

Communauté française de Belgique

**FACULTE UNIVERSITAIRE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE
GEMBLoux**

**Caractérisation de l'agroforêt LIMBA-bananier
de la Réserve de Biosphère de Luki
(Mayumbe, Bas-Congo)**

Travail de fin d'études

Année académique 2007-2008



Présenté par Sébastien Bauwens

Promoteurs : Pr. Jean-Louis Doucet et Pr. Jean Lejoly

En vue de l'obtention du grade de Bioingénieur en Nature, Eaux et Forêts

© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique⁴ de la Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux.

Le présent document n'engage que son auteur

Communauté française de Belgique

**FACULTE UNIVERSITAIRE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE
GEMBLoux**

**Caractérisation de l'agroforêt LIMBA-bananier
de la Réserve de Biosphère de Luki
(Mayumbe, Bas-Congo)**



Travail de fin d'études

Année académique 2007-2008

Présenté par Sébastien Bauwens

Promoteurs : Pr. Jean-Louis Doucet et Pr. Jean Lejoly

En vue de l'obtention du grade de Bioingénieur en Nature, Eaux et Forêts

Remerciements

Ce travail réalisé dans le cadre du programme de relance de la Recherche Agricole et Forestière en République Démocratique du Congo (REAFOR) m'a permis d'utiliser les connaissances apprises lors de mes cinq années d'études dans ces "vieux murs de Gembloux".

Je tiens à remercier chaleureusement mon co-promoteur professeur J. Lejoly (ULB) pour m'avoir donné cette opportunité de travailler pour REAFOR, mon co-promoteur professeur J-L. Doucet pour ses conseils éclairés et le professeur J. Rondeux, président de jury.

Mes gratifications vont également au professeur J-P Mate (UNIKIS, coordonnateur forestier adjoint du REAFOR/site de Luki) qui a supervisé la mise en place de mon travail sur le terrain, à mon père Dominique qui m'a accueilli, aidé et soutenu durant tout mon travail, à l'assistant Kasso Daïnou, pour ses lectures et conseils.

Une attention particulière va à mon ami Pathy Kibungu, étudiant de l'université de Kinshasa avec qui j'ai passé tous les bons et durs moments de mon séjour en RDC, à Lidjo N'Landu Phanzu (agent INERA), à Dakin et Nsunda pour leurs travaux réalisés sur le terrain.

Je tiens également à remercier Faustin Boyemba, doctorant à l'ULB, qui nous a aidé Pathy et moi à lancer le travail sur le terrain ; les doctorantes Camille Couralet et Maaike De Ridder du Musée royal d'Afrique central de Tervuren, pour l'aide, les conseils et les informations reçus avant mon départ ; la WWF RDC à travers Laurent Nsenga pour l'aide logistique apportée ; les chaleureux villageois de Monzy, et cette bonne vieille promotion de forestiers pour ces trois dernières années d'étude qui se sont passées dans la bonne humeur et le "travail".

Le voyage réalisé dans le cadre du présent travail a été rendu possible grâce à l'intervention financière du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique - Commission universitaire pour le Développement - Rue de Namur, 72-74, 1000 Bruxelles - www.cud.be.

Enfin, je porte une pensée particulière à ma famille qui m'a soutenu moralement.

Résumé

A l'heure actuelle les systèmes d'agroforêts comprenant le bananier font l'objet de peu d'études. Le but de ce travail est d'acquérir une meilleure connaissance du système agroforestier original qu'est l'agroforêt 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. Il en ressort que la plantation de limbas actuelle, âgée d'une cinquantaine d'année ne présente plus le potentiel sylvicole prévu à la base. La densité de celle-ci est en moyenne de 26 limbas par hectare, ce qui représente un volume moyen de 136,71 m³/ha, soit le tiers du volume d'une plantation de limbas de même âge et dont la densité est de 86 limbas/ha. La composition botanique de ce système ne diffère pas profondément de celui d'une plantation de limbas pure. Par contre la diversité du cortège floristique ligneux accompagnant le limba est réduite de moitié. Sous une fermeture moyenne du couvert arboré de 60 %, le rendement des bananeraies âgées de 20 ans est en moyenne de 2,9 t ha⁻¹ an⁻¹, ce qui est 25% inférieur au rendement des bananeraies classiques de la province (Bas-Congo). Ce rendement paraît convenable pour des bananeraies de cet âge car une telle culture, réalisée à ciel ouvert, serait normalement abandonnée après 10 ans par manque de rendement, et laissée en jachère durant 10 à 15 ans. Ce système agroforestier paraît donc durable et convient parfaitement pour les zones de transition de la Réserve de Biosphère de Luki.

Mots clés : *Terminalia superba*, limba, Gros Michel, bananier, agroforesterie, Mayumbe, Luki, Bas-Congo, RDC, plantation, sylvo-bananier, croissance, diversité, réserve de biosphère, MAB.

Abstract

Few studies have been realised about agroforestry systems including banana plants. The aim of this study is to get a better knowledge of the original agroforestry system: the limba – banana (*Terminalia superba*- *Musa acuminata* cult. 'Gros Michel'). To achieve this aim, the attention has been put on three points: characterizing the woody component, estimating the yield of the banana understorey crop and evaluating the vegetal diversity of this system. The limbas' plantation doesn't show anymore its expected silvicultural potential. Its density is in average 26 limbas per hectare, which represents a volume of 136.71 m³/ha, that is to say the third of a limba's plantation volume with the same age and with 86 limbas/ha. The botanical composition of this system does not fundamentally differ from a pure limba's plantation. However, the woody vegetal diversity is reduced by a half. With a canopy closure at 60 %, the yield of 20-year old banana plantation is 25 % lower than a classic banana plantation yield of the province (Bas-Congo). This yield is suitable for a banana plantation of this age with no external input. Banana plantations in open field are usually abandoned after 10 years because of an unsufficient yield, and they are then lied fallow for 10 to 15 years. This agroforestry system appears to be sustainable and it suits perfectly the transition areas of the Biosphere Reserve of Luki.

Key words: *Terminalia superba*, limba, Gros Michel, banana, agroforestry, Mayumbe, Luki, Bas-Congo, RDC, plantation, sylvo-bananier, growth, diversity, biosphere reserve, MAB.

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iv
Index des tableaux	vi
Introduction.....	1
Partie 1: Généralités	2
I. Présentation du milieu d'étude	2
I.1. Localisation et statut de la réserve	2
I.2. La géologie et la pédologie.....	4
I.3. La topographie et l'hydrographie.....	4
I.4. Climatologie	5
I.4.1. La température.....	5
I.4.2. Les précipitations.....	6
I.4.3. L'humidité atmosphérique	6
I.4.4. Les climats locaux	6
I.4.5. La radiation	7
I.5. La flore et la végétation.....	7
I.6. La population locale	8
I.7. Origine et description du système sylvo-banancier de la Réserve	9
I.7.1. L'origine.....	9
I.7.2. Le système sylvo-banancier	10
I.8. La culture du bananier au Bas-Congo et dans la Réserve	12
II. Connaissances actuelles sur le bananier, le limba et les systèmes d'agroforêts avec bananiers.....	13
II.1. Le bananier	13
II.1.1. Les besoins écologiques du bananier	13
L'éclaircissement.....	13
La température	15
Les besoins hydriques	15
Exigences sur la fertilité des sols.....	15
Le cas particulier du vent	15
II.2. Le LIMBA : <i>Terminalia superpa</i> Engl. et Diels.....	16
II.2.1. Appellation.....	16
II.2.2. Distribution géographique et provenance	16
II.2.3. Description de l'arbre	17
Brève description botanique.....	17
Morphologie	17
II.2.4. Exportation et utilisation du bois	18
L'utilisation	18
L'exportation	18
II.2.5. Autécologie	19
Les exigences climatiques.....	19
Les besoins édaphiques	19
Sensibilité à divers facteurs	20

Phytosociologie	20
II.2.6. Croissance et production du <i>Terminalia superba</i>	21
En milieu naturel.....	21
En plantation.....	21
II.3. Les agroforêts avec bananiers.....	22
II.3.1. Influence du système <i>Terminalia</i> spp.-bananier sur le sol et la litière	22
II.3.2. Les effets du système <i>Terminalia</i> spp.-bananier sur le microclimat.....	23
II.3.3. Les interactions qui existent entre les composantes du système.....	25
Interactions sur la croissance et la production.....	25
Partie 2: Objectifs et méthodes	27
III. Objectifs	27
III.1. Hypothèse centrale de recherche	27
III.2. Objectif principal	27
III.3. Objectifs spécifiques	28
III.3.1. Délimiter des dispositifs homogènes de suivi du système agroforestier limba-bananier du Bloc UB 1.....	28
III.3.2. Caractériser le système agroforestier limba-bananier par sa composition, sa diversité et sa structure végétale.....	28
III.3.3. Caractériser les bananeraies du système agroforestier.....	29
III.3.4. Déterminer la croissance du limba depuis sa plantation	29
IV. Méthodes.....	30
IV.1. Méthodologie de terrain	30
IV.1.1. Délimitation des dispositifs.....	30
IV.1.2. Le pré-inventaire du dispositif 1 et 2	32
IV.1.3. L'inventaire des parcelles sélectionnées	33
Les parcelles sélectionnées.....	33
Mesures réalisées dans les parcelles agroforestières (PA).....	35
Mesures des parcelles des plantations de limbas pures (PLP)	36
IV.1.4. Prélèvements de sol composites	37
IV.2. Paramètres utilisés pour le traitement des données.....	37
IV.2.1. Les paramètres dendrométriques	37
IV.2.2. Paramètres de composition botanique et de diversité.....	39
Les indices de composition botanique	39
Les indices de diversité	40
IV.2.3. Paramètres de description des bananeraies	42
Le rendement.....	42
Description des caractères végétatifs et pomologiques	43
Partie 3: Résultats et discussions.....	44
V. Résultats	44
V.1. Caractérisation dendrométrique des peuplements de limbas des PA et des PLP	44
V.1.1. Les plantations de limbas pures (PLP)	44
Description du peuplement.....	45
La relation diamètre-hauteur totale.....	46
Détermination de la forme des arbres	47
Détermination du volume de fût sur pied.....	48
Les accroissements	51
V.1.2. Les parcelles agroforestières (PA)	52
Description du peuplement.....	52

Détermination du volume sur pied	53
V.1.3. Discussions	54
V.2. Composition botanique et diversité.....	57
V.2.1. Composition botanique des PA et PLP	57
V.2.2. Diversité.....	60
V.2.3. Discussions	62
V.3. La production des bananeraies en milieu agroforestier.....	64
V.3.1. Le rendement des bananeraies agroforestières	64
V.3.2. Description des caractères végétatifs du 'Gros Michel'	66
V.3.3. Caractéristiques de la partie arable des sols des agroforêts.....	70
Propriétés physiques	71
Propriétés chimiques	71
V.3.4. Discussions	73
Partie 4: Conclusion et Perspectives	75
Références bibliographiques	77

Table des figures

Figure 1 : Province du Bas-Congo et ses districts. Le point jaune indique l'emplacement de la Réserve.	3
Figure 2 : Réserve de Biosphère de Luki (source : Lubini, 1997)	3
Figure 3 : Massif forestier du Mayumbe en pointillé (source : Lubini, 1997)	5
Figure 5 : Distribution du <i>Terminalia superba</i> et <i>T. ivorensis</i> (source : Groulez et Wood, 1984)	16
Figure 6 : Evolution des exportations (1953-1977) du <i>Terminalia superba</i>	18
Figure 7 : Modification du pouvoir évaporant de l'air par la réduction de la vitesse du vent dans un système agroforestier. (Source : Baldy <i>et al.</i> , 1993)	25
Figure 8 : Les différents scénarios possibles de la relation : degré d'intensification agricole et la biodiversité totale (Source : Vandermeer <i>et al.</i> , 1998)	29
Figure 9 : Carte du bloc UB1 et UB2 comprenant les dispositifs de recherche (les parcelles hors des dispositifs sont présentées).....	31
Figure 10 : Schéma du layonnage et du pré-inventaire du dispositif.	32
Figure 11 : Schéma des parcelles agroforestières sélectionnées (carrés rouges) dans les dispositifs 1 et 2.....	33
Figure 12 : Schéma des parcelles de limbas à haute densité sélectionnées (carrés rouges) dans les dispositifs 3 et 4.	34
Figure 13 : Schéma d'une parcelle d'inventaire.	36
Figure 14 : Structure du peuplement de limbas de 59 ans par classe de diamètre (classe 1= 10 à 19,9 cm de diamètres, classe 2= 20 à 29,9 cm etc).....	45
Figure 15 : Structure de la population des essences accompagnatrices du limba dans la plantation de limbas de 59 ans.	46
Figure 16 : Relation logarithmique entre le dhp (cm) et la hauteur totale (m) des plantations des limbas à haute densité (Dispositif 3 et 4).....	47
Figure 17 : Relation liant le diamètre à hauteur de poitrine (cm) au diamètre médian.	48
Figure 18 : Cubage des limbas mesurés dans les 4 ha du dispositif 3 à partir du tarif du SPIAF ($VSE = 0,000210082 \times d^{2,3807145}$), et les deux équations de cubage ($V = - 0,777 + 0,00241 D^2_{HP} - 0,000009 D^3_{HP}$ et $V = - 0,02 + 0,00163 D^2_{HP}$).....	50
Figure 19 : Evolution des résidus de l'équation de cubage	50
Figure 20 : Structure des peuplements ligneux des parcelles agroforestières par classe de diamètre (classe 1= 10 à 19,9 cm de diamètres, classe 2= 20 à 29,9 cm de diamètres etc).	52
Figure 21 : Structure de la population des essences accompagnatrices du limba dans les parcelles agroforestières.	53
Figure 22 : Importance relative des principales familles des parcelles agroforestières.	57
Figure 23 : Importance relative des principales familles des plantations de limbas à hautes densités.	57
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).	61
Figure 25 : Répartition des rendements des parcelles agroforestières en fonction de la fermeture moyenne du couvert.....	66
Figure 26 : Fréquence du nombre de mains par régime et par type de bananeraie.	68
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.	69

Figure 28 : Régression linéaire entre la circonférence au collet (en cm) et le nombre de doigts des bananiers mesurés dans les placeaux.	69
Figure 29 : Régression linéaire entre le nombre de doigts et le poids du régime des bananiers mesurés lors de la récolte.	69
Figure 30 : Schéma du dispositif 1	89
Figure 31 : Test de Normalité selon Ryan-Joiner de la distribution des diamètres du coupon 48-49. 90	
Figure 32 : Test de Normalité Ryan-Joiner de la distribution des diamètre des parcelles agroforestières.	91
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...).....	92
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.)	92
Figure 35 : Nombre moyen de doigts en fonction du nombre de mains par régime et selon le type de bananeraie.	93
Figure 36 : Nombre moyen de doigts par main en fonction du nombre de mains par régime et selon le type de bananeraie.	93
Figure 37 : Droite de régression entre le nombre de mains et le poids du régime de bananes.	94
Figure 38 : Droite de régression entre la circonférence au collet et le nombre de mains.....	94
Figure 39 : Droite de régression entre le nombre de mains et le nombre de doigts.....	94
Figure 40 : Evolution du poids des régimes en fonction de la circonférence au collet dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.	95
Figure 41 : Evolution du nombre de mains en fonction de la circonférence au collet dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.	95
Figure 42 : Evolution du poids des régimes en fonction du nombre de mains dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.	96
Figure 43 : Evolution du nombre de doigts en fonction du nombre de mains dans différents pays et sous différentes conditions de cultures.	96
Figure 44 : Triangle textural (USDA, 1951).....	97

Index des tableaux

Tableau 1 : Moyennes journalières de la radiation globale à la station de Luki (source : Vangu et Mabiala, 1982)	7
Tableau 2 : Exportation (en m ³) du limba/fraké (L/F) et de la totalité des essences par pays en 2005 (source : ATIBT, 2006).....	19
Tableau 3 : Synthèse des parcelles utilisées pour les différents paramètres étudiés.....	34
Tableau 4 : Caractéristiques moyennes du peuplement de limbas de 59 ans (coupon 48-49) avec leurs coefficients de variation.	46
Tableau 5 : Détermination de l'équation de régression liant le volume (volume) en m ³ aux variables diamètre (diam), Diamètre au carré (diam ²), diamètre au cube (diam ³) et logarithme du diamètre (log Diam), par la méthode « Stepwise » du logiciel MINITAB.....	49
Tableau 6 : Caractéristiques dendrométriques moyennes avec leur coefficient de variation (CV) des parcelles agroforestières.	53
Tableau 7 : Synthèse des études menés au coupon 48-49 depuis son installation (Dmoy= diamètre moyen, a.m.a. = accroissement moyen annuel, G = Surface terrière, et a.p.= accroissement périodique en diamètre).	55
Tableau 8 : Les composantes de l'importance relative des familles des milieux étudiés.	58
Tableau 9 : L'importance relative des espèces principales des parcelles agroforestières et des plantations de limbas à hautes densités.	59
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).	60
Tableau 11 : Diversités spécifiques et recouvrements relatifs des principales familles de l'association <i>Terminalietum superbae</i> (source : Lubini, 1997)	62
Tableau 12 : Description et estimation de la production (t/ha) des différentes parcelles..	64
Tableau 13 : Coefficients de corrélations Pearson (r) et test de signification de ces coefficients (p).	65
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).	67
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.	70
Tableau 16 : Analyse de la variance des circonférences de chaque parcelle (6) des plantations de limbas à haute densité par le logiciel MINITAB.....	90
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 (Diam ²), par la méthode « Stepwise » du logiciel MINITAB.....	91
Tableau 18 : Test de signification des paramètres de la régression:	91

Introduction

Les forêts dans le monde sont parcourues, exploitées, travaillées par les paysans, souvent modelées en fonction de leurs besoins, et cela depuis fort longtemps. Les écosystèmes concernés par ces activités multiples et répétées s'en trouvent fortement modifiés dans leur composition, leur structure et leurs fonctions, parfois jusqu'à perdre une large fraction de leur couverture arborée. Le système original d'agroforêt limba-bananier (*Terminalia superba* – *Musa acuminata* cult. 'Gros Michel') est le résultat d'un fort processus d'anthropisation de l'écosystème qui aura permis au paysan de tirer parti de ses terres environnantes.

La composante arborée de ce système agroforestier a souvent fait l'objet de descriptions sylvicoles sous le terme de système sylvo-bananier, méthode agrosylvicole employée lors de l'installation des plantations de limbas dans la Réserve de Biosphère de Luki en RDC. Mais peu d'études se sont réellement attardées sur l'aspect agricole de ce système. Ce travail, réalisé au bloc UB 1 de la Réserve de Biosphère de Luki, a donc voulu lier les deux composantes en faisant une description de ces dernières et en tentant de comprendre l'influence de certains facteurs (couvert, fertilité du sol) sur la production des bananiers.

Le plan de ce document comprend : une partie « généralités » avec par exemple, la description de l'origine du système sylvo-bananier et la revue de différentes études sur des agroforêts comprenant le bananier ; une seconde partie avec les objectifs de ce travail de fin d'étude et la méthodologie de la démarche suivie ; une troisième partie avec les résultats et les discussions, et enfin la conclusion et les perspectives.



PARTIE 1: GENERALITES

I. Présentation du milieu d'étude

I.1. Localisation et statut de la réserve

Le système agroforestier étudié se situe dans la Réserve de Biosphère de Luki. Cette réserve de 32 710 ha est localisée en bordure méridionale du massif forestier du Mayumbe, dans la province du Bas-Congo en République Démocratique du Congo (Figure 1). Elle se trouve à environ 100 km à l'est de la côte Atlantique et à 30 km au nord de la ville de Boma et s'étend, de 13°10' à 13°13' de longitude Est et de 5°35' à 5°43' de latitude Sud, sur 3 Territoires : Lukula, Seke-Banza et Muanda. La Réserve de Luki est accessible directement par l'axe routier Matadi-Boma qui la traverse.

L'étude menée se trouve plus précisément dans le bloc d'Uniformisation par le bas n°1 (UB 1) de la réserve. Le village de Monzy 1 se trouve à l'intérieur de ce dernier. Ce bloc de 868 ha fait partie des 14 blocs (UB1-UB14) de plantations d'arbres mises en place par une méthode sylvo-agricole de 1948 à 1961 (N'landu Phanzu, 2006). Ces blocs entourent la zone centrale de la réserve de l'est au nord-ouest en passant par le sud (Figure 2).

La Réserve forestière de la Luki a été créée le 12 janvier 1937. Une partie de ses habitants a alors été maintenue sur place et regroupée dans des enclaves tandis qu'une autre a été déplacée hors des limites du domaine classé. Elle n'a jamais eu un statut de réserve intégrale et était gérée par l'Institut national pour l'Etude et la Recherche agricole du Congo (INEAC). Elle est placée après 1960 sous la gestion de l'Institut National d'Etude et de Recherche Agronomique (INERA) sous tutelle du Ministère en charge de la Recherche Scientifique.

En mai 1979, la Réserve de Luki est érigée en Réserve de la Biosphère. Sa gestion est alors transférée au comité national du Programme Man and Biosphère (MAB) du Zaïre sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature, Eaux et Forêts transformé aujourd'hui en Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme. Ce transfert n'éteint pas pour autant les prérogatives et la légitimité de l'INERA sur la gestion de la Réserve. Afin d'harmoniser la gestion de la réserve, un "comité local de pilotage" a été créé en octobre 2006. Ce comité est composé: du chef de station de l'INERA (président), du chef de programme MAB/Luki (vice-président), d'un représentant d'une ONG internationale (WWF), d'un représentant d'une ONG locale (GRAED), d'un représentant des chefs traditionnels de la réserve et d'un représentant de l'autorité provinciale.

I.2. La géologie et la pédologie

Les soubassements de la Réserve de Luki s'étendent entièrement dans le système géologique du Mayumbe défini par Cahen (1945) cité par Donis (1948). Ce système comprend les assises suivantes (Donis, 1948) : l'étage de la Duizi, principalement composé de schiste satiné ; l'étage de Tshela, principalement constitué de roches graphiteuses et de grès feldspathiques ; l'étage de Matadi, formé essentiellement de quartzite et l'étage de Palabala, constitué de micachistes et gneiss.

Cinq types de formations de recouvrement d'importances inégales sont reconnues dans l'ensemble de la Réserve. Seuls trois d'entre eux occupent la majeure partie de la réserve (Lubini, 1984) :

- les quartzites micacés se trouvant sur tout le bassin de Ntosi et le sud de la Réserve ;
- les schistes satinés jonchant le nord, l'est et le sud-est du Domaine de la Réserve ;
- les gneiss identifiés dans l'ouest de la Réserve et dans la région des grottes.

Les différents sols que l'on peut rencontrer dans la Réserve sont, par ordre d'importance (Donis, 1948):

- les sols jaunes sur gneiss et sur quartzites,
- les sols rouges sur gneiss,
- les alluvions récentes généralement pauvres et peu profondes (horizon de cailloux roulés et de quartz),
- et les sols rouges violacés sur amphibolites.

I.3. La topographie et l'hydrographie

Le domaine de la Réserve de Luki fait partie de la chaîne du Mayumbe. Cette chaîne s'étend parallèlement à la côte atlantique sur une distance de 1 000 km (Sénéchal *et al.*, 1989) et borde du nord au sud la côte gabonaise, la République du Congo, l'Angola (Cabinda) et la République Démocratique du Congo (Figure 3).

Dans les limites de la réserve, les collines ont une altitude qui varie entre 150 et 500 m. Les dénivellations relatives (entre les fonds de vallées et les sommets des collines environnantes) sont de l'ordre de 40 à 70 m. Les pentes atteignent les valeurs de 10 à 50%. (Lubini, 1997). La superficie relative des sommets est environ de 30%, celle des versants de 60% et celle des fonds de vallées de 10% (Meulenbergh, 1945 cité par Donis, 1948)

L'ensemble de l'écosystème de Luki appartient entièrement au bassin hydrographique de la rivière Luki, affluent de la Lukala, elle-même affluent du fleuve Congo. La rivière Luki traverse toute la Réserve du nord-est au sud-ouest en décrivant une grande courbe. Son principal affluent est la Ntosi, sur laquelle s'articule tout un réseau hydrographique complexe, à caractère torrentiel et souvent saisonnier (Lubini, 1997).

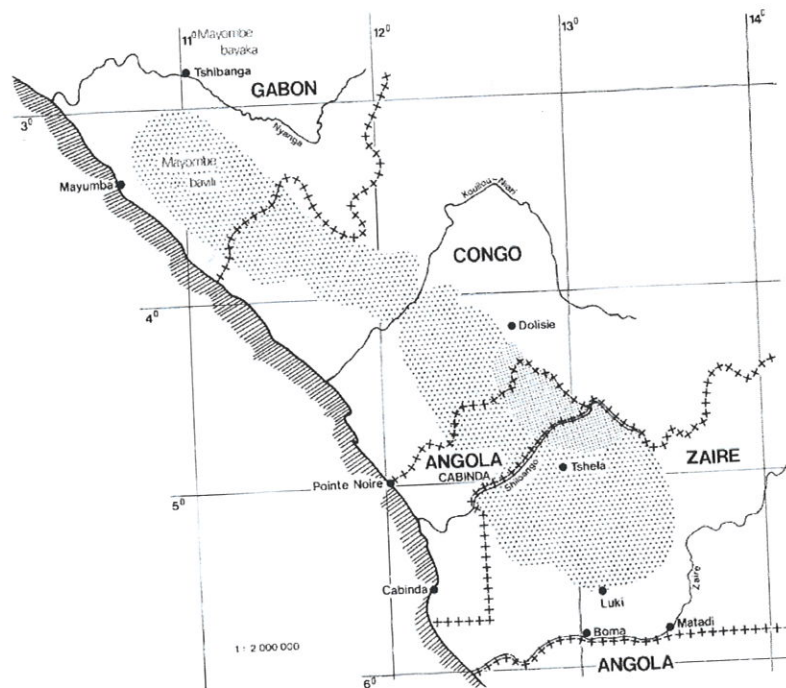


Figure 3 : Massif forestier du Mayumbe en pointillé (source : Lubini, 1997)

I.4. Climatologie

La réserve de biosphère de Luki jouit d'un climat à caractère nettement tropical. Il se caractérise par une saison sèche de 5 mois (précipitations inférieures à 100 mm) de mi-mai à mi-octobre et deux périodes de fortes pluies, en mars-avril et en novembre, séparées par une période de moindres pluies en janvier. Le climat est de type Aw_5 selon la classification de Köppen.

Les différentes données exposées dans ce sous-chapitre proviennent des observations enregistrées à la station de recherches forestières de Luki depuis 1930 et exposées par Lubini (1997).

I.4.1. La température

La moyenne annuelle des températures, pour la période de 1970 à 1986, est de $24,3^{\circ}\text{C}$. La moyenne annuelle des maximums est de $32,6^{\circ}\text{C}$, la moyenne annuelle des minimums est de $18,03^{\circ}\text{C}$ et l'amplitude thermique moyenne annuelle est de $2,5^{\circ}\text{C}$. Le mois d'avril est le plus chaud tandis que juillet est le mois le plus frais.

I.4.2. Les précipitations

Entre 1930 et 1986, la moyenne annuelle des pluies reçues à Luki est de 1 155,4 mm. Mais on relève de fortes variations d'une année à l'autre (de 950 mm/an à 1 450 mm/an). Durant la période de pluie, on observe un fléchissement des précipitations en décembre et janvier. Les mois de juin, juillet, août et début septembre sont climatiquement secs (précipitations inférieures à 5 mm).

La variabilité de la répartition et de l'intensité des pluies est tellement importante, qu'elles conditionnent l'agriculture dans le Mayumbe et rendent aléatoire beaucoup de cultures annuelles (Wagemans, 1961).

Le nombre moyen de jours de brouillard par an a été de 171 entre 1930 et 1970. Pendant la période de sécheresse (juin à septembre), le nombre moyen de jours de brouillard est de 11 en juin, 13 en juillet, 11 en août et 9 en septembre. Durant cette période, les brouillards atténuent quelque peu la sécheresse de l'air et le déficit de saturation en eau est compensé par des brouillards matinaux. Il s'agit d'une compensation écologique. La saison sèche climatique ne semble donc pas l'être écologiquement (Lubini, 1997).

I.4.3. L'humidité atmosphérique

L'humidité relative reste élevée pendant toute l'année à Luki. Pour la période 1930-1986, la moyenne annuelle fut de 75,9 %, mais elle fut de 83,3 % pour la période de 1954-1970. Cette humidité de l'air varie assez fortement d'une année à l'autre et, en général, l'humidité atmosphérique est légèrement plus élevée en saison sèche (Lubini, 1997).

I.4.4. Les climats locaux

Du point de vue écologique, deux climats locaux peuvent être distingués, à savoir (Donis, 1948):

- le microclimat des vallées, à humidité élevée, à vents faibles et à brouillards de formation locale très fréquents ;
- le microclimat des crêtes au dessus de 350 m, habituellement plus sec, à vents plus violents, les brouillards locaux ne les entourant généralement que pendant une courte période au moment où ils s'élèvent. Ces crêtes sont parfois noyées par la base des nuages peu élevés venant de la mer.

La topographie, avec son altitude permet donc de distinguer des zones à humidité maximum : les fonds de vallées, dont l'étroitesse et la végétation semblent ralentir la vitesse du vent qui permet le brassage des masses d'air, et des zones de nébulosité minimum, les collines de 300 à 350 m d'altitude (Lubini, 1997).

I.4.5. La radiation

Le tableau ci-dessous reprend la radiation globale¹ (cal/cm²) mensuelle fournie par Vangu et Mabiala en 1982:

Tableau 1 : Moyennes journalières de la radiation globale à la station de Luki (source : Vangu et Mabiala, 1982)

Mois	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Radiation globale en cal/cm ² (1958-1976))	344,6	383	400,4	383,1	311,4	248,4	202,3	192,6	196,7	246	320,1	332,8

I.5. La flore et la végétation

La flore de la Réserve, riche et diversifiée, est composée de deux flores africaines: la flore sèche et la flore hygrophile. La proportion de ces deux flores d'origines différentes est inégale au sein de la Réserve.

Le premier groupe d'espèces, issu de la lignée forestière sèche, est composé entre autres d'espèces africaines plurirégionales. Tandis que le second groupe d'espèces, dont la proportion est de loin plus importante, fait partie de la flore du vieux fond hygrophile. Il se compose notamment de *Entandrophragma angolense*, *E. utile*, *Gilbertiodendron dewevrei* et *Diospiros* spp., *Prioria balsamifera*, *Terminalia superba* et *Piptadeniastrum africanum* (Lubini, 1997).

La végétation, constituée des espèces des deux flores est non seulement le résultat des oscillations paléoclimatiques, mais elle a été également fortement marquée par l'empreinte de l'homme. Aubreville (1949) cité par Lubini (1997), et Donis (1948) décrivent en détail ces facteurs.

La forêt du Mayumbe apparaît comme une relique d'une ancienne forêt dense humide qui se trouve à présent en discordance écologique avec le climat actuel comportant une saison sèche d'environ 5 mois. En équilibre très instable, elle ne doit sa survie qu'au fait qu'elle est accrochée aux collines de la chaîne du Mayumbe, qui retiennent les brouillards dus à la proximité de l'océan (Lubini, 1997).

¹ Les mesures étaient réalisées par un pyranomètre de Bellani (Wagemans, 1961 ; Mbizi, 1972)

I.6. La population locale

Avant de devenir une Réserve Domaniale puis une Réserve de Biosphère, ce territoire était habité par les populations Bayombe. A la suite de la création de cette zone protégée, une partie de la population fut déplacée et installée hors de celle-ci, tandis que l'autre partie fut autorisée à y habiter dans des zones bien délimitées : les enclaves (Lubini, 1997). Ces enclaves sont au nombre de quatre : Kimbuya, Sukuti, Sumba Kituti et l'enclave de Kiobo. Il y a également la Zone de la Station de recherche de Luki dans le sud-ouest de la Réserve qui est habitée par une centaine de ménages. A côté de cela, les camps de travailleurs des colons et des sociétés agricoles qui travaillaient dans la réserve sont restés après l'indépendance. C'est le cas par exemple, du camp de Monzy 1 qui se trouve à côté de la route goudronnée Matadi-Boma, au sein du bloc étudié (UB1). A cela s'ajoute encore des villages illégaux le long de la route goudronnée qui traverse la réserve, et même au sein de la réserve comme le village de Mbondo qui se trouve à 3,3 km à vol d'oiseau, au nord-ouest de Monzy, dans la zone tampon de la réserve. A l'heure actuelle, ces villages sont également peuplés de citoyens de Boma, de Matadi et de Kinshasa.

En 1961, la population de la Réserve, des enclaves et des alentours était estimée à 18 000 personnes (Pendje, 1992 cité par Mankoto & Maldague, 2005) ; en 1990, elle est passée à 43 000, soit une augmentation de 235% en 29 ans (Mankoto & Maldague, 2005).

L'ensemble de cette population exerce divers types d'activités dont les conséquences se manifestent sur cette aire protégée. Ces activités sont :

- **L'agriculture :** Les cultures vivrières traditionnelles pratiquées dans la Réserve sont celles du bananier, des taros, du manioc, du riz, du maïs et de la patate douce (Lubini, 1997). La technique de culture est principalement l'agriculture itinérante. Mais les habitants de la réserve (enclaves non incluses), avec leur statut de métayer, sont obligés de travailler sur des terres bien définies par l'INERA². La culture des bananiers est prépondérante car la banane est l'aliment de base de la population. De plus, elle est évacuée et vendue via les deux gros axes routiers qui traversent la réserve (Matadi-Boma et Boma-Tshela). Cette production est vendue à Boma, Matadi, Tshela et Kinshasa. Les autres cultures sont principalement destinées aux ménages des paysans. Deux variétés de bananiers sont principalement cultivées par les paysans : le bananier de dessert, cultivar Gros Michel (génome AAA) et le bananier plantain (génome AAB). En général, la culture des bananiers se fait dans les vallées ou sous l'ombrage du limba (*Terminalia superba*). Les tarots sont cultivés en association avec le bananier ou isolément dans les vallées. Ils sont cultivés pour leurs tubercules qui, dans le Mayumbe, remplacent partiellement le manioc (Lubini, 1997). Les principales zones de culture se situent dans les enclaves, les blocs UB qui longent la route Matadi-Boma et dans les alentours de la station de recherche de Luki ;
- **La chasse, la pêche et la cueillette :** les deux premières activités se marient difficilement avec le statut de réserve. Le braconnage se fait soit à l'aide de carabines, soit avec des pièges, ces derniers étant les plus utilisés par les villageois ;

² INERA : Institut National d'Etude et de Recherche Agronomique en République Démocratique du Congo.

- **La carbonisation** : la majorité des citadins implantés dans les villages de la réserve ainsi que les jeunes des villages s'adonnent à cette activité illégale. Elle répond à la forte demande des agglomérations voisines. Les espèces exploitées pour le charbon de bois sont principalement *Xylopia aethiopica*, *Aidia ochroleuca*, *Corynanthe paniculata*, *Terminalia superba*, *Macaranga spinosa*, *M. monandra* et *Funtumia elastica* (Lubini, 1997) ;
- **Le sciage de long** : cette activité, également illégale, est omniprésente autour des villages et au niveau de la zone tampon de la Réserve.

Ces deux dernières activités sont terriblement destructrices. Dans toute la zone de transition, on assiste à un réel écrémage et même à une déforestation totale. Tous les blocs qui se trouvent à proximité des villages, principalement ceux qui longent la route Matadi-Matene, sont dans un état de dégradation plus ou moins avancée. L'effectif et les moyens restreints des écogardes de l'INERA et du MAB ne permettent pas d'enrayer cette destruction de la réserve. La carbonisation et le sciage de long restent encore des activités bien présentes.

I.7. Origine et description du système sylvo-banancier de la Réserve

I.7.1. L'origine

La forêt du Mayumbe connaît depuis 1930 une intense exploitation forestière pour ses peuplements exploitables dont principalement les peuplements de *Terminalia superba* (limba). Les exportations de bois de cette seule région représentaient en 1939, plus de 80% des exportations de bois de la colonie (Humbert, 1946). En 1953, selon le rapport de la Province de Léopoldville cité par Wilten (1955), au Bas-Congo, il y a eu 251 500 m³ de bois abattus et 124 700 m³ de bois exportés. Le limba, à lui seul, représentait 69,6% de ces volumes (175 000 m³ de bois abattu et 86 900 m³ de limba exporté). Le rendement de ces peuplements était en moyenne de 15 à 20 m³/ha, mais pouvait atteindre 100 m³/ha dans les parcelles les plus riches en *Terminalia superba* (Wagemans, 1961).

Le marché du bois de *Terminalia superba* a été rendu possible, dans cette région, grâce au volume important exploité par hectare et la proximité des ports maritimes (Wilten, 1955).

Au vu de l'importance économique que prenait l'exportation de ces grumes, et du souci de maintenir cette exportation, d'importants projets de reboisement et d'essais sylvicoles ont été menés dans la région du Bas-fleuve.

C'est dans ce contexte économique, que sont apparus, fin des années 40 jusqu'aux années 60, dans la Réserve de la Luki les 8 blocs d'uniformisation par le haut (U.H.) et les 14 blocs d'uniformisation par le bas (U.B.) (Figure 2).

L'uniformisation par le haut (U.H.) consiste à convertir une futaie d'âges multiples en futaie tendant vers la régularité, c'est-à-dire de réduire les écarts d'âges entre les limites supérieures et inférieures d'exploitabilité par la mise en lumière des classes de recrutement les mieux représentées (Donis, 1951).

Les blocs d'uniformisation par le bas (UB) sont des blocs ayant subi des méthodes de régénération artificielle d'essences précieuses. L'essence précieuse privilégiée dans ces blocs était le limba. Les méthodes de régénération choisies pour cette essence au Mayumbe étaient la méthode en layons et la méthode sylvo-agricole, plus particulièrement le système sylvo-bananier (Wilten, 1955).

La méthode en layons consiste à ouvrir la forêt à traiter en dégagant latéralement des layons parallèles dans lesquels seront introduites les essences d'intérêt (Humblet, 1946). C'est une méthode extensive visant à enrichir la forêt.

I.7.2. Le système sylvo-bananier

Le système sylvo-bananier est une application du système taungya. Celui-ci consiste essentiellement à faire la culture des essences forestières sur un terrain forestier préparé pour une culture agricole.

La préparation du terrain est faite soit par un paysan, soit directement par un planteur ou par le Service Forestier qui y installe une culture industrielle ou une culture vivrière dans le but de réduire les coûts de la plantation forestière. La réussite de ce système dépend néanmoins de la demande des terres de culture, c'est-à-dire de la densité de la population. Or, au Mayumbe, la disponibilité de terrains convenant à la culture bananière venait à manquer. Les planteurs industriels étaient donc disposés à passer des contrats d'entreprise, avec l'INEAC ou avec la Colonie pour la plantation de limbas (Wilten, 1955).

Dans le cas du bloc UB 1, site de la présente étude, les pourparlers pour la mise en place de 5 blocs sylvo-bananiers commencèrent en fin d'année 1947. Le 19 mai 1948, des conventions sont signées entre l'INEAC et le colon Kestemont, ce dernier étant tenu de planter lui-même des limbas à l'écartement 8x12 m. (Wagemans, 1961)

La convention d'occupation de l'INEAC, présentée par Wagemans (1961), spécifie qu'elle met à disposition du planteur, un bloc d'environ 500 ha de terrains forestiers sous certaines conditions qui sont reprises dans un cahier de charge annexé à la convention.

Ainsi, le planteur s'engage :

- à planter, dans le bloc loué, des bananiers sur les terrains convenant à cette culture et ce endéans 5 années,
- à faire une plantation intercalaire de limbas en même temps que la mise en place des bananiers
- à payer le droit de location pour le terrain,
- lors de l'abattage de la forêt préliminaire à la plantation des bananiers, le contractant peut récupérer les bois s'y trouvant et les vendre à son profit personnel en payant à l'Etat les redevances forestières réglementaires.

Après les 5 années de production bananière, le coupon annuel retourne à l'INEAC qui fait constater la reprise, si le nombre de plants de limbas présents répond aux clauses du contrat. Si ces conditions ne sont pas remplies, une amende par hectare est prévue.

La plantation de limbas dans les blocs de sylvo-bananiers de la Réserve de Luki, loués par l'INEAC est à charge du contractant contrairement aux blocs alloués par le Gouvernement dont la plantation des limbas se fait par la Brigade Forestière au moyen de plants produits dans leurs pépinières.

Les écartements demandés dans les premiers blocs de sylvo-bananiers de la réserve, dont le bloc UB 1 de la présente étude, étaient de 8 m x 12 m pour les limbas. Les bananiers étaient quant à eux plantés à 4 m x 4 m (Figure 4). D'autres écartements ont été essayés par la suite dans d'autres blocs de la Réserve : 4 m x 16 m et 4 m x 12 m. (Wagemans, 1961)

La plantation de limbas était réalisée après les premières bonnes pluies (fin octobre ou en novembre) durant la première année suivant la plantation des bananiers.

Tous les essais de reboisement ont été faits à l'aide de stumps³. Ce système s'est avéré le meilleur pour la plantation de cette essence, surtout si une recoupe, à hauteur voulue, de la tige des plants en pépinière est réalisée 6 à 8 jours avant la transplantation.

Les plantations réalisées par le contractant ont montré des résultats de reprise et de croissance inférieurs aux plantations réalisées par la Brigade forestière. Cette différence de résultats est due à la manière dont les plants ont été sélectionnés et élevés en pépinière, à la technique de plantation et au suivi de la plantation les années qui suivirent leurs installations. Toutes ces étapes étaient supervisées et réalisées par des agents de l'Etat qualifiés pour les blocs de l'Etat, tandis que pour les blocs de l'INEAC, ce sont les colons qui s'occupaient de toute la phase d'installation de la plantation. Or la bonne réussite de la plantation n'était pas à l'avantage des contractants qui devront par la suite abandonner ces terres (Tutula, 1968).

Après le départ des colons, les plantations ont été cédées aux métayers congolais qui ont poursuivi la récolte des bananiers 'Gros Michel' (Delaunoy *et al.*, 2007).

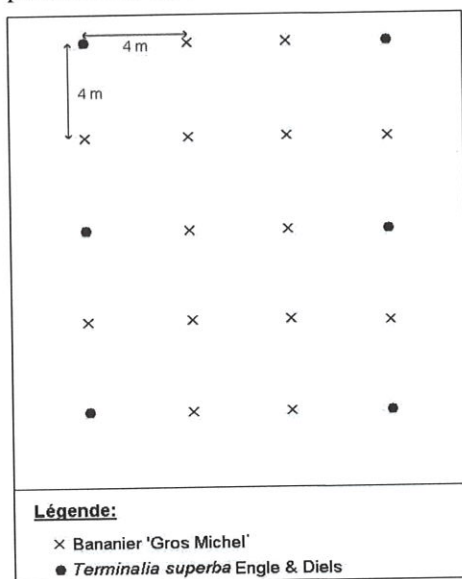


Figure 4 :Schéma de l'écartement des premières plantations sylvo-bananières de la RBL.

³ Les stumps de limba, produit au Mayumbe, consistaient à recéper la pousse terminale, sur bois bien aoûté, les ramifications étaient sectionnées à 5-7cm de la tige et le pivot racinaire était sectionné s'il dépassait 40 cm, taille des trous de plantation. La taille de la tige faisait entre 1m et 1,5m. (Humblet, 1946)



I.8. La culture du bananier au Bas-Congo et dans la Réserve

La banane plantain reste l'une des principales cultures du District du Bas-Fleuve. Avant l'indépendance, des sociétés de culture et d'exportation avaient développé de grandes plantations. Mais depuis leur fermeture, la banane est restée exclusivement l'activité des paysans. Depuis lors, on observe une régression nette de la production et une surenchère dans les centres de consommation (PNUD, 1998).

Le District du Bas-Fleuve et le District de Boma (Districts chevauchés par la Réserve), ont un rendement moyen pour la banane plantain de respectivement 5,9 t/ha et 4,5 t/ha durant la période 1990-1994 (PNUD, 1998). En ce qui concerne la banane de dessert, le rendement, en 1989, du Bas-Congo était de 3,8 t/ha (Bakelana et Mankangidila, 1996). Les rendements en bananes plantain et banane dessert de la Province sont semblables à celles des autres Provinces du pays.

Les résultats d'une enquête menée chez les paysans de deux Districts du Bas-Congo (le Bas-Fleuve et les Cataractes) par l'INERA de M'Vuazi présentés par Bakelana *et al.* (1999), donnent un bon aperçu de la place du bananier dans le monde paysan de la région. En ce qui concerne la destination des bananes, ils constatent qu'environ 30% est consommée directement par les ménages et 70% vendue au marché. La superficie cultivée est fonction du travail à la houe. En effet, cette contrainte ne permet pas aux paysans de cultiver des superficies dépassant un hectare. Les terres cultivées sont, pour plus de 60% des paysans, des terres provenant de la famille élargie ou du clan. Le système de culture le plus pratiqué dans le District du Bas-Fleuve est la monoculture en forêt. La culture de case a également une certaine importance, sa production sert comme aliment de base. La fertilisation des bananiers n'est généralement pas réalisée dans la région. Pour plus de 40% des paysans, la main d'œuvre provient de la famille restreinte (mari, femme et enfants).

Une enquête a été menée par le WWF en février 2007 (Delaunoy *et al.*, 2007), auprès des paysans et des vendeurs de villages se trouvant le long des axes routiers : Materne-Lemba (route Boma-Tshela), Materne-Kinzao-Mvuete (route nationale Boma-Matadi) et l'axe Materne-Boma (ces axes traversent la Réserve). Sur la surface totale de bananeraie cultivée par les paysans interrogés (405 ha), plus de 60% se situerait sous une couverture boisée. 22% des paysans rapportent qu'ils cultivent, depuis plus de 20 ans, au même endroit. La majorité parle aussi d'un remplacement continu de la plantation, c'est-à-dire qu'ils entretiennent les rejets et replantent là où les bananiers dégénèrent.

Toujours selon cette enquête, les paysans interrogés cultivent toujours les rejets des bananiers de la variété 'Gros Michel' qui furent introduits par les colons belges avant l'indépendance. La densité de plantation optée par les paysans semble être calquée sur la densité utilisée par les colons, c'est-à-dire autour des 4 m x 4 m. Différentes variétés de plantains ont été introduites par la suite. Les noms locaux de ces derniers sont : Tseluka, Dijimba, Ndongila.

Les maladies des bananiers les plus fréquentes sont le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*), et le Bunchy Top des bananiers (*Banana Bunchy Top Babuvirus*, BBTV). Par contre, la maladie de Panama (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*), qui a éradiqué la variété 'Gros Michel' des marchés mondiaux, n'est pas présente dans le Mayumbe.

La production mensuelle des bananeraies calculées par Delaunoy *et al.* (2007) fluctue entre environ 450 kg/ha et 600 kg/ha pour le 'Gros Michel', et entre 350 kg/ha et 490 kg/ha pour les plantains. Pour la durée totale de la saison des pluies (7 mois), une production de 3,2 à 4,2 t/ha de bananes 'Gros Michel' et de 2,4 à 3,8 t/ha de plantains serait ainsi obtenue. En supposant que la production est réduite de moitié durant la saison sèche, une estimation de 4,8 à 6,3 t.ha⁻¹.an⁻¹ de bananes et 3,6 à 5,7 t.ha⁻¹.an⁻¹ de plantain a été estimée par cette étude.

A partir des ces rendements et des prix de vente des bananes obtenus par cette enquête de 2007, il en est ressorti que le revenu annuel brut des bananeraies, qui se trouvent à proximité des axes routiers de l'enquête, pourrait grossièrement atteindre 500 \$/ha pour les bananes 'Gros Michel' et 1 500 \$/ha pour les plantains (Delaunoy *et al.*, 2007). La valeur nettement supérieure des plantains n'incite pourtant pas les paysans à en augmenter la surface cultivée. La raison de ce constat provient des importants soins que demande le bananier plantain, sa plus forte sensibilité aux maladies et sa difficulté à bien rejeter. Le bananier 'Gros Michel' quant à lui, est très rustique et se développe bien dans le milieu forestier.

II. Connaissances actuelles sur le bananier, le limba et les systèmes d'agroforêts avec bananiers

II.1. Le bananier

II.1.1. Les besoins écologiques du bananier

L'éclaircissement

Les recherches concernant ce facteur restent encore rares (Stover et Simond, 1987). Néanmoins, certaines expériences donnent une idée des effets de l'ombrage sur le rendement et sur la phénologie des bananiers.

Effets de l'ombrage sur la production

L'effet de l'ombrage sur le rendement varie selon les auteurs et la région concernée. En région tropicale, Muray (1961) cité par Stover et Simmonds (1966) au cours d'expériences d'ombrage artificiels, sur de jeunes bananiers 'Naine', constata que 50% d'ombrage ne réduisait pas le rendement. Dans cette même étude, lorsqu'une fertilisation avec du NPK est faite, le rendement est meilleur à 75% d'intensité lumineuse (Muray, 1961 cité par Norgrove, 1998).

Par contre, Israeli *et al.* (1995) ont démontré en région subtropicale, sur une période plus longue de 2 cycles de production de bananiers 'Grande Naine', qu'un ombrage de 80% affectait la croissance végétative lors du premier cycle. Un ombrage de 80% et 60% réduit respectivement de 32% et de 7% le poids des régimes de bananes lors du premier cycle. Durant le deuxième cycle de production, l'effet de l'ombrage est significativement plus important. Pour un ombrage de 30%, 60% et 80%, le poids des régimes diminue respectivement de 8%, 21% et 55%.

Toujours en région subtropicale, Eckstein *et al.* (1997), dans une expérience menée sur une bananeraie partiellement ombragée par un coupe vent d'arbres à feuillage décadu, ont constaté qu'il n'y avait pas de réduction du poids des régimes des plants mères, sous un ombrage périodique de 69% créé par le coupe vent. Par contre ils observent une diminution du poids des régimes sur les premiers rejets de 3,1 kg. La production était de 37,7 kg, sous ombrage, comparée à 40.8 kg au soleil mais protégé du vent.

Effets de l'ombrage sur la phénologie

Murray (1961) cité par Champion (1963) constata que sous 75% d'ombrage, la durée du cycle végétatif augmentait.

En effet, pour un ombrage de 30%, 60% et 80%, la date de floraison est retardée respectivement de 6 jours, 9 jours et 15 jours (Israeli *et al.*, 1995). Du point de vue morphologique, l'ombrage diminue le taux d'émergence des feuilles, la surface des feuilles et le LAI⁴ totale. Il diminue également la hauteur et la circonférence du faux-tronc.

Sous ombrage temporaire des coupes-vents, Eckstein *et al.* (1997) ont constaté l'effet le plus significatif du point de vue phénologique. La durée moyenne du cycle est augmentée de 10,6% sur les mesures des deux premiers cycles de la bananeraie.

A Hawaï, la variété 'Wiliam' pousse plus vite de mai à octobre quand l'énergie solaire moyenne est de 424 cal/cm² par jour, comparé à la période de novembre à avril où l'énergie solaire est de 257 cal/cm² par jour (Warner et Fox (1976) cité par Stover et Simmonds, 1966).



L'effet d'allongement du cycle phénologique des bananiers sous l'effet de l'ombrage d'arbres brise-vent et la diminution du poids des régimes pour les premiers rejets amène à une diminution totale de 13% du rendement annuel par hectare par rapport aux bananiers en plein soleil du même champ. Par contre, il n'y pas de différence significative de production sur les bananiers sous ombrage par rapport à des bananiers plein soleil et sans brise-vent. (Eckstein *et al.*, 1997)

Les résultats sont donc mitigés sur l'effet de l'ombrage sur la production, par contre, l'ombrage semble bien augmenter la durée du cycle végétatif.

⁴ LAI : Leaf Area Index (indice de surface foliaire) est un indice sans unité. C'est le rapport de la surface des feuilles (en m²) sur 1 m² de surface horizontale.

La température

Différentes études montrent un arrêt de la croissance à partir de 30 à 40°C. Des températures inférieures à 16°C réduisent fortement l'activité végétative de la plante. La température moyenne optimale serait de 25°C (Champion, 1963).

Les besoins hydriques

Une pluviosité de 120 à 150 mm/mois serait nécessaire pour combler les besoins en eau du bananier. Il faut noter que le bananier ne posséderait pas un pouvoir de succion suffisant pour utiliser toute l'eau dite "utile" du sol. Le bananier semble absorber aisément 30% de l'eau disponible à partir du point d'humidité équivalent (point de capacité au champ). Cette portion d'eau utilisable correspond à la réserve facilement utilisable (R.F.U.). Mais après la consommation de 60% de l'eau disponible, il se trouve en état de pré-flétrissement.

La résistance à la sécheresse du bananier n'est pas très grande à cause de son problème de succion et d'incapacité de lutter efficacement contre sa transpiration en cas de déficit hydrique. Par contre, le bulbe résiste facilement à une dessiccation prolongée et peut garder la faculté de redonner des feuilles bien après la disparition du stipe (Champion, 1963).

Exigences sur la fertilité des sols

L'élément trophique généralement insuffisant sous les tropiques, est l'azote. Cet élément semble être le facteur déterminant pour le rendement des bananeraies. Si cet élément est limité, le bananier végèterait alors mieux sous un semi-ombrage (Champion, 1963).

Lors de l'établissement d'une bananeraie, on peut considérer comme plausible l'hypothèse selon laquelle le sol doit fournir les éléments nécessaires au développement de la première tige, puis celui de la seconde avant que la restitution des minéraux contenus dans les parties végétatives de cette première tige ne soit accomplie.

A part ses importants besoins en potassium, le bananier ne paraît pas exiger des conditions particulières de fertilité.

Du point de vue du pH, le bananier a une grande tolérance organique à cet égard. Il végète normalement sur des sols dont le pH varie de 4,5 à 8. Par contre, les plus belles bananeraies se rencontrent dans des conditions légèrement acides ou très légèrement alcaline ($6 < \text{pH} < 7,5$) (Champion, 1963).

Le cas particulier du vent

C'est un facteur climatique de grande importance. Ses effets provoquent une transpiration anormale, une lacération plus ou moins importante des feuilles et une chute du bananier par la cassure du stipe ou par son déracinement (Stover et Simmonds, 1966).

La couleur du bois n'est pas toujours constante ce qui a amené à distinguer le « limba blanc » et le « limba noir ». Le commerce du bois s'est principalement intéressé aux provenances du Sud de son aire : Mayumbe de la République du Congo et de la R.D. Congo du fait de ses qualités technologiques et l'absence de piqûres noires internes. Toutefois, avec l'évolution des technologies, un courant d'utilisation s'est établi pour les provenances moins appréciées de l'Afrique de l'Ouest et Centrale (CTFT, 1989). Commercialement, la dénomination « fraké » est utilisée pour les productions issues du Cameroun et de la Côte-d'Ivoire, tandis que le terme « limba » désigne le *T. superba* du Mayumbe (République du Congo, le Sud du Gabon, la RDC et le Cabinda) (CTFT, 1974).

Par contre, selon Corbasson et Souvannavong (1988), dans des essais de provenance en Côte-d'Ivoire, les provenances « limba » se sont montrées médiocres en vitesse de croissance, mais ils notent une grande variabilité individuelle des provenances.

II.2.3. Description de l'arbre

Brève description botanique

Le limba appartient à la famille des Combrétacées. Le nom latin *Terminalia* vient du fait que les feuilles sont groupées en touffes à l'extrémité des rameaux.

Le fût de limba présente à la base des contreforts aliformes s'élevant à plusieurs mètres au-dessus du sol.

Le limba est caractérisé par un feuillage caduc, dont les feuilles sont alternes. Les feuilles sont simples, entières, pétiolées et dépourvues de stipule.

Les inflorescences se trouvent vers l'extrémité des rameaux, à l'aisselle des feuilles, en forme d'épis pédonculés, long de 10 à 15 cm.

La fructification se fait au moment de la défoliation, les fruits sont ailés (samares) groupés sur un axe commun.

Morphologie

Le jeune arbre se fait remarquer par ses branches latérales verticillées ou pseudoverticillées. La tige principale pousse par à-coups (de quelques cm à 1,5 m). Les entre-verticilles sont sans feuilles, ni rameaux. Le couvert épais au début s'éclaircit à mesure qu'il s'élève. Dans son jeune âge, c'est une essence qui domine la concurrence; plus tard, l'architecture de sa cime est facilement influençable et rapidement déformée par un couvert latéral (Donis, 1948).

L'arbre adulte est un arbre de première grandeur, atteignant couramment 30 m et pouvant dépasser 50 m de hauteur. Il est très élancé, avec un fût régulier très droit, à faible décroissance. Des contreforts triangulaires de 2 – 3 m de haut, voir beaucoup plus, forment la base du tronc. Le diamètre au-dessus de l'empattement varie en général de 60 cm à 120 cm, sans dépasser 150 cm. La décroissance du diamètre du fût est très régulière et atteint en moyenne 10 à 12 mm par mètre. Le fût, pour des arbres adultes de 30 à 40 m de haut peut avoir 20 à 30 m de longueur sans branches. Le rapport de la hauteur de fût à la hauteur totale

pour des arbres de HT = 30 à 50 m est de 0,7 à 0,8, exceptionnellement 0,9. Les vieux arbres n'ont en général que quelques grosses branches terminales.

La tranche de l'écorce est jaune pâle, tirant vers le rougeâtre vers l'extérieur et vers le blanc à l'intérieur.

Les feuilles sont vertes foncées et groupées en touffe le long des rameaux. La chute des feuilles a généralement lieu durant la période sèche.

II.2.4. Exportation et utilisation du bois

L'utilisation

Le limba, dans la mesure où il s'agit du limba blanc, est essentiellement employé en déroulage et contreplaqué (ex : plaquages externes d'ameublement et de portes). Le fraké paraît convenir plutôt au sciage ; en effet, la présence de piqûres internes, parfois d'un cœur noir en étoile irrégulière donnant au déroulage des feuilles irrégulièrement bariolées empêchent souvent son utilisation en face de panneaux tandis que les sciages sont généralement destinés à être peints (CTFT, 1974).

Le bois n'est pas durable. Il peut facilement être travaillé mais il a tendance à se fissurer lorsqu'il est cloué ou vissé.

L'exportation

La Figure 6 présente l'évolution des exportations du *Terminalia superba* de 1953 à 1977. Durant cette période, les principaux pays importateurs étaient l'Allemagne, la Belgique et les Pays-Bas.

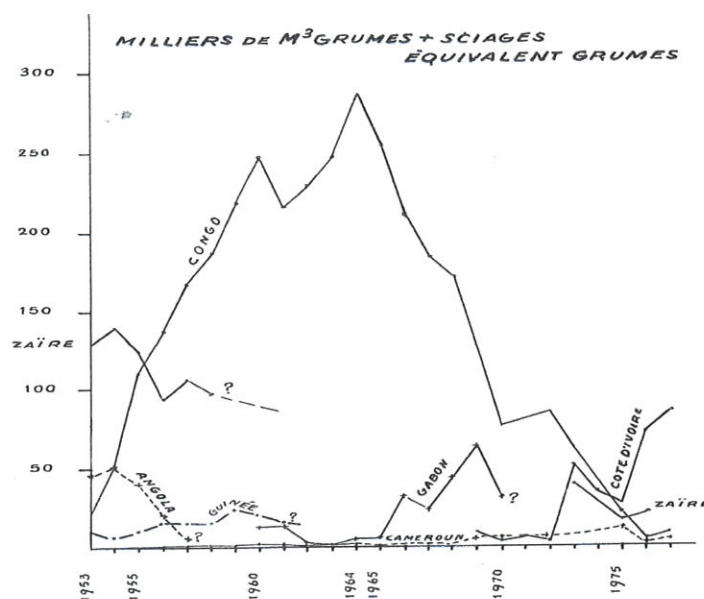


Figure 6 : Evolution des exportations (1953-1977) du *Terminalia superba*.

La Figure 6 montre la chute rapide, à partir de 1964, des exportations de limba à partir du Sud de l'aire.

Tableau 2 : Exportation (en m³) du limba/fraké (L/F) et de la totalité des essences par pays en 2005 (source : ATIBT, 2006).

Pays	Grumes		Plaquages		Contreplaqués		Sciages	
	L/F	Total	L/F	Total	L/F	Total	L/F	Total
Gabon	7	1 586 228	/	/	/	/	/	/
Congo	1 004	709 710	12	13 040	/	/	/	/
Cameroun	16 788	145 829	991	62 739	3 220	23 347	15 528	659 543

On observe à partir de ce tableau que les exportations limbas/frakés sont faibles par rapport aux exportations de ceux-ci durant la période de 1953 à 1977. Le Cameroun quant à lui a pris une place importante dans les exportations de cette essence alors qu'elles étaient très faibles dans les années 50.

Le limba demeure l'une des plus importantes sources de bois d'oeuvre commercial de la République Démocratique du Congo et entre 1983 et 1986 ce dernier était classé huitième en termes de production de l'espèce. En 1995, la République Démocratique du Congo a exporté 3.000 m³ de grumes de Limba; 1.000 m³ de bois scié et de petites quantités de bois de placage (OIBT/ITTO, 1997).

II.2.5. Autécologie

Les exigences climatiques

Le limba se développe préférentiellement sous une pluviométrie annuelle supérieure à 1 500 mm et une saison sèche inférieure à 4 mois. Il est néanmoins possible de le retrouver dans des climats moins humides où les stations sont favorables suite à leur situation topographique (fond de vallée) ou parce qu'il y a des brouillards fréquents (cas du Mayumbe). Par contre, un sol sableux accompagné d'une longue période de sécheresse peut amener à un ralentissement de croissance, voir même un flétrissement de bourgeon terminal. Ce flétrissement amène l'apparition de fourches.

Dans la zone de distribution naturelle du limba, la température moyenne mensuelle est comprise entre 20°C et 28°C. Le *Terminalia superba* est un héliophile strict, mais il peut néanmoins supporter un ombrage momentané dans son jeune âge, lorsqu'il dépasse un mètre de hauteur (cas du système-sylvo bananier). On le retrouve entre le niveau de la mer jusqu'à 1 000 m, mais majoritairement entre 150 et 600 m.

Les besoins édaphiques

Le limba semble bien se comporter sur tout type de sols tant que la pluviosité est suffisante. Il préfère néanmoins les sols alluvionnaires riches et frais, se ressuyant bien. C'est dans ces milieux qu'il atteint son optimum de développement. Il peut supporter les inondations, mais pendant de courtes périodes.

Sensibilité à divers facteurs

Le limba est très sensible au feu en raison de son écorce mince et de son écologie de forêts denses. Il est également sensible aux attaques faites à son écorce, génératrice de défauts.

La présence de peuplements de limbas est fortement liée à l'activité anthropique. En effet, le caractère social de cette espèce, favorisé par son héliophilie, l'abondance et la régularité de sa fructification, la légèreté relative, la forme ailée et le pouvoir germinatif des graines, en font un envahisseur des surfaces défrichées. La grande proportion des peuplements de limbas au Mayumbe s'explique par ce lien étroit qu'il y a entre ces peuplements et l'activité agricole des populations locales, ces derniers étaient très nombreux dans la région avant la traite des esclaves (Donis, 1948).

Phytosociologie

Le limba est une espèce grégaire, très héliophile, s'installant dans les trouées de la forêt et surtout sur les défriches d'anciens champs agricoles. Dans la partie optimum de son aire, il se présente sous forme de peuplements pouvant occuper plusieurs dizaines d'hectares, exclusivement en forêt dense semi-décidue.

La structure des peuplements naturels de *Terminalia superba* se caractérise par des taches ou groupes d'arbres plus ou moins proches les uns des autres et d'aspect équié. L'âge de ces taches correspond le plus souvent à la date d'une intervention extérieure ayant formé des trouées dans la canopée, découvert le sol et amené la lumière. Il semble que la reconstitution des peuplements de limba soit depuis plusieurs décennies fortement réduite, dans la mesure où les jachères succédant aux cultures agricoles traditionnelles itinérantes sont devenues plus rares, par suite de l'exode rural, du regroupement et de la stabilisation des villages ou de l'abandon des usages traditionnels.

Les associations végétales comprenant le limba sont variées de par l'étendue de l'aire de répartition de cette espèce. Néanmoins, deux grands types d'association semblent se distinguer :

- dans l'hémisphère Nord, le *Terminalia superba* se rencontre le plus souvent en association avec *Triplochyton scleroxylon* K. Schum (Ayoues). D'autres essences sont associées (*Celtis* spp., *Sterculia* spp...), mais varient selon la région.
- Dans l'hémisphère Sud, dans la partie de l'aire naturelle en l'absence du *Triplochyton scleroxylon*, le limba se trouve en compagnie de *Ricinodendron heudelotii*, *Staudtia stipitata*, *Petersianthus macrocarpus*, *Zanthoxylum macrophylla*, *Zanthoxylum heitzii*, *Celtis* spp., *Gambeya* spp., *Desbordesia glaucescens*, *Prioria oxyphyllum*, *Entandrophragma angolense*, *Dacryodes pubescens* et *D. heterotrycha*, *Prioria balsamifera*, *Scorodophloeus zenkeri*, *Xylopia* spp.

Bien entendu, en raison de son tempérament, le limba se trouve très souvent associé à d'autres espèces de lumière colonisatrices telles que *Pycnanthus angolensis* ou encore *Musanga cecropioides*.

D'une façon générale, l'abondance locale de peuplements de limba adultes est l'indice d'un remaniement ancien de la forêt et la caractéristique d'une forêt secondaire vieille.

II.2.6. Croissance et production du *Terminalia superba*

En milieu naturel

La croissance du limba est généralement très rapide, et sa valeur évolue avec les années, l'âge, les conditions écologiques et l'environnement. L'accroissement annuel moyen en diamètre à hauteur d'homme varie généralement de 0,5 à 5,6, voir même 7 cm par an, et l'accroissement en hauteur de 0,5 à 3 m par an.

Les valeurs obtenues au Cameroun par Doucet *et al.* (2007) nous montrent l'évolution de la croissance du limba selon sa classe de diamètre. L'accroissement périodique va de 7 cm/an pour des arbres de 30 à 49 cm de diamètre, à 0,6 cm/an pour des arbres de plus de 90 cm de diamètre.

En plantation

Les différents essais de sylviculture du limba ont montré que la plantation apporte de meilleurs résultats que la régénération naturelle et la régénération artificielle par semis.

Les techniques de plantation donnant les meilleurs résultats sont les techniques de conversion des forêts avec destruction du couvert avant plantation. Ces techniques, regroupées sous l'appellation « méthode limba » ont été utilisées sur des surfaces importantes principalement en République du Congo, en République Démocratique du Congo et en Côte d'Ivoire (CTFT, 1989).

Croissance des peuplements

La croissance des peuplements dépend évidemment des conditions du milieu, de la technique utilisée et de la densité de mise en place.

Dans des plantations à écartement final (70 à 80 arbres à l'hectare), la croissance en grosseur des peuplements jeunes dans des conditions favorables de croissance est le plus souvent de 2 à 3,5 cm/an sur le diamètre moyen à hauteur d'homme jusqu'à l'âge de 10 ans. Elle diminue ensuite progressivement.

La croissance en hauteur totale pendant les 10 premières années paraît se maintenir à un chiffre de 1,1 m à 1,5 m par année, et peut atteindre plus de 2 m par an. Cette croissance reste encore supérieure à 1 m dans les peuplements de 20 ou 30 ans en bonnes conditions.

Un tableau synthétique des différentes données d'accroissements des pays évoqués par Groulez et Wood (1984), est présenté en annexe 3, ainsi que des graphiques mettant en relation l'âge et le volume ou l'âge et la circonférence (annexe 1 et 2). Des placettes de contrôle de croissance des plantations de limba au Mayumbe congolais sur des sites de fertilité différentes, montrent que les limbas auront vraisemblablement atteint le diamètre d'exploitabilité à 40 ans dans les meilleures stations et vers 65 ans dans les plus mauvaises. 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 $6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ à 40 ans.

II.3. Les agroforêts avec bananiers

Le système à multistrates a été proposé comme une façon de remplacer l'agriculture sur brûlis dans les zones tropicales humides (Norgrove, 1998). En effet, l'un des problèmes majeurs rencontré en agriculture dans la zone tropicale est la faible fertilité des sols. Ces derniers subissent un appauvrissement et une érosion rapide lors de leur mise en culture. L'ajout d'une composante ligneuse, à la culture du bananier, permettrait de mieux conserver la fertilité des sols par l'intermédiaire de son humus, par les éléments minéraux qu'elle prélève en profondeur, par la protection contre les grands vents, et sa relative protection contre l'érosion par sa litière et ses racines. Ce système permettrait également une augmentation de la production en biomasse par hectare.

La revue bibliographique présentée ci-dessous est consacrée à une période particulière d'un cycle potentiel d'un système d'agroforêt. En effet, l'origine de l'agroforêt peut varier, elle peut venir d'une plantation d'arbres créée éventuellement par un système taungya, ou alors d'une forêt naturelle convertie. Il est donc important de préciser qu'ici, nous allons parler d'un agroforêt avec comme strate supérieure des arbres déjà âgés et comme strate inférieure, le bananier.

II.3.1. Influence du système *Terminalia* spp. -bananier sur le sol et la litière

Il faut tout d'abord noter que la dynamique de la litière d'une plantation d'arbres peut varier en fonction de l'espèce plantée, surtout lorsqu'il s'agit d'une espèce non indigène (Bernnhard-Reversat et Goma-Tchimbakala, 2006). Les paramètres qui vont principalement agir sur l'activité biologique et la matière organique du sol sont le microclimat et la composition chimique des retombées végétales. Il ne faut néanmoins pas oublier que le sol lui-même a une influence importante sur l'accumulation de matières organiques, principalement par sa texture (Bernnhard-Reversat, 1989).

En ce qui concerne la dynamique de la litière du *Terminalia superba*, la production de litière a été évaluée de 6,6 à 7,2 t. ha⁻¹.an⁻¹ dans l'expérience menée par Bernnhard-Reversat et Goma-Tchimbakala, en 2006, au Mayumbe (République du Congo). Ces auteurs ont comparé la quantité, la qualité et la dynamique de cette production sur des plantations âgées de 7, 12 et 48 ans, avec celle d'une forêt naturelle de la région. Il en est ressorti que la quantité de litière produite est plus ou moins équivalente entre la plantation de limbas matures et la forêt naturelle. La qualité (concentration en azote, matière organique soluble et les composés phénoliques solubles dans l'eau) est meilleure dans la forêt naturelle du fait de sa plus grande diversité en espèces, et de sa meilleure transformation de la litière. La pédofaune et la pédoflore peu adaptées à ce changement de litière expliqueraient cette différence. Néanmoins, la dynamique de la litière de la plantation de limbas ne provoque pas une altération profonde de la dynamique de l'écosystème du sol comme pourrait le faire certaines plantations d'espèces exotiques (Bernnhard-Reversat et Goma-Tchimbakala, 2006).

Ces résultats sont intéressants pour la réalisation d'un système d'agroforêt qui se voudrait durable.

L'étude de Norgrove et Hauser (2000a), s'est portée sur la différence de production de litière qu'il pourrait y avoir entre deux densités (192 arbres/ha et 40 arbres/ha) de plantations de framirés (*Terminalia ivorensis*) à deux âges différents (6 et 17 ans). Les résultats de l'étude montrent qu'il y a peu de différences entre les traitements sur la production de litière par arbre, sur la surface foliaire spécifique et sur la concentration en éléments nutritifs de la litière. Cette absence de réaction suggère que le framiré peut croître dans un contexte agroforestier à des densités inférieures à celles qui correspondent à des pratiques sylvicoles habituelles.

Les études de Dagba (1994), en République du Congo, à Bilala, sur un système sylvo-banancier composé de *Terminalia superba*, montrent un plus faible taux d'humus et de matière organique dans le système sylvo-banancier par rapport à celle d'une monoculture de bananiers (~700 bananiers/ha). Cette observation va dans le même sens que celle de Bernnhard-Reversat et Tchibinda-Pemo (1988). En effet, ces derniers ont étudié la dynamique de la matière organique pour le système agroforestier limba-banancier du Mayumbe congolais. Ils expliquent ces résultats comme suit : la litière du limba apporte annuellement au bananier 6 à 7 tonnes de matière organique par hectare, mais le microclimat du sous-bois en favorise sa décomposition. Le stock d'humus du sol superficiel est donc plus faible pour les bananeraies sous limba qu'à ciel ouvert, malgré un apport de litière d'environ le double. Le turn-over des éléments minéraux y est rapide et le bananier planté en milieu boisé bénéficie de cet apport minéral supplémentaire. Il se pourrait également que la litière de bananier ait un effet améliorant sur la décomposition de la litière totale (Tsakala et Schwartz, 1990).

Une autre étude, de Norgrove et Hauser (2000b) a mesuré l'impact des différentes densités de plantation de framirés sur les déjections de vers de terre. Ils n'ont pas remarqué de différence significative par traitement. C'est un autre aspect positif qui pourrait être bénéfique pour un traitement sylvicole prenant en compte une culture en bas-étage comme le bananier. Tout comme les résultats publiés par Norgrove et Hauser (2000c), qui montrent que l'augmentation en biomasse de l'adventice *Chromolaena odorata* est négativement corrélée avec la densité des framirés. Par contre, le prélèvement en élément nutritif de cet adventice augmente avec la densité des framirés.

II.3.2. Les effets du système *Terminalia* spp.-banancier sur le microclimat

Des observations ont été menées par Dagba (1994) de 1990 à 1993 à Bilala (Mayumbe de la République du Congo). Le climat est défini par une hauteur de pluies annuelles de 1 200 à 1 700 mm, une saison pluvieuse de mi-octobre à mi-mai caractérisée par les maxima de température et d'éclairement les plus élevés de l'année et une saison sèche de mi-mai à mi-octobre caractérisée par les minima de température et d'éclairement les plus faibles de l'année. Les maxima de température sont plus élevés et les minima plus faibles à ciel ouvert qu'en sous-bois. Les variations journalières de température sont de ce fait, plus faibles en sous-bois et la moyenne mensuelle de température y est souvent plus faible. Le milieu boisé engendre donc un microclimat « tamponné » (Dagba, 1994). Les maxima d'humidité relative de l'air

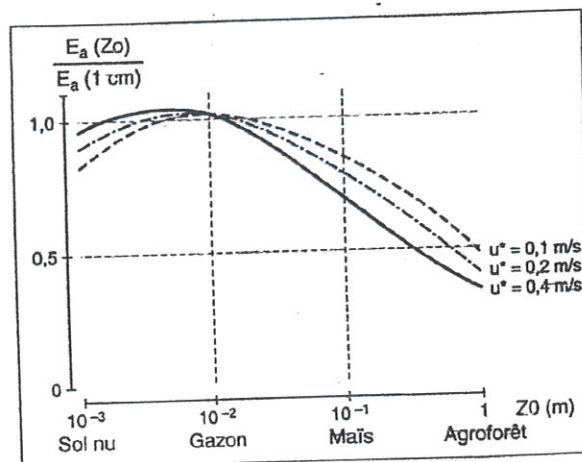
sont peu différents dans les deux milieux ; par contre les minima et la moyenne sont plus faibles à ciel ouvert. L'évapotranspiration potentiel (ETP) est donc plus réduite en sous-bois et, par conséquent, les besoins en eau du bananier seraient plus faibles (Dagba, 1994). Des données météorologiques (sous forme de graphiques) mettant en évidence le microclimat sont en Annexe 4.

Une étude antérieure de Dagba (1993) au même endroit fait ressortir qu'en saison sèche, les teneurs en eau des différentes profondeurs du sol sont comprises entre le point de flétrissement permanent et la limite inférieure des 2/3 de la Réserve Utile, avec une durée plus longue à ciel ouvert (de juin à novembre) qu'en sous-bois (de juillet à octobre). C'est donc une période de survie ou d'une très faible productivité pour le bananier. Le milieu en sous-bois est donc plus favorable à la nutrition hydrique du bananier que le milieu à ciel ouvert (Dagba, 1993).

Ces résultats peuvent laisser entrevoir un avantage à pratiquer la culture sous couvert dans les régions où l'eau est le premier facteur limitant pour le bananier.

L'éclairement sous les limbas était de $43 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$ en février 1988, ce qui représente 14% de l'éclairement mesuré à ciel ouvert. Il était par contre de $48 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$ en juillet 1988, pour $143 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{J}^{-1}$ à ciel ouvert, soit 34% (Dagba, 1994). La différence d'éclairement due au changement de saison est atténuée dans le sous-bois de la plantation de limba. En effet, durant la saison sèche, le *Terminalia superba* perd ses feuilles, ce qui permet de compenser la diminution de luminosité de cette période. De plus, si l'atmosphère est brumeuse (comme lors de la saison sèche au Mayumbe), la proportion de rayonnement diffus augmentera dans le rayonnement global et la fraction du rayonnement transmis sous les couronnes des arbres sera élevée (Baldy *et al.*, 1993).

Un paramètre qui n'a pas été mesuré par Dagba est la modification des composantes du vent. Guyot *et al.* (1986) cités par Baldy *et al.* (1993), montre « l'effet brise-vent » de l'agroforêt (Figure 7). Pour les plantes associées aux arbres, dans les parcelles agroforestières, les dilacérations de feuilles (importantes chez les bananiers), le niveau de photosynthèse nette et les migrations des photosynthétats sont modifiés dans un sens généralement positif (Stigter, 1985 cité par Baldy *et al.*, 1993).



Modifications du pouvoir évaporant de l'air (E_a) par la réduction de la vitesse du vent (u^*) dans un système agroforestier. Z_o : paramètre de rugosité (10^{-2} m = gazon ras ; 1 m = système agroforestier avec des arbres de 10 m de haut et 10 m d'écartement). u^* : vitesse du vent au-dessus du peuplement herbacé. On voit que le système agroforestier peut réduire de plus de 50 % le pouvoir évaporant de l'air.

Figure 7 : Modification du pouvoir évaporant de l'air par la réduction de la vitesse du vent dans un système agroforestier. (Source : Baldy *et al.*, 1993)

Le microclimat apporté par une plantation de limbas semble donc favorable à la culture du bananier dans une région telle que le Mayumbe.

II.3.3. Les interactions qui existent entre les composantes du système

Hormis les effets de l'ombre, il n'y a pas eu de recherches précises sur un seul facteur comme la compétition pour les éléments minéraux ou pour l'approvisionnement en eau. Les études se sont plus portées sur les résultats de l'interaction en termes de croissance et de production.

Interactions sur la croissance et la production

Dans le système comprenant le framiré comme composante arborée, le bananier en sous étage ou le tannia (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) ou encore les deux cultures associées en sous étage, ne produisent pas d'effets sur la croissance et la production en biomasse du framiré pour les deux densités retenues (192 arbres et 40 arbres) dans l'expérience de Norgrove et Hauser (2002a).

L'accroissement annuel courant des arbres est significativement plus élevé pour les plantations éclaircies par rapport à une plantation non éclaircie, et la plantation à forte éclaircie (faible densité) présente l'accroissement annuel courant le plus important (Norgrove et Hauser, 2002a). La production en biomasse totale à l'hectare est, par contre, significativement la plus importante pour la plantation à faible éclaircie par rapport aux deux autres plantations (Norgrove et Hauser, 2002a). Il est donc plus intéressant du point de vue de la composante arborée de faire une faible éclaircie si l'objectif final est la production



III.3. Objectifs spécifiques

III.3.1. Délimiter des dispositifs homogènes de suivi du système agroforestier limba-banancier du Bloc UB 1

Dans le cadre du volet agroforesterie du programme de relance de la Recherche Agricole Forestière en République Démocratique du Congo (REAFOR⁷), des dispositifs permanents de recherche doivent être installés dans la Réserve de Biosphère de Luki. Ces dispositifs permanents permettront le monitoring (suivi-évaluation) des principaux paramètres d'étude des systèmes agroforestiers. Or les villages de Monzy 1, Monzy 2 et Mbondo exercent une forte pression sur le bloc UB1. Il a donc paru judicieux de faire une délimitation physique des zones encore peu dégradées et comportant le système agroforestier limba-banancier. Cette délimitation permettra des recherches ultérieures, elle servira également à dissuader la population de couper les arbres dans ces dispositifs par le passage plus fréquent des écogardes dans ces zones.

III.3.2. Caractériser le système agroforestier limba-banancier par sa composition, sa diversité et sa structure végétale

Grâce à un inventaire de toutes les espèces ligneuses (dhp > 10 cm) présentes dans chacune des parcelles agroforestières, il sera possible de comparer la diversité de celles-ci avec celle des forêts naturelles de limbas et des plantations de limbas sans bananiers du bloc. On pourra ainsi savoir dans quel scénario on se trouve par rapport à la Figure 8.

Les différentes mesures dendrométriques vont également permettre de caractériser les peuplements limbas et de déterminer sa composition botanique.

⁷ Le programme REAFOR : Programme financé par l'Union Européenne et mis en œuvre par l'organisation des nations unies pour l'alimentation (FAO), le Centre International pour les forêts (CIFOR) et l'Institut International d'Agriculture tropicale (IITA). Ce programme a pour but de renforcer les capacités de l'Université de Kisangani et de l'Institut National d' Etude et de Recherche Agricole (INERA).