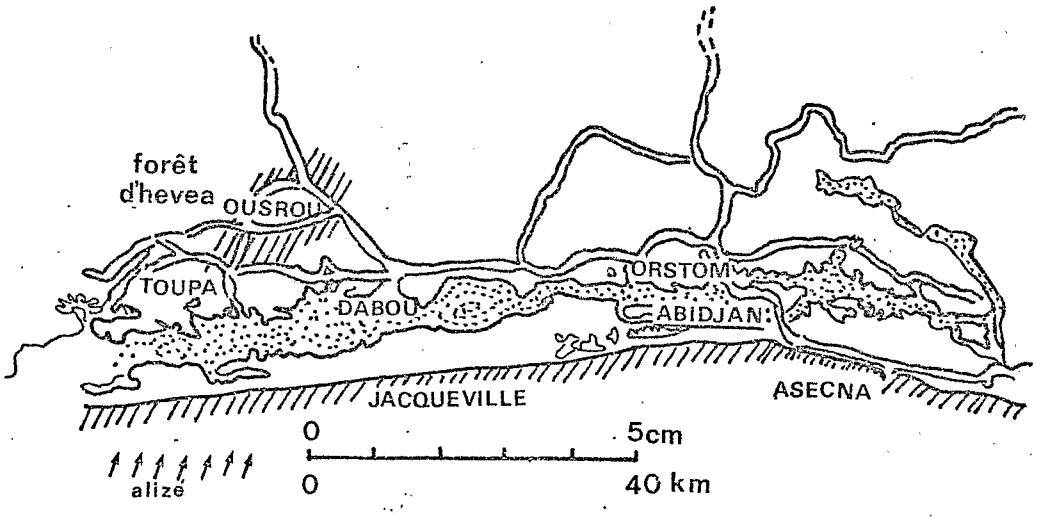
$$\lambda P = \frac{\mu \ (Rn - G)}{(1 + \beta + \mu)}$$

III. METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

3.1. Situation géographique de la Station

La plantation d'*Hevea* est située à Ousrou, à 57 km à l'Ouest d'Abidjan - (cf. carte). La région a un climat général du type tropical humide à 2 saisons de pluies (mai à juillet et octobre-novembre)(ELDIN, 1971) avec un régime de vent de secteur S-SW dominant et qui correspond à l'alizé austral. Cette masse d'air, de 300 à 2000 m d'épaisseur après passage sur les étendues océaniques, se caractérise par une forte concentration en vapeur d'eau (> 28 mb), par une concentration en gaz carbonique relativement constante (330 ppm ± 10 ppm) et par une instabilité liée à la convection thermique. Elle influence, lors de son passage sur le continent, les conditions climatiques locales : amplitudes thermiques faibles (23-32°C), humidité relative élevée, atténuation de l'énergie solaire importante par la formation de cumulus d'alizés amortissant ainsi les extrêmes diurnes.

A cette caractéristique générale, s'ajoute l'effet de la circulation locale, brise de terre - brise de mer, dont l'impact sur les conditions microclimatiques n'est pas à négliger. La brise de terre est faible (1 à 2 $m.s^{-1}$) et se manifeste tôt le matin entre 2 et 6 h. . Au cours de la matinée, le changement de direction provoque une réduction partielle de la vitesse du vent et quand le régime d'alizé (brise de mer) est bien établi, la vitesse s'accroît (3 à 6 $m.s^{-1}$). Cette asymétrie des brises a également été observée par PEARSON (1975). La masse d'air océanique pénètre largement à l'intérieur du pays. L'alternance des mouvements des masses d'air est assez régulière durant certaines saisons.



Situation géographique de l'hévéaculture (en hachuré).

Lors de la position la plus méridionale de la zone de convergence intertropicale, la basse côte est partiellement soumise aux masses d'air d'origine continentale. La faible convergence ne peut provoquer de formations nuageuses durant cette période (novembre à février) et correspond à la grande saison sèche. Toutefois, en décembre-janvier, la région côtière peut être soumise à un régime d'harmattan (vent dominant N-NE) caractérisé par une faible tension de vapeur d'eau de l'air (10 à 12 mb) et des amplitudes thermiques élevées (13 à 18°C).

La superficie de l'hévéaculture est d'environ 9.000 ha, sans discontinuité, formant un bloc uniforme établi sur un terrain plat légèrement valonné. La plantation est divisée en blocs de 25 ha chacun séparés par des chemins de 7 m de large permettant la collecte du latex.

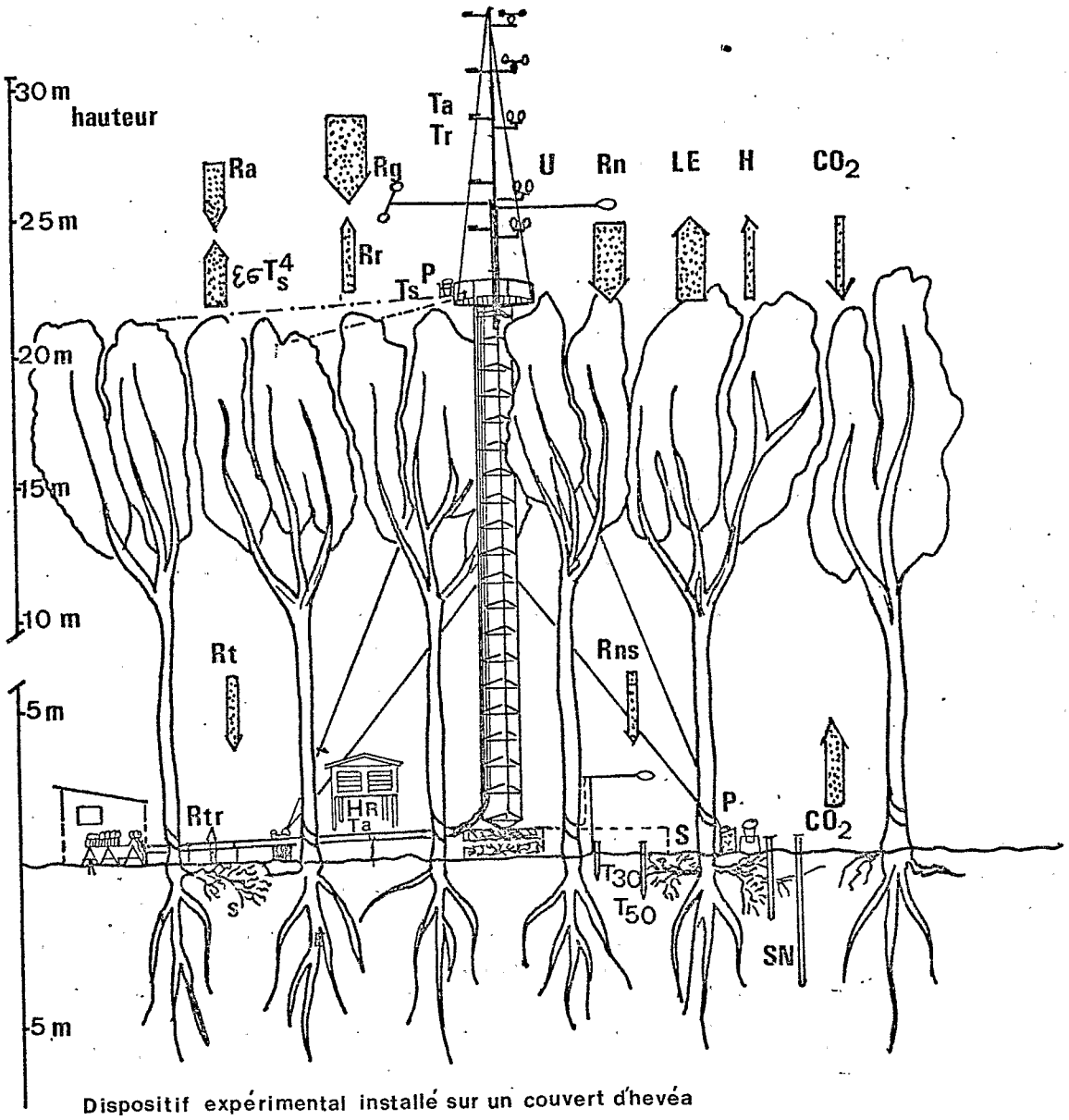
3.2. Dispositif de mesure (cf. schéma 1)

La station de mesure a été établie dans un bloc situé au centre de la plantation dans le clone le plus répandu en Côte d'Ivoire. Elle comprend :

- une station climatique sous couvert qui enregistre les caractéristiques de l'air (Ta et MR), la pluie au sol et la température dans le sol (à -20 et -30 cm),
- une tour haubannée de 22,3 m de haut avec une nacelle située dans la partie supérieure de la canopée sur laquelle est fixé un mat télescopique de 12 m. La position des différents capteurs sur le mat est donnée par le tableau 1,
- un local au sol pour abriter l'ensemble du matériel d'enregistrement.

TABLEAU I : Position des capteurs sur le mat.

Capteurs / Niveau / Hauteur	1 25,3 m	2 28 m	2 28,5 m	3 31 m	4 34 m
Pyranomètre			X		
Bilanmètre			X		
Anémomètre	X	X		X	X
Thermocouple	X	X		X	X
Prise d'air – vapeur d'eau		X			X
Prise d'air – CO_2		X			X



Dispositif expérimental installé sur un couvert d'hevéa

Rg: rayonnement global
Rr: rayonnement reflechi
Ra: — atmosphérique
$\varepsilon\sigma T_s^4$ — terrestre
Rn: bilan des rayonnements
Rt: rayonnement transmis
Rtr: — reflechi par le sol
P: pluviomètres

LE: flux de chaleur latente
H: flux de chaleur sensible
S: flux de chaleur entrant dans le sol
T_{30}-T_{50} température du sol à 30, 50 cm
SN: tubes de sonde à neutron
Ta: HR température et humidité relative
T: profil des températures air et rosée
U: profil des vitesses de vent

Les rayonnements solaires global (Rg) et réfléchi (R_r) sont mesurés à l'aide de pyranomètres thermoélectriques (Kipp et Zonen) maintenus en position horizontale par un bras, à 4 m au-dessus du couvert. Le bilan des rayonnements Rn est mesuré à l'aide d'un pyrradiobilanmètre (Schenk) disposé également à 4 m au-dessus de la canopée. L'ensemble de ces appareils et leurs intégrateurs a été étalonné avant leur mise en service.

Les profils de vitesses de vent ont été réalisés à l'aide d'anémomètres sensibles Casella (T 16110) dont le seuil de démarrage est de l'ordre de 0,10 à 0,15 $m.s^{-1}$. Ils ont été comparés à un anémomètre de référence dont l'étalonnage a été réalisé en soufflerie. Ils sont fixés à des montant perpendiculaires au mat télescopique qui permet d'ajuster leur hauteur (MONTENY et *al.* 1979, 1981).

Les températures ont été mesurées à l'aide de thermocouples cuivre-constantan par rapport à la température de la glace fondante. Chaque thermocouple avec son enregistreur a été au préalable, étalonné. Parallèlement, l'air était prélevé à 2 niveaux avec 2 pompes à membrane (débit de 160 litres par heure) pour la mesure directe de la température du point de rosée (hygromètre à effet Peltier), ainsi que de la concentration en gaz carbonique (cf. schéma 1 et photos du dispositif).

Le flux de chaleur conductif à la surface du sol (G) est enregistré par un fluxmètre (SRI 9) installé à 3 cm de profondeur entre 2 rangées d'arbres.

L'ensemble des tensions électriques débitées par les capteurs est intégré sur une période de 15 minutes. Un programme de calcul fournit pour chaque période, les valeurs des différents flux.

La détermination du flux de CO_2 provenant du sol est réalisée selon la méthode décrite par PERRIER et *al.* (1976) (cf. photo - :). Une enceinte étanche, d'un volume de 14 dm^3 déposée sur le sol, piège le CO_2 qu'il dégage. Un ventil ateur (12 V.) homogénéise l'air contenu dans l'enceinte. L'air circule dans le circuit principal à l'aide d'une pompe aspirante - foulante (débit 160 l/h.). Une seconde pompe (débit 20 l/h.) prélève une partie de l'air pour analyse et le réintroduit dans le circuit principal. Toute modification de la pression intérieure par rapport à la pression extérieure est enregistrée par le manomètre. L'augmentation de la concentration du CO_2 dans le volume de l'enceinte est mesurée par intégration, en fonction du temps, de la tension électrique débitée par l'analyseur I.R. (ADC). La pente de la cinétique d'enrichissement en CO_2 de l'air dans l'enceinte correspond aux flux du CO_2 dégagé par le sol.

Dispositif de mesure du flux de CO_2 du sol.

Tour haubannée dans la forêt d'*hévéa*.

Système d'enregistrement des données au sol.

IV. RESULTATS

La campagne de mesure s'est située durant les mois de décembre 81, janvier 82 et avril 82.

La superficie d'hévéaculture où l'étude a été réalisée est constituée d'une forêt âgée de 18 ans. La biomasse moyenne de la partie aérienne correspond à 159 T. de matière sèche par hectare représentant 244 T. de gaz carbonique fixé ou 72 T. de carbone. Le poids moyen de l'arbre, sans son système racinaire, représente 418 kg.

Le cycle de végétation est annuel, la défoliation débute en février et la refoliation est complète fin mars. La surface foliaire développée varie d'une année à l'autre, avec un indice foliaire moyen de 4,3 m^2 ± 0,5 m^2 par m^2 de sol. La distribution verticale du feuillage se fait principalement entre les 12 à 24 m supérieurs avec une plus forte densité entre 18 et 24 m.

Pour l'étude de l'absorption du CO_2, le couvert d'hévéa peut être assimilé à une couche photosynthétisante ayant deux faces, la zone avec les troncs étant démunie de feuilles. Dans ce cas, cette zone de feuillage est alimentée en CO_2 par le sol et par l'atmosphère.

Le dégagement du gaz carbonique par le sol est fonction de l'activité des microorganismes décomposeurs, de la quantité de matière organique présente et de l'état hydrique des 20 premiers centimètres de la surface du sol (cf. tableau II).

TABLEAU II : Evolution du flux du gaz carbonique et de l'humidité du sol.

	22.12.81	06.01.82	12.01.82	27.01.82	10.04.82
Humidité pondérale du sol (-20 cm) %	14	12	11	8	14
CO_2 dégagé par le sol 10^{-4}gr CO_2 m^{-2} s^{-1}	1,87	1,46	1,28	0,59	1,43

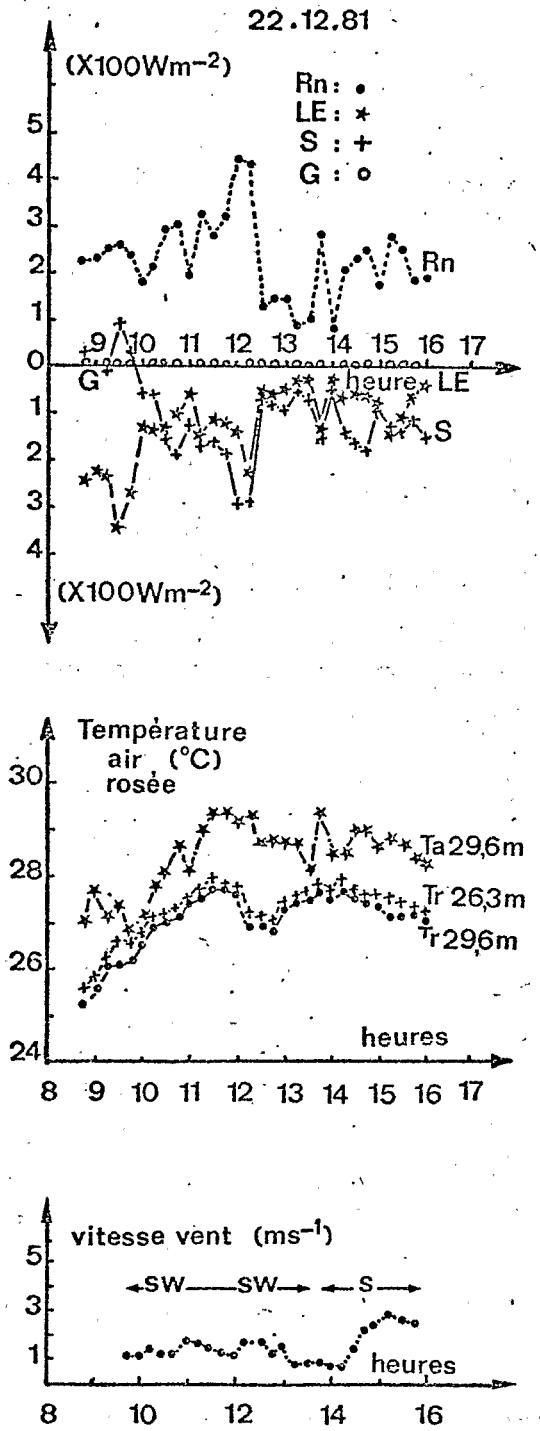


Fig. 1 a : Evolution des différents flux au cours de la journée en relation avec certains paramètres climatiques.
22.12.1981

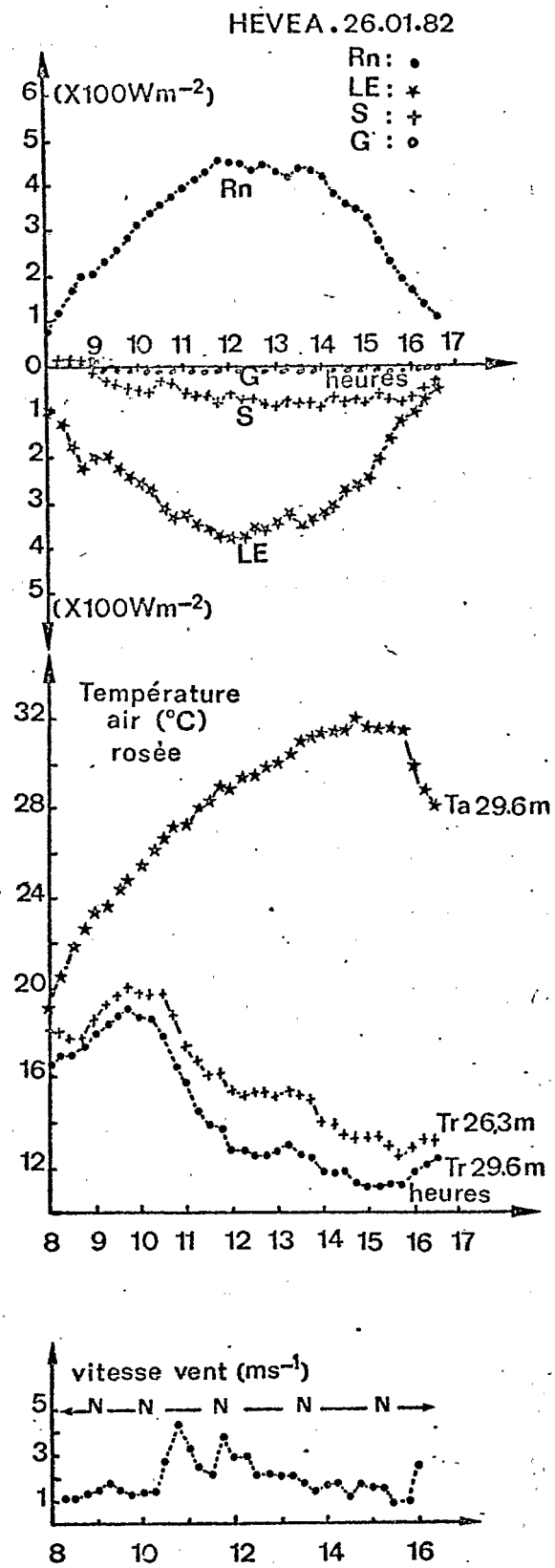


Fig. 1 b : Evolution des différents flux au cours de la journée en relation avec certains paramètres climatiques. 26.01.1982

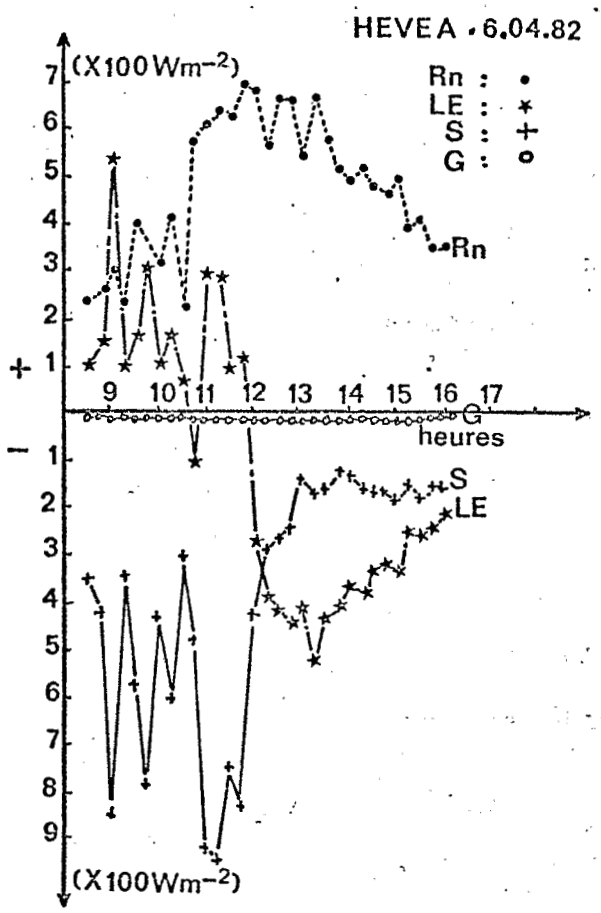
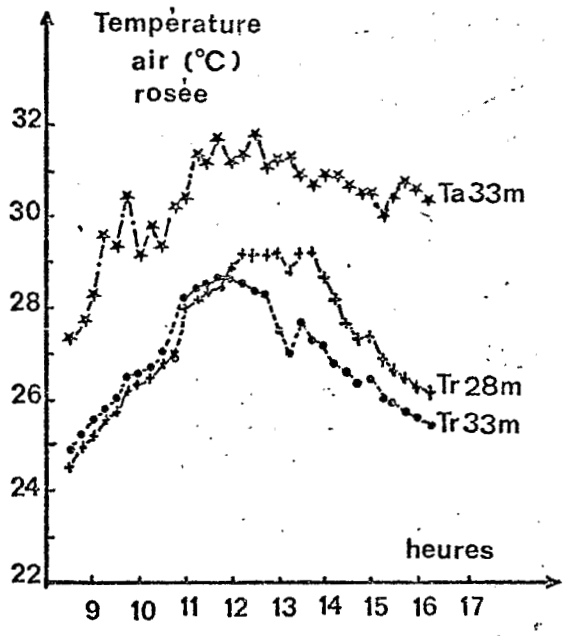
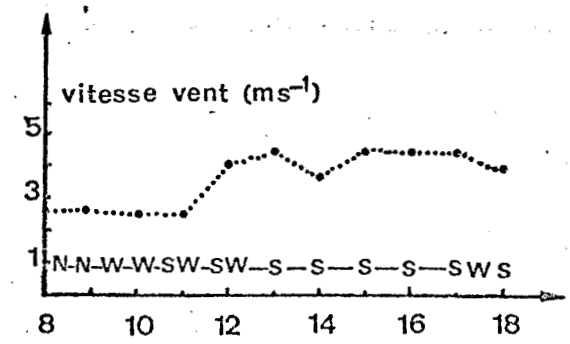
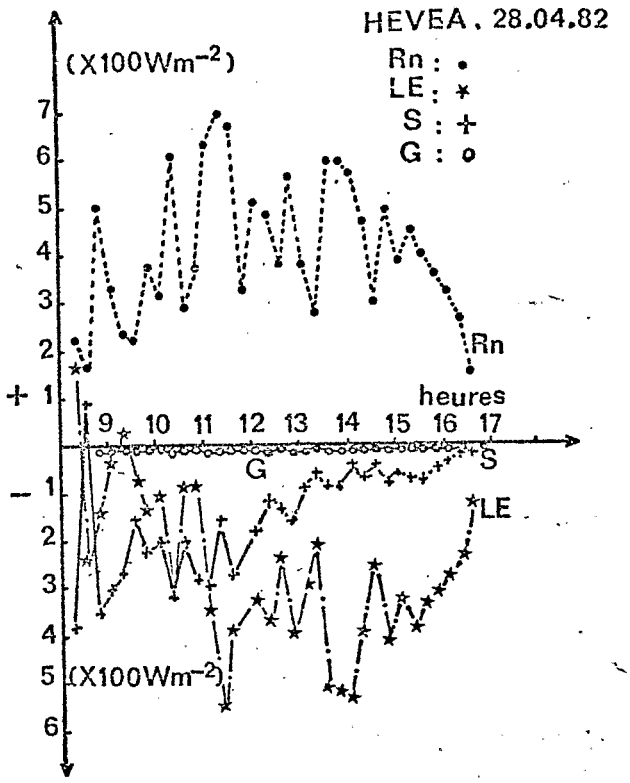


Fig. 1 c : Evolution des différents flux au cours de la journée en relation avec certains paramètres climatiques. 6.04.82







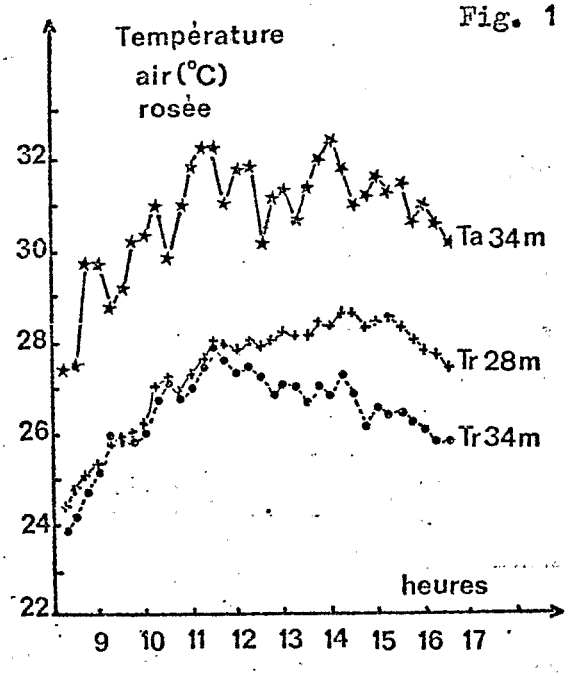
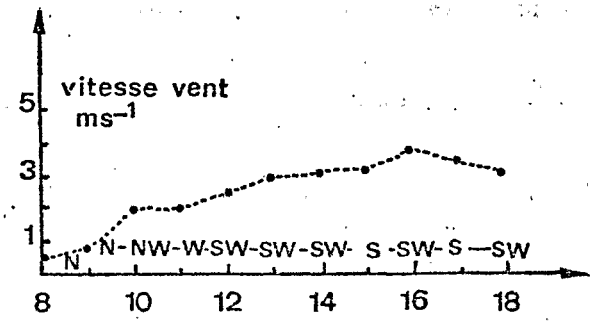


Fig. 1 d : Evolution des différents flux au cours de la journée en relation avec certains paramètres climatiques.
28.04.1982



Les flux mesurés le matin et l'après-midi varient peu. Ces données sont proches de celles obtenues par MONTEITH et *al.* (1964) et PERRIER et *al.* (1976).

Toutefois, on peut s'attendre que durant la saison des pluies (juin et juillet), l'activité des microorganismes décomposant la litière sera favorisée par des taux d'humidité plus élevée, entraînant des dégagements de CO_2 plus importants.

La figure 1a, b,c,d représente l'évolution des différents flux mesurés au cours de 4 journées caractérisant d'une part les échanges d'une forêt avec un feuillage de 8-9 mois d'âge (déc. 81 - janv. 82) et d'autre part un couvert refolié depuis un mois (avril 82). La figure 2 donne l'évolution de l'assimilation photosynthétique de la forêt d'*Hevea* en fonction des caractéristiques des masses d'air (température de l'air et du point de rosée) :

On constate, par rapport à un couvert ayant de jeunes feuilles (avril 82), la réduction de l'assimilation photosynthétique liée au vieillissement de son feuillage (déc. 81). A ce facteur d'âge, s'ajoute l'effet du déficit hydrique du sol qui influence la fermeture stomatique, ce qui réduit encore les échanges en gaz carbonique.

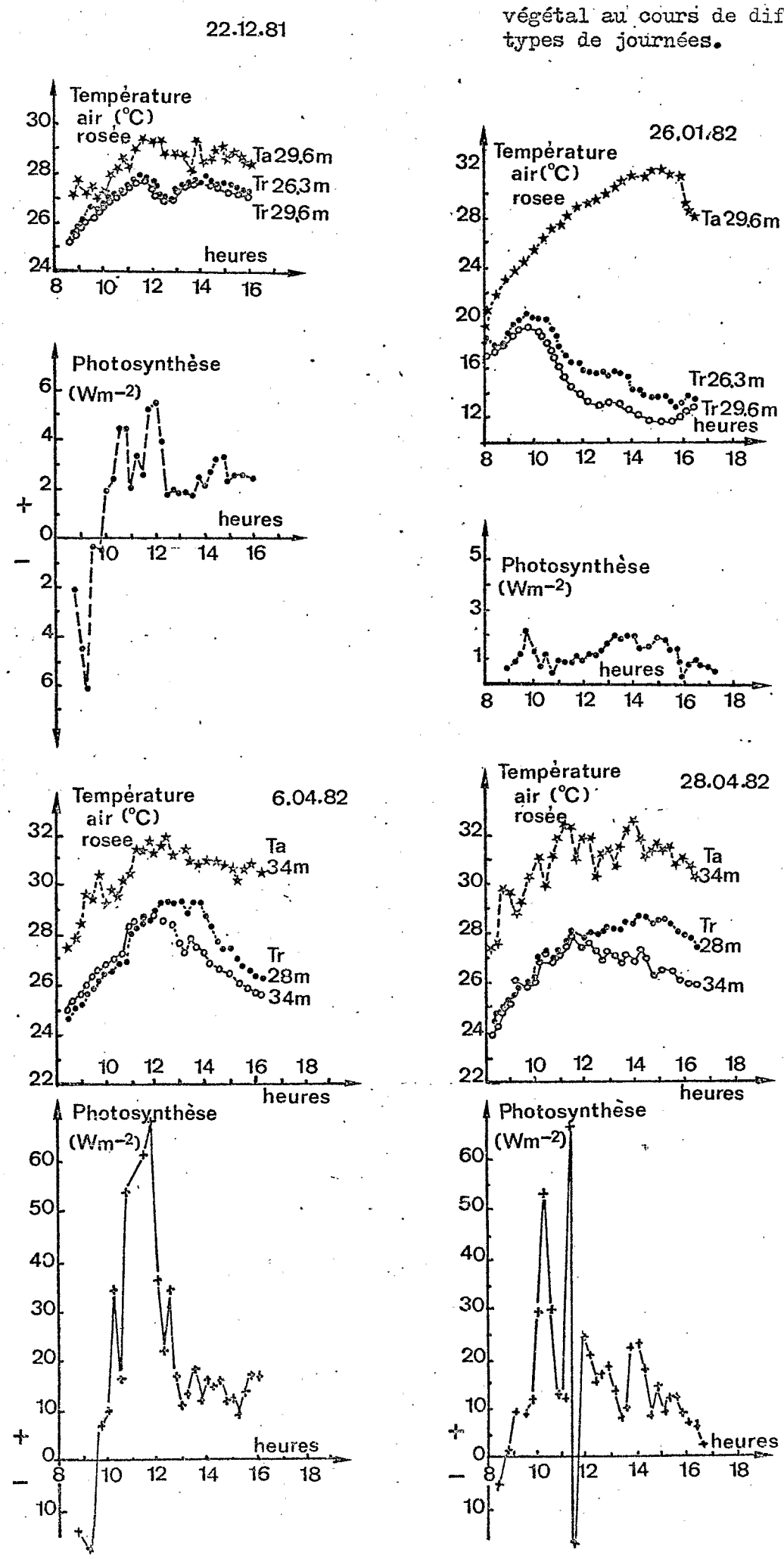
En considérant les valeurs de l'assimilation photosynthétique obtenues après équilibre des échanges forêt-atmosphère c'est-à-dire après 12 h. l'efficience photosynthétique de l'hévéaculture représente près de 4 % du rayonnement net (fig. 3). Cette efficience, relativement élevée, provient du renouvellement complet de la canopée accompagné d'une réserve hydrique importante.

Des mesures identiques réalisées peu avant la défoliation de l'*hévéa* (déc. 81) donnent une efficience photosynthétique de 1,7 % avec des valeurs d'assimilation du gaz carbonique ne dépassant pas 6 Wm^{-2}. Avec une alimentation hydrique déficiente, l'assimilation du gaz carbonique ne représente plus que 0,5 % du rayonnement net.

ALLEN et *al.* (1975) ont obtenu sur une forêt tropicale (Costa Rica) des valeurs d'assimilation photosynthétique plus faibles pour deux journées de mesures.

p14 260182
p15 60482
p16 280482

Fig. 2 : Evolution de l'assimilation photosynthétique du couvert végétal au cours de différents types de journées.



V. DISCUSSION

Les mesures réalisées visent à expliciter les facteurs de variation de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère couvrant une forêt d'*hévéa* qui s'est substituée à la forêt tropicale humide.

Il ressort de cette étude que les fluctuations observées sont sous la dépendance immédiate du régime des vents : régime d'alizé ou d'harmattan.

En effet, l'évolution des profils de concentration de CO_2 sera essentiellement fonction de la composition de la masse d'air apportée au-dessus du site.

Les résultats obtenus présentent un caractère commun au cours de la matinée : des flux de chaleur latente positifs et des taux d'assimilation photosynthétique très élevés. Ces valeurs, à première vue étonnantes, peuvent se comprendre si on analyse le déterminisme du microclimat local.

Le site de mesure, distant de quelques 20 km de la mer, se trouve sous l'influence maritime. Cette région côtière est généralement soumise aux régimes des brises de terre et brises de mer correspondant à un mouvement des masses d'air de faible épaisseur (0-300 à 500 m d'altitude) allant de terre vers la mer au cours de la matinée (2 à 9-11 h.) et s'inversant vers 9-11 h. suite à la poussée des masses d'air océanique (alizé).

Ces masses d'air sont très chargées en vapeur d'eau (tension de vapeur d'eau 28 à 34 mb) et leur concentration en gaz carbonique (de 330 ppm ± 10 ppm) est relativement constante.

Au cours de la période nocturne, les masses d'air, aspirées par l'ascension d'air chaud au-dessus de l'océan (température de surface d'eau de mer : 26 à 28°C) se dirigent vers la mer et engendrent les brises de terre.

Le refroidissement à caractère radiatif des surfaces végétales et terrestres est lent en raison de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Au-dessus de la zone forestière, ce refroidissement peut entraîner :

a. la formation de nappes de brouillard qui se situent à quelques mètres au-dessus de la surface du couvert forestier. Cette nappe de brouillard, liée à une inversion de la température de l'air, piège le gaz carbonique provenant de la respiration du système végétal et du dégagement du sol.

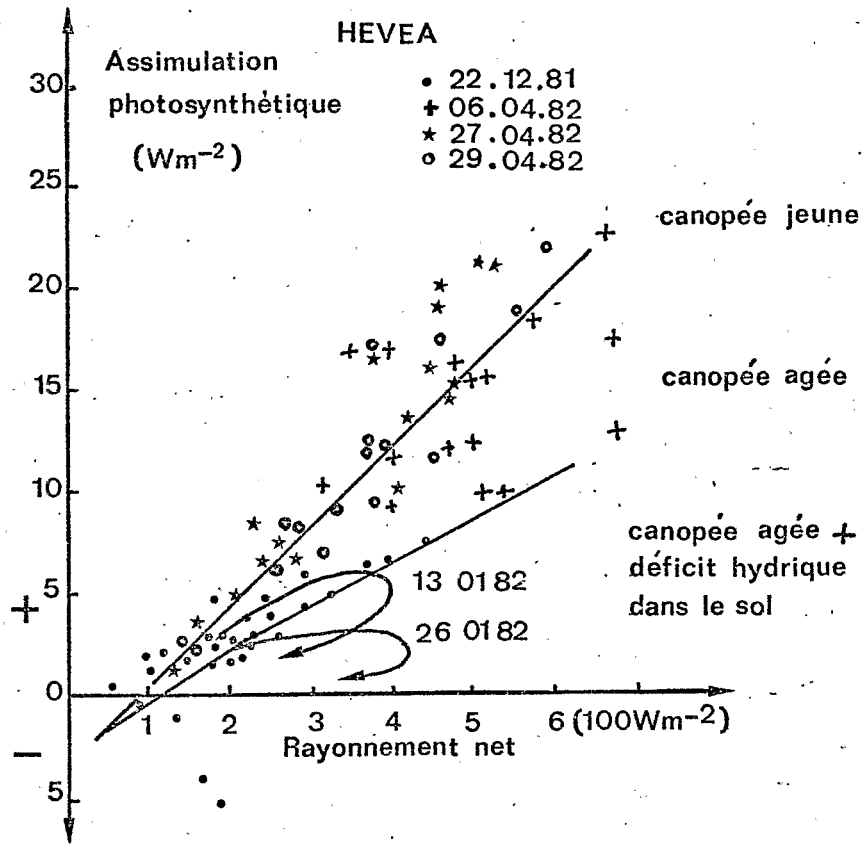


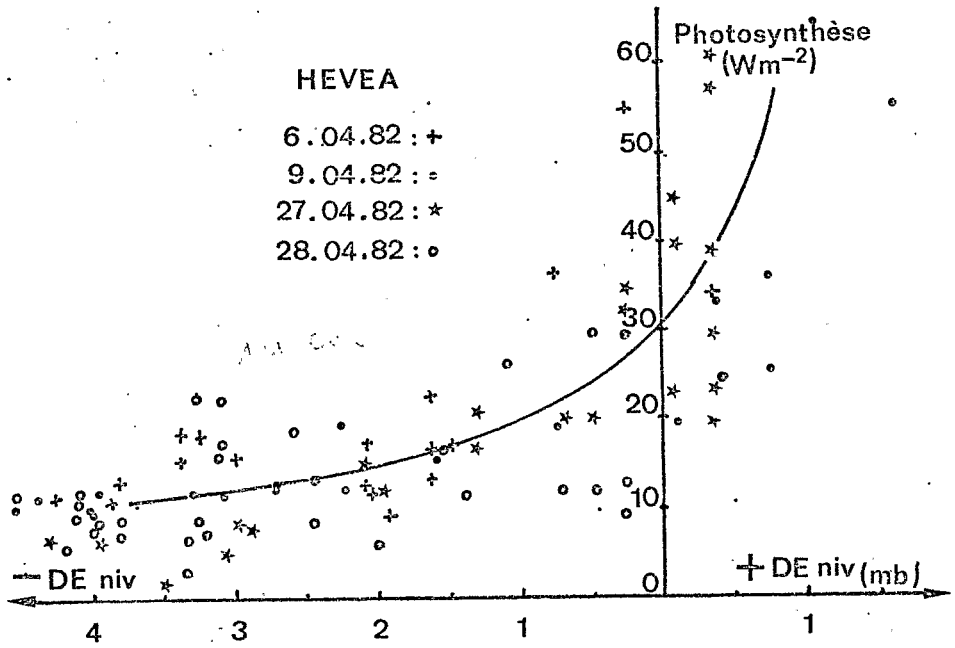
Fig. 3 : Relation entre l'assimilation photosynthétique de la forêt d'hévéa et le rayonnement net selon l'âge physiologique du feuillage et son alimentation hydrique.

b. un dépôt de rosée relativement abondant sur les surfaces végétales.

La dissipation du brouillard dans la matinée n'est pas nécessairement liée à son échauffement par le soleil (l'albedo est élevé) mais proviendrait de la convection thermique, le flux de chaleur sensible (S) étant très important (fig. 1 a,c,d).

Avec un régime de brise de terre bien établi (ex. 06.04 et 28.04.82), on constate que les concentrations de vapeur d'eau et de CO_2 au niveau supérieur (+8 m au-dessus du couvert) sont plus élevées qu'au niveau inférieur (+2 m) durant une partie de la matinée.

Toutefois, cet apport advectif de vapeur d'eau dans le système n'est pas une source d'énergie, puisqu'il n'y a pas de changement d'état. D'autre part, l'apport de gaz carbonique au système provoque un gradient tel que le taux de fixation du CO_2, qui en découle, est très élevé. La figure 4 représentant l'assimilation photosynthétique du couvert végétal en fonction de la différence de tension de vapeur d'eau entre ces 2 niveaux illustre très bien ce phénomène.



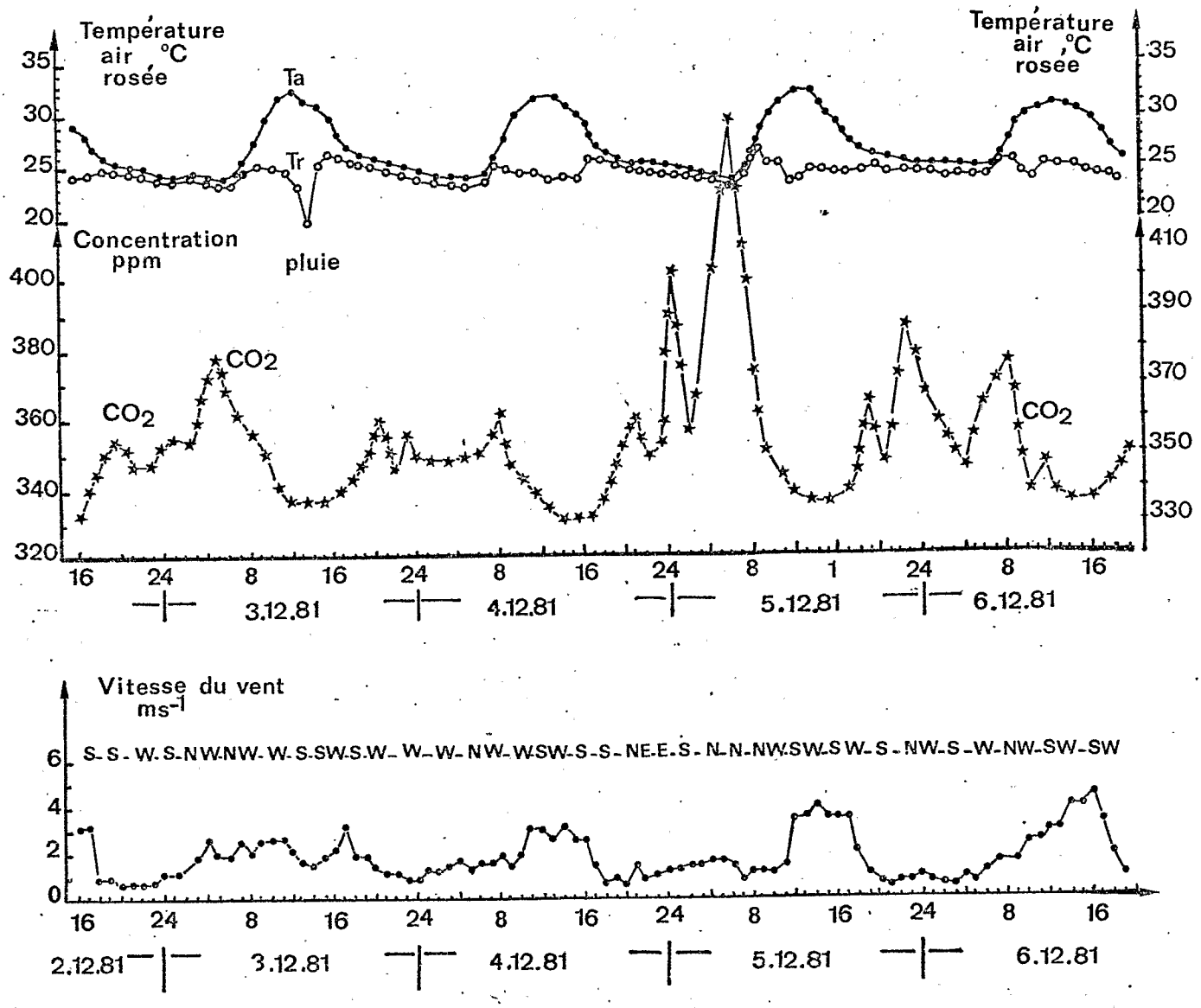
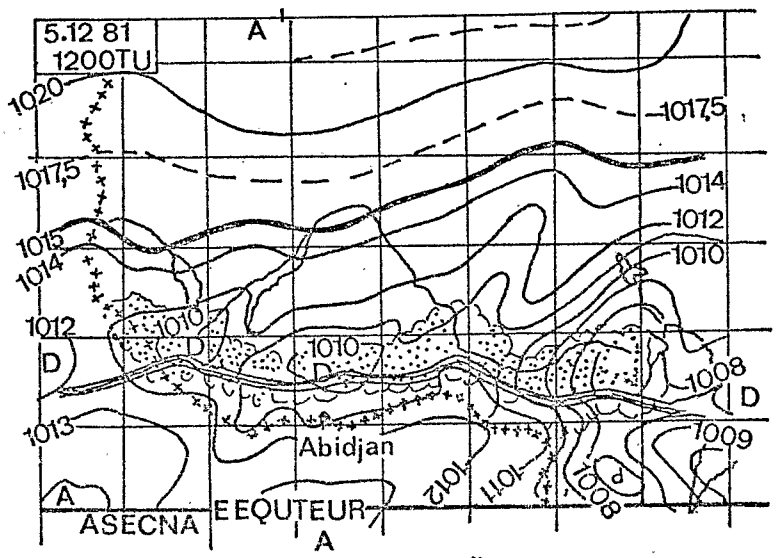


Fig: Evolution de la concentration en CO_2 de l'atmosphère et situation synoptique générale des pressions au sol mb en Afrique de l'Ouest



Ainsi avec formation de brouillard, les masses d'air, qui durant la période nocturne ont quasiment stagné au-dessus du massif forestier se sont enrichies en vapeur d'eau et en CO_2. La brise de terre, en entraînant ces nappes perturbent les échanges énergétiques au niveau de la végétation des zones côtières.

L'étude de l'évolution journalière de la concentration du gaz carbonique au-dessus du massif forestier met en évidence l'incidence du régime des vents sur son activité photosynthétique.

Cette concentration fluctue de manière sinusoïdale. L'amplitude est variable de 50 à 120 ppm, mais la valeur minimale ne descend pas en-dessous des 320 ppm. Les variations sont différentes d'un jour à l'autre, d'une période à l'autre en relation avec la provenance des masses d'air, avec la quantité d'énergie solaire arrivant au sol et avec la possibilité des couverts végétaux de photosynthétiser (fig. 5 à 8).

- durant la phase diurne : l'activité photosynthétique des couverts végétaux, en relation avec l'énergie solaire reçue, absorbe le gaz carbonique de l'atmosphère. Le taux de réduction de la quantité du CO_2 atmosphérique dépend également du moment où la brise de mer s'établit. Elle provoque l'uniformisation de la répartition du CO_2 dans l'atmosphère. Parallèlement à l'augmentation de la vitesse de ce vent, l'instabilité thermique de l'air s'accroît, autre facteur d'homogénéisation du gaz carbonique dans l'atmosphère. La valeur inférieure de la concentration du CO_2 atmosphérique varie entre 320 et 340 ppm. Ce phénomène a également été observé par PEARMAN et GARRATT (1973) en Australie.

- en phase nocturne : l'augmentation de la concentration du gaz carbonique est en relation étroite avec l'importance de l'activité respiratoire des couverts végétaux et du flux du CO_2 provenant du sol. Les variations de l'amplitude de la concentration sont fonction de la vitesse des brises de terre qui passent au-dessus de la zone forestière. Par contre, certains jours, l'augmentation de la concentration du CO_2 ne présente pas la même amplitude du fait que les masses d'air sont d'origine océanique (SSW) et ne sont que faiblement rechargées en CO_2 au cours de leur trajectoire (superficie végétale peu importante entre la mer et le site de mesure).

Par contre, au cours des mois de décembre à mars, un phénomène nouveau peut interférer pendant des périodes de quelques jours à 2 ou 3 semaines.

Le front intertropical (FIT) descend vers l'équateur le site de mesure se situe, alors, dans les masses d'air continental, caractérisées par des amplitudes thermiques élevées et une température du point de rosée très basse (5 à 10°C).

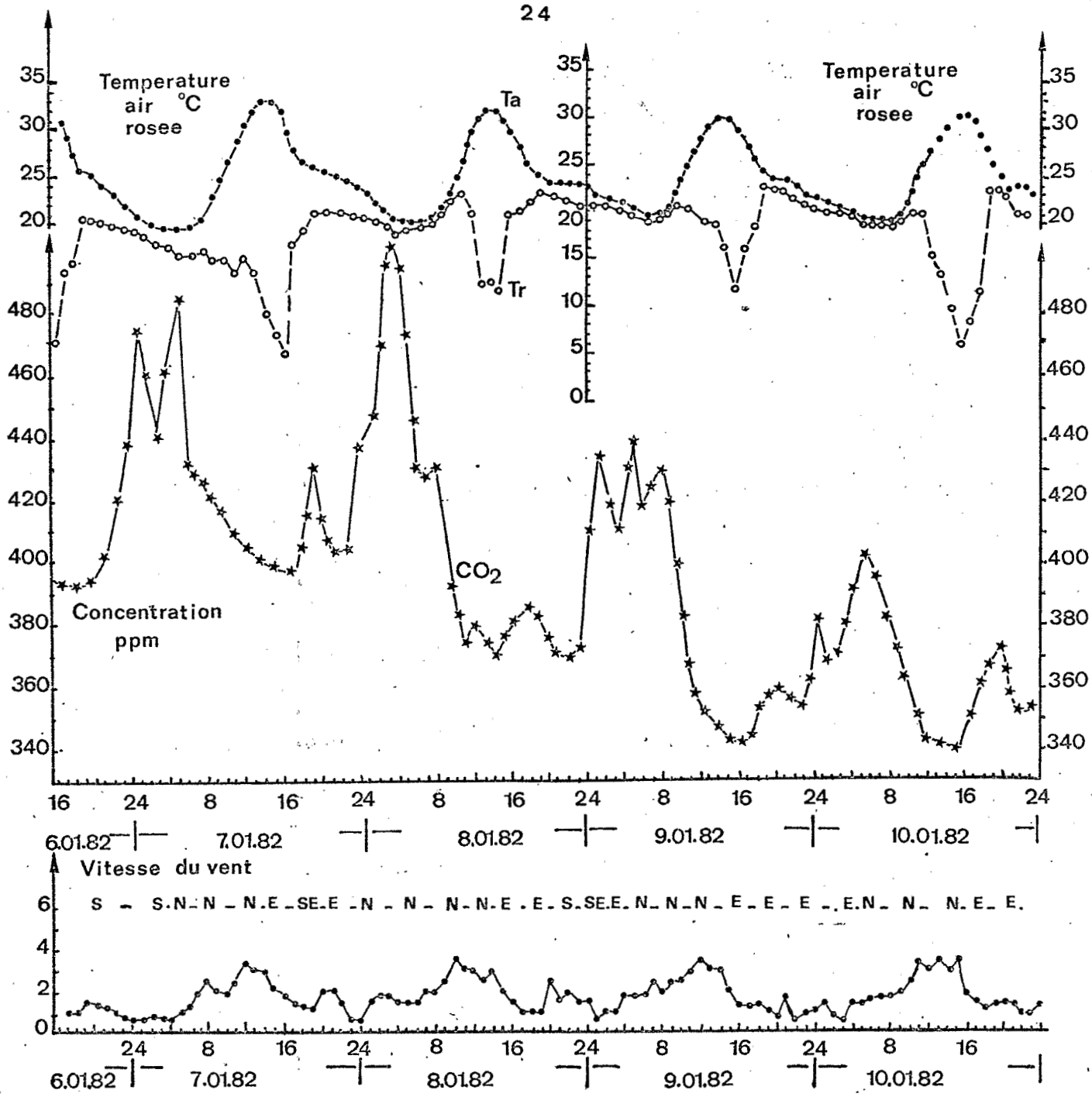
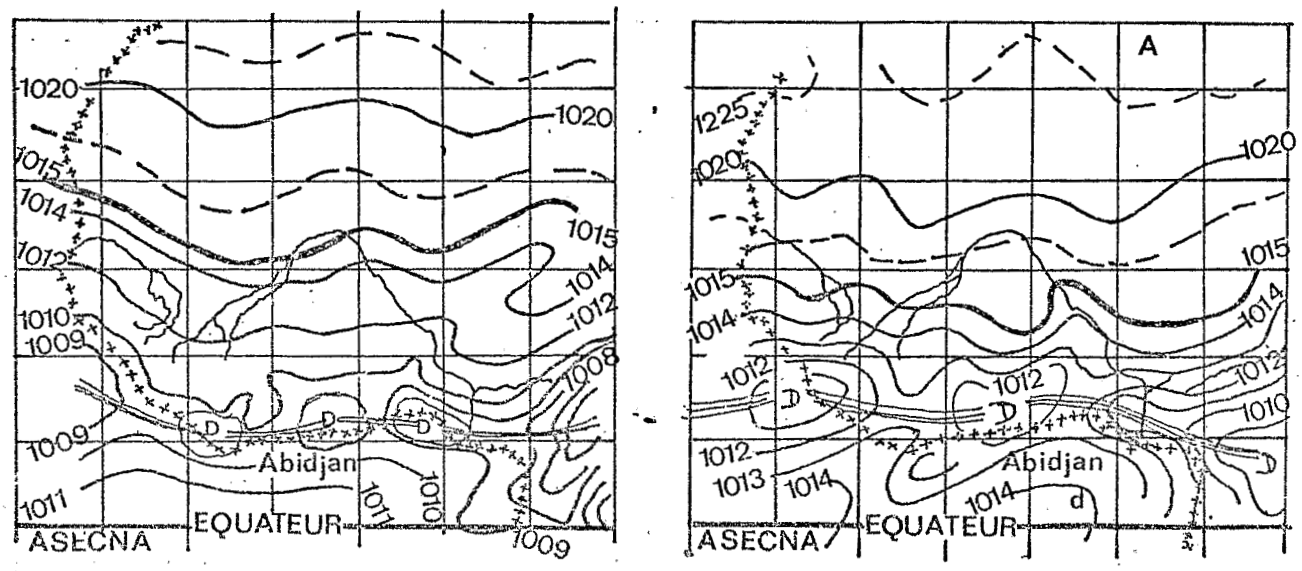


Fig: Evolution de la concentration en CO_2 de l'atmosphère et situation synoptique générale des pressions au sol mb en Afrique de l'Ouest.



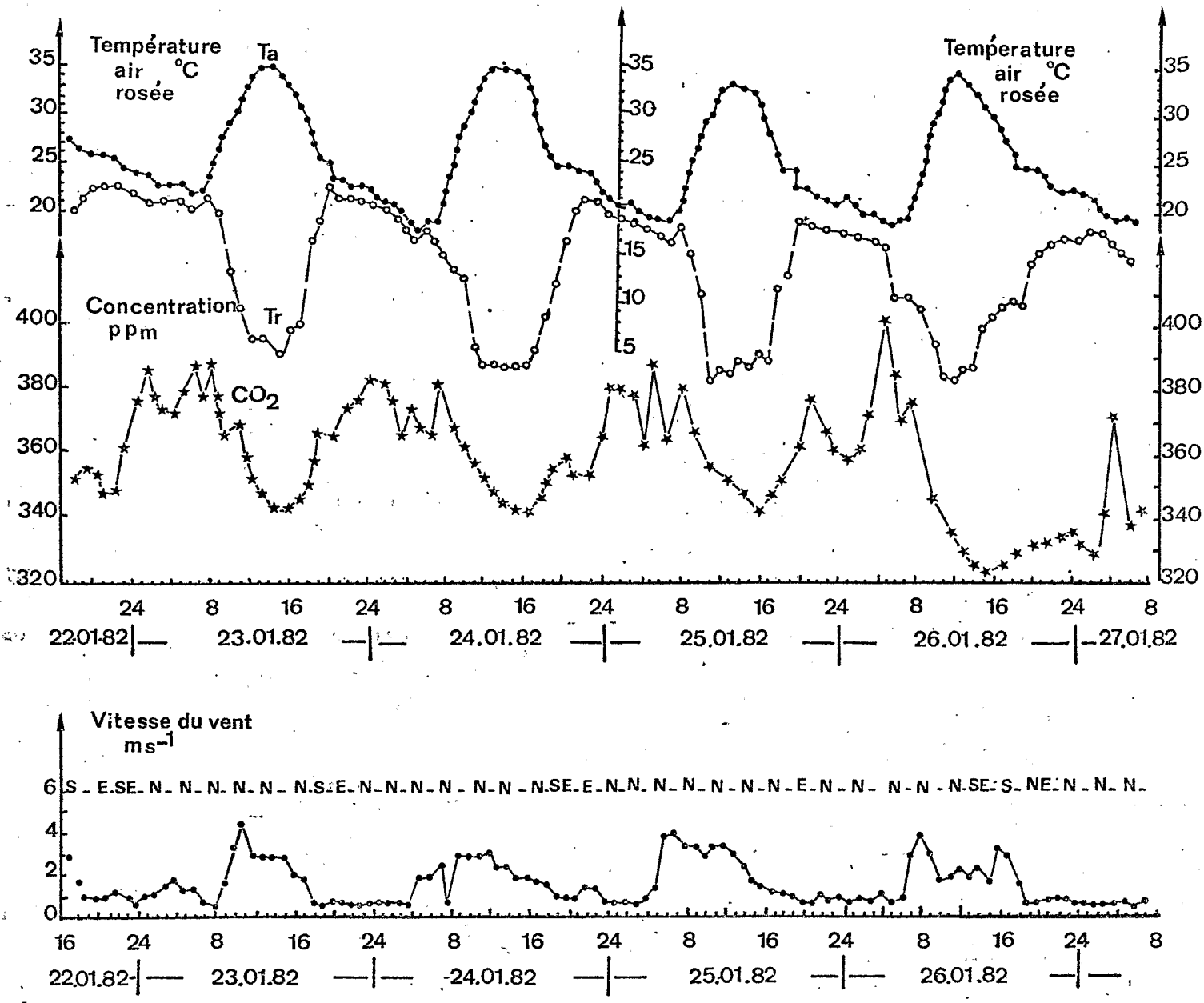
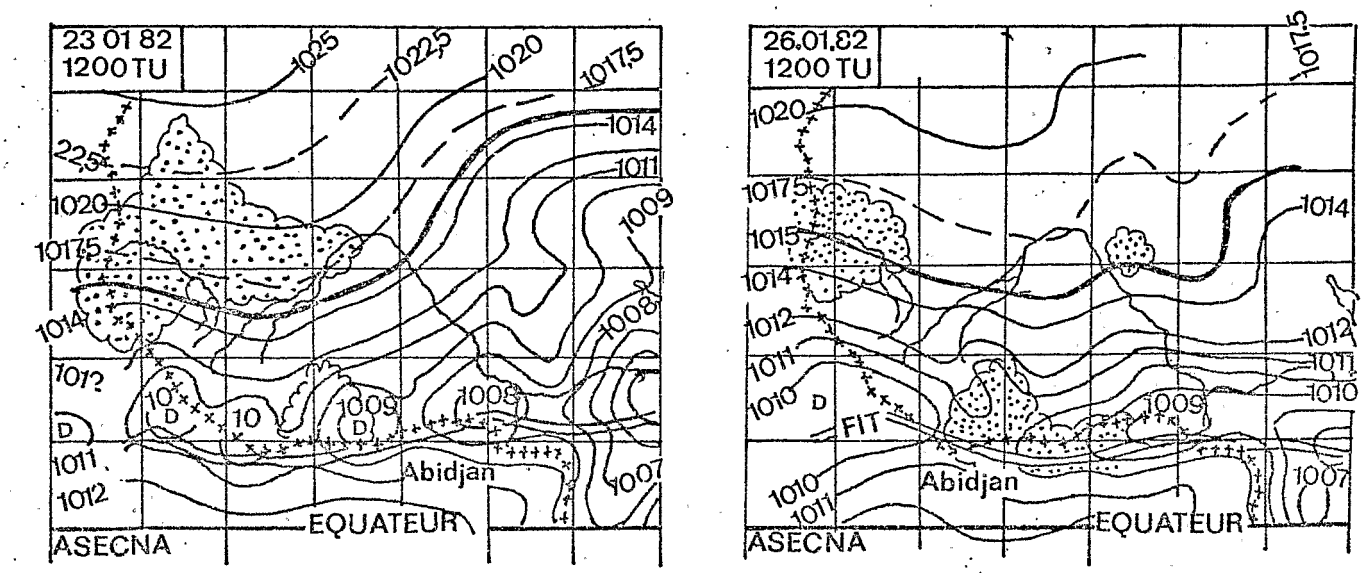


Fig: Evolution de la concentration en CO_2 de l atmosphere et situation synoptique generale des pressions au sol mb en Afrique de l Ouest



front intertropical brume FIT front intertropical brume

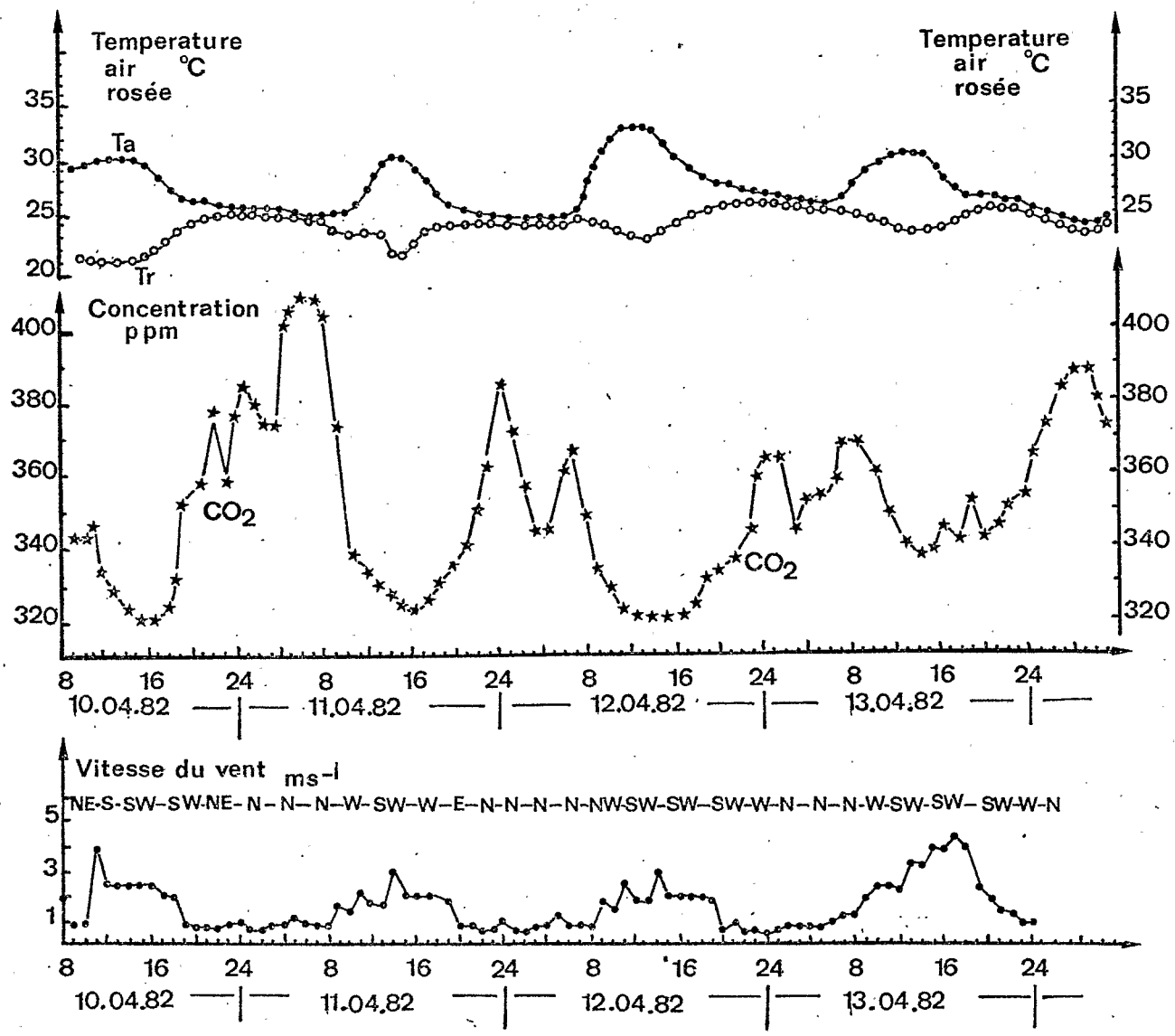
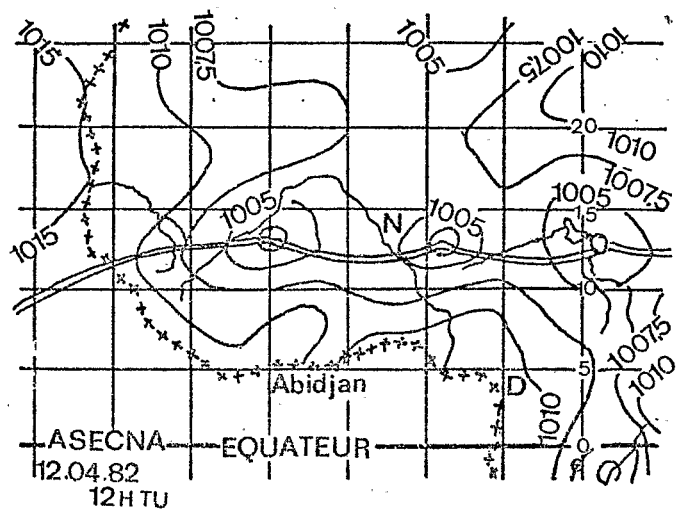


Fig : Evolution de la concentration en CO_2 de l'atmosphère et situation synoptique générale des pressions au sol (mb) en Afrique de l'Ouest.



On retrouve le caractère sinusoïdal avec des amplitudes de 100 à 130 ppm entre le jour et la nuit mais les concentrations minimales sont plus élevées que précédemment : 380 à 400 ppm (progressivement, avec le retour des masses d'air à caractère plus maritime) (la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère se réduit, du fait du mélange avec l'air océanique) (fig. 6 et 7).

Cette concentration élevée du gaz carbonique dans l'atmosphère est liée principalement :

= aux incendies en zone de savane de grandes surfaces herbacées. Généralement, ces "feux de brousse" ne sont pas contrôlés et leur extension est favorisée par des vents à caractère tourbillonnaire qui sont fréquents dans ces régions durant la période de saison sèche ;

= à la faiblesse de l'assimilation photosynthétique des couverts forestiers en relation avec l'épuisement du stock d'eau du sol ;

= à la vitesse de progression du front au-dessus de la zone forestière.

La remontée vers le nord de la zone des basses pressions équatoriales et donc du FIT entraîne au-dessus du site de mesure la prédominance des vents d'origine maritime (S-SW) durant la partie diurne et au début de la nuit. Ceci se traduit par une certaine constance de la concentration du gaz carbonique de l'atmosphère durant la période diurne.

BOLIN (1977) a estimé que la déforestation et les feux de brousse dans les pays en développement transféraient une quantité de CO_2 représentant 1/5 de la production de gaz carbonique par combustion de matières organiques fossiles. Ces estimations ne s'accordent pas avec les données de ADAMS et *al.* (1977) et WOODWELL (1977) qui considèrent que les quantités de CO_2 émises en région tropicale dans l'atmosphère sont égales, sinon supérieures à celles des régions tempérées.

En réalité, les quantités totales de gaz carbonique injecté dans l'atmosphère sont fonction de l'étendue des surfaces déforestées et débroussaillées et de la biomasse réellement brûlée.

Les estimations pour toute l'Afrique de superficie de forêt brûlée, réalisées par SYNNOTT (1977) (40.000 km^2) nous semblent manquer de réalisme au vu des enquêtes que nous avons pu faire. HAMPICKE (1977) cite des ordres de grandeurs des surfaces, comprises entre 200.000 et 300.000 km^2, qui sont, chaque année, brûlées, en région tropicale. WOODWELL et *al.* (1978) nous paraissent plus près de la réalité en estimant que la réduction de la surface totale de la forêt tropi-

cale humide, de 16.10^6 km^2 initialement, est de l'ordre de 40 % sur une période de 27 ans.

L'étendue des surfaces végétales de la zone de savane qui est brûlée chaque année dépend également des conditions climatiques : début et durée de la saison sèche et effet des vents du nord (chauds et secs) sont des facteurs qui favorisent l'extension des brûlis dans des zones jusqu'ici encore suffisamment humides pour ralentir et même arrêter les feux.

En Côte d'Ivoire, la plus grande partie de la savane au nord de la zone de forêt, est de plus en plus fréquemment soumise au brûlis. Ces 2 dernières années ont été particulièrement sèches et les ravages par le feu très importants.

Un parcours, effectué en février - mars 82 et janvier 83, nous permet d'évaluer la surface brûlée, en Côte d'Ivoire, à 30.000 / 40.000 km^2 dont 20.000 km^2 en forêt dense. Cette superficie, un dixième du pays, tend à s'accroître d'année en année compte tenu du type d'exploitation agraire et de la croissance démographique.

On comprend que l'injection dans l'atmosphère d'une telle quantité de gaz carbonique, provenant de la combustion de cette matière organique, n'est pas négligeable.

Toutefois, l'augmentation de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère n'a été observée qu'au cours du mois de janvier avec l'arrivée de l'alizé boréal près de l'équateur. Déjà, au mois de mars, la concentration moyenne a diminué. Avec les premières pluies, il est probable que l'activité photosynthétique des couverts végétaux existant et en régénérescence, réabsorbe une grande quantité du CO_2 atmosphérique. Le "cycle" de CO_2 est plus rapide dans les zones de savane où le type de végétation est plus généralement annuel qu'en zone forestière où la régénération des couverts détruits nécessite plusieurs dizaines d'années.

VI. CONCLUSION

L'étude des échanges énergétiques qui se produisent entre la forêt d'*hévéa* et l'atmosphère a été réalisée à l'aide de la méthode du bilan d'énergie/rapport de BOWEN plus appropriée aux conditions climatiques de la région où l'expérimentation est conduite.

Dans les conditions d'équilibre entre le couvert forestier et la masse d'air océanique (concentration de gaz carbonique : 330 ppm ± 10 ppm), le taux d'assimilation photosynthétique est relativement élevé, de l'ordre de 4 % du rayonnement net peu après la refoliation et pour des conditions hydriques du sol non limitantes. Le vieillissement du feuillage entraîne une réduction de l'assimilation photosynthétique de 60-65 % qui ne représente plus que 1,7 % du rayonnement net.

Des perturbations importantes, liées aux mouvements des masses d'air ayant des caractéristiques différentes qui se produisent au cours de la matinée induisent des estimations des taux photosynthétiques très variables, élevées ou parfois négatives. Dans ces conditions, l'établissement du bilan carboné du couvert forestier doit être réalisé avec prudence.

Les mesures de concentrations du CO_2 atmosphérique ont permis de mettre en évidence une variation à caractère sinusoïdal. Cette variation, liée aux échanges biologiques des couverts végétaux et aux activités humaines a pu être corrélée aux mouvements des masses d'air

= de petite échelle, correspondant au va et vient des brises de terre - brises de mer qui évoluent tantôt au-dessus de la zone de forêt, tantôt au-dessus de l'océan,

= de grande échelle, par le balancement du nord vers le sud de la zone de convergence intertropicale.

En période diurne, la réduction de la concentration de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère provient de la superposition de l'activité photosynthétique des couverts végétaux, de la provenance des masses d'air et de la convection thermique qui brasse l'atmosphère sur une plus grande épaisseur.

L'augmentation brutale de la concentration de CO_2 lors du passage de la zone des basses pressions équatoriales au-dessus du site de mesure est la conséquence des mises à feu des vastes zones herbacées dans le nord et de l'abattage pour la préparation des champs de cultures en zone forestière.

Les variations de la concentration du CO_2 atmosphérique sont considérables au-dessus des surfaces terrestres alors qu'elle est relativement stable quand les vents viennent de la mer.

VII. BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, J.A. ; MANTOVANI, M.S. et LUNDELL, L.L. (1977).- Wood Versus fossil fuel as a source of excess carbon dioxide in the atmosphere.
Science 196 : 54-55.

ALLEN, L.M. et LEMON, E.R. (1976).- Carbon dioxide exchange and turbulence in a Costa Rica tropical rain forest.
in : "Vegetation and the atmosphere", vol. 2 : 265-308.
ed. MONTEITH, J.L.

ALLEN, L.M., HANKS, R.J. ; AASE, J.K. et GARDNER, M.R. (1974). Carbon uptake by wide - row grain sorghum computed by the profile Bowen ratio.
Agron. J. 66 : 35-41.

BARBIER, J.M. (1983).- Bilan d'énergie et évapotranspiration d'un couvert d'*hévéa* en Côte d'Ivoire. 161 p.
Thèse de Docteur-Ingénieur - Université de Paris Sud.

BOLIN, B. - Changes in land biota and their importance for carbon cycle.
Science 196 : 613.

ELDIN, M. (1971).- Le climat. *in* "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire".
Mémoire ORSTOM, 50 : 73-108.

HAMPICKE, U. (1977).- Net transfer of carbon between the land biota and the atmosphere induced by man. 219-236
in "The global carbon cycle".

MONTEITH, J.L. ; SZEICZ, G. et YABUKI, K. (1964).- Crop photosynthesis and the flux of CO_2 below the canopy.
J. Appl. Ecol. 1 : 321-337.

MONTENY, B.A. ; BARBIER, J.M. et LHOMME, J.P. (1981).- Echange radiatifs et bilan d'énergie d'un couvert forestier d'*Hevea*.
Rapport ORSTOM 29p.

MONTENY, B.A.; BARBIER, J.M. et OMONT, C. (1982).- Micrometeorologycal study of an Hevea forest plantation, 20p.
International Symposium : Land clearing and development in relation to environmental protection in the humid and sub humid tropics.

MONTENY, B.A. (1982).- Variation de la concentration du gaz carbonique de l'atmosphère en basse Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, 14p.

PEARMAN, G.I. et GARRATT, J.R. (1972).- Global aspects of carbon dioxide.
SEARCH : 3 : 67-73.

PEARSON, R.A. (1975).- On the asymetry of the land-breeze seabreeze circulation.
Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 101 : 529-536.

PERRIER, A. ; ITIER, B. et JAUSSELY, B. (1977).- Etude de la photosynthèse en plein champ 113-136.
in "Les processus de la production végétale primaire" ed. MOYSE, A. Gauthier-Villars.

SAUGIER, B. (1974).- Transports de CO_2 et de vapeur d'eau à l'interface végétation-atmosphère, interaction du microclimat avec le comportement physiologique de plantes prairiales.
Thèse d'Etat - Université de Montpellier.

STEWART, J.B. ; THOM, A.S. (1973).- Energy budgets in pine forest.
Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 99 : 154-170.

SYNNOTT, T.J. (1977).- Monitoring tropical forests : a review with special reference to Africa.
Reports 45p. Chelsa College - London.

WOODWELL, G.M. ; WHITTAKER, R.H., REINERS, W.A. (1978).- The biota and the world carbon budget.
Science 199 : 141-145.

WOODWELL, G.M. (1978).- The carbon dioxide question.
Scientific American 238 : 34-43.