

amènerait à un volume de 426 m³/ha (AMV = 7,1 m³/ha.an), ce qui correspond en moyenne à 4,7 m³ par limba. Tandis que le second scénario, basé sur un site plus fertile, prévoit que pour une densité finale de 54 arbres par hectare à 60 ans, le volume par hectare serait de 389 m³ (AMV = 6,5 m³/ha.an), c'est-à-dire, 7,2 m³ par arbre en moyenne. Ce dernier résultat correspond aux prévisions de Wagemans. Groulez et Wood (1984) estime qu'en sol convenable, avec la « méthode limba », et une densité de 80 à l'hectare, un peuplement bien conduit peut laisser espérer une production de bois fort tige de 6 m³/ha.an à 40 ans. Ici, avec 20 années de plus, on a un accroissement moyen en volume commercial supérieur. Cette constatation nous confirme donc le très bon accroissement de notre plantation de limba.

On peut donc conclure que sans aucun traitement sylvicole, l'accroissement moyen annuel en volume de la plantation de limba du coupon 48-49 est resté bon, le large écartement de plantation (8 x 12 m) et l'absence de concurrence interspécifique grâce à la culture de bananier ont certainement jouer à la faveur de ce bon accroissement. Le système sylvo-bananier de départ permet donc un excellent démarrage de la plantation. D'autre part, le faible accroissement périodique des 30 dernières années nous indique que la plantation est arrivée en fin de révolution. Il reste à savoir si des plantations en plein, après défriche de la forêt préexistante seront encore de mise dans le contexte actuel.

V.2. Composition botanique et diversité

Vingt deux familles et 69 espèces ont été recensées dans les parcelles agroforestières de 1 ha. Sur les deux dispositifs de plantations de limbas à hautes densités, il a été recensé, dans les 6 parcelles inventoriées de 1 ha, 26 familles et 74 espèces. Pour le calcul des indices botaniques ainsi que pour les indices de diversité, seules trois parcelles sur les six inventoriées ont été retenues pour les parcelles de limbas à hautes densités. Les trois autres parcelles n'ont pas été prises en compte car elles avaient subi une forte perturbation anthropique (anciennes plantations de cacaoyers ou de caféiers) dans l'étage inférieur. Dans les trois parcelles retenues, il a été dénombré 24 familles et 66 espèces. Le limba n'a pas été pris en compte dans les calculs des différents indices.

V.2.1. Composition botanique des PA et PLP

Les figures 22 et 23 présentent les 10 familles les plus importantes des parcelles agroforestières et des plantations de limbas.

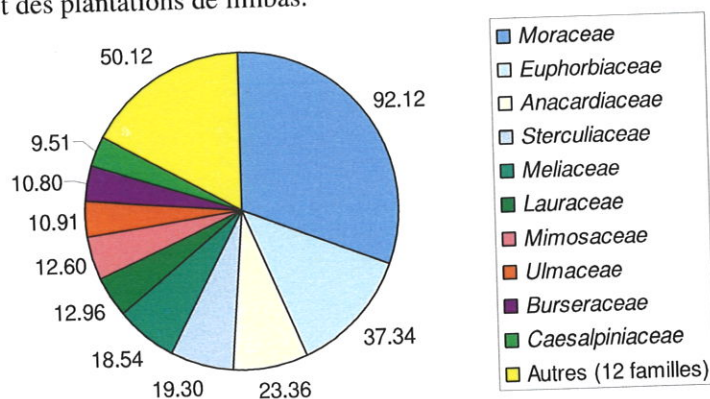


Figure 22 : Importance relative des principales familles des parcelles agroforestières.

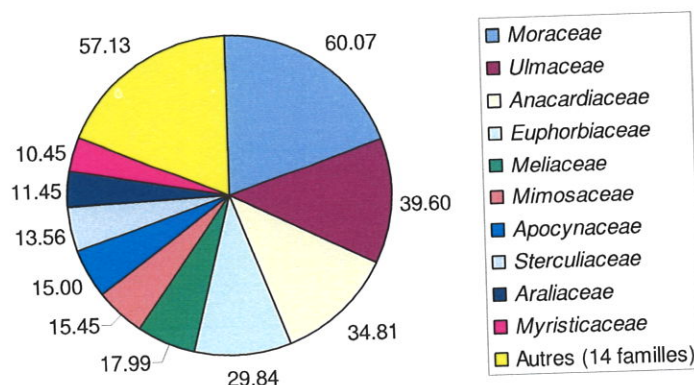


Figure 23 : Importance relative des principales familles des plantations de limbas à hautes densités.

La famille des *Moraceae* a l'importance relative la plus élevée dans les parcelles agroforestières, tout comme dans les plantations de limbas. Elle joue un rôle majeur que ce soit en termes de densité, de dominance ou de diversité. Elle est représentée par 12 espèces dans les parcelles agroforestières et par 11 espèces dans les plantations.

Les *Euphorbiaceae* forment la seconde famille la plus importante dans les parcelles agroforestières. Cette famille est composée de 7 espèces. Du côté des plantations à haute densité, c'est la famille des *Ulmaceae* qui suit les *Moraceae*. Elle doit son importance à sa dominance et sa densité élevée car seulement trois espèces ont été identifiées.

Les *Anacardiaceae* se situent en troisième position dans les deux milieux. Cette famille est également la troisième du point de vue diversité spécifique, après la famille des *Meliaceae* dans les parcelles agroforestières avec 8 espèces ; et deuxième dans les plantations de limbas ex aequo avec les familles des *Euphorbiaceae* et des *Meliaceae* qui sont constituées de 6 espèces.

Les *Sterculiaceae* et les *Euphorbiaceae* sont respectivement les quatrièmes familles des parcelles agroforestières et des plantations de limbas. Ces deux familles sont composées d'espèces de diamètres plus importants que la plupart des familles, surtout en ce qui concerne les *Euphorbiaceae* dans les plantations de limbas.

Le Tableau 8 permet de visualiser la contribution de chaque indice de composition botanique (densité relative, dominance relative et diversité relative) sur l'indice global d'importance relative des familles les plus importantes.

Tableau 8 : Les composantes de l'importance relative des familles des milieux étudiés.

Milieu	Famille	DER	DOR	DIR
Parcelles agroforestières	<i>Moraceae</i>	30.92	43.81	17.39
	<i>Euphorbiaceae</i>	13.56	13.63	10.14
	<i>Anacardiaceae</i>	6.51	5.26	11.59
	<i>Sterculiaceae</i>	6.69	9.71	2.90
	<i>Meliaceae</i>	2.89	2.61	13.04
	<i>Lauraceae</i>	7.41	4.10	1.45
	<i>Mimosaceae</i>	3.62	4.64	4.35
	<i>Ulmaceae</i>	3.44	1.68	5.80
	<i>Burseraceae</i>	3.62	2.83	4.35
	<i>Caesalpiniaceae</i>	1.45	0.82	7.25
	Autres	39.42	24.98	44.93
	(12 familles)			
Plantation de limbas	<i>Moraceae</i>	21.71	20.90	17.46
	<i>Ulmaceae</i>	17.83	17.01	4.76
	<i>Anacardiaceae</i>	14.73	10.56	9.52
	<i>Euphorbiaceae</i>	6.20	14.12	9.52
	<i>Meliaceae</i>	5.43	3.04	9.52
	<i>Mimosaceae</i>	4.65	6.04	4.76
	<i>Apocynaceae</i>	6.46	3.78	4.76
	<i>Sterculiaceae</i>	4.13	6.26	3.17
	<i>Araliaceae</i>	3.10	5.17	3.17
	<i>Myristicaceae</i>	3.36	3.92	3.17
	Autres	34.11	34.38	54.56
	(14 familles)			

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) n'a pas été pris en compte dans les calculs car sa circonférence n'a pas été relevée. Mais la densité relative de cette espèce est de 6,74, dans les parcelles agroforestières. Il est donc important de considérer cette espèce dans la composition botanique en espèces mais aussi en famille des parcelles agroforestière (*Elaeis guineensis* fait parti de la famille des *Arecaceae*). Le palmier à huile, par son utilité agroalimentaire, a été nettement favorisé dans ces parcelles par les paysans.

Tableau 9 : L'importance relative des espèces principales des parcelles agroforestières et des plantations de limbas à hautes densités.

Milieu	Espèce	Famille	IMR
Parcelles agroforestières	<i>Musanga cecropioides</i>	<i>Moraceae</i>	38.04
	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	21.10
	<i>Milicia excelsa</i>	<i>Moraceae</i>	19.80
	<i>Sterculia tragacantha</i>	<i>Sterculiaceae</i>	18.00
	<i>Persea americana</i>	<i>Lauraceae</i>	15.44
	<i>Ficus mucoso</i>	<i>Moraceae</i>	12.48
	<i>Lannea welwitschii</i>	<i>Anacardiaceae</i>	10.03
	<i>Albizia gummifera</i>	<i>Mimosaceae</i>	8.63
	<i>Pycnanthus angolensis</i>	<i>Myristicaceae</i>	7.16
	<i>Zanthoxylum gillettii</i>	<i>Rutaceae</i>	7.02
	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Bombacaceae</i>	6.89
	<i>Croton oxypetalum</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	6.85
	<i>Myrianthus arboreus</i>	<i>Moraceae</i>	5.65
	<i>Nesogordonia leplaei</i>	<i>Sterculiaceae</i>	5.26
	<i>Dacryodes edulis</i>	<i>Burseraceae</i>	5.08
	<i>Canarium schweinfurthii</i>	<i>Burseraceae</i>	4.76
	Autres (52 espèces)		97.67
Plantations de limbas	<i>Celtis durandii</i>	<i>Ulmaceae</i>	24.58
	<i>Trilepisium madagascariensis</i>	<i>Moraceae</i>	21.20
	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	15.34
	<i>Sterculia tragacantha</i>	<i>Sterculiaceae</i>	12.76
	<i>Milicia excelsa</i>	<i>Moraceae</i>	12.44
	<i>Pseudospondias microcarpa</i>	<i>Anacardiaceae</i>	12.27
	<i>Albizia gummifera</i>	<i>Mimosaceae</i>	10.68
	<i>Cussonia arborea</i>	<i>Araliaceae</i>	9.75
	<i>Pycnanthus angolensis</i>	<i>Myristicaceae</i>	9.60
	<i>Holoptelea grandis</i>	<i>Ulmaceae</i>	9.52
	<i>Myrianthus arboreus</i>	<i>Moraceae</i>	8.46
	<i>Sorindeia gillettii</i>	<i>Anacardiaceae</i>	7.94
	<i>Lannea welwitschii</i>	<i>Anacardiaceae</i>	7.93
	<i>Celtis soyauxii</i>	<i>Ulmaceae</i>	7.88
	<i>Funtumia africana</i>	<i>Apocynaceae</i>	7.72
	<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Bombacaceae</i>	6.57
	Autres (48 espèces)		115.35

La composition spécifique des deux milieux diffère par l'importance que prend chacune des espèces. Le Tableau 9 nous montre que les espèces les plus importantes dans les parcelles agroforestières sont, hormis *Musanga cecropioides*, les espèces caractéristiques des forêts

secondaires à *Terminalia superba* (*Milicia excelsa*, *Zanthoxylum gillettii*, *Elaeis guineensis*, *Ricinodendron heudelotii*...). L'importance relative élevée de *Musanga cecropioides*, indique néanmoins que le milieu est fortement perturbé par les interventions agricoles des paysans dans ces parcelles. La présence de l'avocatier (*Persea americana*), du safoutier (*Dacryodes edulis*) dans le tableau, et la forte densité du palmier à huile (*Elaeis guineensis*) confirment le caractère agroforestier de ces parcelles.

Par contre, la plantation de limbas à haute densité, contient également des espèces de l'association *Terminalietum superbae* mais, parmi ses espèces les plus importantes, on ne compte pas les espèces caractéristiques de l'association. Les essences d'importance relative élevée de la plantation de limbas se retrouvent essentiellement parmi les espèces caractéristiques de la classe *Musangeto-Terminalietae* de l'association *Terminalietum superbae* (*Pycnanthus angolensis*, *Trilepisium madagascariense*, *Myrianthus arboreus*). Plusieurs arbres nous montrent la tendance humide de certaines parcelles de relevé. En effet, *Pseudospondias microcarpa* et *Lanea welwitschii* se retrouvent principalement sur des sols hydromorphes.

V.2.2. Diversité

Le premier indice de diversité ligneuse des différents milieux est la richesse spécifique. La valeur de cet indice est respectivement de 19,0 (CV = 41%, n = 13) et 39,3 (CV = 9 %, n = 3) pour les parcelles agroforestières et les plantations de limbas.

La richesse spécifique des parcelles agroforestières est très variable comme nous l'indique son coefficient de variation (41 %). Cette variabilité est fortement liée à l'entretien des parcelles par le paysan.

Les plantations de limbas ont une richesse spécifique de quasiment le double de celles des parcelles agroforestières.

Tableau 10 : Moyenne des différents indices de diversité avec leur coefficient de variation (CV) pour les deux milieux à l'étude (S = Richesse spécifique, H' = Indice de Shannon et J = Equitabilité de Shannon).

Milieu	S		H'		J	
	Moy	CV(%)	Moy	CV (%)	Moy	CV (%)
Parcelles agroforestières	19,0	41.00	2,28	30	0,86	11
Plantation de limbas	39,3	9.00	3,16	6	0,87	4.33

L'exponentiel de l'indice de Shannon (N_1) donne une valeur moyenne égale à 11,7 espèces (CV = 56%) pour les parcelles agroforestières et de 23,9 espèces (CV = 20,32 %) pour les parcelles des plantations de limbas. L'exponentiel de l'indice de Shannon nous amène à la même conclusion que la richesse spécifique, à savoir que les parcelles agroforestières ont un nombre d'espèces ligneuses 50 % plus faible que les plantations de limbas.

Par contre, nous pouvons remarquer que l'équitabilité est semblable et élevée pour les deux milieux. L'équirépartition des effectifs parmi les espèces est bonne dans chaque milieu. Il n'y a pas d'espèces qui dominent sur les autres.

La Figure 24 met en évidence une évolution semblable des courbes de densité relative moyenne des deux milieux. La pente de la courbe diminue nettement à partir du sixième rang pour les parcelles agroforestières et à partir du troisième rang dans les plantations de limbas. On remarque une meilleure abondance des premières espèces dans les parcelles agroforestières. Ces dernières sont composées par ordre décroissant de *Musanga cecropioides*, *Elaeis guineensis*, *Persea americana*, *Ricinodendron heudelotii*, *Sterculia tragacantha* et de *Ficus mucoso*. Tandis que dans les plantations de limbas, les premiers rangs sont, par ordre décroissant, *Celtis durandii*, *Trilepisium madagascariensis*, *Pseudospondias microcarpa*, *Holoptelea grandis*, *Myrianthus arboreus*, *Sorindeia gillettii* et *Sterculia tragacantha*.

Les trois premières espèces (*Musanga cecropioides*, *Elaeis guineensis* et *Persea americana*) des parcelles agroforestières témoignent de l'influence des paysans sur le milieu.

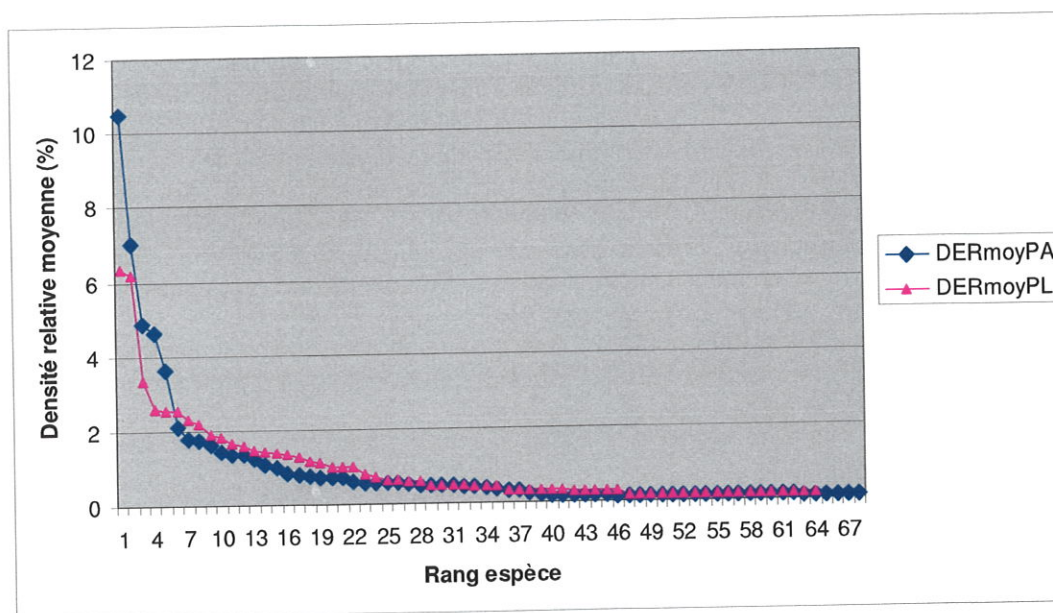


Figure 24 : Densités relatives moyennes (en %) par rang des espèces (DERmoyPA = densité relative moyenne des parcelles agroforestières et DERmoyPL = densité relative moyenne des parcelles de plantation de limbas à haute densité).

V.2.3. Discussions

Du point de vue composition botanique, les principales familles en diversité relative des forêts naturelles à *Terminalia superba* (Tableau 11) diffèrent de celles des deux milieux d'étude. La plantation de limbas semble donc modifier l'importance des principales familles du milieu par rapport à celui d'un peuplement naturel de limbas. Nos résultats quant à eux nous indiquent que la composition en familles entre la plantation de limbas à densité élevée et les parcelles agroforestières ne varient pas profondément. Parmi les 10 familles les plus importantes on retrouve dans les deux milieux les *Moraceae*, les *Anacardiaceae*, les *Euphorbiaceae*, les *Meliaceae*, les *Ulmaceae*, les *Mimosaceae* et les *Sterculiaceae*. Par contre, la composition en espèces quant à elle diffère, par l'importance que prend chacune des essences et, par l'importante présence d'espèces fruitières dans les parcelles agroforestières : l'avocatier (*Persea americana*) le safoutier (*Dacryodes edulis*) et le palmier à huile (*Elaeis guineensis*). Ces espèces amènent un revenu supplémentaire non négligeable aux paysans qui diversifient par la même occasion leur production.

Tableau 11: Diversités spécifiques et recouvrements relatifs des principales familles de l'association *Terminalietum superbae* (source : Lubini, 1997)

Groupes systématiques	Diversités spécifiques relatives (%)	Recouvrements relatifs (%)
1. <i>Caesalpiniaceae</i>	5	2,35
2. <i>Euphorbiaceae</i>	5	6,85
3. <i>Annonaceae</i>	4,29	3,73
4. <i>Rubiaceae</i>	4,29	1,82
5. <i>Mimosaceae</i>	3,57	0,55
6. <i>Moraceae</i>	3,57	6,90
7. <i>Ebenaceae</i>	2,86	1,30
8. <i>Fabaceae</i>	1,43	0,27
9. <i>Combretaceae</i>	1,43	14,29
10. Autres familles	68,57	62,14

Du côté de la diversité ligneuse, la richesse spécifique d'une forêt secondaire à *Terminalia superba* de la Réserve (décrit par Lubini, 1997) est de 374 espèces par hectare, contre 39 pour la plantation de limbas et de 19 pour les parcelles agroforestières. Il y a donc une diminution du nombre d'espèces d'environ 90 % entre une forêt naturelle de *Terminalia superba* et celle d'une plantation créée par le système sylvo-bananier, et une diminution d'environ 50% entre la plantation et les cultures agroforestières.

Ces données nous permettent de situer l'évolution de la diversité végétale ligneuse en fonction de l'influence anthropique sur le milieu. Parmi les différents scénarios exposés dans la Figure 8 de la section III.3.2, la courbe I, caractérisée par une courbe exponentielle négative, semble être la situation rencontrée. Il faut toutefois nuancer les résultats exposés, la diversité végétale a été exprimée ici en terme de richesse spécifique, or on ne connaît pas l'abondance des espèces répertoriées dans la forêt naturelle de limba. L'indice de Shannon calculé pour nos deux milieux d'études confirme quant à lui la diminution de 50% de la diversité végétale. De plus, les relevés effectués dans le cas de la forêt naturelle ont été réalisés sur des stations

plus diversifiées et plus distantes que ceux réalisés dans notre étude. La tendance de cette diminution semble néanmoins représentative de cette réduction de diversité végétale ligneuse en fonction de l'intensité de l'influence anthropique sur le milieu.

V.3. La production des bananeraies en milieu agroforestier

V.3.1. Le rendement des bananeraies agroforestières

L'utilisation de la formule : $n = 2,8 \times p + 0,7 \times p \times 1,54$ (cf. IV.3.1), nous a permis d'obtenir les résultats présentés dans les trois dernières colonnes du Tableau 12. Il faut noter que parmi certaines parcelles agroforestières étudiées, des bananiers plantains étaient présents et leur production a été incluse dans ces calculs.

Tableau 12 : Description et estimation de la production (t/ha) des différentes parcelles agroforestières.

Parcelles	Densité bananier (virée sur l'ha)	Age plantation bananiers (année):	Fermeture moyenne du couvert (%)	Rendement saison des pluies (t/ha)	Rendement saison sèche (t/ha)	Rendement total (t/ha.an)
P1	388	18	50.9	3.03	1.17	4.20
P2	371	10	34.8	2.52	0.97	3.49
P3	328	18	39.6	3.39	1.30	4.69
P4	323	18	77.2	1.73	0.67	2.40
P5	387	18	57.9	2.41	0.93	3.34
P6	388	18	50.5	2.13	0.82	2.96
P7	299	21	60.5	1.84	0.71	2.55
P8	255	21	76.2	1.58	0.61	2.19
P9	235	3,5	53.0	4.11	1.58	5.69
P10	194	0,5 (20)	82.7	0.56	0.22	0.78
P12	256	/	75.3	1.08	0.42	1.50
P13	238	/	79.7	0.69	0.27	0.96
P11	398	3	40	3.52	1.36	4.88

Le **rendement moyen annuel** des parcelles agroforestières sous plantation de limbas est de **2,9 t/ha.an** (CV = 51 %) en 2008 pour une **densité** de bananiers de **305 souches/ha** (CV = 23 %) et sous une **fermeture moyenne du couvert** de **60%** (CV = 44%, n = 12). Les faibles rendements que l'on peut noter dans les parcelles 10, 11 et 12 sont certainement dus à la faible densité de ces bananeraies.

Pour la suite du traitement des données, les parcelles ont été classées en fonction de la date de plantation des différentes bananeraies agroforestières et de la pratique agricole (agroforestière, traditionnelle ou semi-intensif).

La catégorie « Bananeraies agroforestières ancienne » (BAA) comprend 8 des 14 parcelles inventoriées. La date de plantation de ces 8 parcelles agroforestières varie entre 10 à 21 ans.

La « Bananeraie agroforestière jeune » (BAJ) est représentée par la parcelle P9. Celle-ci bénéficie d'un sol peu épuisé par la culture et de souches de bananiers encore vigoureux.

La « Bananeraie pure témoin » (BPT) reprend la parcelle de la bananeraie pure (80 ha) qui se trouvait à proximité de la Réserve. Cette bananeraie est âgée de 4 à 5 ans. Cette catégorie n'est utilisée que dans la description pomologique (titre V.3.2).

La « Bananeraie traditionnelle » (BT) est définie par la parcelle P11 de la zone tampon.

Les parcelles P10, P12 et P13 n'ont pas été prises en compte dans les différents résultats car on ne connaît pas la date de plantation de P12 et P13, et la parcelle P10 était en train d'être restaurée après des années d'abandon de la bananeraie.

Tableau 13 : Coefficients de corrélations Pearson (r) et test de signification de ces coefficients (p).

Corrélation de Pearson	Rendement BAA (t/ha.an)	Fermeture moyenne du couvert (%)
Fermeture moyenne du couvert (%)	-0,85 (p = 0,002)	/
Densité limbas (/ha)	-0,66 (p = 0,038)	0,646 (p = 0,043)
Densité autres essences (/ha)	-0,363 (p = 0,302)	0,431 (p = 0,214)
Densité totale d'arbres (/ha)	-0,657 (p = 0,039)	0,720 (p = 0,019)

Le rendement des BAA est corrélé de manière hautement significative avec la fermeture moyenne du couvert ($r = -0,85$, $p = 0,002$). Il est également significativement corrélé avec la densité de limbas ($r = -0,66$, $p = 0,038$; test de corrélation Pearson) et la densité total d'arbres sur les parcelles ($r = -0,657$, $p = 0,039$). La fermeture moyenne du couvert a l'avantage de prendre en compte l'influence des cimes des arbres juxtaposant la parcelle par rapport au paramètre densité.

La fermeture du couvert est significativement corrélée avec la densité des limbas ($r = 0,65$, $p = 0,043$) et la densité totale d'arbres ($r = 0,72$, $p = 0,019$). Par contre, elle n'est pas significativement corrélée avec la densité des autres essences qui accompagnent les limbas ($p = 0,214$). La densité du limba dans la parcelle joue donc un rôle important dans la fermeture totale du couvert.

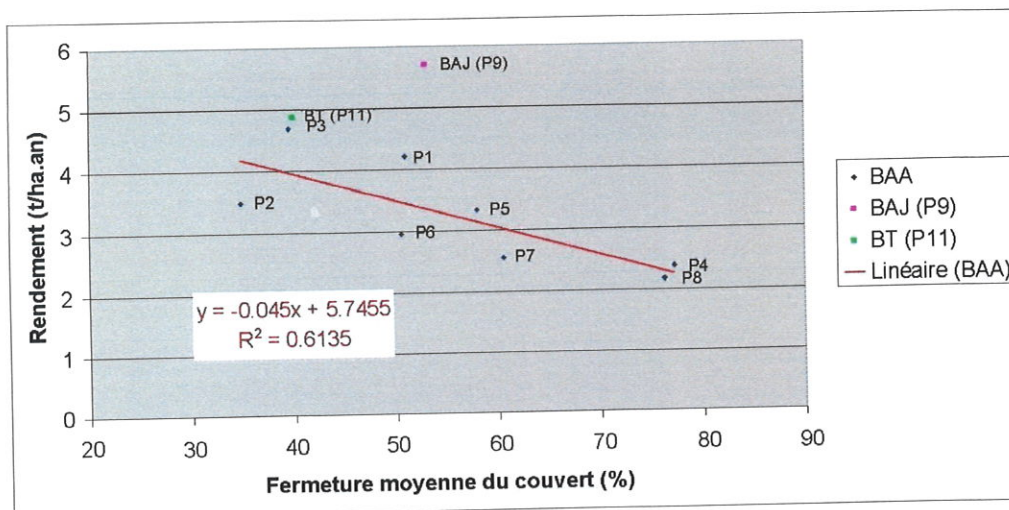


Figure 25 : Répartition des rendements des parcelles agroforestières en fonction de la fermeture moyenne du couvert.

Cette figure nous montre qu'il y a une tendance à la diminution du rendement des BAA en fonction de l'augmentation de la fermeture du couvert. Il faut cependant rester prudent sur l'interprétation de ces résultats. En effet, bien que les sols soient assez semblables du point de vue de leur texture (cf. V.3.3), la position topographique des parcelles doit être prise en compte. Ce paramètre est important car le bananier est très exigeant du point de vue de l'humidité du sol. Or, par exemple, les parcelles P4 et P8 se situent respectivement au sommet d'une colline et sur un versant. Ces dernières sont donc défavorisées au niveau de l'apport hydrique par rapport aux parcelles de bas fond comme P1, P2 et P7.

Les maladies répertoriées lors des virées sont le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*), localement appelé Carie, et le Bunchy Top des bananiers (*banana bunchy top babuvirus*, BBTV), dont le nom local est Apolo ou Sida. Le pourcentage de bananiers touchés par ces maladies est d'environ 4% (2% pour chacune des maladies). La coupe régulière des sujets malades par le paysan permet de contenir l'expansion de ces maladies.

V.3.2. Description des caractères végétatifs du 'Gros Michel'

Le Tableau 14 synthétise les paramètres relevés dans les placeaux centraux des parcelles agroforestières. Le nombre moyen de bananiers mesurés par placeau est de 101 (CV = 34%) et le nombre de bananiers en production est de 10 (CV = 55 %).

Tableau 14 : Moyennes des principaux paramètres mesurés sur les bananiers en production des placeaux pour chaque type de bananeraie (CV : Coefficient de variation et n : effectif des paramètres mesurés).

Type de bananeraie	Paramètres	Moyenne	CV (%)	n
Bananeraies agroforestières à l'équilibre	Nombre de mains	6.3	18	74
	Nombre de doigts	80.9	27	72
	Circonférence collet (cm)	81.4	11	74
	Hauteur totale (m)	4.4	9	74
Bananeraie agroforestière jeune	Nombre de mains	8.5	6	11
	Nombre de doigts	117.1	43	8
	Circonférence collet (cm)	94.7	5	11
	Hauteur totale (m)	5.1	5	11
Bananeraie pure témoin	Nombre de mains	9.6	12	18
	Nombre de doigts	169.0	0	1
	Circonférence collet (cm)	100.7	8	26
	Hauteur totale (m)	5.3	5	26
Bananeraie traditionnelle témoin	Nombre de mains	9.6	13	7
	Nombre de doigts	155.9	22	7
	Circonférence collet (cm)	96.9	9	7
	Hauteur totale (m)	4.69	4	7

Le nombre de doigts n'a pas pu être mesuré dans le placeau de la bananeraie pure car nous ne disposions pas d'échelle à cet endroit.

Le rapport H/C des bananeraies agroforestières est de 5,4 (CV = 9 %) contre 5,23 (CV = 7 %) pour la bananeraie pure témoin.

Le nombre moyen de bananiers par souche dans les BAA est de 2,72 (CV = 51 %), ce qui revient à dire qu'il y a en moyenne 1,72 rejets par souche de bananiers. Dans les autres types de bananeraies, on observe respectivement 4,19 (CV = 52,62 %), 2,84 (CV = 24,32 %) et 6,28 (CV = 63,61 %) bananiers par souche pour la BAJ, la BT et la BPT. Ces données nous montrent que les interventions culturales sont limitées pour les trois dernières catégories citées, les paysans ne pratiquent pas rigoureusement l'oilletonnage¹⁵,

La Figure 26 qui suit illustre la répartition du nombre de mains par régime des catégories de bananeraies.

¹⁵ L'oilletonnage consiste à supprimer les oilletons au fur et à mesure de leur sortie de terre pour ne laisser se développer qu'un (ou au plus deux) rejet(s) à côté de la plante-mère (Dagba, 1992).

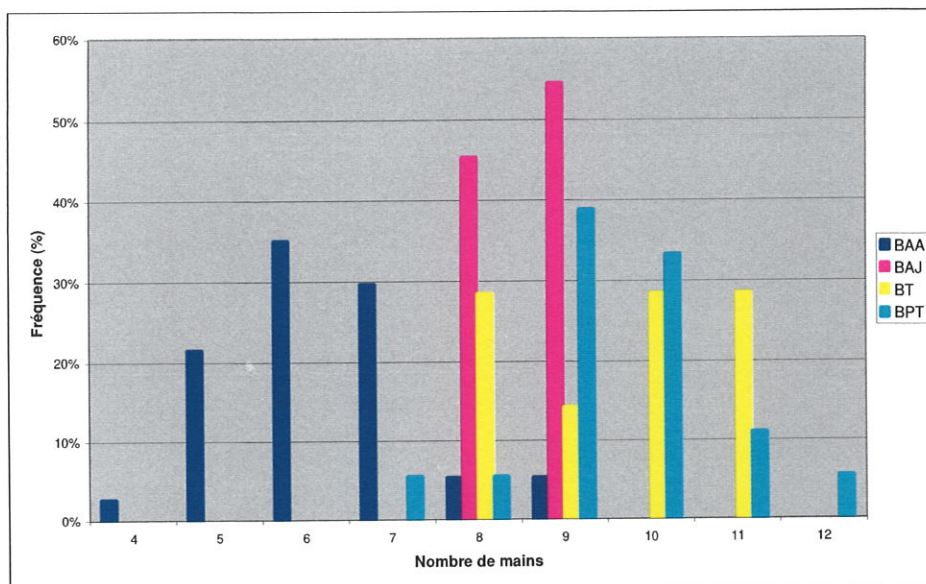


Figure 26 : Fréquence du nombre de mains par régime et par type de bananeraie.

Les données pomologiques ci-dessus (Tableau 14 et Figure 26), ainsi que celles mises en Annexe 8, mettent en évidence l'existence d'une différence entre les types de bananeraies.

Les bananeraies agroforestières anciennes sont nettement moins productives que les autres types de bananeraies. Les relations qui existent entre des caractères végétatifs mesurés dans les placeaux (circonférence au collet, nombre de mains et de doigts par régimes) et la production en kilogramme de régimes de bananes (Figure 27, Figure 28, Figure 29 et Annexe 8) pourraient nous permettre d'affirmer statistiquement ces tendances constatées entre les différentes catégories de bananeraies. Malheureusement la variabilité des milieux (topographie, sol, fermeture du couvert), et le manque de répétition de certaines catégories de bananeraies ne permettent pas de faire une analyse valable.

Les trois régressions (Figure 27, Figure 28 et Figure 29) qui suivent nous permettent de faire ressortir différentes relations intéressantes entre certains paramètres des bananiers.

Les coefficients de régressions de toutes ces régressions linéaires sont différents de zéro de manière hautement significative.

De la relation exposée dans la Figure 28, il en ressort que le **poids moyen d'un régime** pour une moyenne de 80,9 doigts (nombre moyen de doigts pour les BAA) est de **11,22 kg** ($\pm 0,93$ kg).

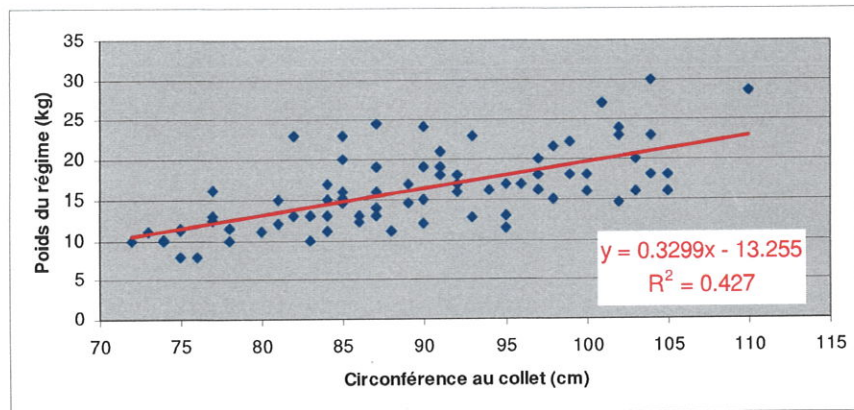


Figure 27 : Régression linéaire entre la circonférence au collet (en cm) et le poids du régime (en kg) de bananes de bananiers mesurés lors de la récolte.

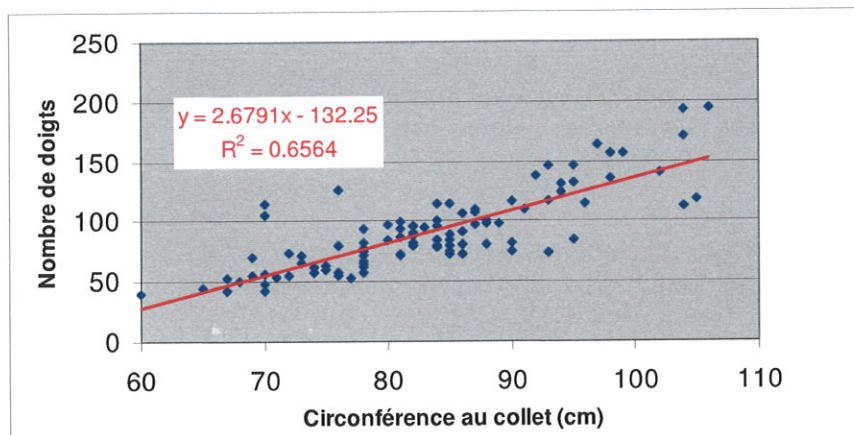


Figure 28 : Régression linéaire entre la circonférence au collet (en cm) et le nombre de doigts des bananiers mesurés dans les placeaux.

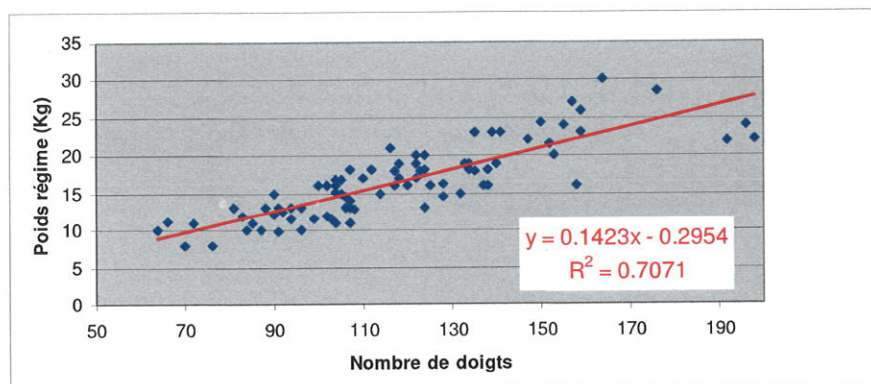


Figure 29 : Régression linéaire entre le nombre de doigts et le poids du régime des bananiers mesurés lors de la récolte.

V.3.3. Caractéristiques de la partie arable des sols des agroforêts

Tableau 15 : Tableau de synthèse de l'analyse granulométrique et chimique des prélèvements composites (de 0 à 25 cm de profondeur) de parcelles caractéristiques par leurs positions topographiques.

Sols composites	Catégorie des parcelles	pH		Granulométrie					Matière organique			Elements minéraux				Rdt (t /ha.an)	
				Argile (%)	Limon (%)		Sable (%)		C	N	C/N	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
		fin 2-20 μ	grossier 20-50 μ		fin 50-200μ	grossier 0,2-2mm	%										
		eau	KCl	0-2 μ													
PTL1	limba	5.5	4.8	39.6	6.3	3	29.5	21.6	1.4	0.16	9	0.10	0.04	2.69	1.65	4.49	/
PTL2	limba	6.3	5.5	33	14.5	11.5	29	12	1.9	0.21	9	0.10	0.09	7.58	2.72	10.49	/
P1	BAA	6.0	5.2	32.9	7.2	4.9	32.2	22.8	1.6	0.17	10	0.10	0.09	4.64	1.89	6.72	4.20
P2	BAA	5.3	4.3	33.3	4.9	2.6	34.05	24.07	1.3	0.13	10	0.15	0.04	2.25	1.32	3.76	3.49
P4	BAA	5.2	4.4	36.1	5.2	1.8	31.7	25.2	1.3	0.14	9	0.13	0.09	2.30	1.32	3.83	2.40
P6	BAA	5.6	4.8	37.5	5.1	2.6	32.6	22.2	1.4	0.14	10	0.15	0.09	3.49	0.99	4.72	2.96
P9	BAJ	5.2	4.5	43.9	5.9	4.1	28.6	17.5	1.5	0.16	9	0.15	0.09	2.50	1.32	4.05	5.69
P10	/	7	6.4	25	3.4	3.7	37.1	30.8	1.2	0.14	9	0.18	0.04	5.74	1.40	7.36	0.78
P12	/	7.2	6.6	41.1	9	4.5	30.9	14.5	1.8	0.18	10	0.13	0.09	9.43	2.06	11.70	1.50
P13	/	6.7	6.1	36.9	6.8	4.1	30	22.2	2.3	0.23	10	0.13	0.09	8.58	2.63	11.43	0.96
P11	BT	6.1	5.2	23.8	5.9	2.9	29	38.3	1.2	0.13	9	0.13	0.04	2.99	1.65	4.81	4.88

SBE = Somme des bases échangeables.



Propriétés physiques

La texture des sols superficiels des parcelles agroforestières varie entre du limon argilo-sableux à de l'argile sableuse selon la classification américaine (USDA, 1951). Le triangle textural est présenté en Annexe 11. Quant aux deux sols témoins de plantation de limbas, la texture est de l'argile sableuse pour PTL1 et du limon argileux pour PTL2.

Tous ces sols sont non battants. En effet, l'indice de battance calculé suivant la formule¹⁶ présentée Baize (1988) est inférieur à 0,5 pour tous les sols. Ils sont donc peu sensibles à l'érosion et à la déstructuration par la pluie ou le ruissellement.

Propriétés chimiques

Les appréciations sur la quantité des différents éléments du sols sont faites à partir de la norme d'analyse des sols de la Réunion (Lescot, 2008), la norme se trouve en Annexe 12.

- 1) **pH** – Il y a une très grande variabilité dans le pH de ces sols. Ils vont de très acide ($\text{pH} < 5,5$) à neutre ($6,5 < \text{pH} < 7,4$). On peut remarquer qu'il n'y a pas une tendance à avoir des sols plus acides dans les bananeraies âgées. Le pH reste dans la zone de tolérance définie par Champion (1963) pour le bananier : $4,5 < \text{pH} < 8$. Par contre, il y a peu de parcelles qui sont dans la zone de rendement optimal ($6 < \text{pH} < 7,5$). Les parcelles à pH élevés se trouvent en fond de vallées, sur des sols alluvionnaires, à proximité de rivières. Ces parcelles (P10, P12 et P13) ont pourtant un faible rendement. Mais cette faible production de régimes n'est probablement pas liée au sol mais plutôt à la densité en bananiers.
- 2) **Matière organique** – La teneur en matière organique ($\text{C} \times 1,73$) est moyenne à élevée selon les termes de la norme pour bananeraies. Elle ne semble pas différente entre les parcelles agroforestières et les témoins sous plantation de limbas à haute densité. Le rapport C/N de 9 et de 10 rencontré dans toutes les parcelles nous indique qu'il y a une bonne nitrification de la matière organique.
- 3) **Azote** – le taux d'azote est très faible à faible pour la plupart des sols, il est moyen pour P13 et PTL2.
- 3) **Potassium** – La quantité en potassium de tous les échantillons de sol prélevés est faible voir très faible. Cette déficience doit certainement jouer négativement sur le rendement des bananiers car ils ont un besoin très important en cet élément minéral. Idéalement, il est recommandé d'ajouter un apport en potassium pour les sols à dont sa teneur est inférieur à 1 meq/100g (CIRAD, 2002).
- 4) **Magnésium** - Cet ion se retrouve en quantité suffisante voir élevée dans la plupart des sols.
- 5) **Clacium et sodium** – La teneur en ces deux éléments est faible dans toutes les parcelles analysées.

¹⁶ $\text{IB} = (1,5 \times \text{limon fin} + 0,75 \times \text{limon grossier}) / (\text{argile} + 10 \times \text{MO})$

La parcelle témoin PTL2, de texture semblable aux sols des BAA, ne semble pas présenter de différence du point de vue chimique avec les parcelles agroforestière. Les analyses chimiques réalisées dans la réserve, par Mbizi (1972) et par Makobo (1994), sur des sols de texture semblables du système sylvo-banancier du bloc UB1 présentent, des résultats semblables. Le CEC¹⁷ des analyses de ces auteurs varient entre 4,5 et 13 et le taux de saturation en base est toujours supérieur à 70 %. Pour des sols qualifiés de pauvre, cette gamme de CEC est considérée comme moyen par la norme du CIRAD. Les sommes des bases échangeables des sols prélevés sont également qualifiées de moyen.

Nous pouvons remarquer qu'il y a une certaine variation en teneur de calcium et de magnésium parmi les sols analysés. Des tests de corrélation de Pearson nous indiquent que la teneur en calcium est significativement corrélée ($r = 0,78$, $p = 0,05$) à la teneur en carbone du sol et est très hautement significativement corrélée au pH ($r = 0,89$, $p = 0,001$). La teneur en magnésium est corrélée de manière très hautement significative ($r = 0,85$, $p = 0,001$) avec la teneur en carbone mais n'est pas significativement corrélée au pH. Il n'y a pas de corrélation significative entre la densité d'arbres (limbas, autres ou total) et la teneur en Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Les teneurs plus élevées pour certaines parcelles en calcium proviendraient donc du plus grand CEC qu'ont ces parcelles du fait de leurs plus grands taux de carbone et de leur pH élevé. En effet, le CEC est directement lié aux complexes argilo humiques du sol. Or ces complexes sont composés d'argile et de carbone. Cette hypothèse doit néanmoins être vérifiée par le calcul du CEC ou par un plus grand nombre de mesures pour voir si l'effet de la densité des arbres ne jouerait tout de même pas.

¹⁷ C.E.C.= Capacité d'Echange Cationique : la capacité d'échange cationique du sol représente la taille du réservoir permettant de stocker de manière réversible certains éléments fertilisants cationiques (potassium, magnésium, calcium...). La CEC est liée au complexe argilo humique. La valeur de la CEC d'un sol est donc fonction des quantités d'argile et de MO qu'il contient, mais aussi de la nature de ces éléments et du pH du sol.

V.3.4. Discussions

Le rendement moyen obtenu pour les parcelles agroforestières du bloc UB1 (2,9 t/ha) est 25 % inférieur au rendement de 3,8 t/ha des bananes desserts du Bas-Congo (Bakelana et Mankangidila, 1996), et il est 50 % inférieur aux estimations de Delaunoy *et al.* (2007) pour les bananeraies 'Gros Michel' de la région de la Réserve. La culture des bananiers dans la région est le plus souvent réalisée sur des trouées assez récentes dans la forêt, le rendement est alors meilleur et expliquerait cette différence entre nos résultats et les chiffres avancés par Delaunoy *et al.* (2007). La parcelle P11 (BT) de nos relevés, réalisée dans une trouée de forêt secondaire, nous montre un rendement de 4,69 t/ha, ce qui avoisine les chiffres de Delaunoy *et al.* (2007). Il se peut également qu'un biais provienne de l'enquête menée chez les paysans par Delaunoy *et al.* (2007). En effet, lors du travail sur le terrain, nous avons pu remarquer que ces derniers avaient beaucoup de mal à nous procurer des données chiffrées, ils ne savaient généralement pas ce que représente exactement un hectare. Or les estimations données par Delaunoy *et al.* (2007) étaient basées sur leurs dires. Le rendement de nos parcelles agroforestières correspond aux rendements des agroforêts limba-bananier du Mayumbe congolais décrits par Koyo (1984).

L'effet du couvert arboré sur la production des bananiers montre qu'une fermeture de couvert de 40 à 50 % pourrait donner, pour une bananeraie âgée, un rendement similaire au rendement moyen de la Province. Cette fermeture de couvert pourrait être obtenue par 20 à 30 limbas par hectare de plus de 50 ans si les autres essences sont éliminées. Mais cela doit être confirmé par des études à plus long terme. Il serait également intéressant d'étudier le comportement de la parcelle P10 qui a 64 limbas et dont la bananeraie vient d'être relancée.

Pour lutter contre les deux maladies rencontrées, des techniques simples de lutttes permettraient d'améliorer la production des bananeraies. En ce qui concerne le Bunchy top (*banana bunchy top babuvirus*, BBTV), le meilleur moyen de lutte est d'éradiquer les pieds malades et de les détruire (CIRAD, 2002). La première étape étant généralement réalisé par les paysans mais pas la destruction des plants. Dans le cas du charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*), la prolifération peut être diminuée, en fendant les pseudo-troncs après la récolte, les pseudo-troncs fendus dessèchent rapidement et sont de la sorte moins propices à servir de lieu de reproduction (Raemaekers, 2001) ; et lors de la plantation, en ôtant la partie superficielle du drageon, partie abritant la plupart des oeufs et des jeunes larves (Sénéchal *et al.*, 1989).

Dans une bananeraie de 'Gros Michel' de plus de 3 cycles en conditions optimales, la hauteur moyenne des bananiers est de 6,5 m, la circonférence au collet de 102 cm et le nombre moyen de mains est de 9,48 (Bourdelle, 1961 cité par Champion, 1967). Pour un nombre égal de mains, dans la bananeraie pure étudiée, les dimensions des bananiers sont bien inférieures. Les conditions écologiques moins bonnes du Mayumbe influencent donc le développement du bananier, comme c'est le cas au Cameroun où la hauteur moyenne de bananiers 'Gros Michel' est de 3,97 m et une circonférence de 69,2 cm (Champion, 1967). Le développement du bananier 'Gros Michel' dans les conditions agroforestières étudiées, a le même "comportement" que celui d'une bananeraie pure de Bilala dans le Mayumbe congolais. Pour

une circonférence donnée, le poids du régime sera le même dans les deux types de bananeraies (Figure 40, Annexe 10). Par contre, le poids moyen d'un régime ($11,22 \pm 0,93$ kg) en saison des pluies est 5 kg moins élevé qu'à Bilala en saison des pluies (Carrouché, 1989 cité par Dagba, 1993).

Nos résultats et ceux de Dagba (1992) montre que l'âge des bananeraies a une grande influence sur la bananeraie. Or la production de ces bananeraies âgées (environ 20 ans), est certes, plus faible que la moyenne provinciale, mais reste appréciable pour l'âge de celles-ci. Ces résultats, ainsi que l'analyse chimique réalisée sur plusieurs parcelles agroforestières nous laisse supposé que la fertilité des sols n'est pas fortement affectée par la durée prolongée de la culture de bananes dans ces parcelles. Ces observations confirment ceux de Tsakala et Schwartz (1990). Ces derniers expliquent que la baisse de rendement observée au bout de quelques années dans les bananeraies du Mayumbe congolais ne semble pas venir d'une baisse de fertilité chimique mais d'autres facteurs, qui amèneraient à une "fatigue" des sols (parasitoses diverses, dégradation des caractéristiques physiques du sol, modification de la flore du sol et de la rhizosphère...). Cette fatigue de sol semble donc réduite sous condition agroforestière. En effet, la rotation de bananeraies bien entretenue du Mayumbe congolais sont généralement de 10 ans. Par la suite, la parcelle est abandonnée à une jachère de 10 à 15 ans (Sénéchal *et al.*, 1989). Il serait intéressant d'étudier plus en profondeur l'évolution de la production d'une bananeraie sous condition agroforestière en fonction de son âge.

PARTIE 4: CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objet de cette étude est d'acquérir une meilleure connaissance du système agroforestier limba-bananier (*Terminalia superba* – *Musa acuminata* cult. 'Gros Michel'). Pour cela, l'étude s'est concentrée sur trois points : caractériser la composante arborée du système, estimer le rendement réalisé par ces bananeraies sous couvert et évaluer la diversité végétale de ce système.

La composante arborée constituée essentiellement du limba (*Terminalia superba*) ne présente plus le potentiel sylvicole prévu à la base. Pour une densité de 26 limbas/ha, le peuplement âgé s'une cinquantaine d'années constitue un volume de 136,71 m³/ha, soit un tiers du volume potentiel de la plantation de départ.

Les essences accompagnatrices du limba sont principalement *Musanga cecropioides*, *Ricinodendron heudelotii*, *Milicia excelsa* et *Sterculia tragacantha*. On retrouve également des espèces fruitières tel que : l'avocatier (*Persea americana*) le safoutier (*Dacryodes edulis*) et le palmier à huile (*Elaeis guineensis*). Ces fruitiers amènent un revenu supplémentaire non négligeable aux paysans qui diversifient ainsi leur production. La composition spécifique diffère de celle d'une plantation de limbas pure (sans culture agricole) par l'importance que prend chacune des essences et, par la présence d'espèces fruitières. Le système agroforestier étudié amène une diminution de 50 % de la diversité ligneuse par rapport à la plantation de limbas d'origine.

Au niveau agricole, les rendements de ces bananeraies agroforestières d'une vingtaine d'années sont de 2,9 t/ha, ce qui est 25 % inférieur à la moyenne provinciale pour les bananes desserts. Les bienfaits du couvert (litière, microclimat, teneur en eau du sol, protection des grands vents) semble compenser la probable diminution du rendement due à l'ombrage. Ce rendement peut paraître faible par rapport aux bananeraies industrielles qui peuvent aller jusqu'à 60 t/ha en condition optimale, mais la durabilité et la faible demande en intervention phytotechnique de ces plantation agroforestières expliquent la présence de ces bananeraies 50 à 60 ans après l'installation des premières cultures. Le cultivar 'Gros Michel' semble donc particulièrement bien convenir en culture agroforstièrè.

Malheureusement, le système d'agroforêt limba-bananièrs du bloc UB1 de la Réserve de Biosphère de Luki disparaît petit à petit sous la pression des "carbonisateurs". Ces 60 ans de culture bananière au sein du système sylvo-bananièr de départ disparaît donc petit à petit avec les vieilles générations de paysans, les jeunes s'étant tournés vers la carbonisation qui leur semble plus lucrative.

Il faut dès lors se demander si ce système est encore envisageable dans le contexte actuel. Il est certain que des plantations d'arbres en plein, après défriche complète de la forêt préexistante ne sont plus économiquement supportables. Il serait donc plus intéressant de se tourner vers la gestion du patrimoine restant, et favoriser les pratiques agroforestières incluant des espèces fruitières comme: l'avocatier (*Persea americana*) le safoutier (*Dacryodes edulis*), le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) et d'autres espèces comme l'oranger (*Citrus sinensis*), le pamplemoussier (*C. maxima*) ou encore des espèces à produits forestiers non ligneux comme *Gnetum africanum*, *Eremospatha haullevileana*, *Cola acuminata*, *Garcinia kola*, etc. La gestion du patrimoine restant comprend la gestion des bananeraies actuelles. Pour ces dernières il serait donc intéressant d'observer à plus long terme le comportement de bananiers sous un couvert important (conditions retrouvées dans la jeune bananeraie de la parcelle P10), d'établir une méthode de préservation de la régénération des essences d'intérêt lors des sarclages et continuer à observer le comportement des bananeraies sous le couvert des recrûs. La culture de taro (*Colocasia* spp. et *Xanthosoma sagittifolium*), semble également être adaptée en agroforêt. En effet, le taro présente plusieurs atouts importants, il a un tempérament sciaphile, il n'est pas l'hôte *Radopholus similis*, l'une des deux plus importantes espèces de nématode parasites des bananiers et, sa culture, en intercalaire avec le bananier, est déjà couramment réalisée dans la réserve.

Ces pratiques agroforestières répondent aux attentes du programme de l'UNESCO sur L'homme et la biosphère (MAB). En effet, elles permettent une « relation équilibrée entre les êtres humains et la biosphère ». Elles ont donc parfaitement leur place dans la zone de transition de la réserve et doivent être favorisées en soutenant les paysans qui se tournent vers ces pratiques.



Références bibliographiques

Anonyme, (1998). *Monographie de la province du Bas-Congo*. PNUD/UNOPS, Programme National de Relance du secteur Agricole et Rural (PNSAR) & RDC, Ministère de l'agriculture et de l'élevage, du plan, de l'éducation nationale et de l'environnement, conservation de la nature, forêts et pêche. Kinshasa, 347p.

ATIBT (2006). Statistiques. *La lettre de l'ATIBT* **24**, 19-28

Baize D. (1988). *Guide des analyses courantes en pédologie*. Ed. INRA, 172p.

Bakelana K. & Mankangidila K. (1996). The State of Banana in Zaire. *InfoMusa*, **5** (2), 20-22.

Bakelana K., Vangu P. & Mputu K. (1999). *Résultats d'une enquête bananière chez les paysans de la République Démocratique du Congo (RDC)*. Report of the third steering committee meeting held in Ibidjan (CIV), 23-24 Novembre 1999. Douala (CMR), 31-36.

Baldy C., Dupraz C., Schilizzi S. (1993). Vers de nouvelles agroforesteries en climats tempérés et méditerranéens: 1. Aspects agronomiques. *Cahiers Agricultures* **2**, 375-386.

Bernhard-Reversat F. & Tchinda-Pemo G.A. (1988). Influence du système agro-forestier de culture de la banane sur la dynamique de la matière organique. Résultats préliminaires. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, **XXIX** (4), p. 355

Bernhard-Reversat F. (1989). *Quelques aspects des relations sol-plantes dans les systèmes agroforestiers et forestiers plantes tropicaux*. 239-248.

Bernhard-Reversat F. & Goma-Tchimbakala J. (2006). Comparison of litter dynamics in three plantations of indigenous timber-tree (*Terminalia superba*) and a natural tropical forest in Mayumbe, Congo. *For. Ecol. & Man.* **229**, 304-313.

Corbasson M. & Souvannavong O. (1988). Recherches engagées concernant la biologie, la physiologie et l'amélioration génétique de *Terminalia superba*. *Ressources génétiques forestières* **16**, FAO, 6 p.

Champion J. (1963). *Le bananier*. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 233 p.

Campion J. (1967). Botanique et Génétique des bananiers. *Notes et documents sur les bananiers et leur culture* **1**, IFAC, Ed. STECO, Paris, 214p.

CIRAD (2002). *Memento de l'agronome*. CIRAD-GRET, Ministère des affaires étrangères, Paris, 960-974.

CTFT (1974). LIMBA-FRAKE. *Bois et Forêts des Tropiques* **158**, 33-48.

CTFT (1989). *Mémento du forestier*. Ministère de la coopération et du développement 3^{ème} ed., Paris, 1266p.

- Dagba E. (1992). Influence de quelques facteurs sur le rendement du bananier à Bilila (Congo). *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* **4**, 55-71.
- Dagba E. (1993). La teneur en eau du sol dans deux bananeraies (var. *Gros Michel*) de Bilila (Congo). *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* **5**, 191-211.
- Dagba E. (1994). La croissance du bananier var. Gros Michel, à Bilila (Congo). *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride* **6**, 119-142.
- Delaunoy Y., De Ridder M., Lejeune G. & Balancier B. (2007). *Le système sylvo-bananier dans le Mayumbe (R.D.C), Aperçu d'un patrimoine agroforestier, 50 ans après sa mise en place*. WWF et Musée Royal de l'Afrique Centrale, 47 p.
- Donis C. (1948). Essais d'économie forestière au Mayumbe. *INEAC, série scientifique* **37**, 92p.
- Donis C. (1951). Sur l'uniformisation par le haut : Une méthode de conversion des forêts sauvages. *INEAC, série scientifique* **51**, 75p.
- Doucet J.L. (2003). *L'alliance délicate de la gestion forestière et de la biodiversité dans les forêts du centre du Gabon*. Thèse de doctorat, Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, 323p.
- Doucet J.L., Daïnou K., Kouadio Y.L., Feteke R. & Bourland N. (2007). *Recherches scientifiques menées par l'ASBL Nature plus et le laboratoire de foresterie des régions tropicales et subtropicales (Belgique) au sein de la concession Pallisco (Cameroun)*. Rapport technique annuel 2006.
- Eckstein K., Robinson J.C. & Fraser C. (1997). Physiological responses of banana (Musa AAA ; Cavendish sub-group) in the subtropics. VII. Effects of windbreak shading on phenology, physiology and yield. *Journal of Hort. Sc.* **72**, 389-396.
- Gadagkar R. (1989). An undesirable property of Hill's diversity index N_2 . *Oecologia* **80**, 140-141.
- Groulez J. & Wood P.-J. (1984). *Terminalia superba Monographie*. CTFT & CFI, Paris, 85p.
- Humblot, P. (1946). Aménagement des forêts climatiques tropicales au Mayumbe. *Bulletin agricole du Congo Belge* **37** (1), 15-87.
- ITTO, (1997). *Annual review and assessment of the world tropical timber situation 1996*. International Tropical Timber Organization.
- Israeli Y., Plaut Z. & Schwartz A. (1995). Effect of Shade on Banana Morphology, Growth and Production. *Scientia Horticulturae* **62** (1-2), 45-56.
- Korhonen L., Korhonen K.T., Rautiainen M. & Stenberg P. (2006). Estimation of forest canopy cover : a comparison of field measurement techniques. *Sylva Fennica* **40**(4), 577-588

- Koyo, J.P. (1984). Associations agrosylvicoles de cacaoyer et bananier avec *Terminalia superba* dans le Mayombé (Republique populaire du Congo). *Agroforesterie en Afrique tropicale humide*. Ed. L.H. Mc. Donald. Université des Nations Unies, 135-138.
- Lescot, T (2008). *Normes d'analyses de sol*. Non publié, CIRAD
- Lincy J. (2003). *Méthodes en analyse multivariée : voisinage et diversité*. Mémoire de DEA, Univ. Montpellier II, 46p.
- Lubini A. (1984). *Réserve de la Biosphère de Luki (Bas-Zaïre)*. MAB et Département de l'environnement, conservation de la nature et tourisme, Kinshasa, 52p.
- Lubini A. (1997). *La végétation de la Réserve de biosphère de Luki au Mayumbe (Zaïre)*. Opera botanica Belgica, Meise, 151 p.
- Malele M., (1978). *Dynamiques des Limba en sylvo-bananier au Mayombe (République du Zaïre)*. Mémoire de fin d'étude en bachelier es sciences appliquées (génie forestier), Univ. Laval, Québec, 90p.
- Makobo Ya-Ome K. (1994). Diagnostic géomorphopédologique pour la gestion durable des terres au Bas-Zaïre, Cas de la réserve de Luki. Thèse de doctorat inachevé, FUSAGx, 7p.
- Mankoto S. & Maldague M. (2004). Stratégie systématique appliquée à la gestion de la biodiversité. Cas de le Réserve de Biosphère de Luki (RDC). *International Symposium Tropical Forests in a Changing Global Context, Royal Academy of Overseas Sciences, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Brussels*, 115-125.
- Marien J.-N. & Mallet B. (2004). Nouvelles perspectives pour les plantations forestières en Afrique centrale. *Bois et forêts des tropiques* **282**, 67-79.
- Mbizi, K. (1972). *Etude de deux blocs sylvo-bananiers de la Réserve forestière de la Luki (Mayumbe)*. Mémoire de fin d'étude, Université de Kinshasa, RDC, 107p.
- Nair P.K.R. (1993). *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays Bas, 76 - 83
- Ngoma-Tasa M. (1978). *Caractéristiques du LIMBA (*Terminalia superba* ENGL & DIELS) plante en layons au Zaïre (Mayombe, Bas-Zaïre)*. Mémoire de fin d'étude, Univ. Laval, 45p.
- N'landu Phanzu L. (2006). *Etude des expériences sylvicoles de la Réserve de Luki et la Brigade de reboisement au Mayumbe/Bas-Congo*. Rapport final WWF, 34p.
- Norgrove, L. & Hauser, S. (1998). Musa in multistrata systems: focus on shade. *InfoMusa* **7**, 17-22.
- Norgrove L. & Hauser S. (2000a). Leaf properties, litter fall, and nutrient inputs of *Terminalia ivorensis* at different tree stand densities in a tropical timber-food crop multistrata system. *Can. J. For. Res.* **30**, 1400-1409.

Norgrove L. & Hauser S. (2000b). Production and nutrient content of earthworm casts in a tropical agrisilvicultural system. *Soil Biology & Biochemistry* **32**, 1651-1660.

Norgrove L. & Hauser S. (2000c). Response of *Chromolaena odorata* to timber tree densities in an agrisilvicultural system in Cameroon: aboveground biomass, residue decomposition and nutrient release. *Agr., Eco. & Env.* **81**, 191-207.

Norgrove, L. & Hauser, S. (2002a). Measured growth and tree biomass estimates of *Terminalia ivorensis* in the 3 years after thinning to different stand densities in agrisilvicultural system in southern Cameroon. *For. Eco. & Man.* **1666**, 261-270.

Norgrove, L. & Hauser, S. (2002b). Yield of plantain grown under different tree densities and 'slash and mulch' versus 'slash and burn' management in agrisilvicultural system in Southern Cameroon. *Field Crops Research* **78**, 185-195.

Pauwels L. (1993). *Nzayilu N'ti, guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa – Brazzaville*. Meise, jardin botanique national de Belgique, 495p.

Pendje G. (1989). *Composition floristique, phytomasse et productivité de deux plantations du Myombe zairois : LIMBA (Terminalia superba) et BILINGA (Nauclea diderrichii)*. Mémoire de DEA en biologie végétale tropicale, Univ. Paris VI, 62p.

Raemaekers R. (2001). *Agriculture en Afrique tropicale*. DGCI, Bruxelles, 611-637.

Rondeux J. (1993). *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 521p.

Sénéchal J., Kabala M. & Fournier F. (1989). *Revue des connaissances sur le Mayumbe*. Ministère de la recherche scientifique et de l'environnement, République populaire du Congo. PNUD/Unesco, 341p.

Stover R.H. & Simmonds N.W. (1987). *Bananas*. Longman, New York, 3^{ème} ed., 462p.

Tshinkenke V. (1992). *Etablissement de tables de production du LIMBA (Terminalia superba ENGL. & DIELS) en plantation dans le Haut-Zaïre*. Mémoire de M.Sc., Univ. Laval, Québec, 68p.

Tutula P. (1968). *L'enrichissement de la forêt de Mayumbe en Terminalia superba Engl. & Diels par le système sylvo-bananier*. Mémoire de fin d'étude, Univ. de Kinshasa, RDC, 75p.

USDA (1951). *Soil Survey Manual*. U.S. Dept. Agriculture, Handbook **18**, Washington D.C., 503p.

Vandermeer J., van Noordwijk M., Anderson J. & Perfecto I. (1998). Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **67**, 1-22.

Vangu Lutete L.M. & Mabilia-ma-Khete J. (1982). *Résultats de l'inventaire d'aménagement forestier du Bas-fleuve (Région du Bas-Zaïre), Document 2*. République du Zaïre,

Département de l'environnement, conservation de la nature et du tourisme, SPIAF, Kinshasa, 132p.

Wagemans J. & Maudoux E. (1961) *Contribution à l'étude des problèmes du reboisement et de la conservation du sol : Aménagement des forêts denses par la méthode sylvo-agricole à base de plantations de bananiers (expérience de Luki et du Mayumbe)*. INEAC, Bruxelles, 35p.

Wilten W. (1955). Aspects de la Sylviculture au Mayumbe. *Bulletin agricole du Congo Belge* **XLVI** (2), 319-328.

Annexes :

Annexe 1 :	83
Annexe 2:	84
Annexe 3 :	85
Annexe 4:	86
Annexe 5 :	87
Annexe 6 :	88
Annexe 6 (suite) :	89
Annexe 7 :	90
Annexe 7 (suite)	91
Annexe 8 :	92
Annexe 9 :	94
Annexe 10 :	95
Annexe 11	97

Annexe 1 : Evolution du volume moyen par arbre des peuplements de limba au Mayombe congolais en fonction de la station, et évolution du Bois Fort de l'arbre de surface terrière moyenne de 4 plantations de limba en Côte d'Ivoire à densité de 100 arbres/ha (Source : Groulez et Wood, 1984)

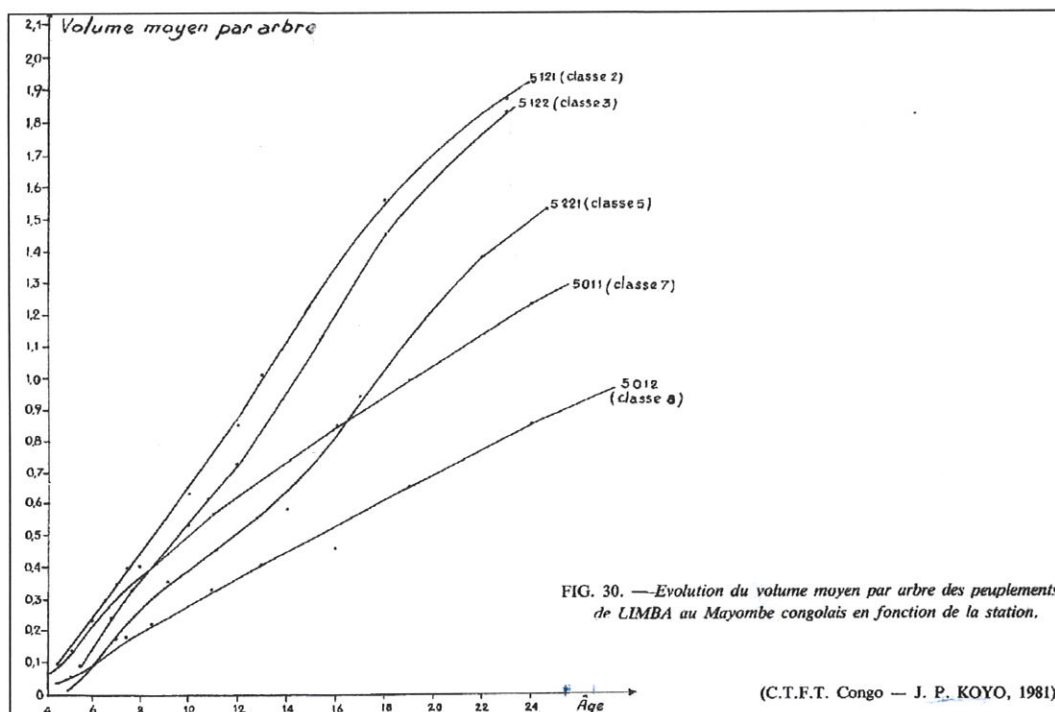
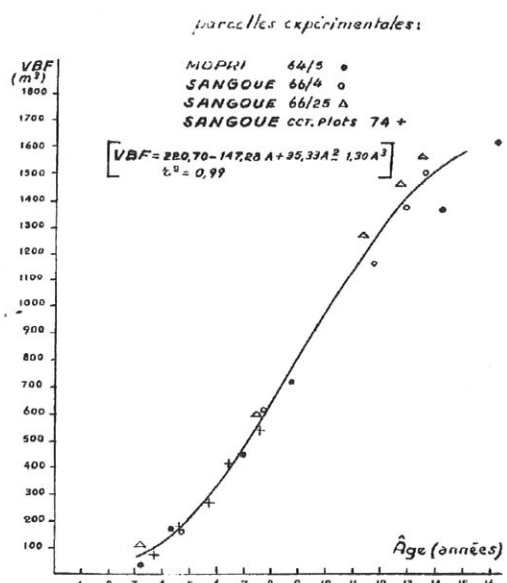


FIG. 31. — Evolution du Volume Bois Fort de l'arbre de surface terrière moyenne de 4 plantations de Terminalia superba (Fraké) en CÔTE-D'IVOIRE à densité de 100 arbres /ha.

Source = C.T.F.T. CÔTE-D'IVOIRE — juin 1982.



Annexe 2: Evolution de la circonférence moyenne d'un peuplement artificiel de limba (Mayumbe) et schéma théorique de l'accroissement en volume moyen par arbre (Mayumbe) (Source : Groulez, 1984)

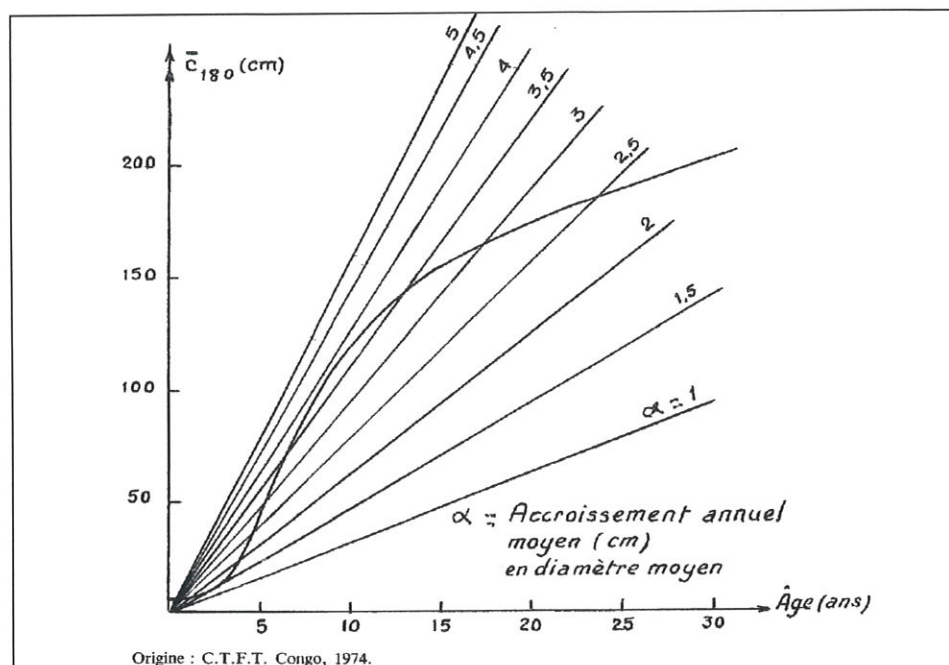


FIG. 28. — Evolution de la circonférence moyenne d'un peuplement artificiel de LIMBA au CONGO (Mayombe).

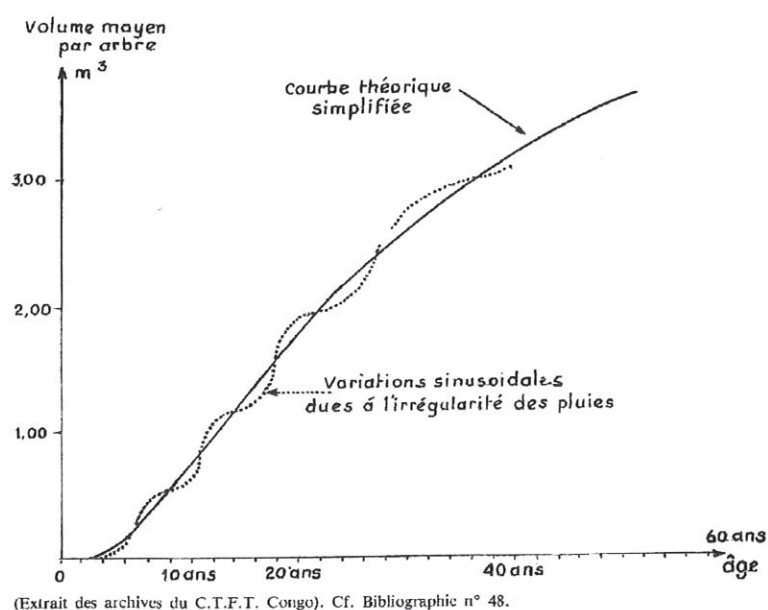


FIG. 29. — Schéma théorique de l'accroissement en volume moyen par arbre d'un peuplement artificiel de LIMBA (Mayombe).

Annexe 3 : Tableau synthétique sur les accroissements moyens du limba de peuplements artificiels dans différents pays d'Afrique centrale (Groulez et Wood, 1984).

Pays	Age (année)	Densité	Diam. moy. (cm)	HT moy. (m)	a.a.m en diam(cm)	a.a.m en HT (m)
R.p.Congo (Mayumbe)	5	67			3.5	
	5.5	99			3.9	
	5.5	85			4	
	6.5	119			5.5	
	6.5	105			2.9	
	19	640 puis 76			1.3	
Ghana	13		29.6	25.6	2.28	1.96
Nigeria	6			11.3		1.9
	21		31.8	28	1.52	1.33
Sierra Leone	12				3	
Cameroun	10				1.8	1.2
RDC (Mayom.)	8				2.55	
RDC (Kasai)	5				2.67	2
RDC (Equateur)	6				2.6	2.33
	14				2	1.43

Annexe 4: Données météorologiques à Bilala de juillet 1987 à juin 1992 (Source : Dagba, 1994)

Fig.1: Données météorologiques à Bilala de Juillet 1987 à Juin 1992

fig. 1a: Courbe ombro-thermique à ciel ouvert
 $\Delta = P =$ Pluviométrie (mm)
 $+ = T =$ Temp. moyenne ($^{\circ}\text{C}$ et 1/10)
 Saison pluvieuse Saison sèche

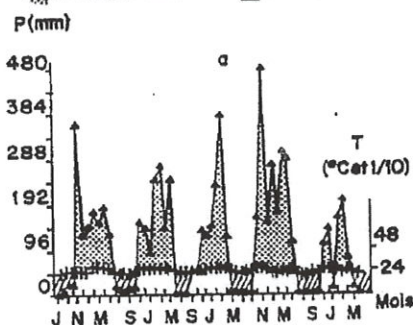


fig. 1b: Rayonnement solaire globale à ciel ouvert et en sous bois
 $\Delta =$ Ciel ouvert
 $+ =$ Sous bois

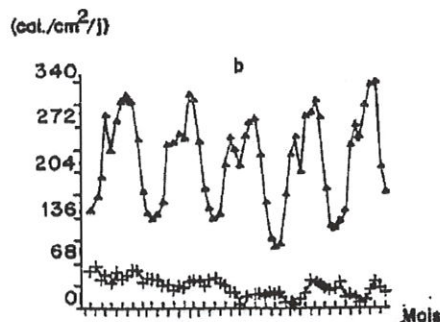


fig. 1c: Maxima et minima de l'humidité relative de l'air à ciel ouvert et en sous bois
 $\Delta =$ maxima à Ciel ouvert; $+ =$ maxima en sous bois
 $O =$ Minima à ciel ouvert; $\square =$ minima en sous bois

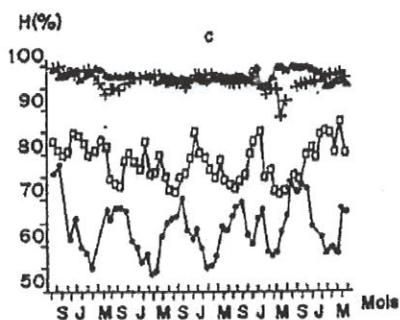


fig. 1d: Humidité relative moyenne de l'air à ciel ouvert et en sous bois
 $\Delta =$ Ciel ouvert
 $+ =$ Sous bois

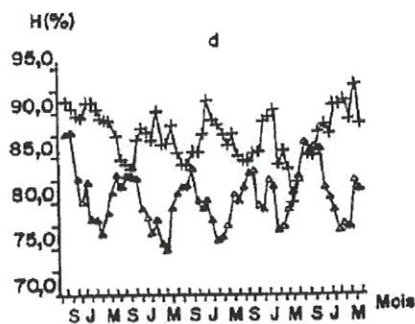


fig. 1e: Moyenne mensuelle de température ($^{\circ}\text{C}$) à ciel ouvert et en sous bois
 $\Delta =$ Ciel ouvert; $+ =$ Sous bois

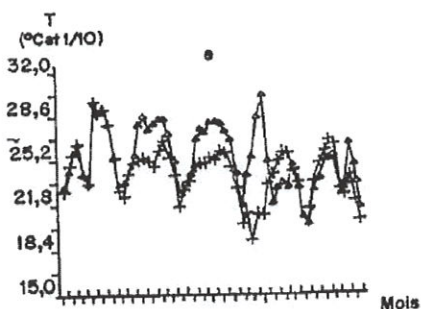
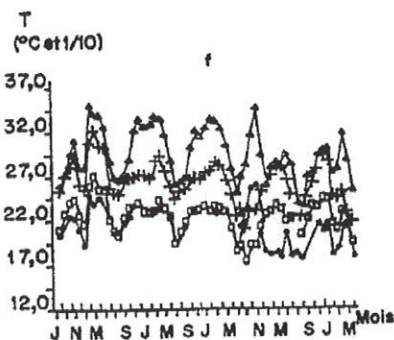
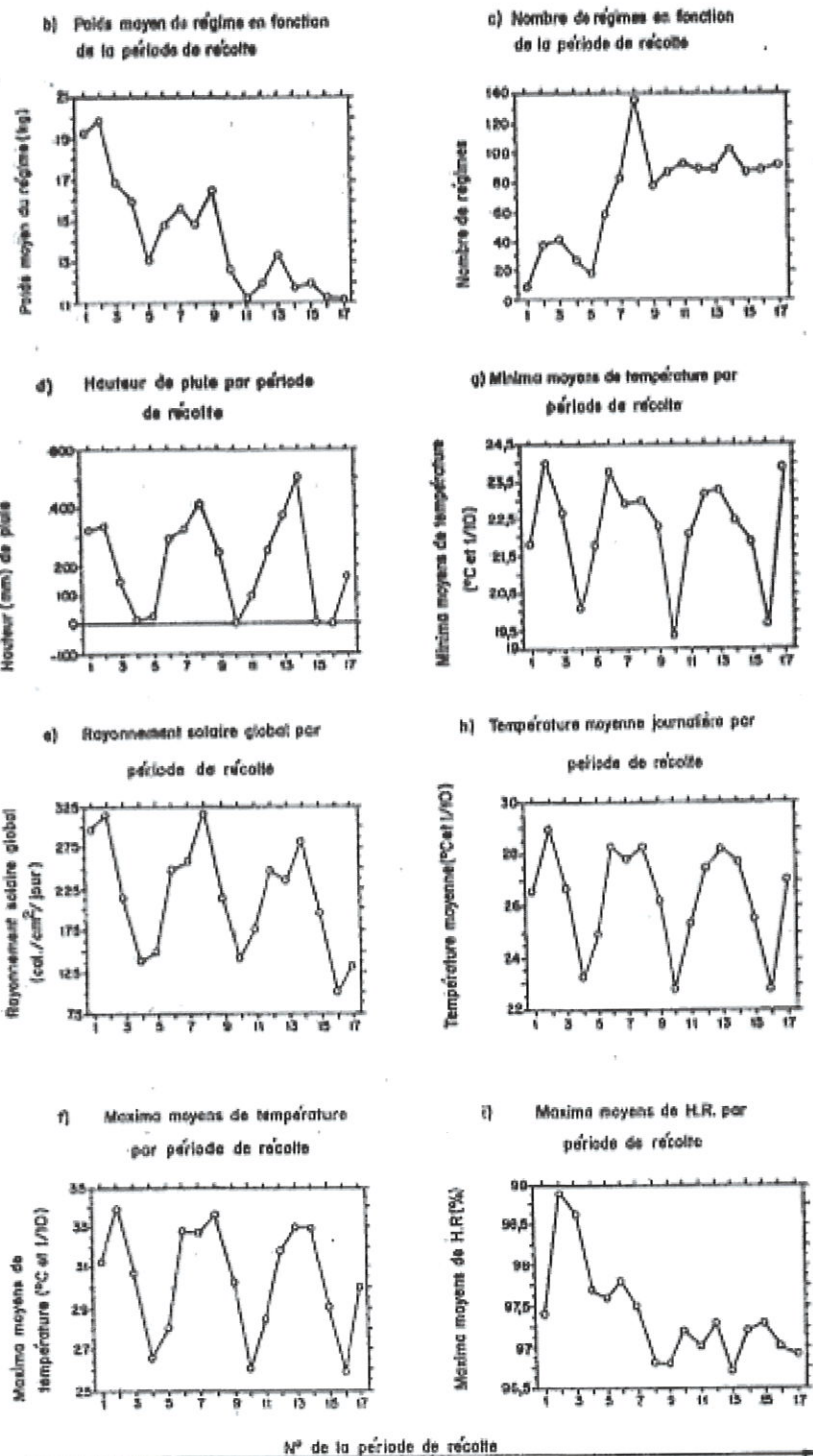


fig. 1f: Maxima et minima mensuels de température ($^{\circ}\text{C}$) à ciel ouvert et en sous bois
 $\Delta =$ maxima à Ciel ouvert; $+ =$ maxima en sous bois
 $O =$ Minima à ciel ouvert; $\square =$ minima en sous bois



Annexe 5 : Evolution du poids moyen d'un régime dans le temps en fonction de la période de récolte et du nombre de cycles du bananier (Dagba, 1992)



Annexe 6 : Tableau synthétique du pré-inventaire sur la densité des bananiers et des arbres et Schéma du dispositif 1.

Hectares	Bananiers		Limbas		Autres essences		Total arbres	
	0,75 ha	1 ha	0,75 ha	1 ha	0,75 ha	1 ha	0,75 ha	1 ha
H1	207	301					29	57
H2	188	251					38	50
H3	95	126					57	75
H4	144	192	22	44				0
H5	107	143					39	52
H6	78	103					59	79
H7	165	219					50	100
H8	165	220					29	39
H9	110	146					66	88
H10	99	144					56	75
H11	74	118					75	120
H12	166	241	14	37	30	21	44	59
H13	187	249					71	94
H14	192	256					52	69
H15	145	193					74	99
H16	155	206					77	102
H17	141	188					39	51
H18	126	167					68	90
H19	181	241					54	71
H20	98	131					58	77
H21	145	193					73	97
H22	102	135	5	7	69	91	74	98
H23	102	148			69	92	69	92
H24	112	149	7	9	88	117	95	126
H25	70	93	9	14	82	107	91	121
H26	84	112	14	19	59	79	73	97
H27	37	49	13	21	73	93	86	114
H28	55	73	26	35	68	91	94	125
H29	78	103	20	36	62	74	82	109
H30	59	78	11	15	58	77	69	91
H31	20	31		0	87	139	87	139
H32	69	91	12	16	94	125	106	141
H33	55	88		0	65	103	65	103
H34	65	86	35	47	53	70	88	117
H35	175	233	31	49	38	42	68	91
H36	45	60	55	73	73	97	128	170
H37	80	107	42	66	72	84	113	151
H38	51	68	45	60	60	80	105	140
H39	72	96	47	75	43	44	90	119

Annexe 6 (suite) :

	H39	H38				
	H37	H36				
	H35	H34				
	H33	H32				
	H31	H30				
	H29	H28				
	H27	H26				
	H25	H24				
	H23	H22				
	H21	H20	H19	H18	H17	
	H16	H15	H14	H13	H12	
	H11	H10	H9	H8	H7	
			H6	H5	H4	
			H3	H2	H1	

Figure 30 : Schéma du dispositif 1

Annexe 7 : Tests statistiques sur différents paramètres utilisés pour la description dendrométrique.

Tableau 16 : Analyse de la variance des circonférences de chaque parcelle (6) des plantations de limbas à haute densité par le logiciel MINITAB.

General Linear Model: CHP versus Parcelle

Factor	Type	Levels	Values
Parcelle	random	6	PL1; PL5; PL6; PL7; PL8; PL9

Analysis of Variance for CHP, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Parcelle	5	13740	13740	2748	0,96	0,443
Error	473	1356908	1356908	2869		
Total	478	1370649				

S = 53,5605 R-Sq = 1,00% R-Sq(adj) = 0,00%

Non significatif

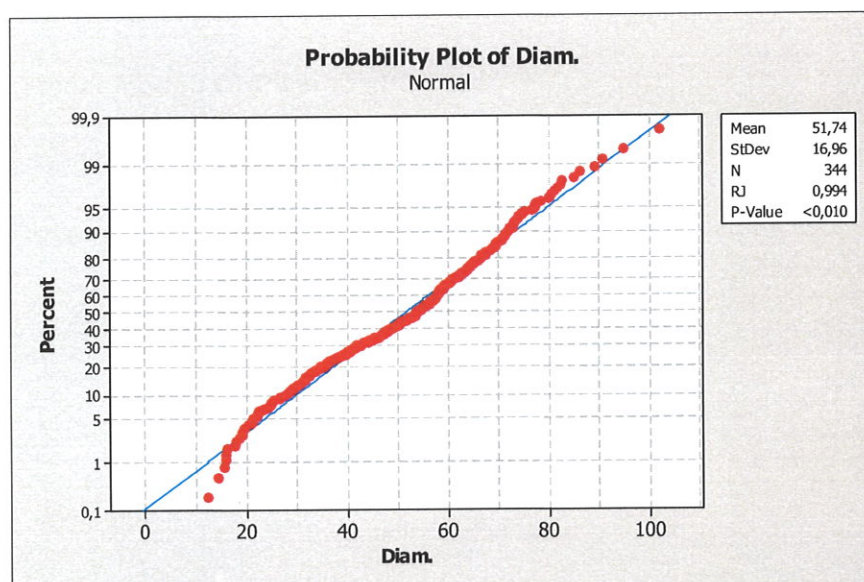


Figure 31 : Test de Normalité selon Ryan-Joiner de la distribution des diamètres du coupon 48-49.

Annexe 7 (suite)

Tableau 17 : Détermination de l'équation de régression liant la hauteur totale (HT) aux variables diamètre (Diam), logarithme du diamètre (ln Diam) et Diamètre au carré (Diam²), par la méthode « Stepwise » du logiciel MINITAB.

Stepwise Regression: HT versus Diam.; ln diam; diam²

Alpha-to-Enter: 0,05 Alpha-to-Remove: 0,05

Response is HT on 3 predictors, with N = 103

Step	1
Constant	-44,29
ln diam	23,3
T-Value	13,76
P-Value	0,000
S	5,99
R-Sq	65,20
R-Sq(adj)	64,86
Mallows Cp	1,2

Tableau 18 : Test de signification des paramètres de la régression:

$$D_{H/2} = 0.7732D_{HP} + 0.2333$$

The regression equation is
Diam H/2 = 0,23 + 0,773 Diam.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,233	1,707	0,14	0,892
Diam.	0,77322	0,02934	26,36	0,000

S = 4,50509 R-Sq = 88,5% R-Sq(adj) = 88,4%

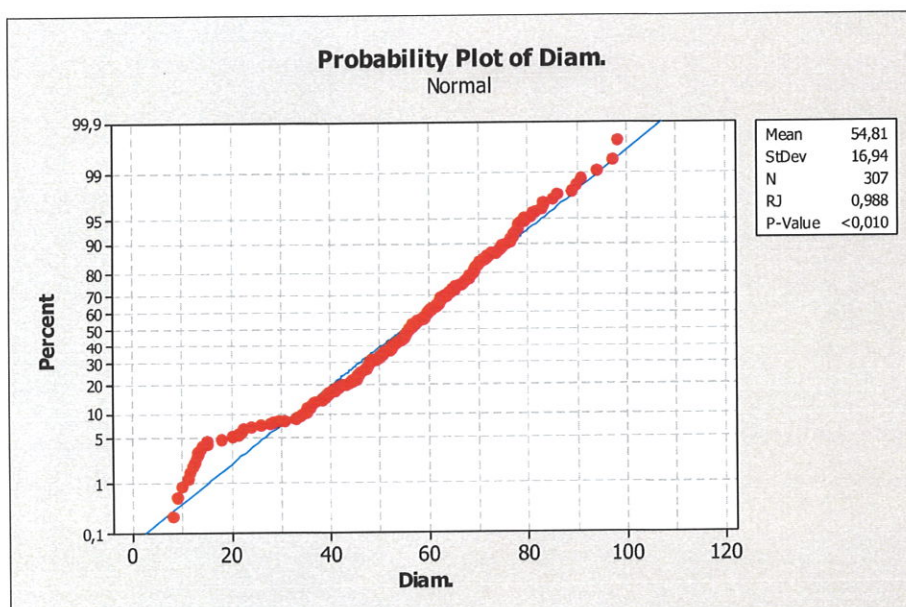


Figure 32 : Test de Normalité Ryan-Joiner de la distribution des diamètre des parcelles agroforestières.

Annexe 8 : Structure en circonférence et en hauteur des différentes bananeraies étudiées.

Les données proviennent des même placeaux que ceux exposés dans les résultats.

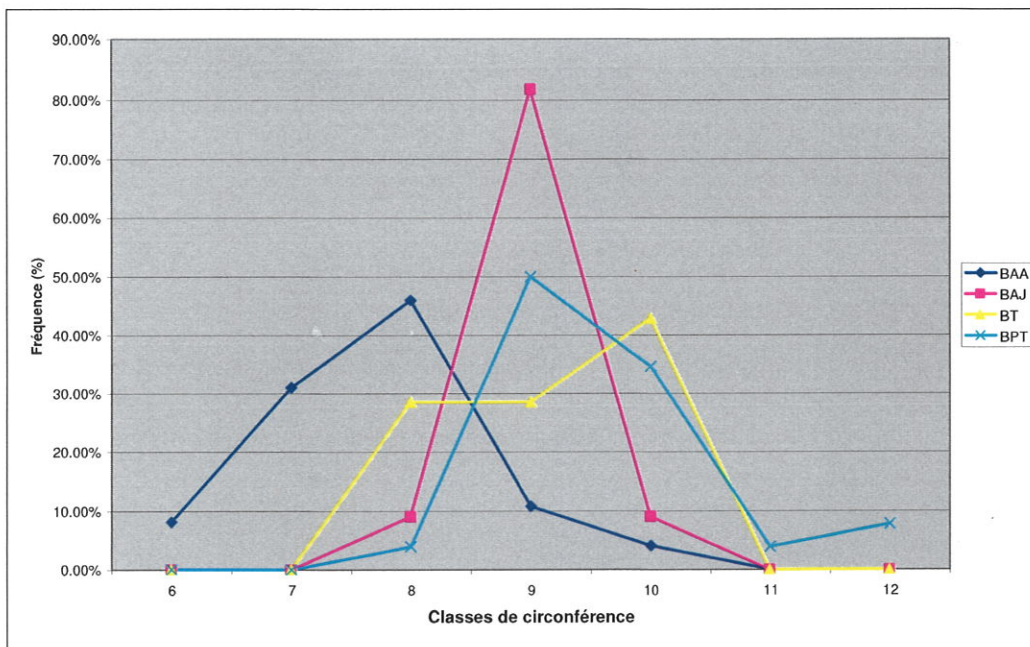


Figure 33 : Nombre relatif de bananiers par classe de circonférence pour les différentes catégories de bananeraies (Classe 6 = circonférence entre 60 et 69,9 cm, classe 7...)

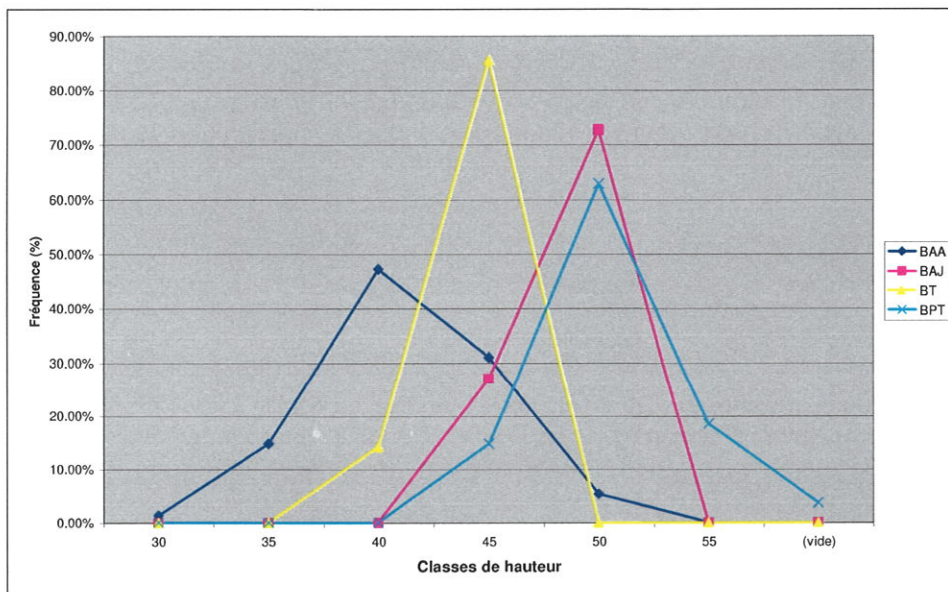


Figure 34 : Nombre relatif de bananiers par classe de hauteur pour les différentes catégories de bananeraies (Classe 30 = hauteur totale de 3 m à 3,49m, etc.)

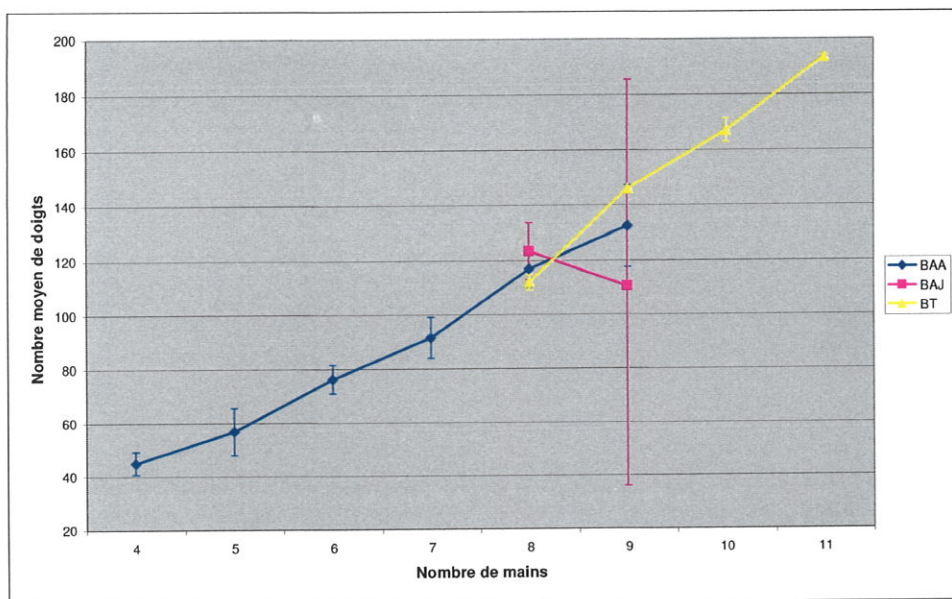


Figure 35 : Nombre moyen de doigts en fonction du nombre de mains par régime et selon le type de bananeraie.

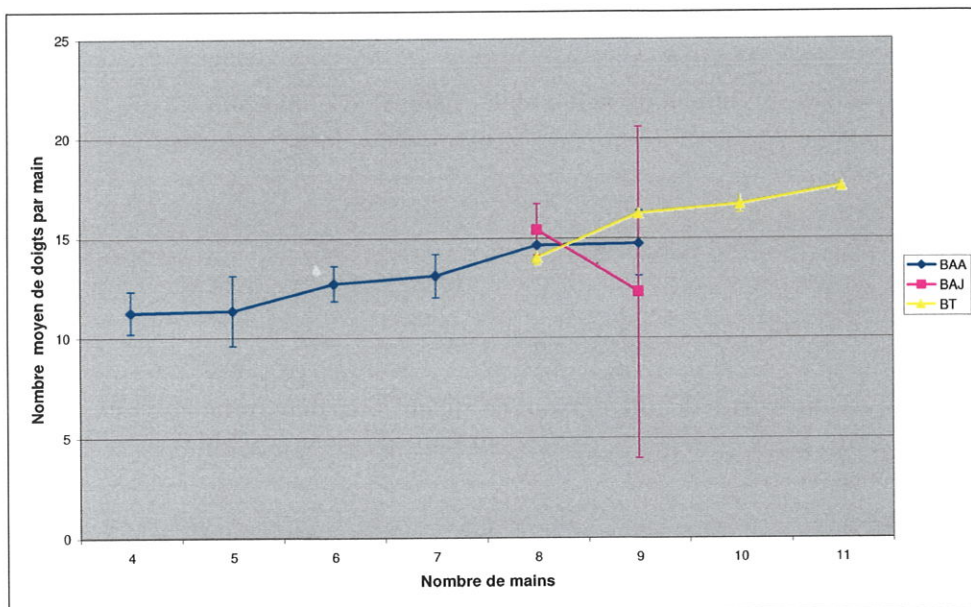


Figure 36 : Nombre moyen de doigts par main en fonction du nombre de mains par régime et selon le type de bananeraie.

Annexe 9 : Régressions entre différents caractères végétatifs des bananeraies agroforestières étudiées.

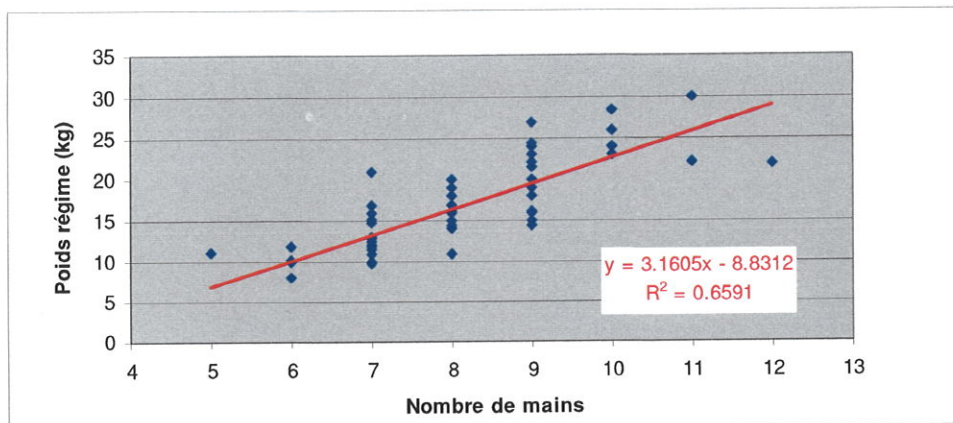


Figure 37 : Droite de régression entre le nombre de mains et le poids du régime de bananes.

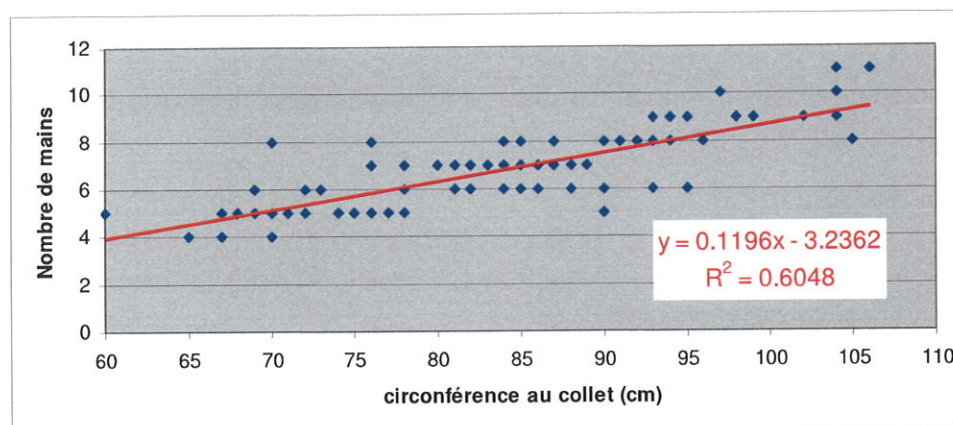


Figure 38 : Droite de régression entre la circonférence au collet et le nombre de mains.

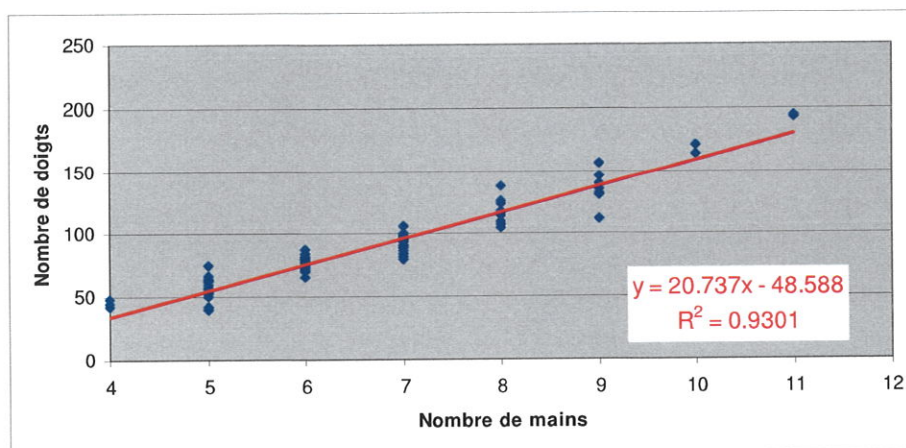


Figure 39 : Droite de régression entre le nombre de mains et le nombre de doigts.

Annexe 10 : Comparaison de différentes régressions sur les caractères végétatifs du 'Gros Michel' obtenues par plusieurs études dans différents pays.

Les équations de ces régressions proviennent de Champion (1967) et de Dagba (1992).

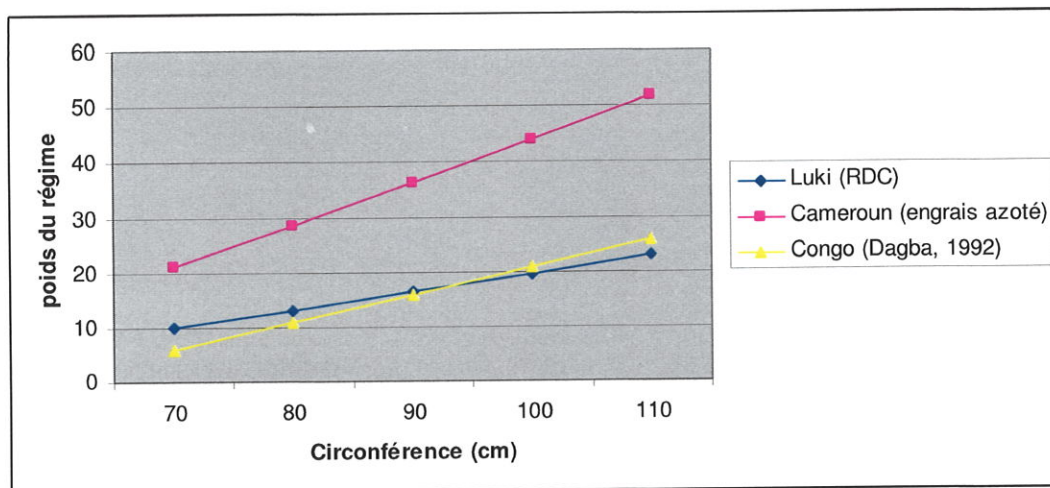


Figure 40 : Evolution du poids des régimes en fonction de la circonférence au collet dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.

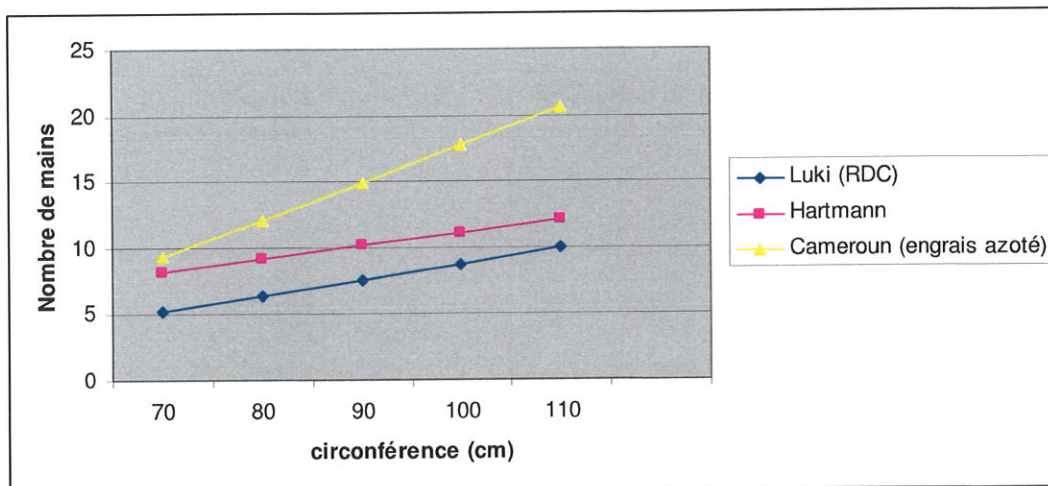


Figure 41 : Evolution du nombre de mains en fonction de la circonférence au collet dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.

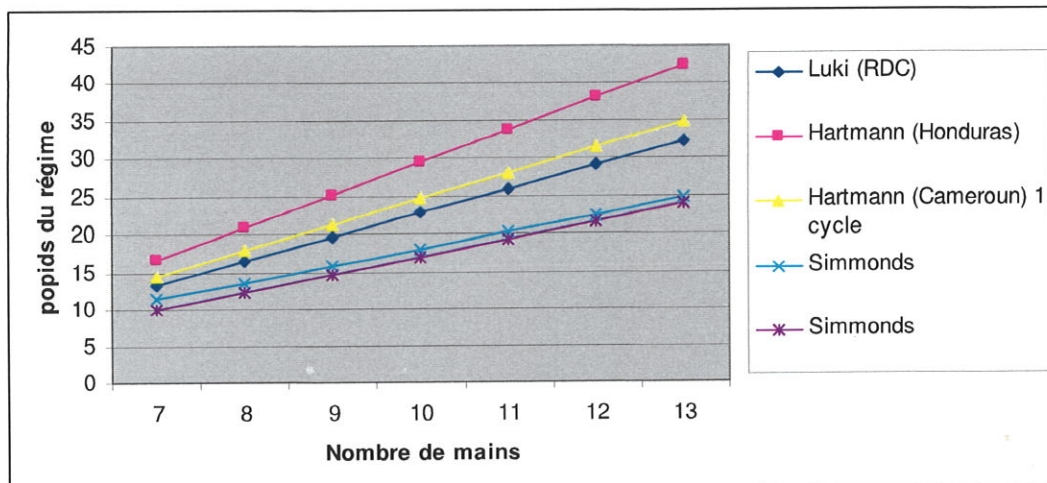


Figure 42 : Evolution du poids des régimes en fonction du nombre de mains dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.

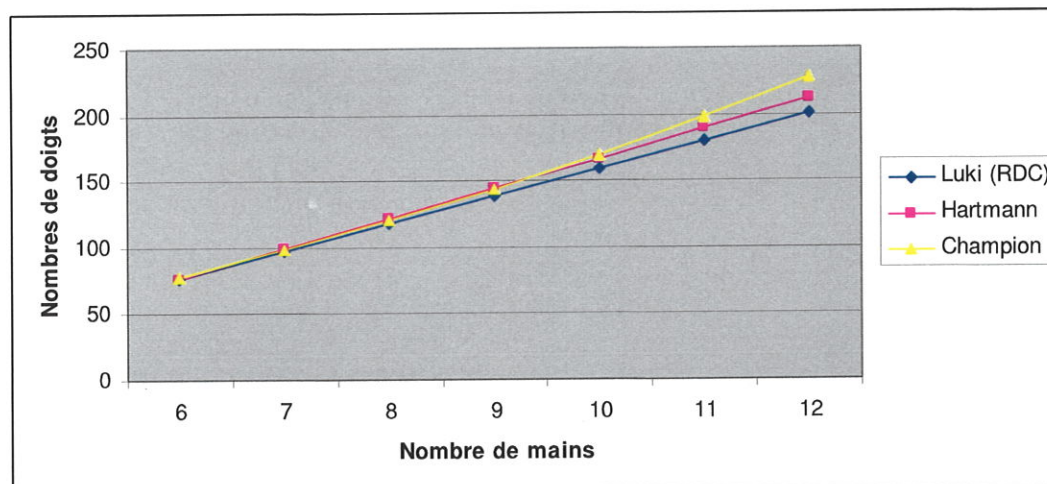


Figure 43 : Evolution du nombre de doigts en fonction du nombre de mains dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.



Annexe 11 : Triangle textural (USDA, 1951)

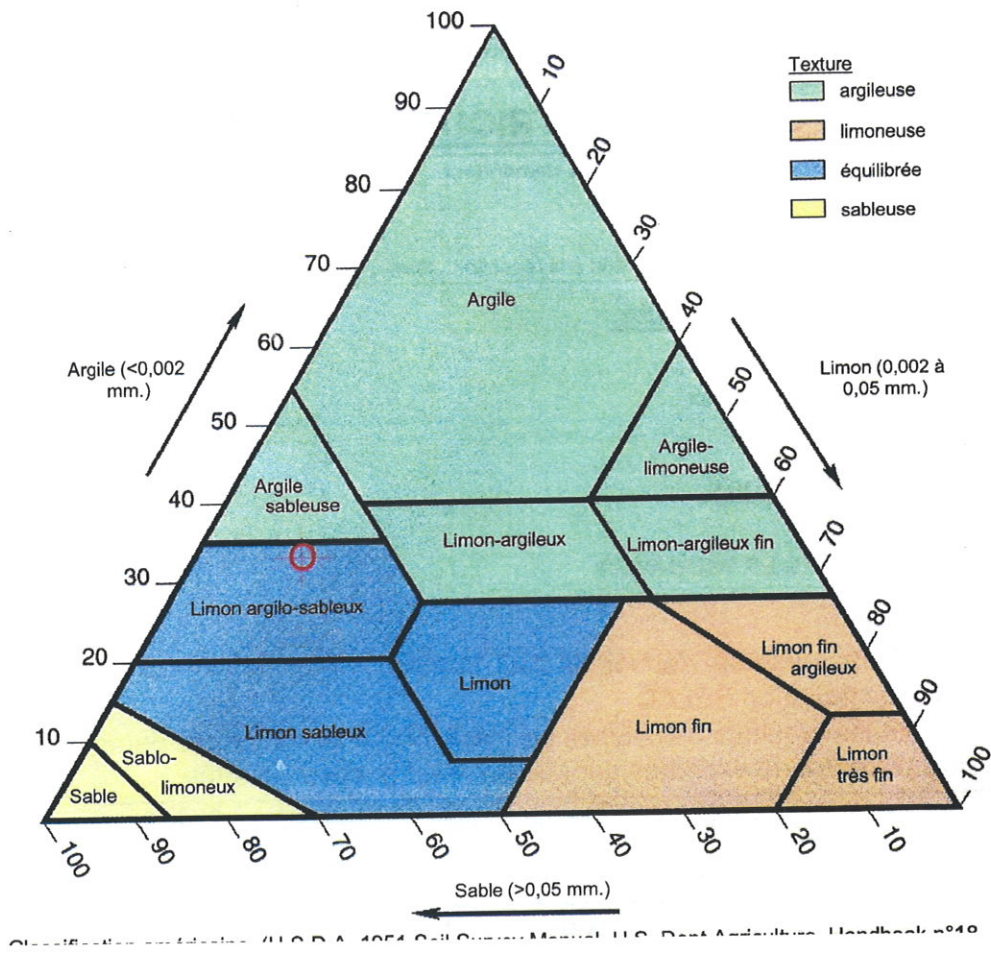


Figure 44 : Triangle textural (USDA, 1951).