

Université de Kisangani



**Faculté de Gestion des Ressources Naturelles et Renouvelables
(FGRNR)
Option : Eaux et Forêts**

**Etude de la forêt à Marantaceae et son impact sur la régénération
des ligneux dans la réserve forestière de Yoko et ses environs
(Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo)**

Par

Ir. Faustin Mbayu Mpanya Lukasu

Spécialisation : Gestion de la Biodiversité et Aménagement Forestier Durable

Thèse

Présentée pour l'obtention de titre de **Docteur en Sciences Agronomiques**

Promoteur: *Pr Hippolyte Nshimba S.* (UNIKIS)

Co-Promoter: *Dr Hans Beeckman* (MRAC)

Année académique 2015 – 2016

Dédicace

A mes parents, à titre posthume..

A mon grand frère *Félix* LUBO YAMUNYINGA, à titre posthume..

A tous les enfants de la lignée *Benjamin* MPANYA MUDIMI et
Henriette MBWAYA..

A toutes les victimes de l'injustice, de la marginalisation
et de la discrimination..

Remerciements

Notre tout premier contact avec les forêts à Marantaceae dans la réserve forestière de Yoko, c'est lors de notre recherche pour la fin de nos études supérieures en 2009. Ce fut pour nous de l'émerveillement mais aussi de la perplexité de la rareté des arbres que nous avons pu observer dans ces peuplements, pourtant dans une mosaïque et complexe groupements forestiers en région tropicale dense humide. Nous avons semblé croire que nous étions tombé sur un mauvais site et que nous produirions un travail sans qualité d'une étude forestière.

Cependant, grâce au soutien scientifique du Prof. *Jean Lejoly*, l'initiateur de ce thème, nous avons repris le courage de bien approfondir ces peuplements et cela jusqu'à la production de cette thèse. Pour ce rôle, nous lui exprimons notre profonde reconnaissance.

La deuxième personne que nous remercions, c'est le Prof. *Hippolyte Nshimba Seya.*, promoteur de cette thèse. En dépit de ses multiples préoccupations, il a accepté la direction de cette recherche. Ses remarques et suggestions ont amélioré la qualité scientifique de ce travail.

De manière toute particulière, nous pensons aussi au co-promoteur de cette dissertation *Dr Hans Beeckman* qui nous a accepté par 2 fois dans son laboratoire de biologie du bois du MRAC pour les analyses anthracologiques. Ses remarques, son implication technique et scientifique ont été d'un apport très important. Raisons pour lesquelles, nous lui exprimons nos sentiments de profonde gratitude

Ce travail n'aurait pas pu se dérouler sans l'appui financier de l'Union Européenne à travers le CIFOR qui nous a accordé une bourse sans laquelle il ne nous serait pas facile de produire cette thèse.

Nous adressons notre gratitude aux membres du CAPS pour les remarques et suggestions formulées pour relever la qualité scientifique de cette thèse. Il s'agit particulièrement du Prof. *Jean Marie Kahindo*, Prof. *Faustin Boyemba*, Feu Prof. *Jean Pierre Lokombe*, Prof. *Pionus Katwala*, Prof. *Amundala* et Prof. *Mukandama*.

Nos remerciements s'adressent également au *Dr Quentin* Ducenne, Directeur du projet FCCC pour sa serviabilité et sa capacité managériale tout au long de notre recherche.

Notre gratitude s'adresse bien aussi au Prof. *Léopold* Ndjele Miandia-Bungi, pour ses conseils et ses encouragements tout au long de cette recherche.

De même, notre profonde gratitude s'adresse aussi aux chercheurs qui nous ont soutenu sur le plan scientifique : *Dr John* Tshibamba, *Dr Wannés* Hubau, *Dr Jean François* Gillet, *Dr Jilly* Morin-Rivat, *Dr Denis* Sonwa, etc.

Nous pensons aussi à toute l'équipe qui nous a accompagné sur le terrain pour la qualité de récolte des données de cette étude : *Ernest* Tambwe, *George* Mpanda, *John* Kasongo, *Daris* Mbula. Vous avez été présents et vous avez partagé tous les moments de joie, de passion, de fatigue et d'énervements de notre part.

Notre gratitude s'adresse particulièrement à nos frères, sœurs, cousins et cousines : *Dieudonné* Ngoie, *Joseph* Mpanya, Feu *Félix* Lubo, *Jean W.* Kadima, *Félicien* Kitengye, *Emman* Kayembe, *Marie* Mbombo, *Marguerite* Kalombo, *Martine* Mbula, *Gentil* Milambu, *Miléjazz* Ngoyi, *Joseph* Mukendi, *JP* Pamba Ngoyi, *Kis* Ksenga, etc.

Notre profonde gratitude s'adresse particulièrement à Mme *Béa* Kikwakwa et à mes fils pour l'esprit d'endurance pendant des périodes d'absence et de multiples difficultés.

Nous ne perdons pas au cœur nos amies et amis d'enfance pour les bons moments de partage: *Wass* Nyema, *Ivon* Ntambwe, *Eric* Kasongo, *Willy* Ndjibu, *Modeste* Numbi, *Matthieu* Kyanga, *Augustin* Yakayengo, *Michel* Mbangilwa, *Jean K.* Nsaka, *Koko* Nsapu, *Solange* Kalonda, *Abdolay* Mutambule, *Nicole* Zawadi, *Simon* Salambiaku, etc.

Nous ne pouvons pas clore sans penser à toutes les victimes de l'injustice, de la marginalisation et de la discrimination, à qui nous disons qu'au seul prix du courage, de l'endurance et de la persévérance, ils franchiront les barrières les plus redoutables. Ce travail en est une preuve éloquente !

Résumé

Une superficie importante estimée à 11 % des forêts de la réserve forestière de Yoko est envahie par des îlots à Marantaceae. Ces herbacées sont en train de se répandre sensiblement sur tout l'axe Kisangani-Ubundu. Leur présence présage des perturbations, soit anciennes, soit récentes du massif forestier qu'elles infestent.

Les objectifs poursuivis par cette étude ont consisté: (i) à mettre en évidence les indicateurs qui authentifient les perturbations des forêts dans la région de Yoko et ses environs, (ii) à évaluer l'impact des perturbations, prétendument à l'origine de ces herbacées sur le cortège floristique des forêts matures anciennes et sur celui des forêts récentes, (iii) à évaluer le potentiel et la dynamique de régénération de ces forêts par rapport aux forêts mixtes et par rapport aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, enfin, (iv) à évaluer la richesse floristique par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sur une même toposéquence.

L'approche archéo anthracologique accompagnée de la datation au ^{14}C ont montré que les forêts anciennes de la région de Yoko et ses environs ont connu des perturbations entre le 11^{ème} et le 2^{ème} siècle. L'agriculture itinérante sur brûlis et les habitations anciennes abandonnées auraient perturbé les forêts matures dans la région. Les quantités importantes des charbons de bois et de la céramique récoltées dans les sous-sols des Marantaceae établissent la responsabilité de l'homme. Les charbons de bois proviennent, soit de l'agriculture itinérante sur brûlis, soit des feux ménagers. La céramique provient des ustensiles domestiques utilisés par l'homme de l'époque.

A certains endroits, les perturbations ont fortement secondarisé les forêts matures. Ainsi, il s'observe des zones tapissées des Marantaceae, Zingibraceae, Commelinaceae et des rotangs ponctués d'un taux important d'héliophiles pionniers cicatriciels à durée de vie longue : *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotii* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Canarium schweinfurthii* Engl.

Ces perturbations ont eu un impact sur le cortège floristique des forêts anciennes qui s'est répercuté en même temps sur celui des forêts actuelles. Certains taxons sciaphiles, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Monodora* sp, *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, *Pouteria* sp, *Homalium longistylum* Mast, *Turraeanthus africanus* (Welw ex

C.DC.) Pelleg., identifiés des charbons fossiles n'ont pas été retrouvés dans le cortège floristique des forêts à Marantaceae.

L'impact des Marantaceae sur la régénération des ligneux est significatif. En moyenne, sur un placeau de 10 m², le nombre de plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) est significativement faible. Elle est de 105,24 ± 84 individus dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, 68,36 ± 40,19 dans les Marantaceae de Biaro. Alors qu'elle est, pour le placeau identique, de 620,16 ± 175,55 dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et de 435,8 ± 147,3 dans les forêts mixtes. Cette régénération, pourtant très faible, accuse un taux de mortalité annuel très élevé (23, 22 % en moyenne).

La régénération assistée sur un placeau de 2 m² par la technique de coupe rase de la biomasse aérienne et souterraine des Marantaceae a fait augmenter au recrû préexistant, sur une période de deux mois, en moyenne 28,9 ± 7,69 nouvelles plantules.

Quant à leur richesse, les moyennes des caractéristiques structurales (densité et surface terrière) sont significativement basses dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko : 296,75 ± 15,37 individus ha⁻¹ et 23,37 ± 2,9 m²ha⁻¹ ; alors qu'elles sont de 366,5 ± 36,52 individus ha⁻¹ et 26,96 ± 1,51 m²ha⁻¹ dans les Marantaceae de Biaro, 301,75 ± 32,04 individus ha⁻¹ et 34,24 ± 3,72 m²ha⁻¹ dans les forêts *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et 432,75 ± 62,74 individus ha⁻¹ et 29,97 ± 2,05 m²ha⁻¹ dans les forêts mixtes.

De même, le cortège floristique est faible dans les Marantaceae, 128 espèces et 37 familles dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, 124 espèces et 37 familles dans les Marantaceae de Biaro, 94 espèces et 34 familles dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, exceptionnellement pour lesquelles les Marantaceae sont plus diversifiées, et 140 espèces et 37 familles dans les forêts mixtes.

L'analyse de similarité (CHA Paired group/Morisita) et de l'AFC établie en fonction des variables (type forestier, richesse spécifique et abondance spécifique) révèle une similarité faible (> 0,4) entre les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes, alors qu'elle est proche de zéro entre celles-ci et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Tout de même, ces groupements partagent en commun quelques espèces : *Anonidium mannii* (Oliv.) Engl. & Diels, *Cola griseiflora* De Wild., *Drypetes likwa* J. Léonard in herb. Br, *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, *Polyalthia suaveolens* Engl.

& Diels, *Heisteria parvifolia* Sm., *Ochthocosmus africanus* Hooker, *Trichilia gilgiana* Harms *Carapa procera* DC, etc.

De manière toute particulière, malgré leur proximité, la fonction d'association IndVal.g a déterminé que leurs espèces indicatrices se démarquent. Les Marantaceae se constituent des indicatrices héliophiles caractéristiques des forêts secondaires, alors que les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard se constituent des tolérants à l'ombre caractéristiques des forêts matures.

Mot clés : Forêt à Marantaceae, régénération, réserve forestière de Yoko, RD Congo.

Summary

Marantaceae Forest study and its impact on the wood regeneration in Yoko forest reserve and its surroundings (Ubundu, Province of Tshopo, Democratic Republic of the Congo)

An important forestry stack estimated in 11 % of Yoko forests reserve is infested by Marantaceae islands. These herbaceous are spreading sensibly on Kisangani-Ubundu way. Their presence signals perturbations, either ancient or recent of the kind of the forest they infest.

The objectives followed in this study consisted : (i) in putting in evidence the indicators which authenticate forest perturbations in Yoko region and its surroundings, (ii) in evaluating perturbation impacts, presumably in origin of these woods on the floristic cortege of ancient mature forests and on that of recent forests, (iii) in evaluating the potential and dynamics of regeneration of these forests compared to the mixed forest and compared to the forest in *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, last, (iv) in evaluating the floristic riches compared to mixed forests and to the forest in *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard on the de same toposequence.

Archeo Anthracologic approach along with ^{14}C have shown that ancient forests of the Yoko region and its surroundings have gone through perturbation between 11th and 2th century. Itinerante agriculture on burnt and the farmer abandoned habitations would have disturbed the mature forests in the region. Important quantity of wood charcoal and the pottery collected under Marantaceae ground indicate human beings responsibility. The wood charcoal comes from either itinerante burnt or cooking fire. Pottery comes from dishes used by human kind of the epoch.

In some places, the perturbations have strongly secondarized the mature forests. Hence, it is observed the zones covered by Marantaceae, Zingibraceae, commelinaceae and rattans were punctuated with an important rate of heliophiles scar pioneers of long life: *Petersiantus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotti* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Canarium schweinfurthii* Engl.

These disturbances had an impact on the floristic cortege of ancient forests which had repercussion on the present forests. Some sciaphile taxonomists (*Gilbertiodendron*

dewevrei (De Wild.) J. Léonard, *Monodora* sp, *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, *Pouteria* sp, *Homalium longistylum* Mast, *Turraenthus africanus* (Welw ex C.DC.) Pelleg.) identified fossile charchoals were not found in the floristic cortege of Marantaceae forests.

The Marantaceae impact on the wood regeneration is significant. In average, on a sphere of 10 m² the number of younger plant (diameter < 10 cm) is sensibly weak. It is of 105, 24 ± 84 in Marantaceae individual of Yoko forest reserve, 68, 36 ± 40, 19 in the Biaro Marantaceae. Whereas it is the same in the identical, of 620, 16 ± 175, 55 in the forest of *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard and of 435,8 ± 147,3 in the mixed forests. This regeneration though very feable, accuses a very high annual mortality rate (23,22% average).

The regeneration seen on a sphere of 2 m² by the cut technic of biomass in air and Marantaceae undersoil, has added a period of two months 28,9 ± 7,69 new youngest plants average to pre-existed ones.

Considering their richness, the structural average characteristics (ground surface and density) are significatively low in the Marantaceae forests of Yoko stack forestry : 296,75 ± 15,37 individual ha⁻¹ and 23,27 ± 2,9 m²ha⁻¹ wherears they are of 366,5 ± 36,52 individual ha⁻¹ and 26,96 ± 1,51 m²ha⁻¹ in the Biaro Marantaceae, 301,75 ± 32,04 individual h⁻¹ and 34,24 ± 3,72 m²ha⁻¹ in the forest *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard and 432, 75 ± 62, 74 individual ha⁻¹ and 29, 97 ± 2, 05 m²ha⁻¹ in the mixed forests.

In the same floristic procession is feable in the Marantaceae, 128 species and 37 families in the Biaro Marantaceae, 94 species and 34 families in the forests in *G dewevrei* (De Wild) J. Léonard, in exception for which the Marantaceae are widely mixed forests.

The analysis of similarity (CHA Paired group/ Morisita) and of AFC established on the basis of variables (forestry type, specific riches and specific abundance) show a feable similarity (>0,4) between the Marantaceae forest and the mixed forests, whereas it is near zero between this latter and the forest of *G dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Similarly, these groups have in common some species: *Anonidium mannii* (Oliv). Engl. and Diels, *Kola griseiflora* of Wild, *Drypetes likwa* J. Léonard in herb. Br, *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, *Polyalthia suaveolens* Engl. and Diels, *Heisteria parvifolia* Sm.,

Ochthocosmus africanus Hooker f, *Trichilia gilgiana* Harms, *Carapa procera* DC, and so forth.

Particularly, despite of their proximity, the function association IndVal.g has determined that their species indicators are different. The Marantaceae constitute the Heliophile indicators of secondary forests characteristics, whereas the mixed forests and the *G. dewevrei* (De Wild) J. Léonard, characteristic of tolerant shadow of mature forests.

Key words: Marantaceae forest, regeneration, Yoko stack forest, Democratic Republic of Congo.

Table des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iv
Summary.....	vii
Liste des tableaux.....	xiv
Liste des figures.....	xvi
Liste des annexes.....	xix
Chapitre 1. Introduction générale	- 1 -
1.1. Perturbations des massifs forestiers africains	- 1 -
1.2. Les Forêts à Marantaceae un indicateur biologique de perturbation des massifs forestiers	- 5 -
1.3. Forêts à Marantaceae de la région de Yoko, des peuplements non encore étudiés	- 7 -
1.4. Hypothèses	- 9 -
1.5. Objectifs du travail	- 10 -
1.5.1. Objectif global.....	- 10 -
1.5.2. Objectifs spécifiques.....	- 10 -
1.6. Intérêt du travail.....	- 11 -
1.7. Structure de la thèse	- 11 -
Chapitre 2.	- 14 -
Aperçu sur les forêts de la République Démocratique du Congo	- 14 -
2.1. Présentation générale	- 14 -
2.2. Bref aperçu sur les peuplements forestiers de la réserve forestière de Yoko et de Biaro	
2.2.1. Forêts à Marantaceae.....	- 19 -
2.3. Dynamique de régénération naturelle dans les forêts denses humides et dans les forêts à Marantaceae	- 24 -
2.3.1. Régénération naturelle en forêt naturelle.....	- 24 -
2.4. Dynamique et régénération dans les peuplements à Marantaceae	- 29 -
Chapitre 3. Impact des activités humaines sur la dynamique des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs	- 31 -
3.1. Introduction.	- 31 -
3.2. Les premières populations en contact avec les forêts	- 33 -
3.3. L'expansion Bantoue	- 33 -
3.4. L'Expansion Bantoue dans la Province Tshopo	- 34 -
3.5. Activités humaines récurrentes affectant la dynamique forestière dans la région de Yoko et ses environs	- 36 -
3.6. Quelques stratégies en quête de préservation des forêts de la réserve forestière de Yoko contre l'expansion des groupements hégémoniques à Marantaceae	- 40 -
Chapitre 4. Milieu d'étude, matériel et approche méthodologique	- 41 -
4.1. Milieu d'Etude	- 41 -
4.1.1. Présentation de la réserve forestière de Yoko et du dispositif permanent de Biaro.....	- 42 -

A. La réserve forestière de Yoko.....	- 42 -
B. Dispositif permanent de Biaro.....	- 46 -
4.2. Matériel.....	- 47 -
4.2.1. Matériel biologique et non biologique.....	- 47 -
4.2.2. Matériel technique.....	- 47 -
4.3. Approche méthodologique.....	- 48 -
4.3.1. Choix des zones expérimentales.....	- 48 -
4.3.2. Délimitation des dispositifs expérimentaux.....	- 49 -
4.3.3. Inférence sur la perturbation forestière dans la réserve forestière de Yoko et ses environs.....	- 51 -
A. Méthode pédoanthracologie ou paléoenvironnementale.....	- 51 -
4.3.4. Evaluation du potentiel des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm.....	- 59 -
1. Inventaire systématique.....	- 59 -
2. Identification des arbres.....	- 59 -
A. Mesure de la biodiversité dans les peuplements.....	- 60 -
B. Indices de caractérisation botanique.....	- 61 -
C. Evaluation des spectres de tempérament dans les forêts à Marantaceae, mixte et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 63 -
D. Détermination des bioindicateurs ou espèces caractéristiques dans les différents groupements.....	- 64 -
4.3.5. Etude de la dynamique de régénération.....	- 65 -
A. Evaluation et identification du potentiel de régénération dans les forêts à..... M arantaceae.....	- 65 -
B. Régénération assistée.....	- 66 -
Chapitre 5. Perturbations forestières dans la région de Yoko: indicateurs et incidences sur la végétation	- 69 -
5.1. Introduction.....	- 70 -
5.2. Approche méthodologie.....	- 70 -
5.3. Résultats.....	- 71 -
5.3.1. Inférence sur la perturbation de la végétation de la de réserve forestière de Yoko et ses environs.....	- 71 -
5.3.2. Reconstitution de la végétation perturbée de la réserve forestière de Yoko et ses environs.....	- 75 -
5.3.3. Usage traditionnel local des taxons identifiés à partir des charbons fossiles dans la tradition Bakumu - Mangongo.....	- 83 -
5.4. Discussion.....	- 85 -
5.4.1. Inférence sur les perturbations des peuplements forestiers dans la région de Yoko et ses environs et origine des forêts à Marantaceae.....	- 85 -
5.4.2. Inférence sur la période des perturbations des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs.....	- 89 -
5.4.3. Reconstitution de la végétation perturbée de la région de Yoko et ses environs.....	- 90 -

5.5. Conclusion	- 92 -
Chapitre 6. Analyse de la variabilité floristique et du taux d'héliophilie des forêts à Marantaceae, mixtes et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	- 94 -
6.1. Introduction	- 95 -
6.2. Approche méthodologie	- 96 -
6.3. Résultats	- 97 -
6.3.1. Forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.....	- 97 -
6.3.2. Forêts à Marantaceae de Biaro	- 101 -
6.3.4. Forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko	- 112 -
6.3.5. Variation floristique dans les forêts à Marantaceae, mixtes et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> . (De Wild.) J. Léonard	- 117 -
6.3.6. Structure diamétrique comparée entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	- 121 -
6.3.7. Evaluation des spectres de tempérament dans les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et dans les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	- 124 -
6.3.8. Similarité et dissimilarité floristiques entre les forêts à Marantaceae, forêts mixtes et les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 126 -
6.3.9. Espèces caractéristiques de différentes forêts en étude	- 128 -
6.4. Discussion	- 130 -
6.4.1. Fluctuation de la richesse floristique et des caractéristiques structurales dans les forêts à Marantaceae par rapports aux forêts mixtes et aux forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 130 -
6.4.2. Comparaison des spectres des tempéraments et inférence sur la perturbation des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs.....	- 134 -
6.4.3. Originalité des forêts à Marantaceae	- 135 -
6.5. Conclusion	- 136 -
Chapitre 7. Dynamique de régénération naturelle des ligneux dans les forêts à Marantaceae	- 138 -
7.1. Introduction	- 139 -
7.2. Approche méthodologie	- 140 -
7.3 Résultats	- 140 -
7.3.1. Variation de densité des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae, mixtes et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 140 -
7.3.2. Richesse spécifique et indice d'importance des plantules ligneuses.....	- 143 -
7.3.4. Taux de mortalité dans les forêts à Marantaceae.....	- 148 -
7.3.5. Corrélation entre le rapport numérique des tiges de Marantaceae et des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae	- 149 -
7.4. Régénération assistée et aménagement des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs	- 151 -
7.5. Discussion	- 153 -

7.5.1. Dynamique de régénération, taux de mortalité et structure de diamètre des plantules dans les forêts à Marantaceae	- 153 -
7.5.2. Régénération assistée dans les forêts à Marantaceae.....	- 157 -
7.6. Conclusion	- 158 -
Chapitre 8. Discussion générale	- 160 -
8.1. Indicateurs des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs : hypothèse d'anthropisation des forêts anciennes de la région et période de perturbation	- 161 -
8.1.1. Indicateurs inertes et biologiques.....	- 161 -
8.1.2. Inférence sur l'hypothèse d'origine anthropique des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs.....	- 165 -
8.1.3. Inférences sur la période des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs.....	- 166 -
8.2. Incidence des perturbations sur les peuplements forestiers de la réserve forestière de Yoko et ses environs	- 168 -
8.3. Variabilité du potentiel floristique entre les forêts à Marantaceae, les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard et les forêts mixtes	- 169 -
8.4. Potentialité de régénération dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs comparée à celle des forêts mixtes et des forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	- 172 -
8.5. Retrospective sur la dynamique des forêts de la région de Yoko et ses environs	- 175 -
Conclusion générale et perspectives	- 177 -
A. Conclusion	- 177 -
B. Recommandations et perspectives	- 178 -
Références bibliographiques	- 180 -

Liste des tableaux

<u>Tableau 2.1</u> Classe d'occupation des sols de la RD. Congo http://www.uclouvain.be/enge cartes RDC.....	18
-	
<u>Tableau 2.2</u> Nombre de plants et d'espèces par m ² en fonction de l'éclaircissement dans les différents types forestiers au Ghana.....	28
<u>Tableau 3.1</u> Statistique de production des grumes de la CFT et Bego Congo dans le territoire d'Ubundu..... ;.....	37
<u>Tableau 3.2</u> Essences forestières exploitées par la CFT et Bego Congo dans le territoire d'Ubundu..... ;.....	38
<u>Tableau 3.3</u> Quantité de bois consommés dans le secteur bois-énergie et volume de bois exploitable à Kinshasa et à Kisangani (Schure et <i>al.</i> , 2011).....	39
<u>Tableau 4.1</u> Exemple illustratif d'identification d'un charbon de bois par les caractères primaires, secondaires et tertiaires.....	56
<u>Tableau 5.1</u> Valeur de l'antracomasse (gr) par couche.....	72
<u>Tableau 5.2</u> Les taxons identifiés à partir charbons des bois dans les différents sites.....	76
<u>Tableau 5.3</u> Synthèse des traits écologiques, phytogéographiques, tempérament et superposition de la végétation avant et après perturbation dans les forêts de la région de Yoko et ses environs.....	81
<u>Tableau 5.4</u> Usages locaux des taxons identifiés des charbons de bois fossiles.....	84
<u>Tableau 5.5</u> Datation au ¹⁴ C des charbons de bois fossiles récoltés dans les Marantaceae de Yoko et de Biaro.....	85
<u>Tableau 6.1</u> Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.....	97
<u>Tableau 6.2</u> Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.....	98
<u>Tableau 6.3</u> Familles les plus prépondérantes dans les forêts à Marantaceae.....	99
<u>Tableau 6.4</u> Indices de diversité calculés dans les Marantaceae réserve forestière de Yoko.....	101
<u>Tableau 6.5</u> Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.	102
<u>Tableau 6.6</u> Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.....	103
<u>Tableau 6.7</u> Familles plus importantes dans les forêts à Marantaceae de Biaro.....	104
<u>Tableau 6.8</u> Indices de diversité calculés dans les forêts à Marantaceae de Biaro.....	106
<u>Tableau 6.9</u> Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.....	107
<u>Tableau 6.10</u> L'indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.....	109
-	
<u>Tableau 6.11</u> Familles les plus importantes dans les forêts mixtes de la réserve.....	109
<u>Tableau 6.12</u> Indices de diversité calculés dans les forêts mixtes de la RF Yoko.....	111
<u>Tableau 6.13</u> Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surfaceterrière par relevé.....	112

Tableau 6.14 Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes dans les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 114 -
Tableau 6.15 Familles les plus importantes dans les forêts à <i>G. dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko.....	- 115 -
Tableau 6.16 Indices de diversité calculés dans les forêts à <i>G. dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 116 -
Tableau 6.17 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière (m^2ha^{-1}) des différentes forêts en étude.....	- 117 -
Tableau 6.18 Résultats des tests d'Anova et de post-hoc de Tukey entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et forêts à <i>Gibetiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J Léonard.....	- 119 -
Tableau 6.19 Indices de diversité calculés dans les forêts à Marantaceae, forêts mixtes et dans les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard).....	- 120 -
Tableau 6.20 Equations de régression des courbes Aire-espèces de différents groupements forestiers en étude et résultats du test t de significativité de corrélation.....	- 121 -
Tableau 6.21 Contributions (%) des classes de diamètre au χ^2 et résidus de Spearma.....	- 123 -
Tableau 6.22 Indice de Pionner (PI) par groupement forestier et par zone.....	- 124 -
Tableau 6.23 Les espèces caractéristiques des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et des forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.....	- 129 -
Tableau 6.24. Densité et surface terrière des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko comparées à celles des forêts à Maranataceae de Biaro, des forêts mixtes et des forêts à <i>G. dewevrei</i> (De Wild) J. Léonards et à d'autres forêts à Marantaceae dans les bassin du Congo.....	- 132 -
Tableau 7.1 Densité des plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm dans les forêtsMarantaceae, mixtes et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	- 141 -
Tableau 7.2 Tempérament et indice d'importance des plantules ligneuses.....	- 143 -
Tableau 7.3 Fréquence des plantules par site et par classe de diamètre (cm).....	- 144 -
Tableau 7.4 Contributions (%) des classes de diamètre au χ^2 et résidus de Spearman	- 146 -
Tableau 7.5 Taux de mortalité des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae.....	- 149 -
Tableau 7.6 Dénombrement des plantules ligneuses et des tiges des Marantaceae dans les forêts à Marantaceae.....	- 150 -

Liste des figures

<u>Figure 1.1</u> Evolution de l'équilibre forêts - savanes au Quaternaire récent (Maley, 2003).	- 3 -
<u>Figure 1.2</u> Structure synthétique de la dissertation.	- 13 -
<u>Figure 2.1</u> Occupation du sol congolais (Vancutsem et <i>al.</i> , 2006) http://www.uclouvain.be/enge-cartesRDC .	- 17 -
<u>Figure 2.2</u> Quatre principaux groupes des Marantaceae en fonction de leur architecture : i. espèces dressées ; ii. Espèces lianescentes ; iii. espèces ramifiées et iv. espèces dressées et ramifiées.	- 23 -
<u>Figure 2.3</u> Les stratégies des arbres forestiers et leurs relations avec la radiation. D'après Oldeman et Van Dijk (1991).	- 28 -
<u>Figure 2.4</u> Dynamique de colonisation des forêts à Marantaceae.	- 30 -
<u>Figure 3.1</u> A. une exploitation des tiges à <i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Bentham) Milne-Redh dans la partie Est de la Réserve et : B Un champ ouvert dans la partie Sud de la réserve forestière de Yoko	- 37 -
<u>Figure 4.1.</u> Localisation géographique de la réserve forestière de Yoko et du dispositif de Biaro.	- 41 -
<u>Figure 4.2</u> Diagramme ombrothermique des moyennes de précipitation (mm) et des températures (°C) 2003 – 2013 de la ville de Kisangani (Source station de Bangboka, MONUSCO, 2013).	- 44 -
<u>Figure 4.3</u> Dispositif expérimental de 100 m x 100 m	- 49 -
<u>Figure 4.4</u> Cartographie des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro et positionnement de différents dispositifs expérimentaux	- 50 -
<u>Figure 4.5</u> Schéma de récolte et d'analyse anthracologique des charbons des bois et de la céramique.	- 53 -
<u>Figure 4.6</u> A : fosse pédoanthracologique de 1 m x 1 m x 1 m établie dans les forêts à Marantaceae ; B : Succession verticale de couches de 10 cm de profondeur dans une fosse. C : illustration de l'agencement des charbons de bois, poterie, morceaux de bois, racine, etc., dans le profil d'une fosse.	- 54 -
<u>Figure 4.7</u> De gauche à droite : pesage à la balance pour évaluation de l'anthracomasse (gr)	- 55 -
<u>Figure 4.8</u> A. coupe tridimensionnelle transversale, tangentielle et radiale d'un fragment de charbon ; B : illustration du manuel de description des caractères anatomiques de bois (IAWA, 1989).	- 55 -
<u>Figure 4.9</u> De gauche à droite : introduction des caractères primaires sur InsideWood, 2012 ; sélection de l'espèce de référence dans la collection du MRAC	- 56 -
<u>Figure 5.1</u> Charbons des bois dans une masse de terre argileuse récoltés dans une couche de la fosse pédoanthracologique.	- 71 -
<u>Figure 5.2</u> La céramique de la réserve forestière de Yoko et de Biaro.	- 74 -
<u>Figure 5.3</u> Abondance des fragments des charbons de bois par type anthracologique	- 77 -

<u>Figure 5.4</u> Anatomie du type anthracologique MEL TUR AFR RE-I 30-40-1(cf : Meliaceae <i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr). <i>A gauche</i> : image Olympus Stream image analysis software. <i>A droite</i> : image Cell^be du taxon de référence (Tw 1387) de la collection du Xylarium MRAC disponible sur http://www.metafro.be/xylarium . Tr, Tg, Td = coupe transversale, coupe longitudinale tangentielle et coupe longitudinale radiale.	- 78 -
<u>Figure 5.5</u> Anatomie du type anthracologie RN-I2 20-30-2 MYR PYC ANG cf Myristicaceae <i>Pychnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb. <i>A gauche</i> :Image Olympus Stream image analysis software. <i>A droite</i> : Image Cell^be du taxon de référence(Tw 1227) de la collection du Xylarium de MRAC disponible sur http://www.metafro.be/xylarium . Tr, Tg, Td : coupe transversale, coupe longitudinale tangentielle, coupe longitudinale radial	- 79 -
<u>Figure 6.1</u> Dispositif de comptage des ligneux à $D_{1,30m}$ supérieur ou égal à 10 cm de 100 m x 100 m stratifiée en quatre placettes de 50 m x 50 m.6.3. Résultats.	- 96 -
<u>Figure 6.2</u> Dispersion des valeurs de densité des ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm	- 98 -
<u>Figure 6.3</u> Distribution diamétrique des tiges dans les sites des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.	- 100 -
<u>Figure 6.4</u> Dispersion des valeurs de densité des ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm à gauche et desurface terrière à droite dans les Marantaceae de Biaro.	- 103 -
<u>Figure 6.5</u> Distribution diamétrique des tiges dans les Marantaceae Biaro	- 105 -
Signification des classes de diamètre : 1 = 10 - 20 cm dhp ; $\geq 6 = 60$ cm et plus.	- 105 -
<u>Figure 6.6</u> Dispersion des valeurs de surface terrière à gauche et de densité de ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm à droite dans les forêts mixtes de la RF de Yoko.	- 108 -
<u>Figure 6.7</u> Distribution diamétrique des tiges dans les forêts mixtes Signification des classes de diamètre	- 111 -
<u>Figure 6.8</u> Dispersion des valeurs de densité à gauche et de surface terrière à droite des ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm dans les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	- 113 -
<u>Figure 6.9</u> Distribution diamétrique des individus par classe de diamètre dans les forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	- 116 -
<u>Figure 6.10</u> Dispersion des valeurs de densité (A), du nombre d'espèces (B), de nombre de familles (C) et de surface terrière (D) dans les différents groupements forestiers.	- 118 -
<u>Figure 6.11</u> Courbe Aire-espèces des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et des forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> .	- 120 -
<u>Figure 6.12</u> Distribution diamétrique des tiges à $D_{1,30} \geq 10$ cm comparée entre forêts des Marantaceae, forêts mixtes, et forêts à <i>G. dewevrei</i> .	- 122 -
<u>Figure 6.13</u> Dendrogramme (CHA) de huit couples d'unités d'échantillonnage en forêts à Marantaceae, mixtes et à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> .	- 126 -
<u>Figure 6.14</u> Ordination des placettes de différentes forêts par Analyse factorielle des correspondances (AFC) dans une matrice de 64 placettes x 205 espèces.	- 127 -
<u>Figure 7.1</u> Dispositif de 25 placeaux de comptage de régénération.	- 140 -
<u>Figure 7.2</u> De gauche à droite: <i>Scaphopetalum thonneri</i> De Wild & T. Durant dans les forêts à Marantaceae <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> des forêts à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> et <i>Campy ospermum elongatum</i> dans les forê mixtes	- 141 -

<u>Figure 7.3.A</u> Dispersion des valeurs de densité des plantules des forêts à Marantaceae, mixtes et à <i>G. dewevrei</i> . B. Dispersion des valeurs de densité des plantules des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.	- 142 -
<u>Figure 7.4</u> Distribution de diamètre (cm) par fréquences observées des plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae.	- 145 -
<u>Figure 7.5</u> Dynamique de répartition des plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) par classe de diamètre des espèces les plus importantes dans les forêts à Marantaceae.	- 148 -
<u>Figure 7.6</u> Courbe de régression linéaire entre le nombre des tiges des Marantaceae en abscisse et le nombre des plantules ligneuses en ordonnée.	- 151 -
<u>Figure 7.7.</u> A = Placeau de 2 m x 2 m couvert des Marantaceae, B = Placeau où est pratiquée l'éclaircie par coupe rase des Marantaceae.	- 152 -
<u>Figure 7.8</u> Dispersion de densité des plantules dans les Placeaux sous couvert à Marantaceae et les Placeaux sous coupe rase.	- 153 -
<u>Figure 8.1</u> Moyennes des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et forêts à <i>G. dewevrei</i> comparées.	- 173 -

Liste des annexes

<u>Annexe 1.</u> Précipitation moyenne mensuelle (mm) de la ville de Kisangani (MONUSCO/ Kisangani, 2014).	i
<u>Annexe 2.</u> Température moyenne mensuelle (°C) de la ville de Kisangani (MONUSCO /Kisangani, 2014).	i
<u>Annexe 3.</u> Image REI-0-10-1 Olympus Stream image analysis software de l'Anatomie du charbon fossile provenant d'un bois juvénile..	ii
<u>Annexe 4.</u> Tableau récapitulatif des taxons de la collection du MRAC comparés au taxon du type MEL TUR AFR (Meliaceae, <i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	iii
<u>Annexe 5.</u> Tableau récapitulatif des taxons de la collection du MRAC comparées au taxon du type MYR PIC ANG (Myristicaceae, <i>P. angolensis</i> (Welw.) Warb.	iv
<u>Annexe 6.</u> Espèces (Diamètre < 10 cm) de régénération dans les forêts à Marantaceae de Yoko et leur fréquence. Temp. = Tempérament, MarRFYE = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Est, MarRFYN = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Est, MarRFYS = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Sud, MarRFYW = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Ouest.	v
<u>Annexe 7.</u> Espèces ligneuses ($D_{1,30\text{ m}} \geq 10\text{ cm}$) des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.	viii
<u>Annexe 8.</u> Espèces ligneuses ($D_{1,30\text{ m}} \geq 10\text{ cm}$) des forêts à Marantaceae de Biaro	x
<u>Annexe 9.</u> Espèces ligneuses ($D_{1,30\text{ m}} \geq 10\text{ cm}$) des forêts mixtes.	xii
<u>Annexe 10.</u> Espèces ligneuses ($D_{1,30\text{ m}} \geq 10\text{ cm}$) des forêts à <i>G. dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard.	xiv
<u>Annexe 11.</u> Quelques espèces des Marantaceae récoltées dans la réserve forestière de Yoko.	xvi

Glossaire des abréviations

BP	: Before Present (à partir de 1950 par convention).
Cal	: calibré, employé après une date calibrée.
CAPS	: Cellule d'Accompagnement Pédagogique et Scientifique.
CFT	: Compagnie forestière et de transformation.
CIFOR	: Center for International Foresterie Research / Centre International pour la Recherche Forestière.
COMIFAC	: Commission Interministérielle des Forêts d'Afrique Centrale
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation.
FCCC	: Forêts et Changement Climatique au Congo
FRM	: Forest Resource Management.
IAWA	: Internationnal Association of Wood Anatomists.
ICCN	: Institut Congolais pour la Conservation de la Nature.
MONUSCO	: Mission de l'Organisation des Nations Unies pour la Stabilisation du Congo.
MRAC	: Musée Royal de l'Afrique Centrale.
PFABO	: Produits Forestiers Autres que le Bois d'Oeuvre.
RD Congo	: République Démocratique du Congo.
REAFOR	: Relance pour la Recherche Agricole et Forestière.
REFORCO	: Relance pour la Recherche Rorestière en République Démocratique du Congo
RFY	: Réserve Forestière de Yoko.

Chapitre 1.

Introduction générale

1.1. Perturbations des massifs forestiers africains

Depuis bien longtemps l'on pense que les forêts tropicales humides constituent des écosystèmes stables, peu affectés par les changements climatiques et par les actions anthropiques que les forêts tempérées (Puig, 2001 ; www.edition-belin.com). Cependant, certains auteurs pensent que c'est à tort que l'on continue à considérer ces massifs comme épargnés d'impacts climatiques et anthropiques (Devineau & Guillaumet, 1992; Wills et al., 2004, Anonyme, 2005). Les facteurs paléo-environnementaux auraient affecté les peuplements forestiers africains et seraient même à la base de leurs profondes perturbations (Devineau & Guillaumet, 1992 ; Brugière *et al.*, 2000; Wills et al., 2004; Gillet, 2013).

Les recherches plus ou moins récentes remettent déjà en question cette image. Elles approuvent que les facteurs paléo-environnementaux et anthropiques ont affecté les peuplements forestiers africains et sont même à la base de leurs profondes perturbations (Gillet, 2013 ; Hubau, 2013) comme on le constate dans certaines régions. En revanche, Vande weghe (2004) note que la composition, la physionomie, la faune et la flore actuelles des forêts africaines sont l'aboutissement d'une très longue histoire dont le déroulement, en grande partie, a été orienté et rythmé par des événements géologiques majeurs. Ceux-ci ont même failli tout effacer, mais, après chaque cataclysme, la vie a repris le dessus et est repartie sur une nouvelle voie.

Les traces humaines n'en restent pas en moins. En effet, la présence de l'homme est attestée depuis de longues dates par de nombreux vestiges archéologiques dans les grands massifs forestiers comme l'Amazonie et aussi dans le bassin du Congo (Youta Happi, 1989 ; Gonmadje, 2012 ; Vleminckx, 2015). Ces activités humaines sont à la base de la défragmentation forestière qui entraîne des processus dominants de la dynamique paysagère (Yao et al., 2010) et ont des impacts locaux sur le milieu entre autres, le tassement du sol, les défrichements, le faible enrichissement en matières organiques. Ces derniers modifient considérablement la végétation en place. Malgré plusieurs temps écoulés, les données récentes attestent que ces impacts ont joué sur la biodiversité actuelle des forêts tropicales (van Gemerden, 2003).

A en croire Willis *et al.*, (2004), le mythe de la forêt "vierge" s'émiette au fur et à mesure de l'accumulation des connaissances archéologiques dans les pays des régions tropicales. Il est désormais admis que nombre d'entre elles ont été le siège d'une activité humaine intense n'ayant pas modifié la structure ou la diversité spécifique, mais ont influencé la composition spécifique (Lubini, 1982). De plus en plus, de nombreuses études montrent encore que les forêts tropicales seraient des forêts secondaires (Brncic *et al.*, 2009) issues d'une recolonisation sur de vastes zones dégradées (Gruslin, 2009).

Selon Braadbaart *et al.*, (2009), beaucoup d'espèces des forêts tropicales humides se régénèrent à la faveur de perturbations de la canopée et que l'emprise de ces perturbations est plus étendue dans d'autres cas qu'un chablis. A la lumière de ces affirmations, ces auteurs supposent que le paysage forestier actuel serait aussi dû à d'importantes perturbations en partie issues d'activités humaines comme par exemple l'agriculture itinérante sur brûlis et, en partie, à des feux spontanés et incontrôlés qui étaient plus fréquents dans le passé durant les phases climatiques arides (Brncic *et al.* 2006, Belesi, 2009).

Ces activités humaines sont aussi attestées par la présence de beaucoup d'indices au sein des massifs forestiers (Lubini, 1982 ; Chave, 2000 ; Brncic *et al.*, 2006) comme les charbons de bois, la poterie et autres artefacts (Tshibamba, 2011), les pierres taillées, les fours de métallurgie, etc. Certes, ces indices sont aussi retrouvés dans les sols des zones aujourd'hui exemptes de traces humaines. Bien que peu nombreuses pour l'Afrique centrale, les études des ces indices fournissent assez d'informations pour retracer la chronologie de la distribution et des technologies humaines passées (Schwartz, 1992 ; Brncic *et al.*, 2006).

Quant aux facteurs paléo-environnementaux, les changements climatiques défavorables dans le passé auraient fortement morcelé les massifs forestiers africains et favorisé l'extension des végétations pionnières lors du retour de conditions favorables. Des changements les plus récents se sont produits pendant le dernier glaciaire du Pléistocène (20 000 - 15 000 BP) et pendant l'Holocène (3 000 - 2 000 BP) au cours desquels, les forêts tropicales se seraient retirées dans des régions à microclimat favorable plus chaud et plus humide. Ces régions, appelées refuges forestiers, sont cartées sur base des données palynologiques, phytogéographiques et zoogéographiques mais, pas de manière assez bien détaillée, (Maley, 1996). Cette origine climatique est authentifiée par la présence de

pollens provenant des espèces de la savane (De Champs et *al.*, 1987 ; Schwartz et *al.*, 1991 ; Maley, 2003).

Ces perturbations se sont traduites par l'évolution de la forêt vers une mosaïque de peuplements hétérogènes observés actuellement. A l'exception de certaines zones de refuges, ces forêts ne sont pas de forêts primaires (Lubini, 1982. Schwartz et *al.*, 2000).

Les phases climatiques, qui se sont démarquées par des variations de température, de pluviosité et de circulation des courants marins et aériens, ont eu des conséquences variées sur l'évolution du paysage en Afrique centrale (Schwartz, 1992). Sur la végétation, les périodes les plus sèches correspondent à une avancée des savanes corrélée à une régression, à une fragmentation, à une évolution vers des forêts plus ouvertes et à une recrudescence des taxons secondaires (Lanfranchi & Schwartz 1991). A contrario, dans les périodes plus humides, les forêts se sont développées aux dépens des savanes qui représentent l'occupation de l'espace par deux types de végétation pour une période allant de 30 000 BP à nos jours (Figure 1.1).

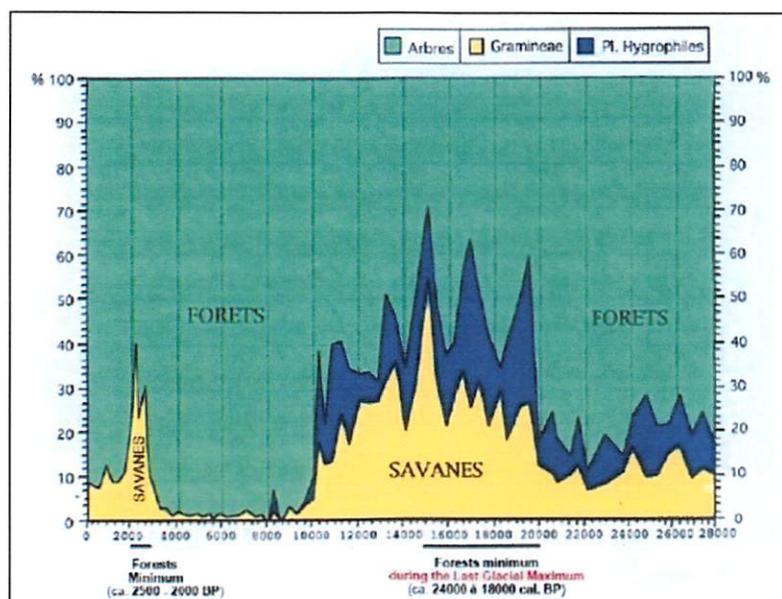


Figure 1.1 Evolution de l'équilibre forêts - savanes au Quaternaire récent (Maley, 2003).

Pour plusieurs auteurs, l'évolution de l'équilibre forêt-savane s'est recoupée au cours de l'histoire en fonction des conditions climatiques. Entre 70 000 BP et 40 000BP, la

végétation devait être composée de vastes savanes entrecoupées de portions forestières. Mais, le climat ne semblait pas propice à l'évolution de la forêt (Schwartz et Lanfranchi, 1991).

Entre 40 000 BP et 30 000 BP, la forêt était plus développée qu'actuellement. Toutefois, elle n'occupait pas toute l'étendue du territoire car les savanes boisées étaient toujours présentes par endroits (Schwartz et Lafranchi, 1991).

A partir de 30 000 BP, l'aridité du climat a progressivement entraîné un retrait des forêts jusqu'à atteindre une expansion similaire à celle rencontrée actuellement aux alentours de 20 000 BP durant le maximum de la dernière grande période froide. En zone tempérée, les savanes ont continué leur progression jusqu'à atteindre leur maximum aux alentours de 12 000 BP (Maley, 2003). La forêt était en ce moment réduite aux refuges forestiers (Schwartz et *al.*, 2000).

Aux environs de 9 000 BP, la recolonisation forestière à partir des refuges s'est faite progressivement jusqu'en 3 000 BP, époque où est survenue une brève mais intense phase de recul des forêts (Schwartz et *al.*, 1995). Cette régression semble résulter d'une augmentation de la saisonnalité plutôt que d'une diminution de pluviosités (Maley, 1997).

Depuis 2 500 BP, un climat plus humide favorise une recolonisation forestière progressive (Maley, 2003). Toutefois, la forêt n'atteint pas une extension similaire à celle atteinte avant 3 000 BP. La vitesse de progression de la lisière forestière sur la savane est estimée entre 14 et 75 m par an, mais très souvent entre 20 et 50 m par an. A cette vitesse, Schwartz et *al.*, (1996) pensent que les savanes congolaises disparaîtraient dans un ou deux millénaires si les conditions climatiques restaient semblables et en absence de toute action anthropique.

Le cas de l'analyse pollinique d'un sondage dans le lac Sinnda, situé dans la vallée du Niari au Sud-Congo, montre que cette région, actuellement occupée par des savanes, a été recouverte entre 5 300 et 4 000 BP par des formations forestières semi-décidues du type de celles que l'on rencontre sur les massifs voisins du Mayumbe et du Chaillu. La disparition de ces forêts et leur remplacement par des formations très ouvertes sont à mettre en relation avec la phase aride de 3 000 BP dont une des conséquences est un assèchement du lac jusqu'à 1 230 BP (Vincens et *al.*, 1994).

Il sied de signaler que les divergences sont persistantes entre les palynologues qui ont travaillé dans les forêts congolaises dans le Mayumbe qui attestent l'hypothèse climatique et l'assèchement du lac comme les causes de la disparition des forêts au détriment des formations ouvertes et l'anthracologue Michel Thinon (1978) qui soutient par contre que la vie socioculturelle basée sur la pratique d'assartage nomadique est le moteur de la perturbation forestière dans le Mayumbe.

En dépit de ces divergences, les deux courants se rassemblent quant à la perception du concept "forêt primaire" collé aux forêts tropicales du bassin du Congo. Ils confirment ensemble que les impacts paléo-environnementaux et anthropiques remettent aujourd'hui en cause ce concept. Pour beaucoup d'auteurs, les forêts primaires doivent être distinguées des forêts anciennes qui sont de "vieilles" forêts secondaires (Denevan, 1992; Bush et Colinvaux, 1994 ; Kassi et Decocq, 2008).

1.2. Les Forêts à Marantaceae un indicateur biologique de perturbation des massifs forestiers

Les Marantaceae attirent beaucoup d'interprétations chez les scientifiques par rapport à leur origine et à leur statut dans la dynamique forestière. Leur impact sur la régénération des autres groupements végétaux et leur richesse moins importante soulèvent des préoccupations sur la dynamique forestière.

De par leur physionomie, les Marantaceae sont des formations très ouvertes et sont constituées d'un enchevêtrement quasi continu d'où émergent des arbustes et arbres plus ou moins espacés (Vande weghe, 2004). Leur sous-bois est envahi par des herbacées (Marantaceae ou Zingiberaceae) souvent lianescentes qui peuvent atteindre plusieurs mètres de hauteur. L'étage arbustif y est moins représenté et leur canopée formée par les couronnes de grands arbres y est plus ou moins ouverte, laissant pénétrer la lumière dans le sous-bois (Brugière et *al.*, 2000). Leur origine intrigue les botanistes, les forestiers et les conservateurs et suscite beaucoup de spéculations. Pour d'autres auteurs (Oldeman, 1990 ; Vande weghe, 2004 ; Gillet, 2006), ce sont des groupements pionniers cicatriciels des perturbations ayant une durée de vie longue de plusieurs décennies voire de plusieurs centaines d'années.

Ces forêts s'observent en lisière forêt-savane dans toutes les zones où la forêt dense a été perturbée, aux bords des routes ou de vieilles plantations, dans les chablis naturels résultant de la chute d'arbres au cœur de la forêt ou des anciennes zones d'exploitation forestière, dans les anciens défrichements, dans les terrains de culture abandonnés, sur les bordures de chemin, dans les parasoleraies, dans les sous-bois de forêts clairsemées et dans les bas-fonds marécageux découverts (Letouzey, 1982). Toutefois, en dehors de toute perturbation anthropique, elles peuvent couvrir des superficies considérables comme c'est le cas dans le parc national d'Odzala en République du Congo où s'observe à l'Est de la rivière Mambili un bloc forestier de près de 2 500 km² exclusivement composé de forêts à Marantaceae.

Ces herbacées font l'objet, dans la dynamique forestière, de plusieurs évocations. Pour certains, elles constituent un stade intermédiaire entre la forêt pionnière et la forêt mature et pour d'autres, elles correspondent à des formations post-pionnières qui interviennent dans le processus de colonisation des savanes et qui participent à la cicatrisation de la forêt dense après destruction du couvert arboré, etc. Dans tous les cas, ces peuplements sont considérés comme des phases transitoires conduisant à terme à la forêt dense (White, 1992). Cependant, ce cas ne peut s'avérer concluant que si la dynamique forestière est progressive.

C'est pourquoi beaucoup d'autres auteurs pensent que cette dynamique successorale reconstructive ne semble pas systématique (Dhetchuvi et Diafouka, 1993 ; Dhetchuvi, 1996). Pour Lejoly (1996), les Marantaceae constituent un système régressif qui conduirait à terme à la disparition quasi totale du couvert arboré par l'absence de régénération des ligneux (arbres et arbustes). Un scénario qui pourrait s'expliquer par le fait que l'ouverture de la canopée serait même défavorable à la présence des animaux arboricoles notamment de petits primates et de gros oiseaux frugivores. La raréfaction de ces espèces frugivores disséminatrices de graines entraînerait un appauvrissement de la banque de graines du sol à partir d'un certain stade et assisterait-on à un processus irréversible qui conduirait à une disparition de la forêt par absence de régénération des ligneux.

Il est impérieux de constater qu'à l'origine de ces peuplements précède une perturbation dans le massif forestier qui est causée, soit par les actions naturelles comme le chablis ou la foudre, soit par les actions anthropiques. Cette perturbation occasionne

l'ouverture de la canopée où commence à s'engouffrer la lumière. Par la suite, s'installent les espèces héliophiles aux dépens des essences sciaphiles, parmi lesquelles dominent des espèces pionnières cicatricielles comme *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotii*, (Baillon) Pierre ex Heckel *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen, les Marantaceae, les rotins, etc. (Oldeman, 1990).

Les actions naturelles sont relativement très ponctuelles. Elles créent des ouvertures dans le massif forestier d'étendue modeste. Mais, le bloc forestier de près de 2 500 km² à l'Est de la rivière Mambili que nous avons cité précédemment est un cas particulier.

Quant aux actions anthropiques, les plus connues en Afrique sont l'agriculture itinérante sur brulis, le feu de forêts, les exploitations forestières, les anciennes habitations abandonnées, les infrastructures des exploitations forestières, etc., qui font l'objet d'importantes étendues dans les massifs forestiers (Nzie, 2011). Les indices d'anthropisation sont dans la plupart des cas attestés par la présence de la poterie, le fer, les charbons de bois récoltés dans le sous-sol. Talon et *al.*, (1997) & Brncic (2002) ont même établi une liaison étroite entre la présence de *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh et l'activité humaine dans les sous-sols forestiers centrafricains.

Une fois installées, les Marantaceae développent dans le sol un système racinaire caractérisé par un réseau rhizomateux très dense et dans l'espace un écran formé par des surfaces foliaires géantes qui freinent la pénétration de la lumière. Ces caractéristiques créent une ambiance concurrentielle qui handicape une bonne régénération de la banque séminale et la croissance normale du recrû préexistant. Par la suite, la régénération des autres groupes végétaux s'estompe. Ce processus entraîne à la longue une réduction significative de la densité des ligneux.

1.3. Forêts à Marantaceae de la région de Yoko, des peuplements non encore étudiés

Près d'une décennie déjà, l'Université de Kisangani bénéficie d'un appui financier, matériel, logistique et d'une compétence humaine de la Commission Européenne, des Universités du Nord et du CIFOR à travers les programmes de recherche forestière (REAFOR, REFORCO et FCCC). Ces programmes poursuivent comme objectif, le renforcement des capacités des chercheurs, par la mise au point d'un programme de recherche forestière répondant aux exigences de ce secteur.

Depuis lors, les chercheurs nationaux et étrangers se déploient dans divers domaines à travers différents sites, Luki au Bas-Congo, Yangambi, Masako, Yoko, Uma, dans la Province de la Tshopo. Dans ces sites, se réalisent sans relâche les recherches sur les analyses floristiques, la dynamique forestière, les études socio-économiques, les études de la faune, les études des produits forestiers non ligneux, les études pédologiques, etc. Ces études sont jusqu'ici à priori focalisées sur les groupements mixtes et les groupements monodominants. Mais, les forêts à Marantaceae qui se répandent dans toute la région n'ont pas semblé préoccuper la pléthore des recherches qui se sont déjà réalisées. En revanche, il y a plus de 15 ans déjà que l'importance de ces groupements est mise en exergue dans la carte de stratification réalisée par la CFT qui y a effectué les inventaires d'aménagement.

La superficie globale de ces peuplements avoisine plus de 11 % (Figure 4.2) de la superficie totale de la réserve forestière de Yoko. Cependant, cette région est caractérisée par les forêts denses mésophiles sempervirentes à *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis, à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et par des forêts denses semi-décidues à *Scorodophloeus zenkeri* Harms (Lebrun & Gilbert, 1954, Lomba et al., 2003 et Lomba, 2008, Lomba, 2012).

La présence de ces monocotylédones dans la réserve présage des perturbations des formations forestières dans le temps. Cette hypothèse ne peut se vérifier que dans la mesure où ces perturbations se seraient réalisées avant les années 1959. A cette date, près de 7 000 ha du massif forestier de la région ont été consacré à la protection intégrale par l'ordonnance loi n° 52/104 du 28 février 1959 créant la réserve forestière de Yoko (Boyemba, 2011).

En effet, comprendre la globalité de la dynamique forestière de cette aire protégée et ses environs en vue de sa gestion durable devrait partir de la compréhension intégrale de différents écosystèmes qui la constituent.

Cette thèse constitue une étude pionnière qui se penche sur les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko. Elle analyse leur dynamique et évalue leur éventuelle richesse en les comparant aux autres groupements forestiers de la région. Pour ce faire, elle s'attèle sur les questions ci-après :

1. Les perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs présumées à l'origine des Marantaceae sont – elles naturelles ou anthropiques ? Quel est l'impact de ces herbacées sur la dynamique de régénération dans les peuplements à Marantaceae actuelles ? A cette question principale affleurent d'autres questions :
2. Quels sont les indicateurs qui attestent ces perturbations dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs ?
3. Si ces peuplements forestiers de Yoko et ses environs ont connu des perturbations prétendument à l'origine des Marantaceae ; celles-ci ont-elles eu une incidence sur la végétation dans la région ?
4. Le système racinaire des Marantaceae est rhizomateux et dense, leur couverture foliaire en espace est compacte. Ces caractéristiques morphologiques créent une concurrence aux ressources liées aux sols et à l'espace. Par conséquent, la régénération des ligneux y est difficile. Quel potentiel de régénération ligneuse les forêts à Marantaceae offrent par rapport aux forêts mixtes et par rapport aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ?
5. Bien que les Marantaceae soient réputées de peuplements floristiquement pauvres, quelle richesse spécifique renferment-elles quand on les compare aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la région ?

1. 4. Hypothèses

Les forêts à Marantaceae de la réserve forestières de Yoko sont d'origine anthropique. Ces herbacées contribuent à la perturbation de la dynamique de la flore actuelle de la région. A cette hypothèse principale affleurent les hypothèses explicatives suivantes :

1. Les habitations humaines et les activités agro-pastorales anciennes sont les principaux facteurs des perturbations des forêts anciennes qui ont entraîné par endroit l'installation des Marantaceae. Ces facteurs sont corrélés à certains vestiges rencontrés dans les sols des peuplements actuels de la région.
2. Le cortège floristique des sciaphiles des forêts matures perturbées, s'est fait succéder par celui des héliophiles qui abondent dans les forêts à Marantaceae actuelles profitant de l'éclaircissement occasionné par les perturbations.

3. Le potentiel de régénération des ligneux est faible dans les forêts à Marantaceae, bien moins que dans les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la mesure où la présence des Marantaceae ne facilite pas la germination dans les endroits qu'elles colonisent.
4. Les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs sont très ouvertes. Leur cortège floristique paraît très pauvre par rapport ceux des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

1.5. Objectifs du travail

1.5.1. Objectif global

Ce travail se focalise sur l'origine des Marantaceae dans la réserve forestière de Yoko et ses environs. Elle évalue l'impact de ces herbacées sur la dynamique des ligneux et mesure leur richesse floristique par rapport à ceux des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard.

1.5.2. Objectifs spécifiques

Cette étude poursuit quatre objectifs spécifiques :

1. Mettre en évidence les indicateurs qui authentifient les perturbations des forêts dans la région de Yoko et ses environs en s'appuyant sur l'approche anthracologique.
2. Reconstituer le cortège floristique des forêts anciennes perturbées par rapport à celui des forêts à Marantaceae en examinant les taxons identifiés des charbons de bois fossiles.
3. Evaluer le potentiel de régénération des ligneux (diamètre au collet < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs au regard des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.
4. Evaluer la richesse floristique et les paramètres structuraux des ligneux ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

1.6. Intérêt du travail

L'histoire des forêts de la réserve forestière de Yoko semble encore moins bien connue en dépit de quelques études anthracologiques éparses qui ont été réalisées les quatre dernières années.

Cette étude, en plus des analyses floristiques, elle tente également de reconstituer la végétation ancienne des forêts perturbées par l'approche anthracologique. Les charbons de bois récoltés dans les sous-sols sont identifiés botaniquement après leur étude anatomique. Par la datation au ^{14}C de quelques charbons de bois fossiles, elle tente de scruter l'inférence temporelle des probables perturbations des forêts de la région.

Les études de la régénération naturelle mesurent la dynamique de reconstitution forestière sous la dominance d'un sous-bois des herbacées qui empêchent la pénétration du flux lumineux optimal.

Tenant compte du déficit du potentiel séminal qui s'observe dans ces groupements, ce travail a apporté une approche sylvicole "la régénération assistée". Cette approche consiste à raser toute la biomasse encombrante aérienne et souterraine des Marantaceae. Le but est d'optimiser le flux lumineux nécessaire dans le sol permettant d'enclencher la germination du potentiel séminal et de dynamiser la croissance du recrû préexistant.

La régénération assistée est, pour besoin de la cause, une technique sylvicole appropriée pour toute opération visant l'aménagement des forêts à Marantaceae dans la région.

1.7. Structure de la thèse

La présente thèse s'articule sur deux grandes thématiques les fouilles anthracologiques et les relevés floristiques (Figure 1.2.) qui sont consignées dans huit chapitres :

- Le chapitre 1, relatif à l'introduction générale, porte sur le contexte dans lequel ce travail est abordé. Il présente la problématique, les objectifs et les hypothèses poursuivis par cette recherche,
- Le chapitre 2 est intitulé aperçu sur les forêts de la République Démocratique du Congo. Il consacre un bref rappel de la classification des forêts congolaises d'après

quelques classifications phytosociologiques et procède également à une description brève des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs,

- Le chapitre 3 traite de l'impact des activités humaines sur la dynamique des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Ce chapitre est aussi consacré à une rétrospective sur l'histoire des migrations bantoues et sur leur civilisation dans le bassin du Congo où il est particulièrement évoqués les aspects de la Province de la Tshopo. Dans beaucoup de cas, les migrations sont souvent corrélées à des vestiges dont certains sont retrouvés parfois dans les sous-sols. Ce chapitre se termine par quelques stratégies en quête de la préservation des forêts de la réserve forestière de Yoko contre l'expansion des groupements hégémoniques à Marantaceae,
- Le chapitre 4 traite du milieu d'étude, du matériel et de l'approche méthodologique utilisés pour atteindre les objectifs de ce travail. La méthodologie se rapporte à la délimitation des dispositifs expérimentaux, à l'approche anthracologique, au dénombrement systématique des ligneux (DHP \geq 10 cm et DHP < 10 cm) ainsi qu'aux analyses statistiques et aux logiciels qui ont concouru à l'analyse de différentes données.

Les résultats de cette recherche font l'objet de quatre derniers chapitres :

- le chapitre 5 porte sur les perturbations forestières dans la région de Yoko : indicateurs et incidences sur la végétation. Ce chapitre donne les résultats en rapport avec les indicateurs des perturbations à savoir les charbons de bois fossiles et la céramique récoltés dans les sous-sols des forêts à Marantaceae actuelles. Il évalue la période probable des perturbations à partir de la datation au ^{14}C réalisée sur quelques fragments des charbons fossiles. Il compare enfin la végétation ancienne issue des identifications des charbons fossiles à la végétation actuelle des Marantaceae. Les résultats obtenus sont confrontés aux différentes données de la littérature,
- le chapitre 6 porte sur l'analyse de la variabilité floristique et du taux d'héliophilie des forêts à Marantaceae, mixtes et à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ce chapitre présente les résultats se rapportant à la richesse floristique, aux paramètres structuraux, aux taux d'héliophilie et aux espèces caractéristiques des forêts à Marantaceae. Ces résultats sont comparés à ceux des groupements mixtes, et à ceux

aux groupements à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ils sont à leur tour confrontés aux résultats de la littérature,

- le chapitre 7 est consacré à la dynamique de régénération naturelle des ligneux dans les forêts à Marantaceae. il récapitule les résultats en rapport avec le potentiel de la régénération des ligneux des forêts à Marantaceae, leur taux de mortalité, leur dynamique structurale ainsi que les résultats de la régénération assistée. Quelques résultats sont comparés aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, puis confrontés aux différentes données de la littérature.
- et enfin le chapitre 8 présente la discussion générale. Il compile les principaux résultats pour tenter de retracer l'origine des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Enfin, il évalue l'impact de ces herbacées sur la dynamique de régénération (ligneux à diamètre inférieur à 10 cm) et sur le potentiel floristique (ligneux à $D_{1,30\text{ m}}$ supérieur ou égal à 10 cm). Ce chapitre vérifie enfin les hypothèses formulées dans cette étude.
- Une conclusion générale relève les résultats saillants de ce travail. Enfin, quelques recommandations sont formulées en vue d'une gestion intégrée et efficiente en perspective des ressources naturelles de la réserve forestière de Yoko et des massifs forestiers de la région envahie par les Marantaceae. La synthèse de cette structure, hormis les trois premiers chapitres est illustrée dans le schéma ci-dessous.

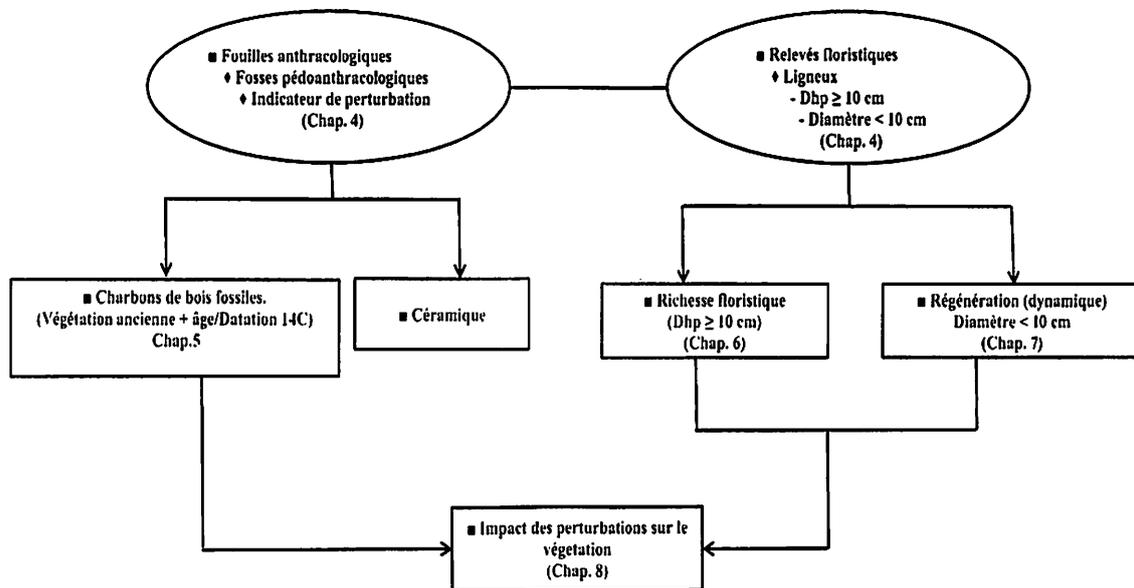


Figure 1.2 Structure synthétique de la dissertation.

Chapitre 2.

Aperçu sur les forêts de la République Démocratique du Congo

2. 1. Présentation générale

L'Afrique centrale abrite la deuxième plus grande étendue des forêts tropicales humides du monde après celle de l'Amazonie en Amérique du sud, sur une superficie de près de 2 millions de km² (Mayaux *et al.*, 1998, Aveling *et al.*, 2010). Cette vaste étendue forestière dénommée "bassin du Congo" est majoritairement couverte de vastes zones encore ininterrompues des forêts humides qui vont du golfe de Guinée au rift Albertin et sont marquées par la présence de la plus grande forêt tropicale marécageuse de la planète et par deux régions montagneuses au Cameroun et dans l'Est de la RD Congo (Anonyme, 2005 ; http://carpe.umd.edu/products/PDF_Files/FOCB_APrelimAssess.pdf).

Cette région centrale se caractérise par des taux de déforestation limités, l'abattage y est localisé (CTFT, 1989) et parfois associé aux activités agricoles itinérantes (Mayaux *et al.*, 2003 ; Hansen *et al.*, 2008). Pareille situation s'explique par l'absence de grands marchés locaux pour les produits forestiers comme le bois d'œuvre dont l'intérêt économique est très important au niveau mondial et par la faiblesse des infrastructures adéquates de transport dans la région.

Jusqu'au milieu des années 1990, cette compréhension générale de l'évolution du couvert forestier dans le bassin du Congo était basée sur des informations éparses et limitées, sans référence à des délimitations spatiales précises des forêts ni à des estimations statistiquement pertinentes du changement de ce couvert forestier. Ce manque d'informations précises et actualisées sur l'état et l'évolution du couvert forestier en Afrique centrale est souvent considéré comme un obstacle majeur à l'élaboration des politiques de gestion forestière efficace (Mayaux *et al.*, 1998 ; Duveiller *et al.*, 2008 ; Russens, 2010) et durable dans la région.

La délimitation précise de ces massifs forestiers est requise pour fournir une information pertinente aux applications scientifiques globales, aux politiques environnementales régionales d'aménagement et permettre ainsi d'établir les conditions limites pour : (i) les modèles de circulation générale en matière de simulation du climat ; (ii) les modèles de transformation des sols utilisés dans les études sur les transferts

d'énergie, de l'eau et de la matière dans le système terrestre et (iii) la modélisation du cycle biogéochimique (COMIFAC et *al.*, 2010).

La RD Congo est le plus grand pays dans cette région. Elle s'étend sur environ 2 346 201 km². Grâce à la diversité de ses facteurs écologiques, paléogéographiques, climatiques, biotiques et l'ancienneté de la stabilité de son étendue, elle comprend la majorité de forêts tropicales dans le bassin du Congo. Ses forêts abritent de nombreuses espèces végétales et animales caractérisées par un taux d'endémisme très élevé. Plus de 11 000 espèces végétales y sont jusqu'ici recensées dont un tiers serait endémique, sans compter la grande diversité de mammifères primates et oiseaux, (IUCN ,1989 ; Vancutsem & *al.*, 2006).

Cette diversité floristique fait l'objet depuis bien longtemps de plusieurs classifications qui ne font pas toujours l'unanimité dans la communauté scientifique.

D'après Aubreville (1957) et Trochain (1980), la forêt dense humide intertropicale est plus sensible à un accroissement de la durée et de la rigueur de la saison sèche qu'à la quantité totale des précipitations atmosphériques. Dans certaines régions où les chutes d'eaux sont faibles, la présence d'une forêt dense ne s'explique que par une saison sèche courte de 3 mois tandis que dans d'autres, à forte pluviosité mais à longue saison sèche de 5 mois environ, règne la savane.

De leur part, Lebrun et Gilbert (1954) distinguent en fait, trois types des forêts denses : (i) la forêt dense humide (ombrophile), forêt très dense, composée d'arbres à couronnes imbriquées les unes dans les autres et formant une voûte continue avec quelques arbres émergents atteignant 50 m de haut. Les arbres des étages supérieurs ne perdant pas leurs feuilles même pendant la saison sèche. C'est la forêt sempervirente ; (ii) la forêt dense assez sèche (mésophile). Elle est semblable à la précédente, mais avec certains arbres des étages supérieurs perdant simultanément leurs feuilles en saison sèche. C'est la forêt dense semi-caducifoliée et (iii) la forêt dense sèche, Muhulu inclus. Elle est formée essentiellement d'arbres ayant un couvert continu avec un sous-bois dense d'arbustes et ne contenant que très rarement des graminées. La plupart des arbres perdent leurs feuilles en saison sèche. C'est la forêt dense sèche tropophile (Mosango, 1990).

La classification dite de Yangambi (1956) âgée déjà de plus d'un demi siècle est encore très en vogue. Elle établit deux grandes classes, les "formations forestières fermées et les formations mixtes forestières et graminéennes et les formations graminéennes". La formation graminéenne entraîne toujours ou presque l'activité d'un facteur dégradant essentiel du milieu, soit anthropique, soit un feu de brousse. Cette classification bilingue semble imparfaite. Si elle est adoptée pratiquement par tous ceux qui ont eu à décrire les formations végétales en Afrique, elle marque cependant un progrès considérable puisqu'elle fait disparaître la confusion des classifications de jadis qui avaient du mal à imposer l'unanimité entre les écologistes, les forestiers, les phytogéographes, les agrostologues, ou de manière globale, tous les chercheurs intéressés à distinguer les divers types de végétation en Afrique (Aubréville, 1957).

Une classification plus exhaustive et récente présente la carte de l'occupation du sol de la RD Congo dans sa totalité. Elle est l'œuvre de l'Université Catholique de Louvain (UCL) de Belgique. Travaillée en collaboration avec le Centre Commun de Recherche (CCR), elle souligne l'impact des activités humaines largement répandues à travers l'entière de l'écosystème forestier africain. Cette classification enregistre, à cet effet, 17 types de formations végétales identifiés par des écologistes en utilisant l'information saisonnière fournie par des images journalières acquises en 2000. La carte dérivée d'une série temporelle d'images SPOT VEGETATION à 1 km de résolution est actuellement la plus à jour. Elle présente l'information la plus détaillée qui couvre l'entière du pays.

Cette classification estime une superficie de forêt égale à 1 120 340 km² qui correspond à 47,4 % du territoire congolais et comprend 4 types de forêts à savoir, (i) la forêt dense humide, (ii) la forêt édaphique, (iii) la forêt secondaire vieille et (iv) la forêt secondaire jeune (Figure 2.1). La comparaison de cette estimation avec d'autres sources des données montre que cette classification est très proche de celle obtenue dans le cadre du projet FAO-Africover (Vancutsem & al., 2006).

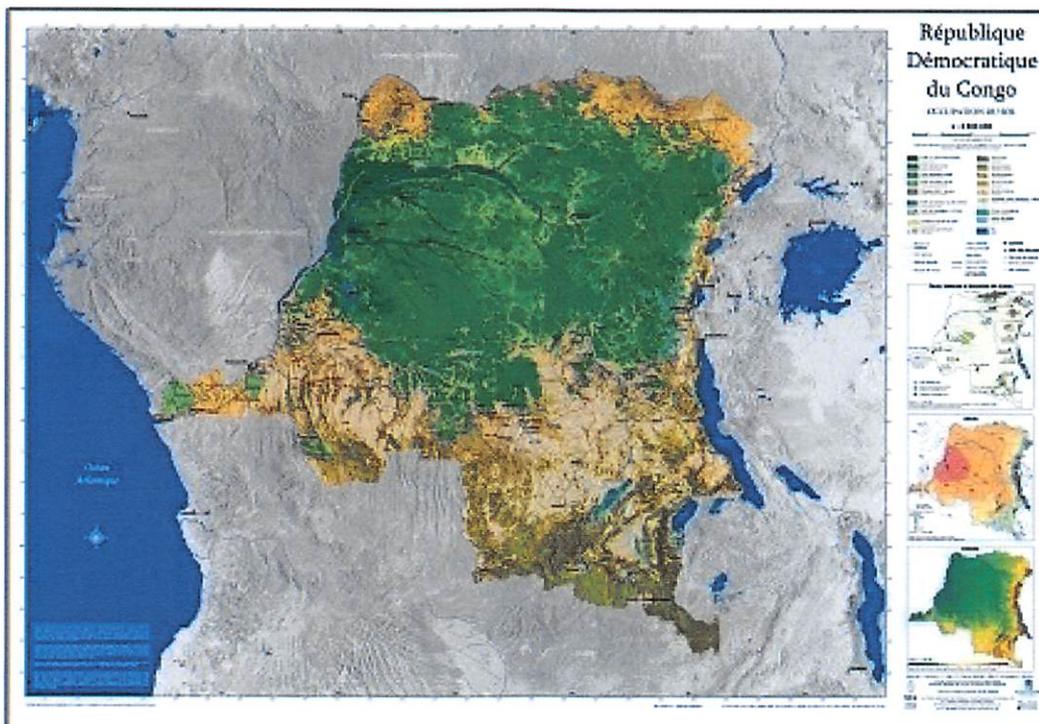


Figure 2.1 Occupation du sol congolais (Vancutsem et *al.*, 2006)
<http://www.uclouvain.be/enge-cartesRDC>.

Les pourcentages d'occupation de terre par chaque composante en rapport avec la superficie de la RD. Congo sont repris dans le tableau 2.1.

Tableau 2.1 Classe d'occupation des sols de la RD. Congo
<http://www.uclouvain.be/enge-cartesRDC>.

Classe d'occupation	Superficie occupée (km²)	Pourcentage
Forêt dense humide	703 671	29,98
Mosaïque savane-steppe-agriculture	313 020	13,34
Savane herbeuse	190 267	8,11
Savane arbustive	160 836	6,85
Forêt secondaire vieille	155 491	6,63
Savane arborée	154 239	6,57
Forêt claire	144 124	6,14
Forêt secondaire jeune	125 338	5,34
Forêt sur sol hydromorphe	102 452	3,37
Mosaïque forêt-savane	84 713	3,1
Complexe agricole en forêt	68 912	2,98
Savane boisée	42 846	1,83
Eau	41 156	1,75
Forêt de transition	26 786	1,14
Agriculture permanente	18 052	0,77
Forêt de montagne	6 602	0,28
Prairie aquatique	5 261	0,22
Prairie marécage	2 053	0,09
Total forêts	1 120 340	47,74
Total territoire national	2 346 819	100

Présentées de manière plus détaillée à l'échelle du bassin du Congo, les forêts denses humides sont recoupées par Maley (1990) et White (2001) en 11 types essentiels : (i) les forêts biafréennes sempervirentes à *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb et *Lophira alata* Banks ex.Gaertn du Cameroun ; (ii) les forêts biafréennes sempervirentes à *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb et *Aucoumea klaineana* Pierre de la Guinée Equatoriale et du Gabon ; (iii) les forêts biafréennes à nombreuses Césalpiniacées ; (iv) les forêts congolaises mixtes de terre ferme, constituées d'une mosaïque de formations sempervirentes et de formations plus ou moins caducifoliées ; (v) les forêts congolaises marécageuses inondables de la cuvette centrale ; (vi) les forêts clairsemées à Marantaceae ; (vii) les forêts sempervirentes à monodominance de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard; (viii) les forêts semi-caducifoliées ; (ix) les forêts sub-montagnardes ou de transition (entre 600 et 800 m à l'Ouest ; 1000 et 1 650 m à l'Est ; (x) les forêts montagnardes (entre 800 et 2000 m) à l'Ouest, 1650 et (3 000 – 3 300 m) à l'Est et (xi) les mangroves à l'Ouest.

Dans cette classification, on voit ressortir distinctement les forêts à Marantaceae. Ces formations sont bien connues d'une grande partie de l'Afrique centrale, plus particulièrement au Gabon et au Congo Brazzaville (Vande Weghe, 2004).

2.2. Bref aperçu sur les peuplements forestiers de la réserve forestière de Yoko et de Biaro

La Réserve forestière de Yoko est une forêt pluristrate à canopée surplombée d'essences de grande taille pouvant atteindre plus de 40 m de hauteur. Ces émergents sont dominés par des espèces de terre ferme, notamment *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch, *Tessmannia africana* Harms, *Petersianthus macrocarpus* DC, *Scorodophloeus zenkeri* Harms (De Wild.) J. Léonard et *Irvingia grandifolia* (Engler) Engler. De grandes touffes des rotangs s'érigent au milieu de grandes clairières à Marantaceae. Parmi les espèces fréquemment rencontrées en sous-bois, on compte les espèces du genre *Diospyros*, *Cola bruneelii* De Wild., *Scaphopetalum thoneri* (De Wild.) Louis ou encore *Microdesmis yafungana* (J. Léonard). De manière plus détaillée, la végétation de cette réserve présente quatre types forestiers : (i) la concession des cultures, (ii) la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, (iii) la forêt mixte et (iv) la forêt dense adulte clairsemée des clairières à Marantaceae et à rotangs (Kahindo, 2011).

2.2.1. Forêts à Marantaceae

En Afrique centrale, les forêts dites à *Marantaceae* présentent une structure très originale. Leur sous-bois est envahi par des herbacées, *Marantaceae* ou *Zingiberaceae*, souvent lianescentes pouvant atteindre plusieurs mètres de hauteur. L'étage arbustif y est mal représenté et la canopée formée par la couronne de grands arbres y est plus ou moins ouverte laissant ainsi pénétrer la lumière dans le sous-bois (Aubréville, 1948 ; Letouzey, 1968 ; Gilbert, 1984 ; Lejoly 1996 & Gillet, 2013). Ces peuplements s'observent notamment, en lisière forêt-savane ainsi que dans toutes les zones où la forêt dense a été perturbée notamment, sur les abords de routes ou de vieilles plantations, dans les chablis naturels résultant de la chute d'arbres au cœur des massifs forestiers ou dans les anciennes zones d'exploitation forestière. Elles sont souvent bordées de jeunes recrûs forestiers (Letouzey, 1982 ; Vande weghe, 2004 ; Gillet, 2006). Ces formations sont également présentes en Afrique de l'Ouest, mais elles sont exceptionnellement développées dans les zones des forêts semi-décidues de l'Afrique centrale (Brncic, 2003).

Les Marantaceae correspondent à des formations post-pionnières qui interviennent dans le processus de colonisation des savanes et participent à la cicatrisation de la forêt dense après destruction du couvert. Dans tous les cas, elles sont considérées comme des phases transitoires conduisant à terme, à la forêt dense. Cette dynamique de succession pour Brugière et *al.*, 2000 ; Doucet, 2003) ne semble pas toujours systématique. En fonction de zones qu'elles occupent, les arbres de ces formations présentent la même conformation qu'en forêt dense ou, au contraire, elles sont tordues et bas-branchues (Aubréville, 1964).

2.2.1.1. Peuplements des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro

Dans la réserve forestière de Yoko et à Biaro, les peuplements à Marantaceae présentent trois faciès particuliers : (i) les groupements très denses qui s'observent dans la partie Est et les longs de grands cours d'eau (Yoko et Biaro). Ils sont remarquables par la densité très élevée des *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh. pouvant atteindre 3 m ou plus de 4 m de hauteur. Ils sont parfois impénétrables. La canopée y est très disjointe et la strate arborescente y est moins dense. Dans les endroits qu'ils occupent, ils dépassent parfois 100 000 m². Ils s'installent sur le sol généralement sablonneux ou argilosableux. On y remarque parfois un mélange de Zingiberaceae et des Commelinaceae ; (ii) le deuxième est remarquablement disséminé dans toute la réserve sous les forêts mixtes. Il s'observe comme une strate herbacée en mélange avec le sous bois et occupe des étendues contigües difficiles à délimiter. On peut y voir plusieurs espèces des Marantaceae, *Megaphrynium macrostachyum*. (Bentham) Milne-Redh, *Sarcophrynium schweinfurthianum* (K. Schum.) K. Schum, *Haumania danckelmaniana* (J. Braun & K. Schum.), et *Trachyphrynium braunianum* (K. Schum.) Baker qui sont généralement installés sur des sols argileux et dans la litière et (iii) le troisième est observable le long des axes routiers et ferrés à proximité des villages et dans les jachères récentes. Ces groupements profitent de l'éclaircissement brutal causé par l'ouverture de la forêt dense pour s'installer. Ils paraissent très récents par rapport aux deux premiers groupes. On y observe un mélange de trois espèces notamment, *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh, *Marantochloa pupureum* (Ridley) Milne-Redh et *Ataenidia conferta* (Bentham) K. Schum., en mélange parfois important avec les Zingiberaceae et les Commelinaceae. La strate arborescente y est dominée par les essences pionnières, *Trema orientalis* (L.) Blume, *Vernonia conferta* (Bentham), *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poiret, *Buchnerodendron speciosum* Guirke, *Musanga cecropioides* R. Br. etc.

A Biaro, dans sa partie Nord-est et au Sud-ouest du dispositif permanent, de nos jours abandonné, on y observe de grandes étendues des Marantaceae où domine largement l'espèce *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh, qui en constitue les peuplements très denses et impénétrables.

Quelques espèces de la famille de Marantaceae récoltées lors de nos excursions dans la réserve forestière de Yoko sont présentées à l'annexe 11.

2.2.1.2. Description botanique et mode de propagation de Marantaceae

a). Description botanique

Les Marantaceae appartiennent à la classe des Liliopsida (Monocotylédones), sous-classe des Commelinidae et à l'ordre des Zingiberales. Cette famille renferme 30 genres et 400 espèces. Ce sont des herbes pérennes et terrestres, glabres ou à poils variables (Dhetchuvi et al., 1993 ; Dhetchuvi, 1996).

Les rhizomes qui constituent leur système racinaire sont articulés et munis d'écailles aux nœuds et des pousses aériennes des formes variables. Les tiges sont simples ou ramifiées, parfois très réduites ou, par contre, très allongées et lianescentes, à gaine aphyllée à la base où est insérées une ou plusieurs feuilles alternes ou distiques ou encore en touffes.

Les feuilles sont à gaine ouverte qui entoure la tige, à pétiole cylindrique, à sommet transformé en une structure spécialisée appelée "callus". Leur limbe est entier, ovale ou elliptique, parfois de grande taille, aux deux moitiés asymétriques par rapport à la nervure médiane, à un des bords convexe et l'autre moins arqué ou rectiligne, à face inférieure souvent colorée ou pourpre; à nervure médiane proéminente sur la face inférieure, à nervation latérale parallèle oblique à arquée et plus ou moins dense rejoignant les marges du limbe.

Les inflorescences sont terminales ou latérales et/ou basales ou radicales en racèmes ou en grappes de cimes biflores, à pédoncule simple ou ramifié dès la base. Leur rachis est articulé portant à chaque nœud une spathe, à une ou plusieurs cimes biflores, chacune munie ou non d'une bractée. Leur cime est composée d'un axe commun portant à son sommet deux pédicelles généralement inégaux portant chacun une fleur à l'extrémité, pédicelles munis ou non d'une ou deux bractéoles charnues.

Les fleurs sont trimères hermaphrodites. Les sépales sont libres, généralement égaux et leurs corolles soudées en tube à la base, puis séparées en trois lobes libres. L'androcée est complexe, pétaloïde, tubulaire à la base, à sommet pétaloïde, à cycle externe parfois manquant ou comportant un ou deux staminodes, larges ou subulés, à cycle interne à trois pièces, l'une en forme de capuchon, parfois appendiculée, l'autre calleuse, épaisse et la troisième, mi-staminodiale, mi-fertile portant une anthère. L'ovaire est infère, tri carpellaire et triloculaire à ovules basilaires et leur style est épais et courbé. Il est enfermé d'abord dans le staminode en capuchon, puis libre. Leur fruit est capsulaire.

Plusieurs espèces tapissent le sol, telles que *Ataenidia conferta* (Bentham) K. Schum. et *Haumania danckelmaniana*. Quelques espèces ne se trouvent que dans les bas-fonds forestiers marécageux à savoir *Halopegia azurea* (K. Schum.) et K. Schum) et *Marantochloa purpurea* (Ridley) Milne-Redh. D'autres se rencontrent seulement dans les prairies marécageuses découvertes aussi bien en forêt qu'en savane ou aux abords des lacs sahéliens telle que *Thalia welwitschii* Ridley (Letouzey, 1982). Au dessus de celles qui tapissent le sol, d'autres sont lianescentes et grimpantes et entourent les troncs des arbres ou recouvrent la cime des rares arbustes entravant leur développement voire leur reproduction comme *Haumania liebrechtsiana* (J.Braun & K.Schum.).

D'après Letouzey (1992), au sein de la famille de ces herbacées monocotylédons à tiges simple ou ramifiée, parfois très courte et portant une ou plusieurs feuilles (Figure 2.2), quatre principaux groupes se démarquent notamment : (i) le groupe à feuilles rassemblées en touffes autour de la base de la tige. C'est le cas des genres *Halopegia*, *Megaphrynium* et *Trachyphrynium* ; (ii) le groupe à tige lianescente, ramifiée. C'est le cas du genre *Haumania* ; (iii) le groupe à tige ramifiée et garnie de rameaux obliques feuillés (allure de bambou) et (iv) le groupe à tige dressée, ramifiée et feuillée (chez la plus part des *Marantochloa*).

L'espèce *Ataenidia conferta* (Bentham) K. Schum., lorsqu'elle est stérile est du groupe 1 alors que si les tiges sont fertiles, elle est du groupe 2 (Gillet, 2013).

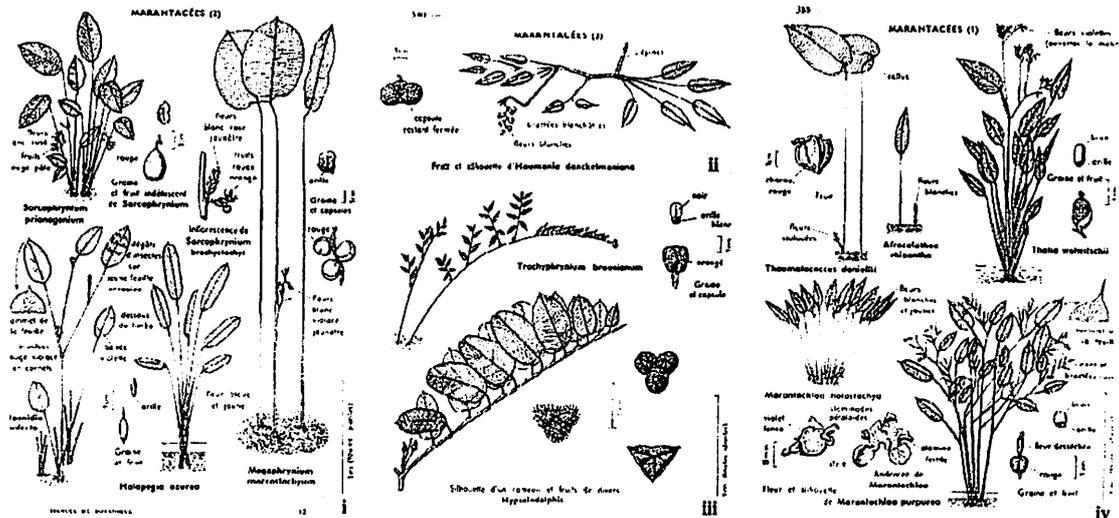


Figure 2.2 Quatre principaux groupes des Marantaceae en fonction de leur architecture : i. espèces dressées ; ii. espèces lianescentes ; iii. espèces ramifiées et iv. espèces dressées et ramifiées.

b). Mode de propagation

De préférence, le mode de propagation de Marantaceae est végétatif par diffusion des tiges souterraines vivaces ou rhizomes (Brugière et al., 2000 ; Brncic, 2002 ; Vande Weghe, 2004). Mais, la clonalité est aussi observée chez certains taxons comme *Costus lucanusianus* J.Braun & K. Schum. et *Ataenidia conferta* (Bentham) K. Schum. L'extrémité de leurs tiges portant de vieilles inflorescences produit un jeune plant, la tige se courbe par sénescence et gravité permettant alors au clone de s'enraciner (Vande weghe, 2004 ; Gillet, 2013). Les Marantaceae liansecentes du genre *Haumania* se propagent par émission de très longues tiges articulées atteignant 5 m et couvertes des graines aphyllés. Ces flagelles se ramifient lorsqu'ils entrent en contact avec un support. La base du nœud se plie pour s'y accrocher et l'entrenœud se renfle et se durcit du côté opposé pour conserver la position acquise (Dhetchuvi et al., 1993 ; Dhetchuvi, 1996 ;). Le développement des Marantaceae à partir des graines est très lente et compromis par la concurrence (Brncic, 2002 ; Gillet 2013).

2.2.1.3. Importance socio-économique des Marantaceae dans la région de Kisangani

Les Marantaceae sont des produits forestiers non ligneux très exploités dans la région de Kisangani. Elles jouent un rôle socio-économique non négligeable dans la vie quotidienne de la population rurale et urbaine.

L'espèce *Megaphrynium macrostachyum* (Benth) Milne-Redh communément appelé "mangungu" dans la région est exploitée pour la couverture des toitures des cases. Ses jeunes feuilles sont consommées comme légume. Les écorces de ses tiges sont utilisées pour la fabrication des nattes et pour la ligature et ses feuilles constituent un emballage commercial très important. Les femmes s'adonnent beaucoup à leur récolte pour leur commercialisation. D'après les études réalisées par Masheke en 2009, une botte de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth) Milne-Redh de plus ou moins 100 feuilles est vendue au niveau local à 0,10 dollar américain ; alors qu'elle est revendue à 0,50 dollar américain dans les marchés de la ville de Kisangani. Ces prix restent constants jusqu'à ces jours dans la région.

2.3. Dynamique de régénération naturelle dans les forêts denses humides et dans les forêts à Marantaceae

2.3.1. Régénération naturelle en forêt naturelle

La forêt est un ensemble de plusieurs phytocénoses en perpétuel renouvellement mettant en jeu des processus de régénération qui en reste l'élément principal de sa pérennisation. Ces processus apparaissent dans des conditions naturelles principalement à la faveur de chutes d'arbres ou encore à la suite de perturbations souvent liées aux activités humaines provoquant des trouées dans le couvert forestier (Alexandre, 1982). Dans ces trouées, il s'effectue localement une augmentation de l'intensité de la lumière jusqu'au niveau du sol. Le rapport de cette intensité qui était au départ de l'ordre de 1 % en forêt non-perturbée atteint progressivement 2 à 5 % après un volis et peuvent atteindre 5 à 30 % dans un chablis (Charles-Dominique, 1992).

La compréhension des processus de régénération naturelle passe nécessairement par la connaissance du potentiel floristique existant immédiatement après l'ouverture du couvert forestier. En effet, les modifications des conditions microclimatiques consécutives à la disparition de certains arbres en forêt engendrent une réactivation de la croissance du peuplement encore sur pied. Ensuite, le phénomène se poursuit jusqu'à la fermeture du couvert. Selon Puig (1989 et 1992), ce mécanisme naturel est particulièrement notable dans les strates composées d'individus jeunes avec une forte capacité de réaction au changement. Après cette perturbation dans ces strates inférieures, le potentiel végétal,

plantules et rejets, et le potentiel séminal édaphique, graines présents dans le sol au moment du chablis apparaissent vigoureusement et peuvent être facilement distingués.

La régénération naturelle est étudiée pour des raisons sylvicoles pratiques du point de vue de la composition floristique et de la distribution de la taille des individus. On en distingue plus couramment parmi les semis et gaulis divers types biologiques comme les arbres, les lianes, les palmiers et les espèces herbacées. Il est aussi fréquent d'identifier la régénération naturelle en forêt tropicale aux semis ou également aux gaulis par exemple les tiges de quelques centimètres de diamètre.

La notion de régénération peut également s'exprimer par rapport au peuplement en opposant entre autre les tiges inférieures à 10 cm de diamètre définies comme régénération aux tiges supérieures à ce diamètre de référence qui constitue le peuplement. Cette distinction, si elle peut paraître artificielle et arbitraire, se justifie principalement pour des raisons pratiques. Il y a environ cent mille tiges entre 10 - 100 cm de haut sur un hectare dans une forêt dense humide (Dupuy, 1998).

Les études sylvicoles actuellement réalisées concernent la régénération installée. Cette régénération est définie comme l'ensemble des tiges de diamètre compris entre 1-10 cm de diamètre. Dans un objectif de production, les espèces "commerciales ou principales" sont distinguées des espèces dites "secondaires". L'intérêt immédiat des espèces commercialement recherchées ne doit, toutefois pas, occulter à terme l'importance des espèces dites "secondaires" ainsi que de nombreuses autres plantes pourtant à usage multiples socio-environnementaux, (Rollet, 1974 ; Hall et *al.*, 1981 ;) notamment médicinal, alimentaire, constructible, artisanal, écologique, etc.

2.3.1.1. Régénération naturelle et structure des peuplements forestiers

De très nombreuses tiges de diamètre inférieur à 10 cm sont présentes en sous-étage. Dans les inventaires forestiers, parmi les tiges passant à la classe de comptage de diamètre supérieur à 10 cm, il y a une certaine proportion de tiges d'espèces secondaires sans avenir commercial. Il est donc très important de connaître la composition botanique de ce recrû qui est le potentiel d'avenir du futur peuplement adulte. L'objectif d'une sylviculture raisonnée est de maintenir un certain équilibre entre les différentes catégories d'espèces. Cet équilibre respecte une composition dans un peuplement non perturbé suivant une stratification succinctement établie de la manière suivante (Dupuy, 1998).

- **L'étage dominant** : il est plus ou moins ouvert et botaniquement partagé entre essences secondaires et commerciales. Un comptage en forêt peu dégradée montre que la proportion d'essences commerciales y est plus importante. La plupart d'essences commerciales de cette strate atteignent souvent de forts diamètres alors que les essences secondaires sont des espèces à développement limité. Une proportion relativement faible d'entre-elles atteint aussi de grandes dimensions.
- **L'étage intermédiaire** : il est composé de tiges de diamètre de 10 - 30 cm. A l'inverse de l'étage dominant, on y remarque une plus grande proportion d'essences secondaires. Cet étage est l'avenir à court terme de la forêt.
- **Un étage inférieur** : il comporte des tiges de très petit diamètre (1-10 cm). Il est la "réserve" en tiges de la forêt au cours des prochaines révolutions, inhibées par le manque de lumière. Ces tiges sont de faible diamètre et végètent souvent depuis de nombreuses années avant de reprendre leur croissance à l'occasion d'une mise en lumière accidentelle ou provoquée. Ils en constituent les tiges de la régénération naturelle installée.
- **Un "stade séminal"** : il est constitué de très jeunes brins ainsi que d'une banque de semis et de plantules.

Un inventaire dans les formations à Marantaceae fait remarquer la même stratification, mais les proportions des essences y sont très déficitaires.

2.3.1.2. Principales causes physiques de la dynamique forestière

Selon Clark (1990) et Whitmore (1991), les changements floristiques et structuraux sont d'origines diverses. Ces origines sont notamment :

- (i) les changements dans le sol ou du climat entraînant un appauvrissement progressif de la flore, une réduction de la hauteur et de la phytomasse des peuplements... A ce sujet, des sécheresses ponctuelles peuvent favoriser des incendies de forêts sur des millions d'hectares qui peuvent considérablement entraîner un appauvrissement remarquable dans un peuplement ;
- (ii) les glissements de terrains engendrés par les tremblements de terre, les typhons, les éruptions volcaniques et les cyclones peuvent affecter des surfaces de quelques centaines d'hectares ;
- (iii) les ouvertures ponctuelles des couverts occasionnés par la chute d'arbres isolés, qui sont fréquemment d'origine naturelle ou humaine, constituent le phénomène de

dynamique le plus général à travers les chutes des branches, les volis, les chablis naturels et l'exploitation forestière. Les surfaces affectées sont à peu près de quelques centaines de m². Le flux lumineux en constitue le principal facteur physique et moteur de la modification. C'est cette dernière cause qui reste régulièrement plus fréquente en forêts denses humides.

2.3.1.3. La lumière et la germination

La lumière joue un rôle fondamental pour la germination, car les variations de son intensité et la composition de son spectre influencent la croissance, la production et la productivité des écosystèmes forestiers et indirectement sa structure (Hall *et al.*, 1981, Puig, 2001). La diminution de l'intensité lumineuse pénétrant varie évidemment en fonction du couvert, de l'agitation des feuilles et de l'angle d'incidence des rayons solaires.

En fonction de leur tempérament face à la lumière, une généralisation du comportement écologique des espèces végétales a été proposée par Oldeman & Van Dijk (1991) qui distinguent les comportements écologiques des espèces selon leurs stratégies. Trois types sont identifiés en fonction de la quantité de la lumière de l'énergie disponible et du mode de reproduction (Figure 2.3). Il s'agit de :

- (i) Les joueurs (gamblers) qui se régénèrent abondamment dans les trouées, donc dans les conditions de radiations lumineuses élevées. Ils atteignent rapidement la voûte forestière car ils ne supportent pas la concurrence. Ces arbres produisent des quantités importantes de graines qui demeurent dans le sol dans l'attente d'un apport de lumière pour germer et se développer (Figure 2.3.g).
- (ii) Les lutteurs (strugglers) qui s'établissent dans des conditions de faible éclaircissement à partir d'une production de graines limitées mais susceptibles de générer et de donner des plantules dans les conditions difficiles du sous-bois (Figure 2.3. a).
- (iii) Les intermédiaires (Figure. 2.3 b, c, d, e, f) ont les comportements situés entre les deux cas précédents. Ils changent au cours de leur vie lorsqu'ils atteignent un certain niveau des forêts en fonction de la quantité lumineuse reçue.

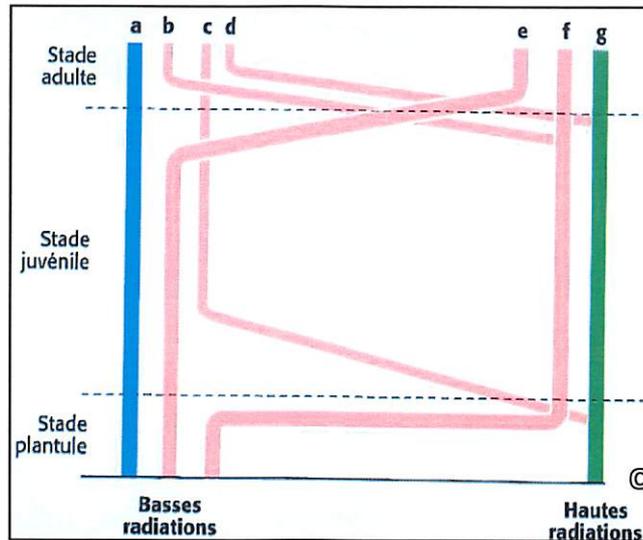


Figure 2.3 Les stratégies des arbres forestiers et leurs relations avec la radiation. D'après Oldeman et Van Dijk (1991) ; a : lutteurs (struggleurs) ; b, c, d, e, f (intermédiaires) ; g : joueurs.

Hall et *al.*, (1981) démontrent l'importance de la lumière sur la régénération des graines existant dans les sols et le nombre de plants et d'espèces sur 1 m² (Tableau 2.2) dans les différents types forestiers en fonction de l'éclairement dans une étude qu'ils ont réalisée au Ghana.

Tableau 2.2 Nombre de plants et d'espèces par m² en fonction de l'éclairement dans les différents types forestiers au Ghana.

Type de forêt dense humide				
Eclairement	Sempervirente	Transition	Semi-décidue	Préforestière
Plein découvert				
• Plant/m ²	171	339	693	394
• Espèce/m ²	21	31	31	42
Sous-bois				
• Plant/m ²	12	34	29	21
• Espèce/m ²	6	4	8	4

Les chiffres consignés dans ce tableau indiquent qu'en plein découvert, les plants et les espèces par m² sont plus abondants qu'en sous-bois.

2.4. Dynamique et régénération dans les peuplements à Marantaceae

Les Marantaceae sont caractérisées par une dynamique expansionniste qui repose essentiellement sur les chablis et les effets de lisière. Elles rivalisent avec les autres composantes floristiques dans les zones qu'elles occupent. La régénération y est remarquablement très moins abondante. Plusieurs études ont attesté une corrélation négative entre le nombre de tiges des Marantaceae et le nombre de plantules ligneuses. Ces études révèlent qu'à chaque fois que le nombre des tiges des Marantaceae augmentaient, inversement, le nombre des plantules ligneuses diminuait (Kukupula, 2009 ; Mbayu, 2009 et Gillet, 2013). Une autre action inhibitrice est observée chez les espèces lianescentes comme *Haumania liebrechtsiana* (J. Braun & K. Schum.) qui peuvent entourer les troncs d'arbres ou recouvrir leur cime et entraver par la suite leur développement et leur reproduction (White, 1990 ; Brugière et al., 2000).

Les Marantaceae ont la capacité de monopoliser facilement l'espace acquis durant de longues périodes et s'étendent facilement à la faveur des trouées limitrophes, (Gilbert, 1984 ; Lejoly, 1969). Plusieurs facteurs permettent à ces formations de rivaliser avec les autres végétaux pour former des bosquets monodominants persistants (Brncic, 2002 ; Vande weghe, 2004) : (i) elles produisent une couche des feuilles denses, (ii) leurs repousses et rhizomes reprennent très rapidement après perturbation, (iii) elles suscitent la concurrence souterraine et la concurrence pour la lumière avec les jeunes plans et (iv) leur croissance clonale.

Brugière et al., (2000) notent cinq étapes dans la dynamique de l'expansion des peuplements à Marantaceae (figure.2.4) : (1) A l'origine, commence le chablis ou toute perturbation en forêt dense ou non loin d'une lisière forêt dense - forêt à Marantaceae. (2) Les Marantaceae envahissent le chablis grâce aux effets de lisière qui leur créent un microclimat favorable. Leur développement se réalise rapidement grâce au réseau dense de leurs rhizomes ramifiés qui permettent l'extension de leur appareil végétatif. Celui-ci forme un couvert végétal dense qui inhibe la germination des graines et la croissance des plantules de ligneux. (3). Des chablis voisins sont successivement envahis à partir des chablis initiaux qui en constituent des relais de colonisation. (4) La jonction entre chablis s'effectue et les zones de colonisation s'étendent. Les effets de lisière y jouent en concomitance un rôle amplificateur. Le renouvellement des ligneux n'étant plus assuré, seuls les arbres de moyen et grand diamètre persistent et la canopée y devient de plus en

plus discontinue. Ainsi, commence la régression de la forêt. (5) L'avancée en front et hégémonique de la colonisation des Marantaceae conduit au morcèlement en îlots de la forêt.

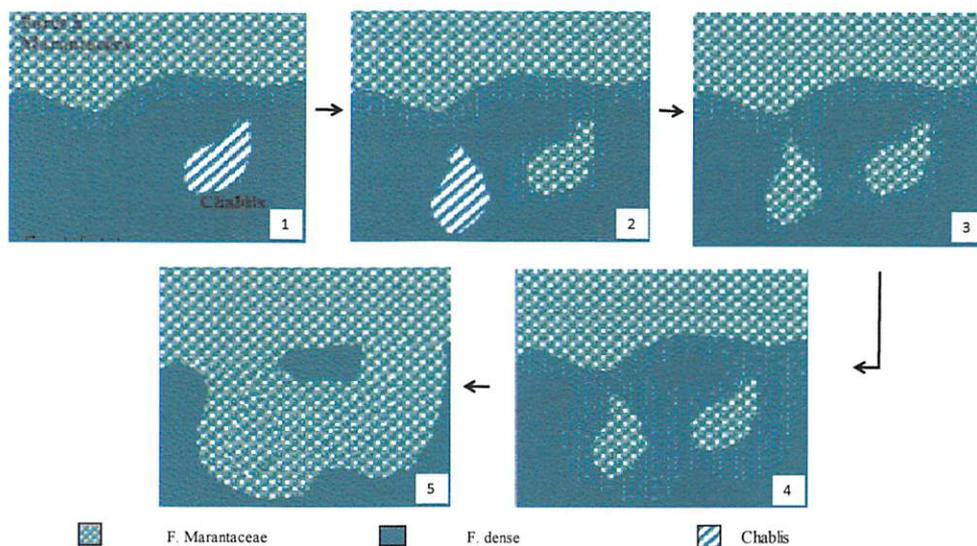


Figure 2.4 Dynamique de colonisation des forêts à Marantaceae.

Légende : **1** : chablis en forêt non encore envahis par les Marantaceae ; **2** : envahissement du chablis par les Marantaceae ; **3** : envahissement successif des chablis voisins par les Marantaceae à partir de chablis initiaux ; **4** : jonction entre chablis envahis et expansion de la colonisation des Marantaceae; **5** : avancée en front hégémonique des Marantaceae.

Chapitre 3.

Impact des activités humaines sur la dynamique des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs

3.1. Introduction.

L'action de l'homme sur le milieu, particulièrement sur la flore et la végétation, peut être évaluée par l'ancienneté de l'occupation du territoire, la densité de sa population et par son mode de vie (Lubini, 1982).

Ce chapitre rappelle les activités traditionnelles de l'homme liées à l'utilisation des terres et des ressources forestières au cours de décennies antérieures dans la région. Ces activités sont mises en exergue par l'approche pédoanthracologique (voir le chapitre 4).

Beaucoup d'auteurs ont observé que par effets conjugués des incendies et des défrichements, l'homme a créé les savanes à la place des forêts. En revanche, d'autres par contre incriminent les facteurs climatiques, pédologiques, paléoclimatiques ou géomorphologiques (Youta Happi, 1998).

Qu'à cela ne tienne, l'hypothèse d'une origine anthropique des savanes a souvent été privilégiée. Toute une littérature de l'époque coloniale fait porter la responsabilité de l'existence des savanes aux agriculteurs locaux qui exploitaient sans discerner les vastes espaces à leur disposition. Le contact entre la forêt (formation fermée) et la savane (formation ouverte) a souvent été considéré comme étant la preuve du recul de la forêt devant les feux et les défrichements ou le surpâturage pratiqué par l'homme. Cette théorie qui n'était au départ qu'une supposition de la part de son précurseur Aubréville (1948) est par la suite, devenue un postulat (Youta Happi, 1998).

En reculant très loin dans le temps, en dépit de tout balbutiement de l'histoire, (Oslisly et Peyrot, 2001; Peyrot, 2008) révèlent que, près de 300 000 ans de préhistoire sont dissimulés sous les forêts et les savanes. Ces auteurs mettent en évidence l'ancienneté des interactions entre ces lointaines sociétés et leurs environnements. En fait, la croyance en une forêt vierge, vide de tout passé humain, la considération d'une forêt primaire issue du fond des âges s'effondre face aux données des études récentes qui révèlent que cette

forêt est, dans sa physionomie actuelle, globalement jeune, d'âge du Holocène et qu'elle porte les stigmates d'importants changements environnementaux (Youta Happi, 1998).

Les études archéologiques, bien qu'encore préliminaires dans les espaces forestiers africains, attestent la présence des indices de la présence humaine dans le passé. Ces indices sont constitués des poteries, des pierres taillées, des fours de métallurgie (Brncic et al., 2006; Gruslin, 2009 ; Tshibamba, 2010 ; Hubau, 2013 ; Gillet, 1013). Ils sont également retrouvés dans les sols des zones aujourd'hui totalement exemptes de traces humaines. Bien que peu nombreuses pour l'Afrique centrale, les études fournissent assez d'informations pour retracer la chronologie de la distribution et des technologies humaines passées dans la région (Brncic et al., 2006).

L'Homme a toujours été bien souvent désigné comme unique responsable de l'installation des savanes qui sont des témoins de phases successives des trouées pratiquées par celui-ci dans la forêt par le biais des défrichements, des feux de brousse et du surpâturage. Ces pratiques créent concomitamment à certains endroits en forêts les clairières plus ou moins grandes qui sont couvertes de savanes épaisses de hautes herbes dites souvent herbes à éléphants. Il s'agit de parcelles défrichées et incinérées par les indigènes suivant leur méthode (Youta Happi, 1998).

Ces hypothèses sont également relayées par d'autres scientifiques pour expliquer les origines des savanes préforestières. En Côte d'Ivoire, les populations Baoulé installées depuis plusieurs millénaires auraient entraîné une profonde déforestation au sein du massif forestier occupant le Sud de ce pays (Youta Happi, 1998).

Les forêts à Marantaceae, pour (Letouzey, 1968; Lubini, 1986 ; Dhetchuvi et al., 1993, Detchuvi, 1996), sont circonstanciels des activités traditionnelles de défrichement ou de l'exploitation forestières. Ces activités sont intensément observées dans toutes les régions forestières du bassin du Congo.

Les premiers contacts de l'homme avec la forêt ne font pas encore l'unanimité entre chercheurs. Toutefois nous essayons de les rappeler de manière générale en Afrique tropicale et plus particulièrement dans la région de Kisangani.

3.2. Les premières populations en contact avec les forêts

Le consensus est loin d'être établi entre les spécialistes en ce qui concerne la date d'apparition des premiers hommes dans les écosystèmes forestiers tropicaux ainsi que ce qu'ont pu être leurs premières stratégies de subsistance. Mais, les indices qui attestent la présence humaine au sein de forêts sont nombreux. Ces indicateurs fournissent assez d'informations qui retracent la chronologie de la distribution humaine et de leur technologie dans le passé (McKey, 1996 ; Brncic et *al.*, 2006).

L'arrivée des premiers groupes humains en Afrique centrale est difficile à estimer avec précision. Pour Fay (1997), elle remonterait à 60 000 BP. Cependant, les premiers groupes de populations purement forestières sont les Pygmées. Ils seraient arrivés vers 10 000 BP en Afrique centrale (Vande weghe, 2004) et dans le bassin de la Sangha en particulier (Brncic et *al.*, 2006). Ce peuple était caractérisé par la vie nomade et était des chasseurs-cueilleurs (Bahuchet et Guillaume, 1979).

Des signes d'un style de vie plus sédentaire et d'une meilleure utilisation des ressources végétales apparaîtront il y a 7 000 ans, mais il ne s'agit pas encore d'agriculture développée. Aujourd'hui, peu de traces des villages de ces populations sont retrouvables (Clist, 2006).

3.3. L'expansion Bantoue

A partir de 4 000 BP, la zone forestière d'Afrique centrale aurait connu l'occupation des populations de savanes lors de l'avènement connu sous le nom "d'expansion Bantoue" (Bahuchet & Guillaume, 1979, Lewis, 2002, Verdu et *al.*, 2009).

On a longtemps cru que ces migrations avaient contourné les limites de la forêt équatoriale considérée dans ses limites actuelles (Schwartz, 1992) et/ou qu'elles auraient suivi les grandes voies de communication que constitue le réseau hydrographique (Bahuchet et Guillaume, 1979). Ces affirmations sont, par contre, mises en doute par les études de Schwartz et *al.*, (1990) ayant mis en évidence la présence d'artefacts combinés à des charbons de bois d'essences de savane en pleine forêt du Mayumbe. Pour chwartz et *al.*, (1990 et Schwartz (1992), la fragmentation des forêts aux environs de 3 000 BP aurait permis l'expansion rapide des Bantous.

L'avancée de ce peuple s'est fait en partie au hasard et de façon continue, les villages étant obligés de se déplacer au moins tous les 5 ans. Leur vitesse de migration était estimée à 1,2 km (Clist, 2006). Ces déplacements étaient en partie conditionnés par la disponibilité en eau et par les conditions du milieu (Vande Weghe, 2004).

Les populations Bantoues dominaient une fois installées, les groupes de peuples autochtones qu'ils croisaient au cours de leurs déplacements (Bahuchet et Guillaume, 1979). Au cours de ces migrations, elles ont côtoyé des populations Pygmées avec lesquelles elles ne sont pas entrées en conflit car ces dernières n'utilisaient pas les mêmes ressources qu'elles. Les Pygmées devenaient tout simplement leurs guides et les initiaient à la découverte de la forêt, des aliments, des plantes médicinales, etc. Ces derniers leur permettaient de progresser dans le milieu qui ne leur était pas familier (Gruslin, 2009).

S'installant dans les lisières forestières et le long des cours d'eau, elles ont partagé le milieu en fonction de leurs aptitudes. Elles produisaient des outils de pierre et de la poterie (Clist, 2006)...Il est évident que les populations Bantoues avaient besoin de grandes surfaces pour la chasse et l'agriculture en vue de leur subsistance. L'espace qu'ils occupaient, augmentait au fur et à mesure que leurs populations croissaient. Leur emprise sur la zone forestière était d'autant plus facilitée par la maîtrise de la métallurgie. Cette technologie était inconnue chez les Pygmées (Gillet, 2013). Pour s'en servir, les pygmées les obtenaient en échange avec du gibier. Ce système est connu sous le nom de troc.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_Congo_pr%C3%A9colonial_%28RDC%29.

3.4. L'Expansion Bantoue dans la Province Tshopo

L'installation de l'homme dans la Province Tshopo remonte vraisemblablement au Néolithique. En effet, quelques fouilles datant de cette période ont été découvertes à Simi-Simi, faubourg de la ville de Kisangani actuelle (Lubini, 1982).

Pour les historiens, les migrations de divers peuples de la région de Kisangani se situent entre les XIV^{ème} et XVIII^{ème} siècles. On en distingue deux grands groupes, les Bantous et les Soudanais. Les Bantous occupent l'Ouest, le Sud, le centre et le Nord-ouest. Les enquêtes politiques menées par l'administration coloniale affirmaient que les populations qui occupèrent jadis certaines régions telles que Isangi, Yangambi, Bengamisa, et Opala furent beaucoup plus importantes qu'actuellement. Les principales causes de la

diminution de cette population furent (i) la traite des Noirs, (ii) les guerres tribales, (iii) les travaux forcés, (iv) les maladies et (v) les guerres coloniales. (Moeller, 1936 ; <http://www.imi.ox.ac.uk/online-library/1895>).

Tous ces peuples pratiquaient l'agriculture itinérante sur brulis pour leur survie. La rotation et les cultures mixtes caractérisaient cette agriculture. Les cultures de base étaient bien entendu le bananier, l'igname, le manioc, et le maïs. Les peuples riverains Lokele et les Engenya (Wagenia) sont plutôt pêcheurs et commerçants ambulants (Lubini, 1982). Ce mode de vie, rappelons-le, est toujours vivace jusqu'à présent dans la région de Kisangani. Il s'amplifie de plus depuis la fin des récurrentes guerres il y a plus de 15 ans.

Les déplacements des populations à l'interne étaient aussi observés avant l'indépendance du pays en juin 1960. Ces déplacements étaient favorisés par les constructions des infrastructures routières par les colons belges. Les populations locales qui vivaient disséminées dans les forêts étaient relocalisées le long des axes routiers et ferrés où elles constituaient une main d'œuvre importante. Les traces ou les signes de leur présence sont restés visibles jusqu'à nos jours. L'on observe notamment de grandes zones forestières dominées par des espèces pionnières cicatricielles des perturbations à durée de vie longue c'est-à-dire plusieurs décennies voire plusieurs centaines d'années comme il en est le cas des *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben, *Ricinedendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Marantaceae* et des rotins. Dans les sous-sols, s'observent des résidus des charbons parfois à plus de 50 cm de profondeur (Oldeman, 1990).

Les informations notées par Oldeman (1990) sont aussi corroborées par la population riveraine de la réserve forestière de Yoko que nous avons contactée dans le cadre de cette étude. De plus, cette zone est drainée par une voie ferrée construite de 1903-1906 reliant Stanleyville (Kisangani) à Ponthienville (Ubundu) sur un tronçon de 125 km.

3.5. Activités humaines récurrentes affectant la dynamique forestière dans la région de Yoko et ses environs

Les forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs sont sous l'emprise des pratiques traditionnelles d'utilisation des terres récurrentes par les communautés riveraines et les exploitations forestières. Ces pratiques exposent ces forêts à l'expansion hégémonique des groupements à Marantaceae à savoir, l'agriculture itinérante sur brûlis, les abandons d'anciens villages pour les nouveaux, les exploitations des bois d'œuvre (industrielle et artisanale), l'exploitation des charbons des bois, l'exploitation des produits de l'artisanat, etc.

1° L'agriculture itinérante sur brûlis

L'agriculture itinérante sur brûlis est la principale activité de subsistance pour la majorité de la population de la Province Tshopo. La ville métropolitaine de Kisangani elle seule a une population d'environ 2 163 000 habitants soit 30 % de la population totale de la Province Tshopo (INS, 2009). Plus de 80 % de cette population sont tributaires des forêts. Comme dans toutes les régions forestières africaines, l'assèchement et la chasse sont pratiquées depuis plus d'un siècle dans la plupart des forêts (Bahuchet & Joiris, 1993). Ces activités ont sédentarisé et concentré les populations dans les villages le long des axes routiers afin d'évacuer les produits vers les centres commerciaux ou pour les vendre localement aux passants.

Dans la Province de la Tshopo, la production agricole est essentiellement basée sur le système traditionnel. Des faibles superficies sont emblavées, ne produisant que de petits rendements. La carence en intrants ainsi que l'usage des outils et techniques encore rudimentaires n'encouragent pas un bon rendement.

Cette pratique d'assèchement est un système non durable, les champs laissés en jachère ne sont exploités à nouveau qu'après 6 à 7 ans. Entre temps, les paysans défrichent les espaces forestiers nouveaux chaque année. En tenant compte du long temps de reconstitution de la capacité productive du sol, de nouvelles terres sont emblavées chaque année, ce qui amplifie la perturbation des espaces forestiers dans la région.

La réserve forestière de Yoko connaît actuellement une anthropisation impressionnante dans sa partie sud. L'agriculture, l'implantation de carrière de sable,

l'exploitation des feuilles et tiges des Marantaceae y affectent une bonne partie (Figure 3.1) sous le regard impuissant de l'autorité de tutelle.



Figure 3.1 A. une exploitation des tiges à *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh dans la partie Est de la Réserve et : B Un champ ouvert dans la partie Sud de la réserve forestière de Yoko

2° L'exploitation des bois d'œuvre

La région présente un potentiel important en bois d'œuvre. Deux compagnies d'exploitation forestière y sont à pieds d'œuvre il y a plus d'une décennie. Il s'agit de la Compagnie Forestière et de Transformation (CFT) et de Bego Congo. Les statistiques des grumes (en m³) de quelques années tirées de la Coordination Provinciale de l'Environnement de Kisangani sont reprises dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 Statistique de production des grumes de la CFT et Bego Congo dans le territoire d'Ubundu.

Année d'exploitation	Exploitation (m ³)	
	CFT	Bego-Congo
2004	-	3 477,796
2005	2 491,773	2 540,94
2006	5 199,906	2 384,903
2007	6 693,316	3 305,813
2008	4 709,928	762,85

Les essences prioritairement exploitées (Tableau 3.2) sont les essences de la classe I suivies de celles de la classe II. Les essences de la classe III sont encore à promouvoir en RD Congo

Tableau 3.2 Essences forestières exploitées par la CFT et Bego Congo dans le territoire d'Ubundu.

Légende I = espèces de grande valeur commerciale très exploitées et exportées ;
 II = espèces de bonne valeur commerciale en partie exploitées et peu exportées ;
 III = espèces dont l'exploitation est à promouvoir en RD Congo, mais exploitées dans d'autres pays ; (*) = espèces les plus exploitées.

Espèce	Nom commercial	Classe
<i>Pericopsis elata</i> (Harms) Van Meeuwen (*)	Afromosia	I
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe&Sprague) Sprague (*)	Sipo	I
<i>Entandrophragma cylindricum</i> Sprague (*)	Sapelli	I
<i>Entandrophragma angolense</i> C. DC	Tiama	I
<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C. DC	Acajou	I
<i>Prioria balsamifera</i> (Verm.) Harms	Tola	I
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C. Berg	Iroko	I
<i>Brachystegia laurentii</i> (De Wild.) Louis	Bomanga	II
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild) J. Léonard	Limbali	III
<i>Nauclea diderichii</i> (De Wild) Merrill	Bilinga	II
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Kosipo	I
<i>Azelia bipindensis</i> Harms	Doussié	II
<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.)Pellegr	Bossé	II
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub	Padouk	II
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (Oliv) Engl.var preussii Engl.Ex Wild	Olovongo	II
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw) Exell	Ilomba	III
<i>Staudtia stipitata</i> Warb	Niove	II
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill &Perr) Benth	Iatandza	II
<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f) Brenan	Dabema	III
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Aiélé	III

3 L'exploitation des bois d'énergie

Plus de 90 % de la population urbaine en Afrique centrale en général consomment du bois énergie qui constitue pour les ménages la principale source d'énergie domestique. De plus, sa production et sa commercialisation sont une source de revenu pour un grand nombre de personnes en milieu rural et urbain (FAO, 2001 et 2004). Au cours des prochaines années, la consommation globale va continuer d'augmenter à cause de l'accroissement démographique, l'exode rural, la faible accessibilité à l'énergie électrique, le manque de promotion des énergies alternatives et le niveau de pauvreté très élevé dans la région.

Le bois d'énergie est consommé sous deux formes usuelles en RD Congo à savoir, le charbon de bois et le bois de chauffe. Le charbon de bois est principalement utilisé pour

la cuisson des aliments. Il est obtenu en carbonisant du bois. Le bois d'énergie est le bois à l'état brut. Il provient de troncs et de branches d'arbres destinés à la combustion pour la cuisine, le chauffage, la cuisson des briques, etc.

Dans la ville de Kisangani et dans les centres urbano-ruraux de la Province de la Tshopo, la consommation de bois d'énergie est constituée principalement de bois de chauffe, contrairement à celle de la ville de Kinshasa où elle est constituée essentiellement de charbons de bois, (Tableau 3.3). Cette filière bien qu'informelle, draine des chiffres d'affaires très importantes de l'ordre de 143 millions de dollars américains pour la ville de Kinshasa et 2,5 millions de dollars américains à Kisangani en 2010 (Schure et al, 2011). La question simple que l'on se pose est de savoir qu'en gagnant ces importantes sommes d'argent chiffrées en millions de dollars américains, combien de tonnes des bois ont été utilisés et combien d'hectare de forêt sont décimés pour les accumuler.

Tableau 3.3 Quantité de bois consommés dans le secteur bois-énergie et volume de bois exploitable à Kinshasa et à Kisangani (Schure et al., 2011).

	Kinshasa	Kisangani
Charbons des bois	490 000 tonnes	16 200 tonnes
Bois de chauffe	60 000 tonnes	32 000 tonnes
Volume de bois Totale	4,7 millions m ³	200 000 m ³

Ces quantités de bois d'énergie sont ravitaillées dans la ville de Kisangani par les villages situés sur un rayon allant jusqu' à plus 37 km et celles de charbons de bois par les villages situés sur un rayon de plus de 25 km. La réserve forestière Yoko située sur l'axe Kisangani-Ubundu se trouve comprise dans ce rayon. A ces exploitations, on y adjoint l'exploitation des produits de l'artisanat (rotin, feuille et tige Marantaceae).

Ces volumes de bois et produits autres que les bois, exploités hors toutes normes de durabilité, participent sensiblement à la dégradation des forêts et occasionnent la propagation sensible à certains endroits des Marantaceae comme c'est le cas dans la réserve forestière de Yoko et ses environs.

3.6. Quelques stratégies en quête de préservation des forêts de la réserve forestière de Yoko contre l'expansion des groupements hégémoniques à Marantaceae

Epargner la réserve forestière de Yoko de l'expansion des Marantaceae s'avère important pour éviter qu'à la longue ces herbacées ne l'investissent totalement. Il ne s'agit pas d'éradiquer systématiquement ces herbacées, mais plutôt d'initier certaines pratiques qui peuvent encourager la reconstitution forestière dans les zones envahies : (i) une régénération assistée basée sur les éclaircies des Marantaceae pour encourager la dynamique du potentiel séminal et du recrû préexistants, (ii) une sylviculture des essences héliophiles : *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Millettia laurentii* (De Wild), etc, (iii) une initiation des paysans aux pratiques agricoles intégrées et durables par la pratique de l'agroforesterie pour limiter la pratique d'assertage dans toute la région et (iv) une sensibilisation des paysans au respect strict de la loi forestière congolaise en vigueur conformément à son article 39 relatif au droit d'usage dans les forêts classées restreint au ramassage du bois mort et de la paille ; à la cueillette des fruits, des plantes alimentaires ou médicinales ; à la récolte des gommés, des résines ou du miel ; au ramassage des chenilles, d'escargots ou des grenouilles, etc.

Ces stratégies sont facilement opposables à l'ensemble de la population autochtone et riveraine de la réserve. Si elles sont appliquées avec une stricte observance, elles peuvent contenir, dans une moindre mesure, l'expansion hégémonique des forêts à Marantaceae dans toute la région dans les temps à venir.

Chapitre 4.

Milieu d'étude, matériel et approche méthodologique

Ce chapitre s'intéresse au milieu où cette d'étude se réalise, au matériel et à la méthode qui ont concouru à la récolte des données, au traitement et à l'analyse de ces données depuis leur état brut jusqu'à leur état structuré à partir duquel elles sont soumises à des tests statistiques pour vérifier leur fiabilité dans les conclusions à tirer, par rapport aux hypothèses qu'elle s'assigne.

4.1. Milieu d'Etude

La présente recherche s'est réalisée dans la réserve forestière de Yoko et dans la forêt de Biaro. Les deux sites sont distants de 10 km (Figure 4.1).

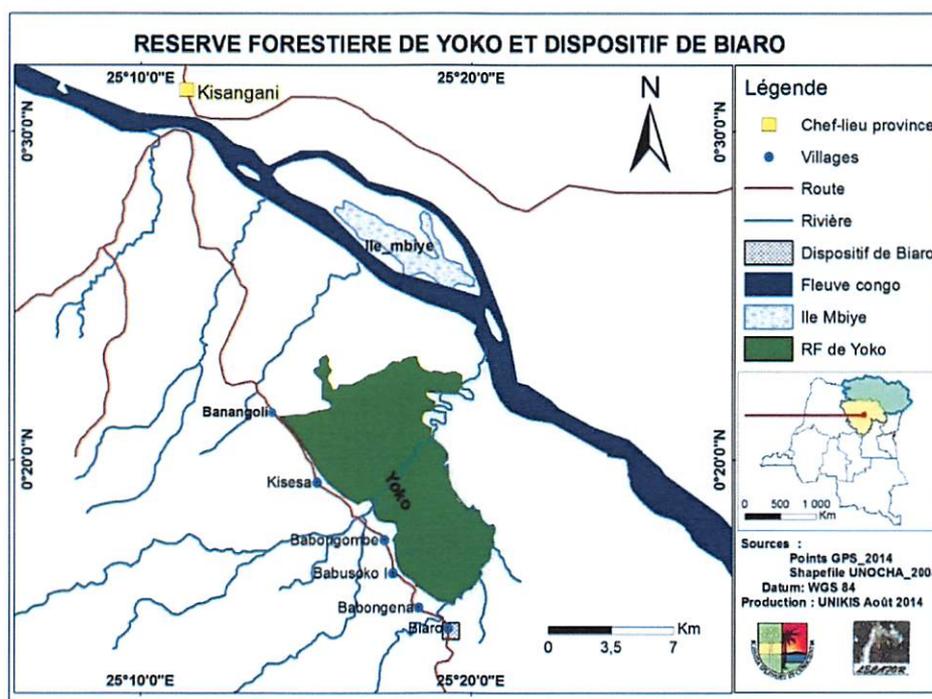


Figure 4.1 Localisation géographique de la réserve forestière de Yoko et du dispositif de Biaro.

4.1.1. Présentation de la réserve forestière de Yoko et du dispositif permanent de Biaro

A. La réserve forestière de Yoko

1°. Cadre administratif et situation géographique

La réserve forestière de Yoko a été créée par l'ordonnance loi n° 52/104 du 28 février 1959. Elle a été cédée, par la suite, à l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN) conformément à l'ordonnance loi n° 75 – 023 de juillet 1975 portant création d'une entreprise publique de l'Etat publiques environnementales telle que modifiée et complétée à ces jours par l'ordonnance loi n° 78 – 190 du 5 mai 1988 dans le but de gérer certaines institutions

Située au Sud de la ville de Kisangani sur la route Kisangani – Ubundu, elle se trouve dans la Collectivité Bakumu – Mangongo, dans le Territoire d'Ubundu, ancien District de la Tshopo dans la Province de la Tshopo entre 0° 17' 59''N et 025° 17' 41''E, sur une altitude qui varie entre 400 et 500 m.

Elle est bornée au Nord par les forêts perturbées et la ville de Kisangani, au Sud et à l'Est par la rivière Biaro qui la sépare des forêts de Biaro et à l'Ouest par les voies ferrée et routière Kisangani-Ubundu.

Cette réserve est irriguée par la rivière Yoko qui la subdivise en deux blocs, le bloc Nord avec 3 370 ha et le bloc Sud avec 3 605 ha, soit une superficie globale de 6 975 ha.

2°. Sol et hydrographie

La réserve forestière de Yoko couvre une topographie relativement homogène et plate sur presque l'ensemble de sa superficie, mais elle se trouve de plus en plus entaillée par de petites vallées dans lesquelles s'écoulent des ruisseaux lorsqu'on progresse vers la rivière Biaro à ses limites. De ce côté, on trouve de fortes pentes et des sols rouges ou rouge-jaune, argilo-sableux dans les horizons superficiels et argilo-limono-sableux en profondeur (Russens, 2010 in Kahindo, 2011). Le sol hydromorphe y est observé le long de cours d'eau et la terre ferme sur les terrains plats et les pentes raides, orné d'une couche de litière diversement décomposée selon le type forestier. Deux grandes rivières Yoko et Biaro arrosent cette réserve drainant un réseau hydrographique dense formé de petits ruisseaux parmi lesquels Mungamba, Avokoko et Losongo sont les plus importants.

3°. Flore et végétation

La flore de la réserve forestière de Yoko est une forêt pluristrate à canopée surplombée d'essences de grande taille atteignant parfois plus de 40 mètres de hauteur. Dans cette cohorte des émergents dominent les espèces de terre ferme, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch, *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben, *Scorodophloeus zenkeri* Harms, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et *Irvingia grandifolia* (Engle) Engeler. De grandes touffes des rotangs s'érigent au milieu de grandes clairières à Marantaceae. Dans la cohorte de sous-bois s'observe les espèces du genre *Diospyros*, *Cola bruneelii* De Wild., *Scaphopetalum thoneri* De Wild & T. Durant ou encore *Microdesmis yafungana* J. Léonard (Kahindo, 2011 ; Lomba, 2012).

Quatre types forestiers de sa végétation sont décrits par la nomenclature utilisée par FRM en 2005 dont les éléments sont : (i) la concession des cultures, (ii) la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, (iii) la forêt mixte et (iv) la forêt dense adulte clairsemée des clairières à Marantaceae et à rotangs. Selon (Russens, 2010 in Kahindo, 2011), cette partie de la forêt tropicale humide se compose d'une grande diversité d'espèces semi-décidues. Les plateaux sont occupés par une forêt semi-décidue. La caducité foliaire de ces groupements n'est pas synchronisée entre les espèces, mais se passe principalement pendant les saisons relativement sèches, de mi-décembre à mi-mars et mi-juin à mi-août. Les individus de ces espèces régénèrent au début des saisons des pluies avril-mai et septembre-octobre. Les vallées présentent une forêt dense humide sempervirente avec une caducité foliaire moins marquée où les jeunes feuilles remplacent les vieilles de manière continue comme c'est le cas pour *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et *Strombosia grandifolia* Hook.f.

4°. Climat

La RD Congo connaît une grande variabilité climatique sur sa large étendue nationale. Dans les régions éloignées de l'Equateur, la variation des températures distingue les différentes saisons. Toutefois, c'est la pluviométrie qui crée la différenciation saisonnière dans la plus grande partie du pays (Vancutsem et al., 2006).

Le climat de la région de Yoko et ses environs est assimilable à celui de la ville métropolitaine de Kisangani étant donné sa proximité avec celle-ci. Dans la région de

Kisangani de manière générale, les précipitations sont abondantes, mais irrégulièrement réparties sur l'année (Kahindo, 2011).

La ville de Kisangani, proche de l'Equateur, jouit d'un climat équatorial appartenant au type Af de Köppen caractérisé par l'absence de mois sec pendant lequel le double de la température est supérieur ou égal aux précipitations (Bernard, 1945 ; Bultot, 1972 ; 1977 ; Vandenput, 1981).

Les températures moyennes mensuelles oscillent entre 22,4 et 29,3 °C alors que la moyenne annuelle est de 25 °C. Les précipitations varient au cours de l'année entre 1 500 mm et 2 000 mm soit une moyenne de 1 750 mm (Kahindo, 2011).

Des données climatiques prélevées à partir de l'année 2 003 jusqu'en 2 013 par le service météorologique de la MONUSCO/Kisangani font ressortir un diagramme ombrothermique (Figure 4.2 et annexes 4.2) où l'on peut voir que le mois de février est le plus sec alors que le mois de novembre est le plus pluvieux. Il pleut toute l'année mais la diminution des précipitations notables de moins de 100 mm en moyenne est observée pendant les mois de janvier et février.

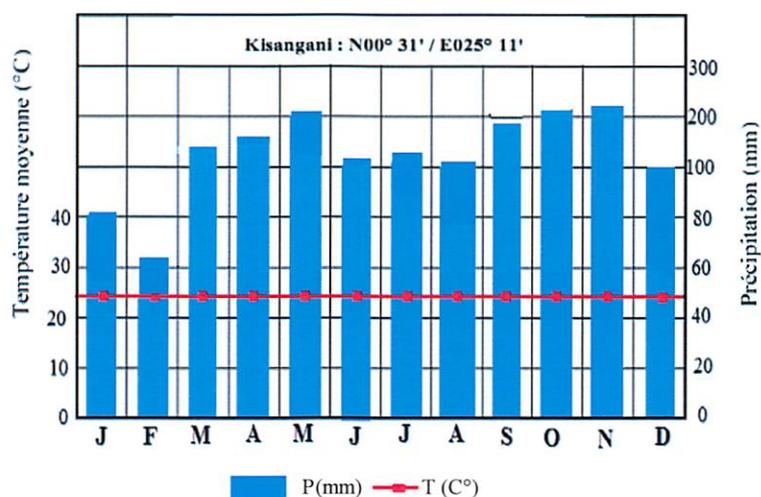


Figure 4.2 Diagramme ombrothermique des moyennes de précipitation (mm) et des températures (°C) 2003 – 2013 de la ville de Kisangani (Source station de Bangboka, MONUSCO, 2013).

Cependant, compte tenu de sa couverture végétale et de son réseau hydrographique très dense, la réserve forestière de Yoko pourrait présenter de petites variations microclimatiques.

5°. Faune

Une faune riche et diversifiée est observée dans la réserve forestière et ses environs où les grands mammifères, les petits mammifères, de nombreux oiseaux et les reptiles y sont recensés. Dans les différents cours d'eau se retrouvent des espèces de poissons appartenant aux Claridae, Cichlidae et Mormiridae (Kaswera, 2013).

6° Cadre socio-économique

a) Composition ethnique et structure sociale

En général, la population de la Province de la Tshopo est hétéroclite compte tenu de son étendue. Dans le territoire d'Ubundu, les Kumu, les Mituku et les Lengola en sont les tribus autochtones. La caractéristique commune à tous les groupes ethniques de la Province de la Tshopo, de manière globale, est l'appartenance de chaque individu à un groupe de base appelé "famille" qui, à son tour, s'insère dans un groupe plus vaste, "le clan". Ce dernier est composé de plusieurs familles de même ascendance et constitue la base de la structure sociale de la société traditionnelle (Kahindo, 2011). Au-delà du clan, on a le village qui est constitué de plusieurs habitats composés des personnes liées par la résidence et qui peut comprendre une ou plusieurs familles.

b) Activités économiques

L'agriculture itinérante sur brûlis est la principale activité de subsistance de la population locale. Elle procure des revenus pour la survie quotidienne des ménages. Les cultures vivrières les plus exploitées sont notamment le manioc et le maïs. C'est une agriculture à main d'œuvre familiale basée sur les pratiques traditionnelles rudimentaires et séculaires. Les rendements sont très dérisoires ne couvrant pas les besoins primaires des ménages. En somme, la population vit la pauvreté récurrente. Cette situation pousse la population à explorer la forêt à la recherche des produits forestiers autres que le bois d'œuvre (PFNL) pour suppléer au déficit de la production agricole aux dépenses des ménages.

A ce propos, il convient de retenir que le ménage agricole constitue l'unité économique de base pour l'organisation des travaux agricoles. Toutefois, il existe une division du travail en fonction du sexe. Les cultures vivrières, les travaux pré-cultureux (coupe de sous-bois, abattage de la forêt et incinération) sont exécutés par l'homme tandis

que la femme prend le relais depuis le semis jusqu'à la vente des produits. Pour les cultures pérennes, l'homme participe à l'ensemble des travaux culturaux, de la transformation préliminaire au conditionnement et à la vente.

c) Elevage et pêche

Dans toute cette contrée de la réserve et ses environs, l'élevage est moins exploité. L'ensemble des cheptels est conduit selon le système traditionnel (divagation de bêtes, races non améliorées, etc.). Les principales espèces animales sont les porcins, les caprins et les volailles. Elles constituent une source importante de protéines. A instar de l'élevage, la pêche n'est pas organisée. Elle se pratique de manière traditionnelle.

B. Dispositif permanent de Biaro

Le dispositif permanent de Biaro se trouve sur N00° 12', 27,1''N et E025° 20'0,4'' et sur une altitude qui varie de 420 à 530 à 10 km au Sud de la réserve forestière de Yoko. Les forêts de Biaro se localisent entre les points kilométriques 41 et 48 dans la Collectivité Bakumu – Mangongo, en Territoire d'Ubundu, dans la Province de la Tshopo. Ces forêts sont délimitées au Nord par la rivière Biaro qui sert de limite avec la réserve forestière de Yoko, au Sud par de nombreuses forêts communautaires perturbées, à l'Est par le fleuve Congo et à l'Ouest par la voie ferrée et routière Kisangani – Ubundu.

La proximité de ces deux sites les approche quant à leurs caractéristiques climatique, édaphique, faunistique, socio-économique et culturelle. Cependant, la végétation de Biaro est essentiellement caractérisée, d'après la Compagnie Forestière et de Transformation (CFT, 2005), par une vaste étendue des forêts secondaires à Marantaceae dans le Nord – est, au centre et au Sud – ouest du dispositif permanent où dominant les espèces *Alstonia congensis* Engelm., *Canarium schweinfurthii* Engelm., *Musanga cecropioides* R. Br., *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, etc.; une petite forêt secondaire jeune au Nord – ouest du dispositif permanent avec de nombreux pieds de *Musanga cecropioides*, R.Br. *Macaranga spinosa* Mull.Arg., *Trilepisium madagascariense* DC, etc.; des forêts secondaires vieilles au Nord et au Sud du dispositif, caractérisées par les espèces *Macaranga monandra* Mull. Arg., *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Recinedendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, *Uapaca guineensis* Muell. Arg., etc.; des forêts secondaires à *Arecaceae* sont observées au centre du dispositif. Elles sont dominées par le *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.)

Kuntze. Les forêts primaires sont observées à l'Est du dispositif avec les espèces : *Brachystegia laurentii* (De Wild.) Louis, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, *Khaya anthotheca* (Welw.) C.DC, *Pterocarpus soyauxii* Taub, etc.

4.2. Matériel

Deux groupes de matériel ont été utilisés pour mener cette étude à terme. Le premier regroupe tout le matériel biologique et non biologique. Il s'agit de ligneux issus des inventaires, la matière inerte comme les charbons de bois et de la céramique recueillis dans le sous-sol. Le deuxième comprend à son tour l'ensemble des instruments techniques qui ont facilité la récolte, l'analyse des données biologiques, non biologiques et le positionnement des dispositifs expérimentaux.

4.2.1. Matériel biologique et non biologique

Le matériel biologique comprend toutes les essences ligneuses à diamètre de référence ($D_{1,30}$ m) supérieur ou égal à 10 cm, les plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm comptées et identifiées dans les forêts à Marantaceae, dans les forêts mixtes et dans les forêts dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et les spécimens de la famille des Marantaceae exclusivement récoltés dans la réserve forestière de Yoko et ses environs.

Le matériel non biologique est constitué des matières inertes : les charbons de bois et de la céramique récoltés dans les fosses pédoanthracologiques creusées dans les peuplements à Marantaceae.

4.2.2. Matériel technique

Plusieurs matériels techniques ont concouru à la récolte des données biologiques et non biologiques de cette étude. Parmi les plus importants nous nous sommes servi de :

- Tarière pédologique (foreuse d'Edelmann) : manipulée pour sonder le sol avant de se décider de l'emplacement de la fosse pédoanthracologique.
- Bêche : elle a servi pour creuser les fosses pédoanthracologiques.
- GPS de marque Etrex Garmin : dont l'utilité a servi à prendre les coordonnées géographiques des dispositifs d'études.

- Appareil photo numérique : on s'en est servi pour la prise d'images.
- Boussole Silva sight Master : dont la manipulation a servi dans l'orientation des dispositifs.
- Microscope optique à réflexion ou Reflected Light Microscopy : dont l'usage a permis la description anatomique des charbons de bois.
- Galons circonférentiels (50m et 5m) : utilisés pour mesurer respectivement les dimensions des dispositifs expérimentaux, le positionnement et le prélèvement sur pieds de diamètre de référence des ligneux.
- Un pied à coulisse : on s'en est servi pour le prélèvement de diamètre des ligneux à diamètre inférieur à 10 cm.
- Presses : utilisées pour la collection des herbiers.
- Balance (0,00 gr) : elle a été mise à profit pour peser les anthracomasses par couches de 10 cm de profondeur.
- Les logiciels Cell^be, Olympus Stream image analysis software : exploités pour la prise d'images des échantillons microscopiques des charbons de bois.
- Un site InsideWood Data Base informatisé : dont le concours a servi pour l'identification botanique des charbons des bois après introduction des caractères anatomiques sur la feuille informatisée.
- La collection des espèces végétales du xylarium du Musée Royal de l'Afrique Centrale : elle nous a été d'une grande utilité pour comparer les espèces identifiées à partir des charbons de bois.
- Quelques sites informatisés, [African plant data base](#), [Tropicos](#), [Floreafriquecentrale.org](#) et un catalogue de la Tshopo 2010 : exploités pour la correction de l'orthographe et la distribution phytogéographique des espèces végétales.

4.3. Approche méthodologique

4.3.1. Choix des zones expérimentales

Après une prospection dans la réserve forestière de Yoko et dans dispositif permanent de Biaro, cinq sites ont été retenus dans les peuplements à Marantaceae. Quatre sites sont choisis dans la réserve forestière de Yoko au Nord, au Sud, à l'Ouest et à l'Est et un site dans le dispositif permanent de Biaro. Ces sites sont sélectionnés sur base de la concentration préalable des Marantaceae.

Les forêts mixtes étaient choisies à proximité des sites à Marantaceae ou légèrement en retrait à plus ou moins 100 m. Les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ont été choisies sans tenir compte de leur proximité avec les Marantaceae. La probabilité de les retrouver dans le voisinage proche des dispositifs à Marantaceae s'est avérée nulle.

4.3.2. Délimitation des dispositifs expérimentaux

Les dispositifs expérimentaux (Figure 4.3) sont des parcelles carrées de 100 m x 100 m.

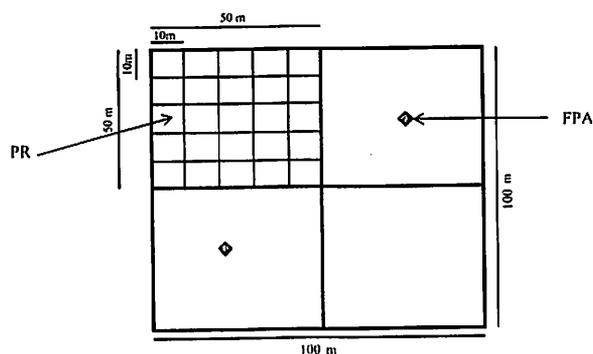


Figure 4.3 Dispositif expérimental de 100 m x 100 m.

Légende : PR = placette de 10 m x 10 m, FPA = fosse pédoanthracopédologique de 1 m x 1 m x 1 m.

Chaque parcelle est divisée en quatre placettes de 50 m x 50 m. Au total, 16 ha soit 64 placettes constituent l'échantillonnage global d'étude des ligneux (DHP \geq 10 cm) de cette étude. Cette superficie est répartie de la manière suivante:

- 16 placettes des forêts à Marantaceae, soit 4 placettes par site dans la réserve forestière de Yoko,
- 16 placettes des forêts à Marantaceae à Biaro,
- 16 placettes des forêts mixtes, soit 4 placettes par site dans la réserve forestière de Yoko,
- 16 placettes des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la réserve forestière de Yoko.

L'étude de régénération a été menée dans les placettes carrées de 10 m² réparties de la manière suivante :

- 25 placettes, soit 1/4ha dans chaque site des forêts Marantaceae,

- 25 placettes dans les forêts mixtes,
- 25 placettes dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

L'étude de la régénération assistée a été expérimentée dans 10 placettes de 10 m x 10 m.

Dans les parcelles d'étude des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, le critère de monodominance de l'espèce *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard était strictement observée. Dans chaque parcelle l'espèce a atteint au moins 50 % de dominance.

Les fosses pédoanthracologiques de 1 m x 1 m x 1 m sont installées dans les parcelles à Marantaceae. Dans chaque parcelle, deux fosses ont été creusées. A Biaro, nous avons creusé quatre fosses. Ce qui fait un total de 12 fosses. Avant de creuser la fosse, un sondage préalable à la tarière a été effectué pour attester la présence de charbons de bois et/ou de la céramique. L'endroit choisi devait être sur un terrain à topographie plate, non caillouteux, ni marécageux. Les endroits occupés par l'agriculture sur brûlis ou les fours des charbons de bois récents sont également exclus.

La cartographie des zones des Marantaceae et le positionnement des dispositifs expérimentaux dans les différents peuplements de la réserve forestière de Yoko et à Biaro sont présentés dans la figure 4.4.

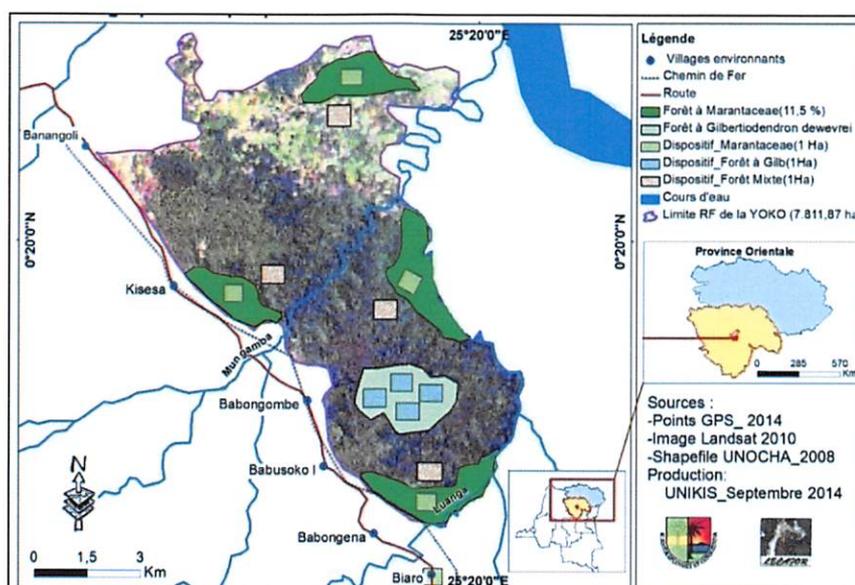


Figure 4.4 Cartographie des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro et positionnement de différents dispositifs expérimentaux

4.3.3. Inférence sur la perturbation forestière dans la réserve forestière de Yoko et ses environs

Pour aboutir à une déduction d'éventuelles perturbations des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs, cette étude s'appuie sur la méthode pédoanthracologique.

A. Méthode pédoanthracologie ou paléoenvironnementale

1°. Rappel sur l'Anthracologie

L'anthracologie est une discipline qui a pour objectif l'identification botanique des fragments des charbons de bois fossiles sur base de leur anatomie et leur interprétation écologique (Scheel-Ybert, 1998 ; Ausset, 2010 ; <http://a-ausset.suite101.fr>). Cette discipline permet d'étudier, à l'échelle des derniers millénaires, la composition des communautés ligneuses soumises à la perturbation, partant des indicateurs préexistants et en reconstitue les formations végétales ligneuses antérieures à partir des analyses anatomiques et l'identification botanique (Dechamps, 1971 ; Schweingruber, 2006 ; Robin, 2007).

Le bois carbonisé possède toujours une structure anatomique quasiment identique à celle d'avant la carbonisation, mis à part des phénomènes de retrait qui diminuent la taille et déforment légèrement ses éléments anatomiques (Thinon 1992, Théry-Parisot 2001, <http://pedoanthracoworkshop.free.fr>).

D'autres disciplines comme la paléobotanique et la palynologie retracent également la végétation ancienne par les études des restes des végétaux fossiles (feuilles, pollen, bois).

Pour cette recherche, la préférence a porté sur les analyses pédoanthracologiques d'autant plus que celles-ci ont semblé prenables dans la mesure où la récolte des charbons de bois dans les fosses creusées dans la zone d'étude s'est faite de manière simple et moins coûteuse. En plus, les analyses anatomiques et l'identification botanique de ces charbons de bois fossiles étaient facilitées par le laboratoire de biologie du bois du Musée Royal de l'Afrique Centrale.

Il faut signaler qu'à priori, l'obtention des plans de fracture nets qui présentent une planéité maximale sur un charbon de bois est indispensable et constitue l'étape la plus

délicate de la préparation. A ces jours, avec les logiciels perfectionnés comme OLYMPUS Stream IMAGE ANALYSIS SOFTWARE Version 510_UMA_OlyStream19-Krishna_fr_03_09July2013, par son programme EFI ("Extended Focal Imaging"), les échantillons présentant une surface très irrégulière en présence d'un éclairage en réflexion, avec entre autres des trous, des stries, des bosses, des pointes ou des plans obliques, sur l'image, seule une couche de la coupe ou une partie de la surface peut être nette, les zones plus hautes ou plus profondes ne sont pas comprises dans la zone de la profondeur de champ (www.olympus-sis.com).

Pour ce faire, les méthodes simples et standards en anthracologie et en archéologie ont été utilisées pour atteindre les objectifs de cette étude. Après avoir localisé les zones à Marantaceae, les fosses pédoanthracologiques ont été installées dans la réserve forestière de Yoko et dans le dispositif permanent de Biaro. Dans ces fosses, les fragments de charbons et de la céramique étaient successivement récoltés à chaque 10 cm de profondeur. Les phases successives de la méthode pédoanthracologique utilisée se succèdent comme illustré dans la figure 4.5.

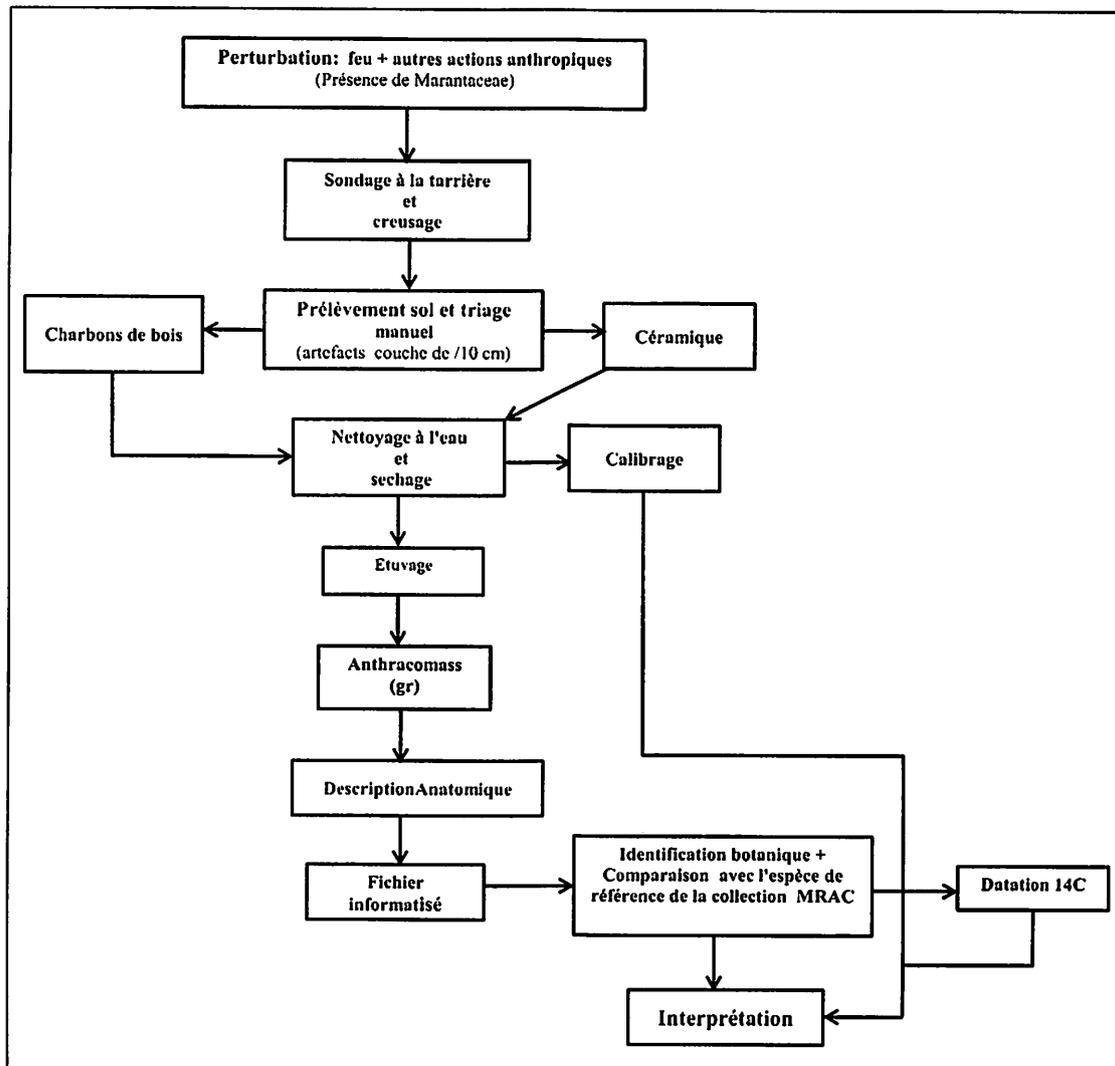


Figure 4.5 Schéma de récolte et d'analyse anthracologique des charbons des bois et de la céramique.

2°. Creusage des fosses pédoanthracologiques, collecte des charbons de bois et de la céramique dans les forêts à Marantaceae

La Figure (4.6) illustre la procédure de l'établissement d'une fosse pédoanthracologique. Sa profondeur dépend de l'importance des informations recueillies. Elle peut aller jusqu'à plus de 1 m. La récolte des artefacts s'est réalisé à chaque couche de 10 cm de profondeur après avoir déversé toute la masse de terre de la couche dans une bêche. La terre est fouillée systématiquement et minutieusement à la main et les artefacts collectés sont emballés dans les sachets.

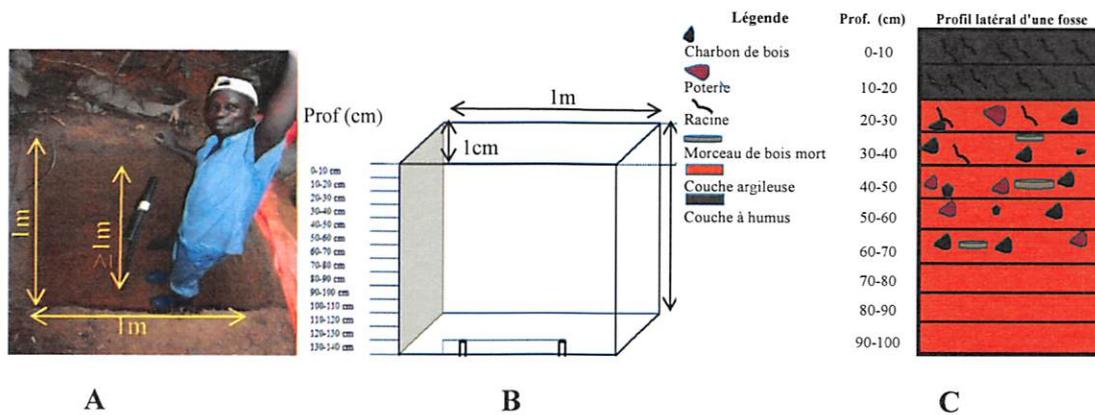


Figure 4.6 A : fosse pédoanthracologique de 1 m x 1 m x 1 m établie dans les forêts à Marantaceae ; **B :** Succession verticale de couches de 10 cm de profondeur dans une fosse. **C :** illustration de l'agencement des charbons de bois, poterie, morceaux de bois, racine, etc., dans le profil d'une fosse.

Les sachets contenant les indicateurs (charbons de bois et poterie) récoltés sont marqués. On y indique le nom du site, l'année de installation de la fosse, le numéro de la fosse et la profondeur de récolte, comme illustré par les indentifications suivantes : (RE-I 2012 0-10) ou (BIA-II 2012 0-10). Où : R = réserve forestière de Yoko ; BIA = Biaro, I & II : sont les sites d'étude ; E : site Est ; 2012: l'année de l'aménagement de la fosse ; I & II : numéro de la fosse ; 0-10 : profondeur (cm) de la couche.

3°. Lavage, séchage et anthracomasse

Les fragments des charbons et de la céramique sont nettoyés manuellement à l'eau pour les dépouiller de pellicule, limon et argile, etc. Les charbons sont séchés à la température ambiante, puis à l'étuve à 50° C pendant 4 heures. Après étuvage, ils sont pesés couche par couche (Figure 4.7) à la balance de précision (0,00 gr). Le poids qui en résulte représente l'anthracomasse de la couche (en Anglais : *anthrax* = charbon et *mass* = poids) (Talon, 1997 et 1999).

4°. Description anatomique, identification botanique des charbons de bois

Les charbons sont préparés à la main suivant les trois plans ligneux à savoir le plan transversal, le plan longitudinal radial et le plan longitudinal tangentiel. Les fragments sont ensuite calés sur pavot de façon que les différents plans de coupe soient orientés perpendiculairement au faisceau lumineux sur le microscope à réflexion puis observés et

décrits aux grossissements (x 200, x 500). La Figure 4.7 illustre les différentes phases du pesage de l'antracomasse par couche à la balance à la description anatomique des charbons des bois préparés préalablement à la main à l'aide des lames microscopiques.

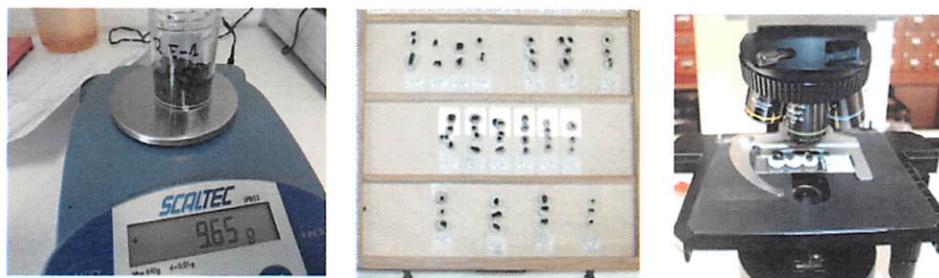


Figure 4.7 De gauche à droite : pesage à la balance pour évaluation de l'antracomasse (gr) préparation tridimensionnelle et regroupement des fragments des charbons des bois et description anatomique des charbons des bois au Microscope.

La description anatomique des charbons au microscope optique à réflexion (Reflected Light Microscopy) est aisée si la préparation microscopique des fragments des charbons est bien faite. Cette préparation demande une ingéniosité dans la pratique surtout pour des fragments inférieurs au mm³.

Le processus de carbonisation, malgré quelques modifications, respecte les structures anatomiques du bois et conduit à leur conservation (Jacquiot, 1955, Normand, 1972 ; Thinon, 1962 1978, 1992, 1994 d ; Ausset, 2010 ; Michel, 2011, 1998 ; <http://www.radiocarbon.org>).

La description anatomique de ces fragments des charbons de bois se fait suivant les critères d'identification anatomique IAWA (1989) en se basant sur les critères primaires et secondaires (Figure 4.8).

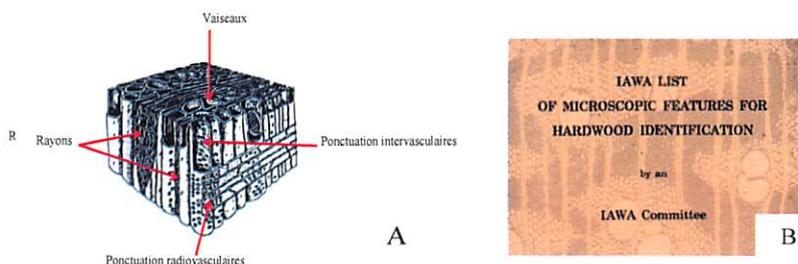


Figure 4.8. Description d'un fragment de charbon de bois d'après les critères IAWA.

A Coupe tridimensionnelle transversale, tangentielle et radiale d'un fragment de charbon ; B : illustration du manuel de description des caractères anatomiques de bois (IAWA, 1989).

Le critère primaire est, soit requis (r) soit, (exclu (e) et le critère secondaire est, soit présent (p), soit (absent (a) (tableau 4.1). Cette classification permet de chercher les critères variables au sein d'une espèce.

Tableau 4.1 Exemple illustratif d'identification d'un charbon de bois par les caractères primaires, secondaires et tertiaires.

Légende : (!) = Chaines de caractères utilisées pour la recherche dans la base de données qui sont les critères primaires et la somme des critères primaires et secondaires.

Critères primaires (!)	5r 6e 11e 13r 14e 15e 16e 17e 18e 19e 20e 22r 45r 57e 59e 66r 69r 86r 96r 102e 117e 118e 121e 179r
Critères secondaires	2p 9p 10a 12a 58a 70p 76p 80p 92p 93p 97p 101a
Critères primaires et secondaires (!)	2p 5r 6e 9p 10a 11e 12a 13r 14e 15e 16e 17e 18e 19e 20e 22r 45r 57e 58a 59e 66r 69r 70p 76p 80p 86r 92p 93p 96r 97p 101a 102e 117e 118e 121e 179r
Critères tertiaires	1a 4a 7p 8a

Les critères primaires sont introduits dans une feuille informatisée du logiciel InsidWood 2012 pour l'identification de l'espèce. Par la suite, ils sont également introduits dans la feuille digitalisée de la collection du Xylarium du Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC). Cette feuille fait apparaître toutes les espèces de la collection du Xylarium qui ont les caractères anatomiques proches de ceux du type anthracologique. L'anatomie de chaque espèce est comparée à celle du type anthracologique. Cette comparaison permet d'aboutir à la détermination de l'espèce ou de la famille. L'identification de l'espèce est authentifiée par deux spécialistes du domaine. Les images du type anthracologique identifié et de l'espèce de référence du Xylarium sont prises par les logiciels appropriés. La figure 4.9 illustre les étapes décrites ci-dessus.

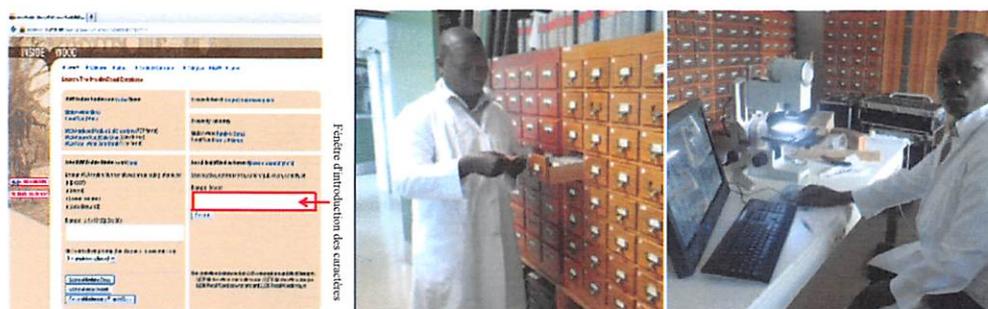


Figure 4.9 De gauche à droite : introduction des caractères primaires sur InsideWood, 2012 ; sélection de l'espèce de référence dans la collection du MRAC et prise d'images avec le logiciel Olympus Stream image analysis software.

Cette méthode d'identification présente certaines limites (Guslin, 2009) ci-dessous :

- (i) elle est destructive. Le fragment de charbon de bois est cassé pour pouvoir être étudié. Le charbon cassé s'effrite. La cassure manuelle ne présente pas nettement les plans anatomiques comme cela est obtenu au microtome. Il relève du génie dans le savoir-faire ;
- (ii) la liste des critères standardisés (IAWA) a été élaborée pour des échantillons de bois et non pour ceux du charbon de bois. Même si l'anatomie est conservée durant la carbonisation, les déformations et les contractions doivent être prises en compte lors des analyses. En particulier, il faut utiliser avec précaution les critères mesurés. Si les critères concernant les tailles des cellules étaient sous-estimés dans le charbon par rapport au bois, les critères concernant les densités d'éléments seront surestimés. L'épaisseur des parois des fibres, qui est un caractère facile à observer, est également modifiée lors de la carbonisation. Elle est pour ce fait, à traiter avec précaution quand elle est observée sur un fragment de charbon ;
- (iii) l'échantillon de charbon peut être atypique mais de trop petite taille pour fournir suffisamment d'informations pertinentes à la détermination ;
- (iv) la base des données InsideWood ne contient pas encore toute la diversité d'espèces de notre zone d'étude. Certaines manquent encore d'illustrations de leurs plans anatomiques. De plus, l'échantillon décrit dans la base des données peut ne pas couvrir toute l'hétérogénéité de l'espèce et deux espèces différentes peuvent présenter la même anatomie quand elles sont décrites d'après les critères standardisés.

Malgré ces lacunes, les essences identifiées des charbons de bois fossiles au cours de cette étude ont été travaillées dans la sérénité. Elles sont proches des espèces du Xylarium auxquels elles ont été comparées.

5. Inférence de la dynamique temporelle sur la perturbation de la végétation

a) Datation au ^{14}C des charbons de bois

Les méthodes de datation au ^{14}C permettent de situer dans le temps un objet, des restes fossiles et d'estimer une date la plus précise possible. En effet, divers matériaux peuvent être datés via le dosage ^{14}C , entre autre les charbons de bois, les bois, les graines, les os, les coquilles des mollusques, la tourbe, la boue des lacs et les sédiments.

([Hominidé.com les évolutions de l'Homme](http://Hominidé.com)), (Fortin, 1996). Le charbon de bois reste un élément de choix pour les datations à cause de son taux de radiocarbone (Thinon 1978, 1992).

La radioactivité des certains éléments (isotopes radioactifs) dont la teneur varie avec le temps est utilisée afin de dater des événements préhistoriques. Cependant, chaque isotope radioactif ne pourra être utilisé que dans une plage de temps bien définie, essentiellement en fonction de sa période de demi-vie. Le radiocarbone ou ^{14}C ou encore le carbone 14 est l'un de ces éléments radioactifs. Bien qu'on ne le retrouve qu'en faible teneur dans la nature, sa découverte a été déterminante pour l'étude d'une période allant jusqu'aux 30 ou 40 derniers millénaires

(<http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/lecarbone14.htm>).

En raison de la faiblesse des dimensions des charbons et des quantités extraites, les datations devant se faire sur les mêmes échantillons après leur étude anatomique, ils doivent, sauf cas très exceptionnels, être réalisés par la méthode de spectrométrie de masse par accélérateur (AMS). Cette méthode, auparavant peu accessible, fournit diverses dates qui confirment l'étagement chronologique des charbons au sein des sols.

Dans le cadre de cette étude, les charbons des bois sont datés en raison d'un fragment par zone d'étude dans les cinq sites des peuplements à Marantaceae. Ces fragments ont été envoyés au laboratoire Poznan en Pologne. L'objectif est de nous fixer à partir de quelle période les éventuelles perturbations ont eu lieu dans la réserve forestière des Yoko et ses environs.

Il aurait été pour nous idéal de dater un nombre important des charbons par couche de 10 cm pour avoir des informations plus détaillées, étant donné que chaque fragment dans sa couche peut apporter une information particulière par rapport à l'autre, malheureusement les moyens se sont avérés déficitaires.

b) Analyses de la céramique

Les fragments de la céramique collectionnés sont lavés à l'eau et regroupés d'après leur décoration, puis calibrés à la latte graduée. Ces fragments ont ensuite été soumis aux archéologues du Musée Royal d'Afrique Centrale pour leur interprétation.

4.3.4. Evaluation du potentiel des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm

1. Inventaire systématique

Après un échantillonnage stratifié total de 4 ha dans chaque groupement, toutes les parcelles de 100 m x 100 m étaient subdivisées en placettes de 50 m x 50 m (échantillonnage par grappe). Dans chaque placette, nous avons effectué un inventaire systématique des ligneux à $D_{1,30} \geq 10$ cm. Le diamètre de référence des essences a été obtenu en mesurant la circonférence de chaque arbre avec un mètre ruban circonférentiel, puis convertie en diamètre par division de cette circonférence par π . La hauteur de 1,30 m à partir du sol sur chaque pied était respectée en utilisant un bâton de 1,30 m. Chaque arbre compté et identifié porte un numéro correspondant à son ordre de recensement inscrit dans les fiches de comptage.

Quelques problèmes de mesure de diamètre se sont posés comme cela reste souvent le cas en forêt dense humide lorsque les arbres présentent des accotements ailés, des racines contreforts et des racines échasses. Pratiquement, dans pareils cas, les mesures ne sont pas faciles à prendre sur le diamètre de référence. Elles sont alors prises au-dessus de ces différents empattements comme prévue par la méthodologie des inventaires forestiers. Selon Rondeux (1999), diverses conventions doivent être préalablement fixées en relation avec les conditions de terrain ou la morphologie des arbres. Ces conditions sont les suivantes : (i) mesurer du côté amont de l'arbre sur terrain en pente ; (ii) mesurer en oblique dans le cas d'arbres à tronc penché ou tortueux ; (iii) faire le choix d'un niveau moyen matérialisant le point inférieur de mesure de la hauteur au niveau de la poitrine pour des gros empattements ou d'un sol à surface irrégulière ; (iv) mesurer individuellement les tiges d'un arbre fourchu si la fourche prend naissance au-dessous du niveau de 1,30 m et (v) mesurer en considérant comme un seul pied, si la fourche est au-dessus du diamètre de référence.

2. Identification des arbres

Il est fréquemment difficile d'identifier tous les arbres sur le terrain même si les identificateurs possèdent une bonne connaissance de la flore. En fait, la combinaison des caractères morphologiques de certains arbres a été prise en compte et les herbiers ont été constitués pour parfaire les identifications à l'Herbarium de la Faculté des Sciences. Parmi ces caractères morphologiques, on note : la forme générale du tronc à la base (cylindrique,

avec contreforts ou échasses), la texture de l'écorce, la couleur de l'entaille, le goût et l'odeur de l'écorce, l'exsudation, le type de feuilles et leur forme, la ramification de l'arbre et le port, etc. Sur base de ces caractères et par comparaison avec les illustrations des flores de Tailfer (1989) tome 1 et tome 2) des sites ([African Plant Database](#) et [TROPICOS](#)), certaines espèces ont été identifiées. L'orthographe des noms scientifiques était facilitée par les sites précités et le catalogue de la flore de la Tshopo de L'éjoly et *al.*, 2010).

3. Traitement des données floristiques

A. Mesure de la biodiversité dans les peuplements

La biodiversité est la propriété qu'ont les systèmes vivants d'être distincts c'est à dire dissemblables. Dans ce travail, celle qui nous intéresse est la diversité biologique ou biodiversité de groupes ou de classes d'entités biologiques. La biodiversité se manifeste sous deux formes à savoir, la variété et l'abondance relative des espèces (Magurran, 1988).

▪ Indice de la richesse en espèces (IRE)

Il est donné par l'expression : $IRE = \frac{S}{\sqrt{N}}$ (3). Où : S = le nombre d'espèces dans une collection et N = le nombre d'individus récoltés (Jayaraman, 1999).

La richesse spécifique a été calculée en se servant du logiciel Past version 1.77 (Hammer et *al.*, 2008) disponible sur <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

▪ Courbe aire-espèces

L'évolution de la richesse peut être mesurée sur des superficies croissantes. La représentation graphique ainsi obtenue est appelée "courbe aire-espèces". Elle exprime l'augmentation du nombre d'espèces en ordonnée en fonction de la surface croissante en abscisse. La courbe aire-espèces permet de déterminer la surface minimale à inventorier. Elle peut être construite pour une association végétale déterminée ou pour un transect représentatif d'une région (Gounot, 1969).

L'augmentation du nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus ou de la surface couverte est représentée par une courbe d'accumulation des espèces. La relation entre le nombre d'espèces (S) et la surface couverte (A) est souvent donnée

mathématiquement par l'équation $S = \alpha A^\beta$ (4). Les paramètres α et β devront être estimés empiriquement à l'aide des techniques de régression linéaire avec des données sur la surface couverte et le nombre d'espèces enregistrées correspondant (Jayaraman, 1999).

Toutefois, à densité et richesse spécifique égales, deux peuplements peuvent présenter des structures très différentes, les espèces ayant des abondances inégales. Pour tenir compte de cet aspect, le recours à des indices de diversité est envisageable (Doucet, 2003).

Dans cette étude, nous utilisons l'indice de Simpson (D) et l'indice de Shannon-Wiener (H) ; $D = \sum_{i=1}^S p_i^2$ (5) et $H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ (5). Où $p_i = \frac{n_i}{N}$ (6) qui est la proportion d'individus dans la i -^{ème} espèce soit la densité relative de l'espèce i dans l'échantillon, n_i = nombre d'individus de l'espèce i , N = nombre total d'individus pour l'ensemble des espèces et S = nombre d'espèces.

L'indice de Simpson aura pour valeur 0 pour indiquer le maximum de diversité et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Pour les valeurs plus intuitives, on préfère l'indice de diversité de Simpson donné par $1-D$, le maximum de diversité étant donné par la valeur 1 et le minimum par la valeur 0 (Bütler, 2002 in Nshimba, 2008).

▪ Coefficient de similarité

Le coefficient de similarité permet de quantifier le degré d'association entre les espèces ou encore le niveau de similitude entre deux sites. Dans cette étude, l'indice de similarité calculé est celui de Sorenson (K). Ce coefficient permet de préciser si deux groupements floristiques appartiennent à une communauté végétale. Il présente le pourcentage d'espèces communes à deux relevés : $K = \left(\frac{2C}{A+B} \right) \times 100$ (7). Où : A = nombre total d'espèces du premier relevé, B = nombre total d'espèces du second relevé et C nombre d'espèces communes aux deux relevés. Si K est > 50 %, les groupements comparés sont considérés comme appartenant à la même communauté.

B. Indices de caractérisation botanique

Afin de procéder à l'analyse de la composition du peuplement, les indices ci-dessous ont été utilisés (Reistma, 1988 ; Nshimba, 2008).

- **Fréquence relative**

La fréquence d'une espèce est égale au nombre d'apparition de cette espèce sur la surface d'inventaire (Curtis & McIntosh, 1950). Pour sa part, la fréquence relative d'une espèce est égale au quotient de sa fréquence par la somme des fréquences de toutes les espèces multiplié par 100. Elle s'exprime par la relation :

$$\text{Fréquence relative d'une espèce} = \frac{\text{fréquence d'une espèce}}{\Sigma \text{des fréquences de toutes les espèces}} \times 100 \quad (8).$$

- **Abondance des taxons**

L'abondance d'une espèce ou famille correspond au nombre d'individus de la même espèce par unité de surface. La densité relative (%) est le nombre de pieds d'une espèce ou famille, ramené au nombre de pieds total et multiplié par 100 (Doucet, 2003).

$$\text{Abondance (\%)} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Nombre d'individus de toutes les espèces}} \times 100 \quad (9).$$

- **Dominance des taxons**

La dominance relative d'une espèce (ou famille) est le rapport de la surface terrière de cette espèce (ou famille) à la surface terrière totale multipliée par 100.

$$\text{Dominance (\%)} = \frac{\text{Surface terrière de l'espèce}}{\text{Surface terrière totale}} \times 100 \quad (10).$$

- **Diversité des taxons**

La diversité des taxons se traduit par le nombre d'espèces au sein d'une famille sur le nombre total d'espèces multiplié par 100.

$$\text{Diversité} = \frac{\text{Nombre d'espèces au sein d'une famille}}{\text{Nombre total d'espèces}} \times 100 \quad (11).$$

- **Importance relative.**

Cet indice est tiré de la sommation de la densité relative, la dominance relative et la fréquence relative. Il est compris entre 0 et 300. La moyenne tirée de trois indices qui le constituent permet d'observer l'importance relative de l'espèce ou de la famille comprise entre 0 et 100. Ainsi, sa relation devient:
$$Ir = \frac{Dr + Dor + Fr}{3} \quad (12).$$

▪ Surface terrière

La surface terrière d'un arbre est la superficie occupée par le tronc mesuré sur l'écorce à 1,30 m du sol. Elle s'exprime en m^2ha^{-1} : $\pi \times D^2 / 4$ (13).

La surface terrière d'une espèce correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus de cette espèce et ramenée à l'hectare. La surface terrière totale correspond à la somme des surfaces terrières de tous les individus présents sur la surface inventoriée. Sa formule est présentée ci-contre : $ST (\text{m}^2\text{ha}^{-1}) = n \times \pi \times D^2 / 4$ (14). Où, D = diamètre de référence ou le diamètre à 1,30 (D_{130}), n = nombre total de troncs par ha et $\pi = 3,14$.

Signalons que le suivi dans le temps de la surface terrière donne un indice précis de la productivité ligneuse d'une parcelle via la vitesse de croissance en diamètre des arbres. Il est aussi un indice important d'occupation du sol et de l'espace par les arbres.

C. Evaluation des spectres de tempérament dans les forêts à *Marantaceae*, mixte et à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

a) Tempérament des espèces

Le comportement des espèces vis-à-vis de la lumière traduit leur tempérament. Ce comportement est essentiellement lié au microclimat (Oldeman 1990). La classification de Hawthorne (1996) a été adoptée dans ce travail. Cette classification comprend trois principaux types de tempérament : (i) les espèces pionnières héliophiles (P_i ; "pioneer"), (ii) les espèces non pionnières mais héliophiles (nP_i ; "Non-Pioneer light demanding") et les espèces tolérantes à l'ombre (TO) ; "shade-bearers").

Les plantes pionnières caractérisent les zones perturbées dans la forêt. Ces zones sont caractérisées par une végétation ouverte et reçoivent beaucoup de lumière. En effet, les plantes des pareilles entités sont souvent héliophiles (Adoua et *al.*, 2005, Gonmadje, 2012).

Pour apprécier et comparer l'état de dégradation de différents peuplements, la proportion des plantes pionnières par rapport à l'ensemble des espèces dans chaque groupement forestier a été évaluée. A cet effet, un indice pionnier basé sur les types de tempéraments est calculé suivant la formule de Hawthorne (1996) : $PI = [(P_i + nP_i)/\text{nombre total d'individus}] \times 100$. (15). Où P_i = le nombre d'espèces pionnières, nP_i =

le nombre d'espèces non pionnières mais héliophiles. PI varie de 0 qui indique l'absence d'espèces pionnières et donc de perturbation) à 100 qui indique que toutes les espèces sont pionnières et que la forêt est complètement perturbée et donc secondarisée). PI est un bon indicateur du degré de perturbation ou de dégradation de la forêt. Il permet de distinguer les forêts secondaires des forêts matures au seuil de 50 % (Hothorme 1995, 1996 ; Gonnadje, 2012). Mais, il ne reflète pas toujours le type réel de perturbation. En effet, les héliophiles non-pionniers (nPi) sont le reflet de perturbations anciennes et/ou de perturbations de faible étendue comme les chablis tandis que les héliophiles pionniers marquent les perturbations récentes et/ ou anciennes sur des vastes étendues (van Germerden, 2004). Dans cette étude les proportions des pionnières (Pi) et des espèces non pionnières (nPi) sont évaluées pour déterminer le type réel de perturbation.

D. Détermination des bioindicateurs ou espèces caractéristiques dans les différents groupements

Les espèces constituent les meilleurs indicateurs des conditions du milieu. Dans le suivi du milieu environnemental, de la conservation et de l'aménagement du territoire, on cherche des bioindicateurs des types d'habitats à conserver ou à réhabiliter. Les bioindicateurs ou espèces indicatrices ou encore espèces caractéristiques donnent un sens écologique à une typologie de sites. Elles fournissent des critères pour (i) la comparaison des typologies différentes obtenues par analyse des données (groupement) et (ii) l'identification des niveaux intéressants dans un dendrogramme. Une bonne espèce indicatrice devrait se trouver surtout dans un seul groupe de la typologie et être présente dans la plupart des sites appartenant à ce groupe (Dufrêne, and P. Legendre. 1997).

Les études qui décrivent des types d'habitats mentionnent habituellement une ou plusieurs espèces caractérisant chaque type. Les suivis environnementaux de même que les recherches qui visent la conservation des espèces ou l'aménagement d'un territoire font souvent recours à l'identification des bioindicateurs (Legendre, P. & L. Legendre, 1998).

Pour déterminer les espèces indicatrices de différents peuplements en étude, la méthode IndVal proposée par Dufrêne & P. Legendre (1997) a été utilisée :

$$\text{IndVal}_{\text{Groupe } k, \text{ Espèce } j} = 100 \times A_{k,j} \times B_{k,j}$$

Où, $A_{k,j}$ = spécificité, $B_{k,j}$ = fidélité

$$\text{IndVal}_{\text{Espèce } j} = \max [\text{IndVal}_{k,j}]$$

La détermination des bioindicateurs a été réalisée par le logiciel R de version 2.10.0 (R Development Core Team, 2009) disponible sur <http://www.R-project.org>. C'est la fonction `indval()` de la bibliothèque `{indicpecies}` qui a permis de réaliser l'analyse IndVal.

4.3.5. Etude de la dynamique de régénération

A. Evaluation et identification du potentiel de régénération dans les forêts à

Marantaceae

1°. Comptage statistique et identification des plantules ligneuses

Il est fréquent d'identifier la régénération naturelle en forêt tropicale aux semis ou également aux gaulis, notamment par les tiges de quelques centimètres de diamètre par exemple. La notion de régénération peut également s'exprimer par rapport au peuplement en opposant entre autre des tiges inférieures à 10 cm de diamètre définies comme régénération aux tiges supérieures à ce diamètre constituant le peuplement. Pour Rollet (1969), cette distinction, si elle paraît artificielle et arbitraire, elle se justifie justement par des raisons pratiques.

Dans ce travail, nous avons considéré les tiges à diamètre inférieur 10 cm. Ces individus ont été systématiquement comptés dans les placettes de 10 m x 10 m et leur diamètre était pris avec un pied à coulisse. Les zones ayant présenté un peuplement très dense à Marantaceae étaient prioritairement retenues pour l'étude de la régénération. Un comptage similaire a été réalisé dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et dans les forêts mixtes. Dans chaque groupement, une superficie totale de ¼ ha était consacrée à cette étude.

L'identification botanique des plantules s'est réalisée exclusivement dans les peuplements à *Marantaceae*. L'objectif étant de dresser la liste des espèces ligneuses qui se régénèrent facilement dans ces peuplements.

2°. Taux de mortalité des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae

La mortalité est un phénomène plus ou moins aisé à appréhender en forêt. Elle peut être naturelle (par exemple, arbres morts sur pied ou tombés) ou bien induite (arbres abattus ou abîmés qui meurent rapidement suite à l'exploitation).

Evaluer le taux de mortalité est un exercice sylvicole important pour évaluer l'aptitude d'un peuplement à maintenir son potentiel initial après deux périodes de comptage. Le taux de mortalité (TM) mesure la densité des arbres constatés morts l'année t sur la densité des arbres adultes dont le diamètre à l'année t est supérieur au diamètre de recrutement. Dans cette recherche, un premier comptage des plantules ligneuses a été réalisé en mars 2012 et le second en mars 2013. La relation de Durrieu de Madron (1993) a permis de calculer le taux de mortalité : $Taux\ de\ mortalité\ (\%) = 100 \times [1 - Nt/No]^{(1/t)}$ (2). Où : t = durée de la période de calcul, N_0 = effectif de départ et N_t = effectif des survivants de la population de départ après t années.

B. Régénération assistée

Au total 10 placeaux de 2 m x 2 m ont été délimités et suivis pour la régénération assistée. Après un comptage statistique de toutes les plantules à diamètre inférieur à 10 cm, le 10 mars 2013, une coupe rase de toutes les Marantaceae a été réalisée. Puis, un recomptage était fait le 10 mar 2014.

4.3.6. Analyse des données

Le tableur Excel a permis d'encoder les données et de réaliser les statistiques descriptives : la richesse floristique, l'abondance, la dominance, la structure horizontale, les moyennes, etc. Le logiciel R, Stastica, Past et XLSTAT sont intervenus dans les calculs faisant appel à l'inférence statistique : le test de comparaison de moyenne, la comparaison des proportions, la normalité, la détermination des espèces caractéristiques, etc.

1°. Analyse statistique des données

Ce travail compare également la richesse floristique des forêts à Marantaceae répartis en quatre sites (Nord, Sud, Est et Ouest) de la réserve forestière de Yoko entre-eux. Ensuite, ces sites sont comparés aux forêts à Marantaceae de Biaro. Puis, elles sont comparées aux forêts mixtes ainsi qu'aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.)J. Léonard. Pour ce faire, les tests statistiques ci-contre ont été utilisés.

a) Test de comparaison des moyennes

▪ Analyse de la variance

L'analyse de la variance est un test paramétrique utilisée pour comparer les moyennes. Dans cette étude, il est utilisé pour comparer les moyennes des densités, des richesses spécifiques, des surfaces terrières, etc. Le test post-hoc de Tukey est utilisé lorsque l'analyse de la variance s'avère significative pour déceler les différences.

▪ Test t de Student pour des données indépendantes

Ce test sert à comparer les moyennes de deux séries de données indépendantes. Les données (intervalles ou ordinales) de deux séries doivent être indépendantes (chaque mesure provient d'un individu différent) et avoir une distribution normale. Les variances de deux séries ne doivent pas être différentes (test F préalable). Toutefois, il existe des variantes qui permettent d'appliquer le test *t* de Student des séries dont les variances sont différentes (Siegel & Castellan 1988). Ce test a été utilisé dans le cas où il fallait comparer deux sites.

b) Comparaison des proportions

Pour réaliser la comparaison des proportions, notamment entre les classes de diamètre, nous avons utilisé le test de conformité de chi-carré. L'objectif du test de χ^2 est de déterminer si les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, c'est à dire les deux variables étudiées ne sont pas indépendantes. Par cette indépendance, on veut déterminer que le fait d'appartenir à une modalité de la première variable n'a pas d'influence sur la modalité d'appartenance à la deuxième variable (Bernier, 2013) :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(ni-ti)^2}{ti}$$
 où ni = nombre d'individus observés dans la classe i ; ti = nombre d'individus théoriques dans la classe i ; k = nombre de classe de la variable qualitative ($k \geq 2$) et i = numéro de la classe de la variable qualitative ($1 \leq i \leq k$).

Le χ^2 doit toujours être appliqué sur des valeurs observées brutes et jamais sur des valeurs transformées (Jayaraman, 1999).

c) Test de normalité

L'analyse de la variance se réalise sur des données obéissant à la loi normale. Pour ce faire, le test de vérification de la normalité des variables, fait en amont de ce test, était celui de Shapiro-Wilk.

d) Signification d'un test

Pour décider de la signification d'un test et de sa validation, nous nous sommes référés à la valeur statistique (p-value). A l'issue de chaque analyse : (i) si p-value $\geq 5\%$: différence non significative ; (ii) si p-value $< 5\%$, $< 1\%$ et $< 0,1\%$: respectivement différence significative, très significative et hautement significative.

Les différents tests et la signification de ces tests ont été fournis par le logiciel R version 2.10.0 (R Development Core Team, 2009) disponible sur <http://www.R-project.org>.)

e) Analyse factorielle de correspondances AFC ou CA

L'AFC permet de résumer et de visualiser un tableau de contingence, c'est-à-dire un tableau qui croise deux variables qualitatives. Au croisement de la ligne i et de la colonne j , on retrouve le nombre d'individus prenant la modalité i de la première variable et la modalité j de la seconde variable (Cornillon *et al.*, (2012)). Le tableau des fréquences des espèces (en colonnes) et des parcelles de chacune des forêts (en ligne) présente le nombre d'occurrence de chaque espèce pour chaque parcelle. Ce tableau utilisé dans cette étude est adapté à cette analyse.

Aux fins d'analyser les différenciations entre les quatre groupements floristiques (les forêts des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, les forêts des Marantaceae de Biaro, les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et les forêts mixtes), l'AFC a été réalisée sur un tableau [Parcelle x Espèce].

Les axes fournis par l'AFC peuvent être interprétés chacun comme une dimension de séparation ou de différenciation inter ou intrazonale. L'AFC et les analyses de classification mettent en évidence des groupements sans facteurs explicatifs autres que les variabilités floristiques entre parcelles.

Chapitre 5.

Perturbations forestières dans la région de Yoko: indicateurs et incidences sur la végétation

Résumé

Ce chapitre met en évidence les indicateurs des perturbations dans les forêts actuelles de la région de Yoko et ses environs. L'approche anthracologique a été utilisée.

Au total, 12 fosses des 1 m x 1 m x 1 m ont été établies, 8 fosses dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et 4 fosses à Biaro.

Après fouille de chaque 10 cm de profondeur, 2 indicateurs ont été découverts à savoir, les charbons de bois récoltés jusqu'à 70 cm de profondeur et la poterie déterrés jusqu'à 30 cm de profondeur.

Les analyses de ces indicateurs couplées à l'histoire de la région ont conduit à deux hypothèses: (i) Les charbons de bois présage le passage d'un feu dans les peuplements anciens. Ce feu proviendrait soit, des pratiques répétées de l'assartage, soit du feu ménager. (ii) Les morceaux de la céramique seraient des fragments des ustensiles (casserole, cruche ou grenier) dont l'homme de l'époque se servait pour ses besoins vitaux. Ces deux hypothèses témoignent l'implication de l'homme dans la perturbation des forêts de la région dans les siècles passés.

La datation au ^{14}C de quelques fragments des charbons de bois fossiles a établi 2 types de perturbations des forêts de la réserve forestière de Yoko et de Biaro. Les perturbations anciennes datées de $1\ 125 \pm 30$ BP et les perturbations contemporaines datées 350 ± 30 à 145 ± 30 ans BP.

Ces perturbations forestières ont eu un impact sur le cortège floristique des forêts dans le passé. Cette incidence a aussi affecté les peuplements actuels. Certains taxons identifiés des charbons de bois fossiles n'ont pas été répertoriés dans les forêts à Marantaceae. C'est les cas de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Monodora* sp, *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, *Pouteria* sp, *Homalium longistylum* Mast, *Turraeanthus africanus* Welw ex C.DC.) Pellegr.

5.1. Introduction

Les Marantaceae sont des herbacées géantes et indicatrices biologiques d'une perturbation du milieu forestier naturel (Letouzey, 1968 ; Lubini, 1986 ; Dhetchuvi, 1994 ; Fay, 1997). Pourtant, la présence de ces héliophiles monocotylédones n'indique pas d'emblée qu'il s'agit d'une perturbation naturelle ou anthropique.

Plus de 11 % de la superficie globale de la réserve forestière de Yoko est tapissée de ces herbacées. La présence de ces peuplements est remarquable, soit en peuplement homogène, soit en mélange avec les autres peuplements forestiers. De plus, on les voit en train de garnir toute la région. Ce constat témoigne la perturbation qu'auraient connue et que connaissent les peuplements forestiers naturels de la région. Les habitudes traditionnelles d'utilisation des terres forestières notamment, l'agriculture itinérante sur brûlis, la récolte des produits de l'artisanat, l'exploitation des bois altèrent sensiblement les massifs forestiers dans toute la zone. Les jachères récentes dans la région se repeuplent très rapidement par les héliophiles en mélange avec une strate importante des herbacées (Marantaceae, Zingiberaceae et Commelinaceae).

Ce chapitre s'appuie sur l'Anthracologie pour chercher à connaître l'origine des Marantaceae en cherchant les indicateurs des éventuelles perturbations dans ces peuplements forestiers de la région. Il évalue ensuite l'impact de ces perturbations sur la composition floristique des forêts à Marantaceae en superposant celle-ci aux taxons identifiés des charbons fossiles. Enfin, il évalue la période de perturbation des forêts dans la région par la méthode de ^{14}C .

5.2. Approche méthodologie

L'approche pédoanthracologique ou paléoenvironnementale a été utilisée. Au total cinq sites ont été retenus, quatre sites dans la réserve (site Est, site Ouest, site Sud et site Nord) et enfin, un site à Biaro pour cette étude. Les différentes étapes des cette approches sont détaillé au point (4.3.3.A.).

5.3. Résultats

5.3.1. Inférence sur la perturbation de la végétation de la de réserve forestière de Yoko et ses environs

La présence des charbons de bois (Figure 5.1) sur la terre ferme dans les forêts à Marantaceae de la réserve de Yoko et à Biaro est un indicateur qui témoigne du passage d'un feu dans le passé dans les anciens peuplements forestiers de la région.



Figure 5.1 Charbons des bois dans une masse de terre argileuse récoltés dans une couche de la fosse pédoanthracologique.

Plusieurs collections des charbons fossiles ont été recueillies dans chacune de 12 fosses dans la réserve forestière de Yoko et à Biaro. Dans la réserve forestière de Yoko, 26/80 couches fouillées, soit 32,5 % contiennent au moins un charbon des bois de dimension supérieure à 1 mm. De même qu'à Biaro, 12/40 couches soit, 30 % contiennent au moins un charbon de dimension supérieure à 1 mm. Ces indicateurs, une fois analysés couche par couche et isolés les uns les autres, peuvent suggérer des perturbations parfois dissemblables dans le temps.

5.3.1.1. Valeur d'anthracomasse (gr) par couche de 10 cm et par fosse

Pour nous affranchir du comptage fragment par fragment des quantités des charbons fossiles récoltés, nous avons souhaité les présenter sous les quantités d'anthracomasse (gr) par couche de 10 cm. Les valeurs de l'anthracomasse (gr) mesurées à la balance électronique (0,00 rangs) pour chaque couche de 10 cm de profondeur de chaque fosse pédoanthracologique sont reprises dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1 Valeur de l'anthracomasse (gr) par couche.

Légende: **Ident.Fosse** = identité de la fosse pédoanthracologique, 1 = 0 cm à 10 cm, 2 = 10 cm à 20 cm, 3 = 20 cm à 30 cm, 4 = 30 cm à 40 cm, 5 = 40 cm à 50 cm, 6 = 50 cm à 60 cm, 7 = 60 cm à 70 cm, 8 = 70 cm à 80 cm, 9 = 80 cm à 90 cm, 10 = 90 cm à 100 cm ; **RE (I&II)** = fosse (1&2), réserve forestière de Yoko site Est ; **RW (I&II)** = réserve forestière de Yoko site Nord fosse (1&2) ; **RN-(I&II)** = Fosse (1&2), réserve forestière de Yoko, site Nord ; **RS-(I&II)** = Fosse 1&2, réserve forestière de Yoko, site Sud ; **BIA (I, II, III &IV)** = Fosse 1,2,3 et 4 de Biaro ; Prof.(cm) = profondeur de la couche en cm ; Anthr.(gr) = anthracomasse de la couche en gr.

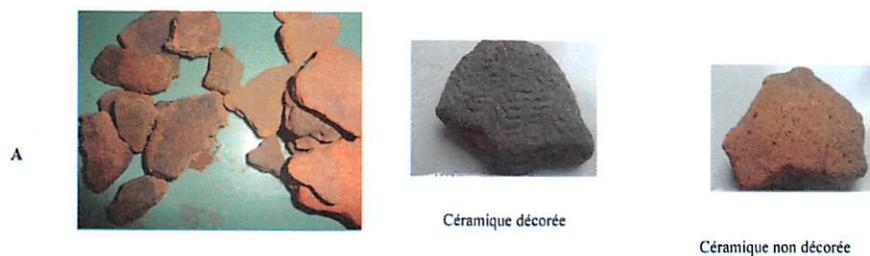
Ident. Fosse	RE - I	RE - II	RW - I	RW - II	RN - I	RN - II	RS - I	RS - II	BIA - I	BIA - II	BIA - III	BIA - IV
Prof. (cm)	Anthr. (gr)	Anthr. (gr)	Anthr. (gr)	Anthr.(gr)	Anthr. (gr)	Anthrac (gr)	Anthr. (gr)	Antr. (gr)	Anthr. (gr)	Anthr. (gr)	Anthr.gr.	Anthr. (gr)
1	16,2	16,32	0	34,04	7,77	5,22	0,81	0,99	35,54	15,65	26,7	20,14
2	0	0	0,93	0,29	2,06	6,3	0,35	2,9	112,8	27,25	0,49	0,07
3	0,27	0,3	0	0	0,78	0,47	0,75	0,4	3,58	0,13	0	0
4	0,05	0,05	0,3	0	0	0,62	0	0	2,35	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0,32	0	0	1,65	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1,61	0	0	0,02	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les résultats consignés dans ce tableau indiquent qu'au moins une couche contient du charbon de bois dans chaque fosse. L'anthracomasse la plus élevée est observée à Biaro dans la couche BIA-I 0-10. Beaucoup d'autres couches n'attestent pas la présence des charbons de bois. Il se dégage que leur anthracomasse est nulle. La fosse RN-II présente du charbon jusqu'à 70-80 cm de profondeur.

5.3.1.2. Tradition céramique

La céramique est un indicateur très probant de la sédentarisation de la civilisation Bantoue. Les Bantous ont peuplé, à des périodes très lointaines, toute l'Afrique centrale. Mais surtout, cette tradition continue et se poursuit jusqu'à nos jours dans beaucoup de cultures bantoues en RD. Congo. Beaucoup d'ustensiles comme les cruches, les casseroles et les greniers en argile sont encore utilisés par certains peuples jusqu'à ces jours. En substance, les recherches de (Coart et Haullevile, 1907 in Gillet, 2013) montrent que l'histoire de la céramique est encore récente. Elle s'est développée avant le 19^e siècle au Congo Démocratique.

Les fragments de la céramique extraits dans les deux sites d'étude sont présentés dans la figure 5.2.



Calibrage de la céramique (< 1cm à 6 cm)



B

RE-II N00°1733.3" E025°29'57.6"								BIA-I N00°1207" E025°20'5.7"							
Prof.(cm)	Diamètre (cm)							Prof.(cm)	Diamètre (cm)						
	>1cm	1-2cm	2-3cm	3-4 cm	4-5cm	5-6 cm	6->7cm		> 1cm	1-2cm	2-3cm	3-4cm	4-5 cm	5-6cm	6->7cm
0-10	3	14	11	5	2	0	0	0-10	0	2	0	0	1	0	1
10-20	1	4	8	2	2	1	1	10-20	0	2	0	0	0	0	0
30-40	0	3	1	1	0	0	0	30-40	0	0	0	0	0	0	0
40-50	0	2	0	0	0	0	0	40-50	0	0	0	0	0	0	0
50-60	0	0	0	0	0	0	0	50-60	0	0	0	0	0	0	0
60-70	0	0	0	0	0	0	0	60-70	0	0	0	0	0	0	0
70-80	0	0	0	0	0	0	0	70-80	0	0	0	0	0	0	0
80-90	0	0	0	0	0	0	0	80-90	0	0	0	0	0	0	0
90-100	0	0	0	0	0	0	0	90-100	0	0	0	0	0	0	0

Céramique présentant une couche pelliculée dans la face interne

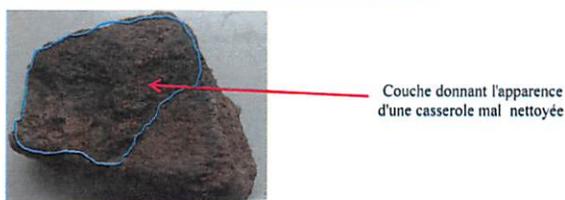


Figure 5.2 La céramique de la réserve forestière de Yoko et de Biaro.

Légendé : A = différents types de céramique récoltés dans les Marantaceae B = calibrage de la céramique en diamètre avec une latte graduée et regroupements de la céramique par classe de diamètre ; RE-II = fosse 2, réserve forestière de Yoko site Est ; BIA-I, = Fosse I de Biaro ; Prof. (cm) = profondeur couche en cm ; C = fragment de poterie présentant sur sa face interne une couche pelliculée faisant allusion à une casserole mal nettoyée.

Les fragments de la céramique ont été retrouvés dans la fosse RE-I dans la réserve forestière de Yoko et dans la fosse BIA-I de Biaro. Des quantités plus importante de la céramique était recueillie dans la fosse RE-I jusqu'à 30 cm et jusqu'à 20 cm dans la fosse BIA-I. Deux types des fragments ont été identifiés à savoir, la poterie décorée et la poterie

non décorée, mais très érodée dans les deux fosses (Figure 5.2.A). Les fragments de la céramique décorée présentent une ornementation faite à la roulette en bois. La roulette en bois est un outil cylindrique utilisé pour exprimer certains motifs répétitifs sur la surface du récipient en argile. Cet instrument a été utilisé il y a plus de 5 siècles (Livingstone Smith et *al.*, 2010). Certains de ces fragments récoltés dans la fosse RE-I présentent sur leur face interne une couche pelliculée (Figure 6.2.C) faisant allusion à une casserole mal nettoyée.

Le calibrage de la céramique en diamètre avec une latte graduée (Figure 6.2.B) donne les fragments de dimension comprise entre moins d'un centimètre à plus de six centimètres (>1cm à < 6 cm).

5.3.2. Reconstitution de la végétation perturbée de la réserve forestière de Yoko et ses environs

5.3.2.1. Taxons identifiés des charbons fossiles

Les fragments des charbons de bois de quatre fosses sont les seuls qui ont fait l'objet de l'étude anatomique (RE-I, RN-I, RS-I et BIA-I). Dix types anthracologiques ont été identifiés (Tableau 5.2) après analyses.

Tableau 5.2 Les taxons identifiés à partir des charbons des bois dans les différents sites.

Légende : RE-I = fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Est; RN-I = fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Nord ; RS-I = fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Sud ; BIA-I = fossel de Biaro.

Couche (cm)	RE-I N00°1733,3" E025°19'56,2"					RN-I N00°19'44,5" E025°17'13,1					RS-I N00°15'25,5" E025°18'9,33"					BIA-I N00°11'6,7 E025°20'5,7"					Tot. Fragment
	Anthracomasse (gr)					Anthracomasse (gr)					Anthracomasse (gr)					Anthracomasse (gr)					
	ANN MON SPP	BOIS JUV	FAB GIL DEW	MEL TRI SPP	MEL TUR AFR	MEL TRI SPP	MYR PIC ANG	SAP POU SPP	SAL HOM SPP	ANN MON SPP	FAB GIL DEW	MEL TRI SPP	EBE DIOS CRA	FAB GIL DEW	FAB TET BIF	MEL TUR AFR					
0-10	16,2		10	21		7,77	3	22	1	3	0,81	9	6	35,54	19	3	44				
10-20	0					2,06		22	6	4	0,35	15	17	5	112,8	18	11	44			
20-30	0,27		13	6	20	0,78	15	2			0,75	1	1	3,58	6	8	5	1			
30-40	0,05			1	3	1	9				0			2,35	12	2	5				
40-50	0,05			2	1	1					0			1,65	4	2	2				
50-60	0					0					0			0,02	2	2	2				
60-70	0					0					0			0							
70-80	0					0					0			0							
80-90	0					0					0			0							
90-100	0		11			0					0			0							
Tot. fragment		13	12	32	22	11		40	30	1	7		24	24	6		61	17	16	98	414

ANN MON SPP: Annoceae, *Monodora* spp
 EBE DIOS CRA: Ebenaceae, *Diospyros crassiflora*
 FAB GIL DEW: Fabaceae, *Gilbertiodendron dewevrei*
 FAB TET BIF: Fabaceae, *Tetraberlinia bifoliata*
 MEL TRI SPP: Meliaceae, *Trichilia* spp
 MEL TUR AFR: Meliaceae, *Turraeanthus africanus*
 MYR PYC ANG: Myricaceae, *Pycnanthus angolensis*
 SAL HOM SPP: Salicaceae, *Homalium longistylum*
 SAP POUT SPP: Sapotaceae *Pouteria* spp
 BOIS JUV: Bois juvénile

Au total, 414 fragments des charbons des bois ont été étudiés dont 90 fragments dans la fosse RE-I, 78 fragments dans la fosse RN-I, 54 fragments dans la fosse RS-I dans et 192 fragments dans la fosse BIA-I. Dans ce lot, neuf types anthracologiques ont été identifiés. Pour raison d'identification, le type anthracologique porte trois lettres initiales de la famille, trois lettres initiales du genre et trois lettres initiales de l'espèce. A titre d'illustration, FAB GIL DEW renvoie à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la famille de Fabaceae. Le dixième type provient du bois juvénile. Le bois juvénile ne présente pas les caractères anatomiques bien différenciés, mais la moelle y est bien remarquable (Annexe 3).

Les fragments de charbons de bois identifiés pour chaque type anthracologique sont dénombrés par couche. La figure 5.3 présente le nombre de fragments identifiés comme appartenant à chaque type anthracologique.

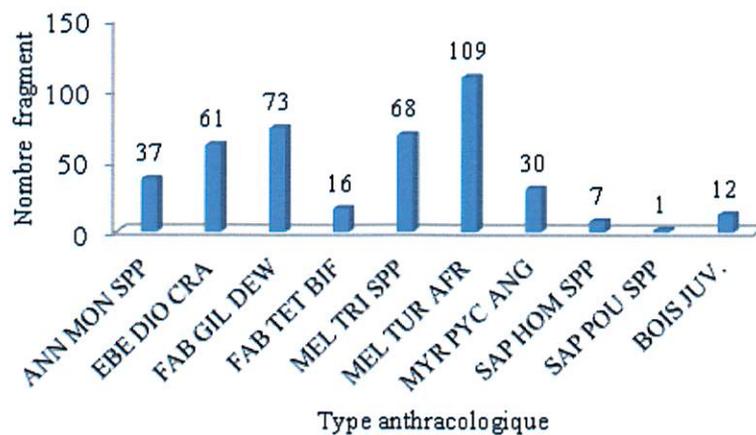


Figure 5.3 Abondance des fragments des charbons de bois par type anthracologique

Le nombre de fragments le plus important provient du type MEL TUR AFR (26,33 %) immédiatement suivi par le Type FAB GIL DEW (17,63%). Le nombre de fragments moins important provient du type SAP POU SPP et 2,90 % des fragments issus du bois juvénile.

L'anatomie des charbons fossiles provenant du taxon le plus abondant des forêts matures (Figure 5.4) et le taxon des forêts secondaires (Figure 5.5) sont reprises ci-dessous. Les tableaux récapitulatifs se rapportant à l'anatomie comparée des taxons identifiés des charbons fossiles aux types de la collection du Xylarium du Musée royal de l'Afrique Centrale sont repris aux annexes 4 et 5.

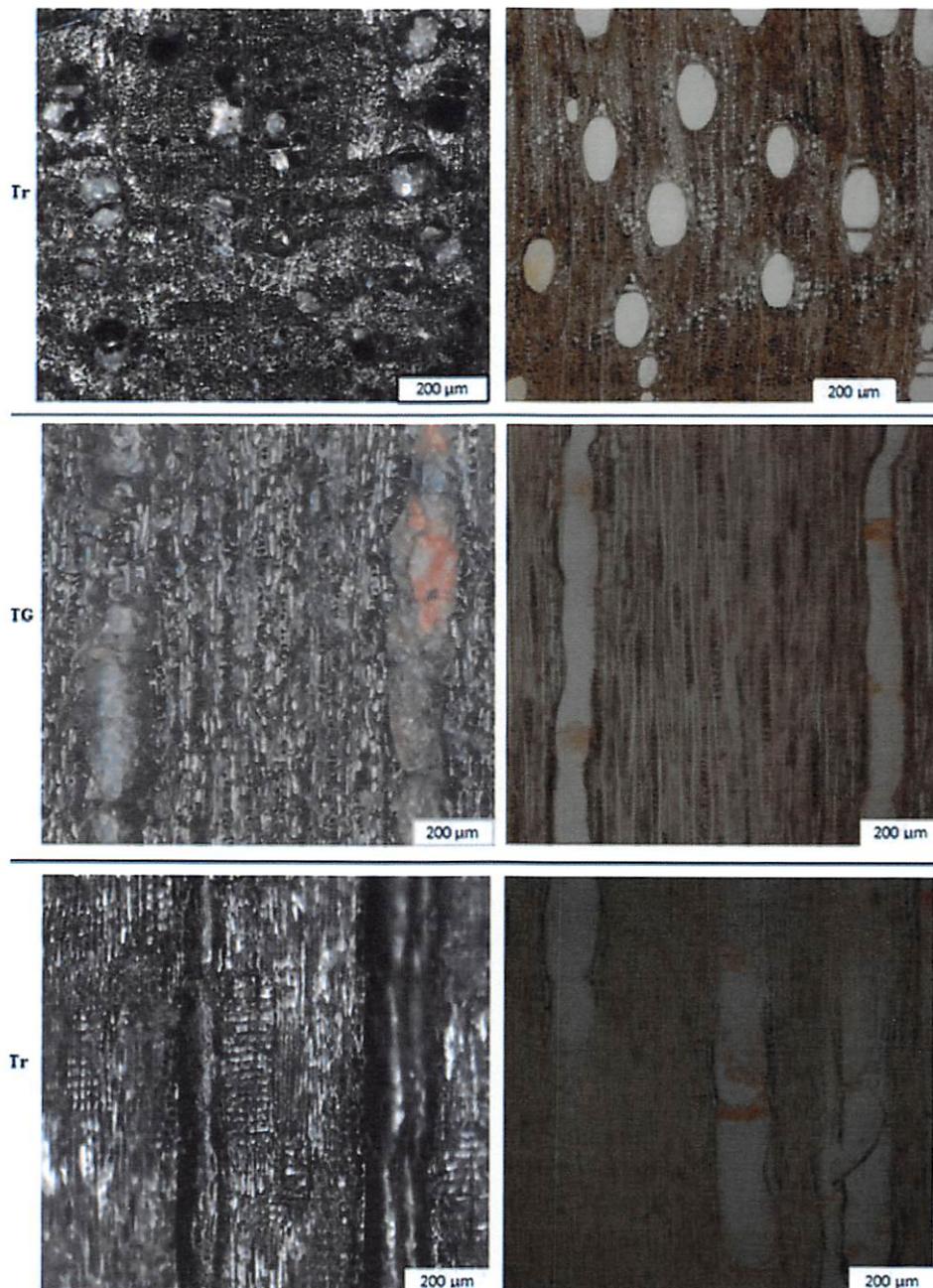


Figure 5.4 Anatomie du type anthracologique MEL TUR AFR RE-I 30-40-1(cf : Meliaceae *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr). *A gauche* : image Olympus Stream image analysis software. *A droite* : image Cell[^]be du taxon de référence (Tw 1387) de la collection du Xylarium MRAC disponible sur <http://www.metafro.be/xylarium>. Tr, Tg, Td = coupe transversale, coupe longitudinale tangentielle et coupe longitudinale radiale.

Le type MEL TUR AFR présente les cernes de croissance non distincts. Les vaisseaux présentent deux classes de diamètre distinctes. Ils sont arrondis, isolés et accolés. Le nombre de vaisseaux varie de 5-20 par mm² et leur diamètre varie de 350-800 µm sur le plan transversal. Les perforations entre les éléments de vaisseaux sont simples. Les parenchymes paratrachéals axiaux sont rares. Les parenchymes axiaux circumvasculaires ont 3-4 cellules par file verticale et 5-8 cellules de parenchyme par file verticale. Les rayons sont sériés (2-3 cellules). Toutes les cellules des rayons sont couchées avec une arrangée terminale dressée et/ou carrée. On dénombre 4-12 rayons par mm. Les fibres sont cloisonnées.

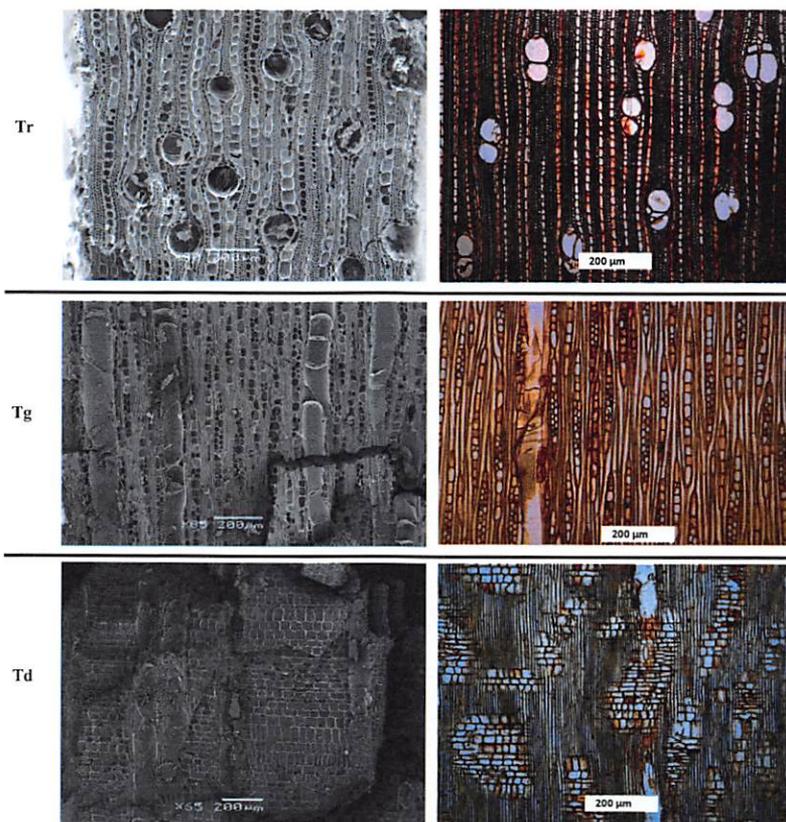


Figure 5.5 Anatomie du type anthracologie RN-I2 20-30-2 MYR PYC ANG cf Myristicaceae *Pychnanthus angolensis* (Welw.) Warb. *A gauche* : ImageOlympus Stream image analysis software. *A droite* : Image Cell[^]be du taxon de référence (Tw 1227) de la collection du Xylarium de MRAC disponible sur <http://www.metafro.be/xylarium>. Tr, Tg, Td : coupe transversale, coupe longitudinale tangentielle, coupe longitudinale radiale.

Le type MYR PYC ANG (cf. Myristicaceae, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb.) présente les cernes de croissance non distincts. Les vaisseaux sont de forme presque ronde. Leur diamètre varie de 100-200 μm , 4 - 5 vaisseaux par mm^2 sont comptés. Ils sont isolés et accolés par deux ou par plus de deux. Les perforations sont simples. Les ponctuations intervasculaires ne sont pas bien discernables. Les parenchymes axiaux sont rares. Les parenchymes axiaux paratrachiales sont également rares. On compte 5-8 cellules de parenchymes par cordon. Les rayons sont sériés et composés de cellules couchées avec 2-4 rangées terminales de cellules dressées et/ou carrées. Les rayons à cellules couchées présentent plus de 4 rangées terminales de cellules dressées et/ou carrées. Les fibres ne sont pas cloisonnées.

5.3.2.2. Traits écologiques des taxons identifiés à partir charbons de bois fossiles

Le tableau 5.3 indique quelques traits écologiques, le tempérament et la morphologie des espèces identifiées à partir des charbons de bois fossiles.

L'identification des fragments des charbons de bois par site a donné 10 types anthracologiques correspondant à 9 taxons botaniques. Le dixième provient d'un bois juvénile. Huit taxons, FAB GIL DEW (cf. *Gilbertiodendron dewewrei* (De Wild.) J. Léonard, Fabaceae.), ANN MON SPP (cf. *Monodora sp*, Annonaceae), EBE DIO CRAS (cf. *Diospyros crassiflora* Hiern, Ebenaceae), FAB TET BIF (cf. *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, Fabaceae), SAP POU SPP (*Pouteria sp*, Sapotaceae), SAL HOM LON (cf. *Homalium longystilum* Mast, Salicaceae), MEL TRI SPP (cf. *Trichilia sp* et MEL TUR AFR (cf. *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C. DC.) Pellegr, Meliaceae) sont les espèces des forêts denses primaires et tous sont des tolérants à l'ombre (TO). Le taxon, MYR PIC ANG (cf. *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb. est une espèce héliophile modéré. Elle est une espèce caractéristique des forêts secondaires. Le dixième type est un bois juvénile. Le bois juvénile est anatomiquement très peu différencié, toutes ses structures anatomiques ne s'étant pas encore bien mises en place, il est difficile à identifier.

Quant à leur distribution phytogéographique, ces taxons appartiennent à la région Guinéo-congolaises (GC). Toutes ces espèces, à l'exception de *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, sont répertoriées dans la flore de la Tshopo.

Ce mélange constaté des tolérants à l'ombre et des héliophiles dans la flore de la réserve forestière de Yoko et de Biaro, avant les perturbations, fait montre des peuplements forestiers hétérogènes et des forêts à *Gilbertiodendron dewewrei* (De Wild.) J. Léonard.

L'identification respective dans les cinq sites permet de constater que :

- (i) quatre taxons ont été identifiés dans le site Est dans la fosse FE-I. Il s'agit de : ANN MON SPP (cf. *Monodora sp*, Annonaceae), FAB GIL DEW (cf. *Gilbertiodendron dewewrei* (De Wild.) J. Léonard, Fabaceae), MEL TRI SPP (cf. *Trichilia sp*, Maliaceae) et MEL TUR AFR (cf. *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C.DC.) Pellegr, Meliaceae). Parmi ces taxons, seule l'espèce *Trichilia sp* a été retrouvée dans les inventaires réalisés dans ce site.
- (ii) cinq taxons ont été identifiés dans le site Nord dans la fosse FN-I : MEL TUR AFR (cf. *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr, Meliaceae), MYR PIC ANG (cf. *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb.), SAP POU SPP (*Pouteria spp*, Sapotaceae) et SAL HOM LON (cf. *Homalium longystilum* Mast, Salicaceae). Parmi ces espèces, *Trichilia sp* et *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb.) ont été retrouvées dans les inventaires du site.
- (iii) trois taxons, ANN MON SPP (cf. *Monodora spp*, Annonaceae), FAB GIL DEW (cf. *Gilbertiodendron dewewrei* (De Wild.) J. Léonard, Fabaceae) et MEL

TUR AFR (cf. *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr, Meliaceae) ont été identifiés dans le site Sud dans la fosse RS-I. Le taxon *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C.DC.) Pellegr a été retrouvé dans les inventaires du site.

- (iv) quatre taxons ont été identifiés à Biaro dans la fosse BIA-I : EBE DIO CRAS (cfr. *Diospyros crassiflora* Hiern, Ebenaceae), FAB GIL DEW (cf. *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, Fabaceae), FAB TET BIF (cf. *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard Fabaceae) et MEL TUR AFR (cf. *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr, Meliaceae). Parmi ces espèces, *Diospyros crassiflora* Hiern et *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C. DC.) Pellegr ont été retrouvées dans les inventaires du site.

5.3.2.3. Classement des taxons identifiés partir de charbons fossiles

La colonne 5 (Tableau 5.3) indique les résultats relatifs au classement. Deux critères sont pris en compte. (i) Le premier critère vérifie si l'espèce se trouve sur la liste de la flore de la Tshopo. Conventionnellement, on lui attribue la cote 5. Si elle ne s'y trouve pas, on regarde si elle se trouve dans la région Guinéo-congolaise (GC). Dans ce cas, on lui attribue la cote 1. (ii) Le deuxième critère concerne la fiabilité de l'anatomie du charbon par rapport à l'anatomie de l'espèce de référence de la collection du Xylarium de MRAC. Si l'anatomie du charbon est parfaitement identique à celle de l'espèce de référence, dans ce cas on lui attribue la cote 5 (Figure 5.4). Si de petites dissemblances existent entre les deux, on compare leur anatomie par rapport à un caractère commun de la famille. Dans ce cas, on attribue la cote inférieure à 5. Le classement est coté pour un total de points égal à 10.

Le classement d'après la distribution phytogéographique des taxons issus des charbons fossiles indique que 8/9 types appartiennent à la flore de la Tshopo 2010 (K = 5) à l'exception du type FAB TET BIF qui n'a pas été répertorié. L'anatomie comparée de ces taxons comparés aux taxons de référence du Xylarium du MRAC varie de 4 à 5. Ce qui revient à dire que les espèces identifiées à partir des charbons de bois sont relativement proches des espèces de référence.

5.3.3. Usage traditionnel local des taxons identifiés à partir des charbons fossiles dans la tradition Bakumu - Mangongo

Ces résultats ont été obtenus par renseignements dans les villages riverains. L'objectif était de savoir les différents usages traditionnels des taxons identifiés à partir des charbons fossiles dans les tribus avoisinantes de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Le

tableau 5.4 reprend les noms scientifiques et vernaculaires ainsi que les usages locaux de neuf taxons.

Tableau 5.4 Usages locaux des taxons identifiés des charbons de bois fossiles.

Taxon	Nom vernaculaire (Kumu*)	Organe utilisé	Usage local
<i>Trichilia sp</i>	-	Bois	énergie (bois de chauffe)
<i>Diospyros crassiflora</i>	Ebene	Bois	construction case, manche, sculpture, pilon
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	Mbau	Bois	construction case, menuiserie (armoire, chaise longue, pont); énergie (bois de chauffe, charbon de bois)
		Ecorce	pharmacopée
		Feuille	(couverture toiture),
<i>Homalium sp</i>	-	Bois	construction case; énergie (bois de chauffe); piège
		Ecorce	aphrodisiaque
<i>Monodora sp</i>	Bofomingo	Bois	construction case; énergie (bois de chauffe),
<i>Pouteria sp</i>	Amamanimai	Bois	énergie (bois de chauffe)
<i>Pycnanthus angolensis</i>	Angobé	Bois	menuiserie (chaise, table, porte, fenêtre, lampadaire, cercueil); énergie (bois de chauffe); hôte des chenilles comestible
<i>Tetraberlinia bifoliata</i>	-	Bois	énergie (bois de chauffe)
<i>Trichilia sp</i>	-	Bois	énergie (bois de chauffe)
<i>Turraeanthus africanus</i>	Tshakpa	Ecorce	poison pour pêche, détergent; énergie (bois de chauffe)

* Le Kumu est un dialecte parlé dans la région d'étude.

Généralement, dans la tradition de Bakumu-Mongongo et les autres tribus rencontrées dans la zone, en plus de différents usages signalés ci-haut, les bois morts ramassés dans la forêt sont utilisés comme bois de chauffe.

5.3.4. Inférence sur la période de perturbation des forêts de la région de Yoko et ses environs

La datation au ^{14}C de quelques fragments des charbons de bois fossiles dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro (Tableau 5.5) déduit la période approximative des perturbations des forêts dans la région.

Tableau 5.5 Datation au ^{14}C des charbons de bois fossiles récoltés dans les Marantaceae de Yoko et de Biaro.

Légende : RE-I 0-10-1 : fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Est, couche 0-10 cm, fragment de charbon de bois n 1 ; RE-I 30-40-3 : fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Est couche 30-40 cm, fragment de charbon de bois n 3 ; RN-I 20-30-5 : Fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Nord, couche 20-30 cm, fragment de charbon n 5 ; RS-I 20-30-2 : fosse 1, réserve forestière de Yoko, site Sud, couche 20-30 cm, fragment de charbon de bois n 2 ; BIA-I 50-60-9 : fosse 1, Biaro, couche 50-60 cm, fragment de charbon de bois n 19.

Fragments charbon de bois	N° Laboratoire	Antrachomasse couche (cm)	Taxon identifié	Age Cal.(2 σ BP)
RE-I 0-10-1	Poz-68374	16,2	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	1 120 \pm 30
RE-I 30-40-3	Poz-68375	0,05	<i>Turraeanthus africanus</i>	145 \pm 30
RN-I 20-30-5	Poz-68376	2,06	<i>Trichilia sp</i>	175 \pm 30
RS-I 20-30-2	Poz-68377	0,75	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	350 \pm 30
BIA-I 50-60-19	Poz-68378	0,02	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	195 \pm 30

Au regard de l'âge présenté par les différents charbons fossiles, on constate qu'il y a eu des perturbations de plus de 11 siècles. C'est le cas du charbon fossile récolté dans le site Est de réserve de Yoko provenant du taxon *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Cette zone est caractérisée par l'espèce *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh très dense. Elle est éloignée de \pm 10 km des villages partant des axes routier et ferré Kisangani-Ubundu. Les autres perturbations sont plus au moins récentes. Elles datent de moins de 4 siècles. Cet âge semble être probablement celui des peuplements actuels de la région. C'est le cas des charbons fossiles récoltés au Nord et au Sud de la réserve de Yoko et le charbon de bois fossiles récolté à Biaro. Ces trois sites sont à proximité des villages.

5.4. Discussion

5.4.1. Inférence sur les perturbations des peuplements forestiers dans la région de Yoko et ses environs et origine des forêts à Marantaceae

Les peuplements forestiers de la région de Yoko et ses environs auraient connues des perturbations dans les temps reculés. Ces perturbations ont eu une incidence sur la dynamique de ces peuplements. Au départ, les forêts à Marantaceae sont circonstancielles des activités traditionnelles de défrichement ou de l'exploitation forestière (Letouzey, 1968; Lubini, 1986 ; Dhetchuvi et *al.*, 1993, Detchuvi, 1996 ; Thiébault, 2005 ; Van Der Walle, 2007). Ces activités sont intensément observées dans toutes les régions forestières du bassin du Congo.

Quelques indicateurs rencontrés dans les Marantaceae au cours de nos recherches présumant que ces perturbations seraient liées à des actions anthropiques. A savoir, la présence des charbons de bois et de la céramique dans les sous-sols, les superficies occupées par ces herbacées dans la réserve forestière de Yoko et ses environs.

Les charbons des bois fossiles ont été recueillis dans les horizons des sols sur un profil allant de 10 cm à \pm 70 cm de profondeur dans les forêts à Marantaceae dans la réserve forestière de Yoko et de Biaro. D'autres quantités importantes ont même été récoltées au cours des certaines études antérieures dans les forêts primaires et secondaires (Tshibamba *et al.*, 2013).

De l'analyse d'un fragment des charbons bois fossiles, l'on peut tirer les conditions de gestion du milieu par l'homme (Marguerie & Hunot, 2007). Leur étude sur une stratification verticale en profondeur est une façon d'étudier l'évolution de la végétation au cours du temps (Carcaillet *et al.*, 1997 ; Hubau, 2013). Les charbons fossiles récoltés dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs seraient liés aux activités champêtres. L'agriculture itinérante sur brulis est une pratique traditionnelle des populations autochtones de la région (Nyakabwa, 2003 ; Boyemba , 2011 ; Kahindo, 2011). Les Kumu, les Mituku et les Lengola qui constituent les tribus principales sont traditionnellement tributaires de la forêt. L'assartage est la principale activité qui procure des revenus pour la survie quotidienne des ménages. Il est basé sur les cultures vivrières (le manioc et le maïs). Mais, ces cultures donnent des rendements très dérisoires qui ne couvrent pas les besoins quotidiens des ménages (Lubini, 1982 ; Nyakabwa, 2003 ; Kahindo, 2011). En conséquence, la forêt est explorée chaque année à la recherche de nouvelles terres encore fertiles. Ou encore, des activités ménagères : le feu utilisé dans les campements de chasse et de pêche pour le fumage des gibiers ou des poissons et la cuisson des aliments. Dans ce dernier cas, il s'agit des bois morts ramassés dans les forêts qui sont utilisés.

Cette pratique est très ancienne dans la zone forestière africaine. Pour (Oslily & Peyrot, 1992 ; Belesika, 2009), le feu est une vieille tradition ancestrale d'au moins 400 000 ans. Depuis bien longtemps, aux alentours 3 500 ans, les assarteurs l'utilisent dans les zones forestières pour pratiquer l'agriculture itinérantes sur brûlis. Il est un moyen traditionnel utilisé comme outil de défrichage et de préparation des champs dans les régions tant savaniques que forestières.

La responsabilité de l'homme dans la perturbation des forêts a fait l'objet de plusieurs allocutions dans la littérature. Les phases successives de trouées qu'il pratique dans la forêt par le biais des défrichements, des feux de brousse, de surpâturage, des campements ou d'anciens villages sont des facteurs de perturbation incriminés d'être à l'origine de répartition des savanes préforestières (Aubréville, 1949 ; Youta Happi, 1989 ; Thinon, 1994a ; Thinon, 1994b ; Tardy, 1996 ; Bahuchet, 1996 ; Maley, 1996 ; Talon, 1997 ; Scott *et al.*, 2000 ; Vande weghe, 2004 ; Scott *et al.*, 2007 ; Gillet & Doucet, 2013 ; Marguerie & Hunot, 2007). Ainsi, Aubréville (1949) estampille que « le recul des lisières de la grande forêt guinéenne et équatoriale est un fait évident... Il s'agit, personne ne le conteste, des parcelles défrichées et incinérées par les indigènes, suivant leur méthode habituelle de cultures en forêt, sur brûlis suivi de l'abandon du terrain après récoltes ».

Cette hypothèse rappelle aussi la position de beaucoup d'autres scientifiques qui expliquent l'origine des savanes préforestières du centre de la Côte-d'Ivoire où les populations Baoulé, installées depuis plusieurs millénaires, auraient entraîné une profonde déforestation au sein du massif forestier occupant le sud de ce pays. Dans cette région, le schéma de la disparition progressive de la forêt par ce biais est ainsi décrit : « La suppression de jeunes arbres et surtout des plantules conduit à long terme à la destruction de la forêt. Les individus plus gros peuvent être tués par des feux répétés à leur pied. Avec le temps, disparaissent les derniers semenciers. Les espèces ombrophiles sont peu à peu éliminées et les jeunes ne trouvent plus alors le milieu d'accueil. Progressivement, la forêt perd son caractère original pour former un fourré qui précède finalement l'invasion d'un tapis graminéen » (Monnier, 1990).

Les savanes du mont Nimba oriental en Guinée auraient la même origine (Schnell, 1945), tout comme celles situées au centre et à l'Est du Nigeria (Keay, 1959), au Sud de la République Centrafricaine (Sillans, 1958), à l'Est et au Sud du Congo (Vennetier, 1963), etc. Cette interprétation est extrapolée à l'ensemble de l'Afrique centrale (Sillans, 1958), voire toute l'Afrique tropicale humide (Maley 1996 ; Aubréville, 1948, 1949).

Pour certains auteurs par contre, la présence des charbons de bois dans les sous-sols des forêts africaines serait fortement liée aux facteurs paléo environnementaux (Schwartz, 1996 ; Chave, 2000 ; Maley, 2002). Le charbon de bois explique l'existence de paléoincendie lors de longues périodes de sécheresse (Rolando & Roset, 1991 ; Tardy, 1996 ; Brncic, 2002 ; OIBT, 2002 ; Gillet, 2013 ; Hubau, 2013). C'est par exemple, le cas en Afrique de l'Ouest où

de grands incendies auraient affecté de millions d'hectares des forêts denses suite à la sécheresse des années 80 (Dupuy, 1998 McKey et *al.*, 1996).

L'origine de la plupart des savanes centro-gabonaises est liée à des perturbations climatiques à la base de la destruction des forêts d'Afrique centrale qui serait survenue vers 2 500 ans BP. Ce phénomène se serait traduit par l'extension brutale, soit des savanes, soit des végétations pionnières. La reconquête aurait débuté aux alentours des 2 000 ans BP (Marcader et *al.*, 2000). Doucet (2003) note que le maintien de savane dans la région de Lopé au centre du Gabon, malgré la phase de reconquête, est attribuable à une diminution locale de pluies par effet foehn.

Une autre opinion avancée, c'est les associations avec les sols humides, la perturbation du milieu forestier et de grands mammifères (Buffles, éléphants, gorilles)(Schnell, 1976). White et *al.*, (1995) soulignent l'important rôle joué par les Monocotylées dans l'alimentation de ces grands mammifères. Ainsi, Fay (1991) considère que la densité de ces mammifères peut être très élevée dans les forêts à Marantaceae.

L'hypothèse liée aux facteurs paléoenvironnementaux ne semble pas unanime dans les cas des peuplements tropicaux. Pour Scott (2000), les feux naturels (foudre) dans les forêts tropicales à feuilles persistantes et sempervirentes sont généralement assez rares car l'humidité de l'air y est très élevée réduisant sensiblement leur inflammabilité. Pour abonder dans le même sens, le climat de la région en étude semble moins dramatique. A notre connaissance, depuis plus de cinq siècles, il n'y a pas de période climatique drastique qui se serait manifesté ayant une incidence sur les forêts.

Le deuxième indicateur c'est la présence de la céramique. Des quantités de la céramique ont été recueillies dans le sous-sol de la réserve de Yoko et à Biaro sur les horizons de plus ou moins 40 cm. Pour (Livingstone smith, 2007), la poterie est un indicateur très probant de la sédentarisation de la civilisation Bantoue. A l'issue de l'analyse de la qualité de cette céramique, deux catégories se sont démarquées en fonction leur décoration :

- (i) la première catégorie comprend les fragments des poteries non décorées et qui présentent un état très érodé. Cet état ne facilite pas l'estimation de leur âge (Livingstone Smith com. pers) ;
- (ii) la deuxième catégorie comprend la poterie décorée à la roulette. La technique de décoration à la roulette en fibre végétale serait apparue dans les régions plus

récemment, il y a moins de 1000 ans (Livingstone Smith, 2007). Pour De Maret (2003), l'utilisation de la roulette serait encore plus récente dans la mesure où il a été constaté que les tessons de céramique qu'il a récoltés en bordure de la Sangha au Congo présentent la décoration à la roulette en bois alors que l'occupation humaine permanente y apparaissait probablement vers 1 500-1 000 BP.

Le troisième indicateur est spatial, la taille des ilots occupés par les Marantaceae dans la région. Les forêts à Marantaceae dans toute la région de Yoko et ses environs occupent des ilots modestes qui varient de 100 m² à ± 25 000 m². Ces dimensions sont comparables à la taille allant d'un champ à un village dans la région. Quand on observe ces étendues, elles sont de loin très inférieures à celles des Marantaceae d'Odzala (Brugière *et al.*, 2000 ; Gillet, 2013; Gillet et Doucet, 2013) des savanes centro-gabonaises (Marcader *et al.*, 1999), des savanes de la région de Lopé au centre du Gabon (Doucet, 2003), etc.

Le dernier indicateur enfin, c'est la présence d'une cohorte importante des héliophiles dans les forêts à Marantaceae et dans les forêts mixtes. Les héliophiles sont des indicateurs biologiques qui présagent des perturbations dans un massif forestier. Cet indicateur est plus détaillé au chapitre 7.

5.4.2. Inférence sur la période des perturbations des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs

Pour prédire la période probable des perturbations des peuplements dans la région, cinq datations ¹⁴C ont été réalisées. Dans la réserve forestière des Yoko, deux datations viennent du site Est, une datation du site Nord et une autre datation du site Sud. Enfin, une seule datation de la collection des charbons de bois fossiles de Biaro a été aussi réalisée. Ces fragments sont sélectionnés dans les horizons de profondeur. Quatre fragments des charbons fossiles proviennent des horizons supérieurs à 20 cm et un seul fragment provient de l'horizon superficiel (0-10 cm).

Ces fragments datés au ¹⁴C révèlent deux lectures : (i) les perturbations qui datent de plus de 11 siècles. C'est le cas dans les forêts à Marantaceae du site Est de la réserve forestière de Yoko. Un fragment daté de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard récolté à 40 cm du sol remonte de 1 120 ± 30 ans BP et (ii) les perturbations qui se seraient produites pendant la période contemporaine. C'est le cas du fragment de charbon de *G.*

dewevrei (De Wild.) J. Léonard (350 ± 30 ans BP) au Sud de la réserve, le fragment de charbon de *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (195 ± 30 ans BP) récolté à Biaro, le fragment de charbon de *Trichilia sp* (175 ± 30 ans BP) dans le site Nord, le fragment de charbon de *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC) Pellegr (145 ± 30 ans BP) dans le site Est de l'horizon superficiel 0-10 cm. Ces perturbations se sont produites pendant une période qui est proche de celles observées par Tshibamba et al., (2014) dans les forêts denses semi-caducifoliées et des peuplements à *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen de la réserve forestière de Yoko dont les charbons fossiles datent de 505-303 ans cal BP et dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (508 - 295 ans cal. BP). Cette tranche d'âge paraît probablement celui des peuplements actuels (Letouzey, 1956 ; Gourlet-Fleury, 2013).

Les perturbations qui se sont réalisées dans les peuplements de la région en étude paraissent très récentes quand on les compare à celles datées dans d'autres sites dans le bassin du Congo : (i) dans les forêts d'Ituri : $18\ 800 \pm 100$ ans à 715 ± 45 ans (Marcader et al., 2000) (ii) dans les Mayumbe : 3000 ans à 2000 ans cal. BP (Hubau, 2013), (iii) dans les forêts à Marantaceae du Nord de la République du Congo : $12\ 620 \pm 55$ ans à 200 ± 25 ans BP (Gillet, 2013) et (iv) dans les forêts camerounaises : 2300 ans à 1300 ans Cal. BP (Morin-Rivat, et al., 2014).

Toutefois, certaines perturbations aussi récentes ont été observées dans les forêts clairsemées à *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh au Nord du Congo Brazzaville). Elles datent de 229 ans à 140 ans cal. BP (Gillet, 2013).

5.4.3. Reconstitution de la végétation perturbée de la région de Yoko et ses environs

Les charbons de bois fossiles préservés dans les sols ont une valeur archéologique importante car leur structure anatomique est conservée pendant le processus de carbonisation (Scheel-Yber, 1998 ; Scott, et al., 2000 ; Ausset, 2010 ; <http://a-ausset.suite101.fr>). L'anthracologue exploite cette caractéristique pour reconstituer les taxons botaniques qui ont été brûlés (Stein, 1983 ; Thinon, 1978, 1992, 1994 ; Stein, 1983 ; Tardy, 1996, Théry-Parisot, 2001, Thiébaud, 2005, <http://pédoanthracologiecoworkshop.free.fr>).

Les quantités des charbons fossiles récoltés dans les fosses pédoanthracologiques dans la réserve forestière de Yoko et à Biaro proviennent des activités qui se seraient réalisées aux endroits où ils ont été récoltés, étant donné qu'ils viennent de fosses pédoanthracologiques établies sur des topographies non déclives. Sur une topographie non accidentée, les charbons

enfouis dans le sol sont issus apparemment des communautés végétales brûlées dans la station sur un rayon de quelques dizaines de mètres autour de celle-ci (Dechamps 1971 ; Thinon, 1992 et Carcaillet, 1996, Assouti, 2006) ; Schweingrueber, 2006 ; <http://id.erudit.org/iderudit/0653ar>).

Dans cette étude, 414 fragments des charbons de bois fossiles ont été étudiés anatomiquement, puis identifiés botaniquement. L'ensemble de ces fragments proviennent de quatre fosses seulement (RE-I, RN-I, RS-I et BIA-I) (Tableau 5.2. ; Figure. 5.5. & 5.6.). Les charbons fossiles des autres fosses n'ont pas été étudiés. Selon l'ordre d'abondance croissante, les taxons identifiés sont à savoir, *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C.DC.) Pellegr (26,46 %), *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (17,63 %), *Trichilia spp* (16,43 %), *Diospyros crassiflora* Hiern (14,73 %), *Monodora spp* (8,94 %), *Pycnanthus angolense* (Welw.) Warb (7,25 %), *Homalium longisylum* Mast (1,69 %) et *Pouteria sp* (0,02 %). Le bois juvénile (29 %) est écarté de cette analyse.

De la superposition des taxons identifiés des charbons fossiles aux taxons identifiés dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro, il ressort que, 3/8 taxons : *Diospyros crassiflora* Hiern, *Trichilia sp*, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb, sont en même temps présents dans les peuplements actuels.

Une autre observation importante à signaler est que tous les taxons identifiés des charbons fossiles, à l'exception de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb qui est héliophile caractéristique des forêts secondaires, sont des tolérants à l'ombre (TO), caractéristiques des forêts matures (Louis, 1947c, Scnell, 1950 ; Lebrun & Julbert, 1954).

En conséquence, comme l'a attesté Thiebault (2005), les nombreuses données issues des charbons de bois permettent de connaître les différents groupements végétaux et leur dynamique. Ces données présentent une très bonne cohérence phytosociologique et phytogéographique.

Pour Ausset (2010), les charbons de bois issus de feux naturels ou anthropiques, outre leur utilisation comme combustible, sont des véritables indicateurs de la végétation au moment de l'incidence et permettent de savoir dans quel environnement vivait l'homme d'autres fois.

De ces cinq charbons fossiles datés, quatre se situent dans la tranche d'âge 145 ± 30 ans à 350 ± 30 ans. Cet intervalle d'âge semble proche de l'âge des forêts à Marantaceae de la région d'Oueso au Nord du Congo. Ces peuplements se seraient développés suite à la recrudescence des activités humaines qui auraient entraîné les perturbations profondes depuis 500 ans (Gourlet-Fleury & Fayolle 2013).

L'omniprésence de l'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard dont les charbons fossiles est plus ancien (1120 ± 30 ans BP) et les écarts d'âges qu'elle présente dans différents sites, alors que le gradient spatial qui les sépare n'est pas très grand, est un cas qui semble complexe. En revanche, l'évidence est que l'espèce se maintient dans la région depuis bien de temps. Elle est particulièrement remarquable dans toute la cuvette congolaise et sur ses abords où elle forme des peuplements parfois sur plusieurs dizaines d'hectares avec les individus de tous âges, des plantules au très vieil arbre (Letouzey, 1982).

En RD Congo, l'espèce se rencontre partout dans le bassin du Congo et dans les régions périphériques. Elle est surtout abondante sur les larges auréoles occupant le plateau qui entourent le bassin de la cuvette centrale. Elle ne forme des forêts étendues que sur les sols argileux rouges et bien draine, à bonne rétention d'eau dans les régions de l'Ubangi, de l'Uélé et dans les forêts de l'Ituri où elle fait partie de la végétation primitive des forêts ombrophiles sempervirentes très diversifiées (Lebrun et Gilbert, 1954 ; Nyakabua, 2003.). En outre, l'espèce fait partie du refuge forestier de la région de l'Ituri où elle forme des peuplements purs (Mercader et al., 2000). Cependant, les peuplements de l'espèce sont signalés plus loin de leur point de départ après la dernière glaciation (Louis, 1949b ; Aubreville, 1957 ; Gauthier et al., 1977). De plus, elle appartient à la famille des Fabaceae Caesalpioideae. Cette famille est surtout caractéristique des milieux forestiers "primaires" de type sempervirente (Maley, 1996).

5.5. Conclusion

L'analyse de la composition floristique issue de charbons fossiles rappelle l'occupation dans la zone en études des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild) J. Léonard dans les temps reculés. Ces peuplements auraient subi des perturbations dues aux feux datés de 1120 ± 30 ans BP et plus récemment il y a 145 ± 30 ans BP. Ces feux sont vraisemblablement d'origine anthropique et proviendraient, soit de

l'agriculture itinérante sur brulis, soit de feu domestique. La présence de la céramique dans les sous-sols atteste la sédentarisation de l'homme au cours de onze derniers siècles.

Par effets conjugués de l'agriculture itinérante sur brulis récurrent et des habitations humaines, la dynamique de recolonisation forestière se serait estompée favorisant ainsi à certains endroits, l'installation des Marantaceae. Ces herbacées, par leurs caractères hégémoniques continuent à se tailler de l'espace dans la réserve forestière et ses environs.

L'incidence de ces perturbations a eu des répercussions sur la composition des peuplements en place. Mais à ce stade d'étude, nous ne sommes pas en mesure de dire si ces perturbations ont complètement altéré la végétation ou pas. Les données des charbons fossiles récoltés de manière très ponctuelle dans les forêts à Marantaceae ne permettent pas de dégager les inférences significativement concluantes sur la composition de la végétation passée pour la comparer intégralement à la composition des peuplements actuels.

A partir de taxons identifiés des charbons fossiles, il est évident que les peuplements perturbés de la région en étude soient constitués des forêts climaciques hétérogènes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De wild.) J. Léonard. Sous l'effet des perturbations répétées dues aux feux, certains taxons de ces peuplements n'ont pas pu se maintenir. C'est le cas *G. dewevrei dewevrei* (De wild.) J. Léonard, *Monodora sp*, *Tetraberlinia bifoliata* J Léonard, *Pouteria sp*, *Homalium longistylum* Mast, *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.CD.) Pellegr qui n'ont pas été retrouvés dans les forêts à Marantaceae actuelles. D'autres taxons par contre, ont été identifiés dans les peuplements anciens et dans les forêts à Marantaceae actuelles. Il s'agit de *Diospyros crassiflora* Hiern, *Trichilia sp*, et de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb.

Chapitre 6.

Analyse de la variabilité floristique et du taux d'héliophilie des forêts à Marantaceae, mixtes et à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

Résumé

Les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la RF Yoko et ses environs s'individualisent sur le plan physiognomique et sur le plan floristique. Bien que de fois elles se recoupent quant à leurs fonds floristiques, elles sont sur une même toposéquence.

Ce chapitre évalue le cortège floristique et les paramètres structuraux des ligneux entre ces différents groupements. Pour y parvenir, un inventaire systématique des ligneux ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) a été réalisé dans 16 placettes de 50 m x 50 m délimitées dans chaque groupement.

Les résultats montrent que les Marantaceae ont un potentiel floristique et les caractéristiques structurales faibles par rapport aux forêts mixtes. Exceptionnellement, elles sont plus denses et plus diversifiées que les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard : (i) les Marantaceae de la RF Yoko : 1 466 individus, 128 espèces, 37 familles et une ST ($m^2 ha^{-1}$) = $23,36 \pm 2,9$, (ii) les Marantaceae de Bioro : 1 731 individus, 124 espèces, 34 familles et ST ($m^2 ha^{-1}$) = $26,61 \pm 0,75$ $m^2 ha^{-1}$, (iii) les forêts mixtes 1 731 individus, 140 espèces, 37 familles et une ST ($m^2 ha^{-1}$) = $30,02 \pm 1,52$ $m^2 ha^{-1}$ et (iv) forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard: 1 212 individus, 95 espèces, 34 familles et ST ($m^2 ha^{-1}$) = $35,1 \pm 4,02$.

La CHA ainsi que l'ordination des unités par l'AFC montrent que les Marantaceae sont légèrement proches des forêts mixtes (similarité > 0,4) alors qu'une démarcation s'observe entre celles-ci et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (similarité > 0,1). Toutefois, 19/205 espèces communes sont identifiées dont les importantes sont : *Anonidium mannii* (Oliv.) Engl. & Diels, *Cola griseiflora* De Wild, *Drypetes likwa* J. Léonard in herb. Br, *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, *Polyalthia suaveolens* Engl. & Diels, *Heisteria parvifolia* Sm., etc.

Malgré leur proximité, la fonction d'association IndVal.g montre que les Marantaceae se singularisent par les héliophiles caractéristiques des forêts secondaires, alors que les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard se particularisent par des tolérants à l'ombre caractéristiques des forêts matures.

6.1. Introduction

La réserve forestière de Yoko et ses environs forme une mosaïque forestière qui se démarque sur le plan physiognomique et floristique. Plusieurs facies floristiques à savoir, les groupements hétérogènes ou mixtes, les groupements monodominants, les groupements adultes clairsemés des clairières à Marantaceae et à rotangs, etc. y sont enchevêtrés, les uns dans les autres (Kahindo, 2011 ; Lomba, 2012).

Les Marantaceae se caractérisent par une strate arbustive tapissée des monocotylédones géants (Marantaceae, Zingiberaceae et Commelinaceae) qui handicapent l'épanouissement des autres composantes ligneuses. Par conséquent, la germination et la densité des ligneux y sont déficitaires malgré leur canopée pourtant très ouverte. Elles sont dans les sites ici étudiés, tout de même proches floristiquement des forêts mixtes qui leurs sont très voisins. Bien que moins diversifiées que celles-ci, toutes les deux sont plus diversifiées que les forêts à *Gilberiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sur une même toposéquence.

Ces dernières sont des groupements à dôme continu et fermé. Les couronnes de leurs arbres se touchent presque de toute part. Leurs cimes sont profondes, étroites et densément feuillées. L'essence caractéristique *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard est nettement mégatherme, de taille élevée dans la strate supérieure (35-45 m). Les espèces qui l'accompagnent sont typiquement les essences à caractère souvent grégaire, d'où le petit nombre d'espèces associées dans les strates supérieures et une certaine pauvreté floristique du noyau proprement arborescent. La strate herbacée y apparaît inexistante. Leur sous-bois est dominé par la régénération de l'espèce caractéristique et de quelques arbustes sciaphiles. Les conditions sévères d'ombrage et la grande vitalité de *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard laissent peu d'espaces aux espèces qui l'accompagnent (Louis, 1949b ; Lebrun & Gilbert, 1954 ; Makana, 2000 ; Lokombe, 2004).

Les forêts mixtes enfin, sont un complexe hétérogène où plusieurs espèces constituent des mosaïques de formations sempervirentes et des formations plus ou moins caducifoliées, pluristrates à canopée surplombée d'essences de grande taille pouvant atteindre plus de 40 mètres de hauteur. Ces émergents sont dominés par des espèces de terre ferme, notamment : *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Trilepisium madagascariense* DC, *Guarea thompsonii* Sprague & Hutch, *Treculia africana* Decne, *Petersianthus macrocarpus*

(P.Beauv.) Liben, *Scorodophloeus zenkeri* Harms, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., etc. Leur sous-bois est aussi diversifié fréquemment caractérisée par les espèces du genre *Diospyros*, *Cola bruneelii* De Wild., *Scaphopetalum thonnerii* De Wild & Th. Dur ou encore *Microdesmis yafungana* J. Léonard (Kahindo, 2011 ; Lomba, 2012). Les espèces les plus importantes (DHP \geq 10 cm) dans ces forêts semblent s'équilibrer quant à leur abondance et leur dominance.

Dans ce chapitre, cette étude met en évidence le potentiel floristique, notamment les caractéristiques structurales et les traits fonctionnels des forêts à Marantaceae qu'il compare par la suite à ceux des forêts mixtes et à ceux des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) dans les conditions écologiques identiques sur des surfaces équivalentes et au seuil de comptage identique.

6.2. Approche méthodologie

La méthodologie de ce chapitre a porté sur un inventaire systématique de tous les ligneux ayant un diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm (DHP \geq 10 cm). Les dispositifs de comptage de 50 m x 50 m (Figure 6.1), l'analyse des données floristiques ainsi que les traitements y afférant sont détaillés aux 4.3.2 et 4.3.4.

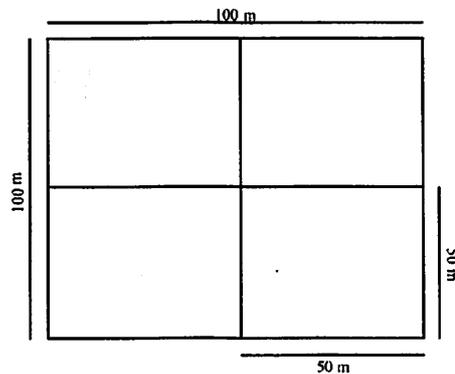


Figure 6.1 Dispositif de comptage des ligneux à $D_{1,30m}$ supérieur ou égal à 10 cm de 100 m x 100 m stratifiée en quatre placettes de 50 m x 50 m.

6.3. Résultats

6.3.1. Forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko

6.3.1.1. Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm par placette

Au total, 1 175 individus ont été recensés et identifiés dans quatre hectares. Ces individus sont répartis en 128 espèces appartenant à 37 familles. Pour un niveau de confiance égal à 95 %, la densité moyenne est de $296,75 \pm 15,37$ individus par hectare. La surface terrière varie de $19,17 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à $25,74 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, soit une moyenne égale à $23,36 \pm 2,6 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Elle varie de $3,14 \text{ m}^2$ à $6,89 \text{ m}^2$ dans les placettes, soit une moyenne égale à $5,81 \pm 1,64 \text{ m}^2$. La densité, le nombre d'espèces, le nombre de familles et la surface terrière par placette sont repris dans le tableau 6.1.

Tableau 6.1 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.

Légende : MarRFYE = Marantaceae de l'Est réserve forestière de Yoko, MarRFYN = Marantaceae Nord réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest réserve forestière de Yoko.

Site	Placette	Densité	Nombre espèces	Nombre familles	ST(m ²)
MarRFYE	P1	79	39	24	6,2
	P2	86	41	23	5,01
	P3	70	42	25	6,86
	P4	70	38	23	6,64
MarRFYN	P1	78	23	21	5,25
	P2	76	43	24	5,78
	P3	84	47	21	6,29
	P4	49	22	13	6,53
MarRFYS	P1	59	23	18	6,55
	P2	64	18	17	3,14
	P3	98	41	22	4,46
	P4	93	31	23	5,02
MarRFYW	P1	59	37	20	6,51
	P2	64	37	18	6,17
	P3	96	37	21	6,65
	P4	62	31	20	6,41
Moyenne		73,87±14,97	34,07±8,92	20,6±3,11	5,81±1,64

L'Anova à un facteur de densité des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm atteste une différence non significative ($F = 0,3755$, $p-v = 0,77230$). De même, une différence non significative est observée entre les surfaces terrières ($F = 2,7728$; $p-v = 0,8723$) (Figure 6.2). Le test post-hoc de Tukey de comparaison multiple des moyennes des

densités et des surfaces terrières fait observer aussi une différence non significative ($p > 0,05$).

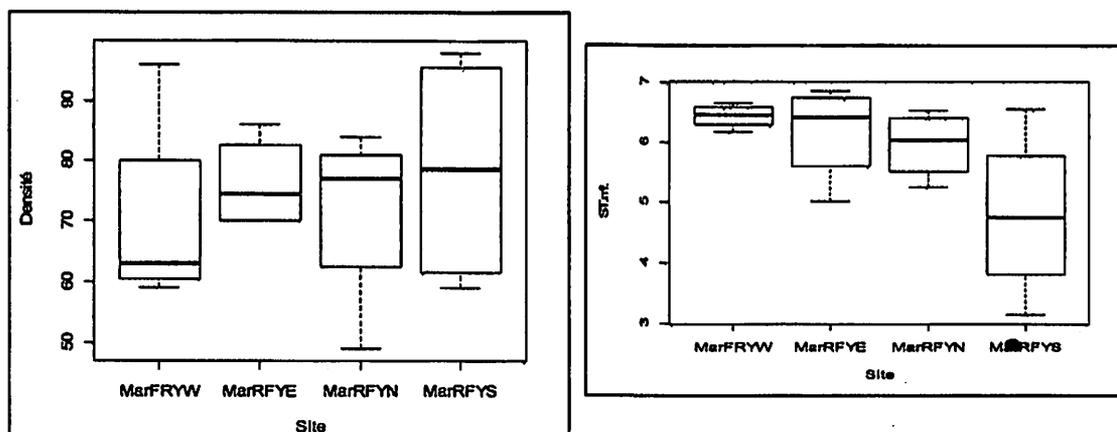


Figure 6.2 Dispersion des valeurs de densité des ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm à gauche et de surface terrière à droite par relevé dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

Légende : MarRFYE = Marantaceae Est de la réserve forestière de Yoko, MarRFYN = Marantaceae Nord de la réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de la réserve forestière de Yoko.

6.3.1.2. Indice d'importance des espèces et des familles les plus représentatives

L'indice d'importance (IVI) de vingt-une espèces ligneuses à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm les plus prépondérantes sont présentées dans le tableau 6.2. L'indice d'importance des autres les espèces est répris en annexe 7.

Tableau 6.2 Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.

Espèce	ST (m ² ha ⁻¹)	Dr (%)	Dor (%)	Fr (%)	IVI
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	1,48	6,55	6,34	93,75	106,64
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	0,81	2,98	3,47	87,5	93,95
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC	0,45	1,7	1,93	75	78,63
<i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.	0,29	1,7	1,25	75	77,95
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	0,85	2,55	3,65	68,75	74,95
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	0,16	2,3	0,7	68,75	71,74
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	0,25	1,62	1,05	68,75	71,42
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	0,10	1,79	0,43	68,75	70,97
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	1,04	3,15	4,45	62,5	70,1
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G. Waterman	0,72	2,3	3,08	62,5	67,88
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	0,45	2,64	1,91	62,5	67,05
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	0,70	1,45	2,98	62,5	66,93
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	0,35	1,02	1,5	62,5	65,02
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H.Wright) Marquand ex Chipp	0,90	3,49	3,85	56,25	63,59
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	0,58	1,7	2,46	56,25	60,42
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb. Warb.	0,26	1,96	1,09	56,25	59,3
<i>Trichilia</i> sp.	0,32	1,53	1,38	56,25	59,16
<i>Treculia africana</i> Decne.	0,16	1,28	0,69	56,25	58,22
<i>Barteria nigriflora</i> Hooker	0,90	1,53	0,42	56,25	58,21
<i>Anthonia macrophylla</i> P.Beauv.	0,19	0,94	0,82	56,25	58

L'espèce *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben est la plus importante (IVI = 35,75). Sa surface terrière est égale à 1,48 m²ha⁻¹. Sa dominance relative est de 6,34 %. Sa densité relative est 6,55 % et sa fréquence relative est 93,75%). Les vingt espèces présentent une fréquence relative supérieure à 55 %. Ceci veut dire que chaque espèce a été observée au moins dans huit relevés.

Les familles les plus prépondérantes dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko sont représentées dans le tableau 6.3.

Tableau 6.3 Familles les plus prépondérantes dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

Famille	Nombre Espèces	ST(m ² h ⁻¹)	Dor (%)	Dr (%)	Fr (%)	IVI
Fabaceae	26	3,12	11,15	13,37	100	124,51
Malvaceae	21	1,62	7,4	6,97	100	114,37
Apocynaceae	4	1,61	5,19	6,91	93,75	105,85
Myristicaceae	4	1,2	5,96	5,12	93,75	104,83
Moraceae	5	1,17	5,19	5,01	93,75	103,95
Euphorbiaceae	4	1,91	5,02	8,18	87,5	100,7
Lecythidaceae	2	1,48	6,55	6,33	87,5	100,38
Phyllanthaceae	4	1,81	4,6	7,76	87,5	99,86
Meliaceae	9	0,97	5,45	4,15	87,5	97,1
Canabaceae	3	1,03	4,09	4,81	87,5	96,37
Sapotaceae	7	0,47	2,36	2,38	87,5	91,9

La famille des Fabaceae est la plus importante (IVI : 41,5). Elle comporte au total 26 espèces. Les onze familles présentent une large distribution. Leur fréquence relative varie de 87,5 % à 100 %.

6.3.1.3. Dynamique structurale des populations

1°. Structure horizontale

La structure diamétrique dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko est représentée suivant les classes de 10 cm, soit la classes 1 (10 - 19,9), la classe 2 (19,9 - 29,9), la classe 3 (29,9 - 39,9),..., n - n+10 avec n la borne inférieure à n+10 la borne supérieure de la n^{ième} classe et 10 l'étendue de variation. Le diamètre de l'arbre le plus gros est de 150 cm dans les Marantaceae de l'Est de la réserve forestière de Yoko, 150 cm dans les Marantaceae du sud de la réserve forestière de Yoko, 98,09 cm dans les Marantaceae du Nord

de la réserve forestière de Yoko et 85,04 cm dans les Marantaceae de l'Ouest de la réserve forestière de Yoko.

La distribution diamétrique typique des forêts naturelles est constamment observée dans les quatre sites des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko (figure 6.3). Cette courbe correspond à J inversé. Elle est une courbe exponentielle décroissante présentant un effectif d'individus plus important dans les petites classes qui décroît au fur et à mesure que les classes deviennent grandes. Par ailleurs, dans le site Ouest des Marantaceae de la réserve forestière des Yoko (RFYW), on observe une dégénérescence dans la classe 1 par rapport à la classe 2 et dans la classe 4 par rapport à la classe 5. Les classes 1, 2 et 3 comportent en moyenne $\pm 82,22$ % des effectifs totaux des forêts dans les quatre sites.

Le test d'indépendance de χ^2 appliqué pour comparer les structures diamétriques dans les quatre zones renseigne qu'il existe un effet "zone" net très significatif sur la distribution de diamètre. ($\chi^2 = 74,5174$; ddl = 15; p-v = $6,92e^{-10}$).

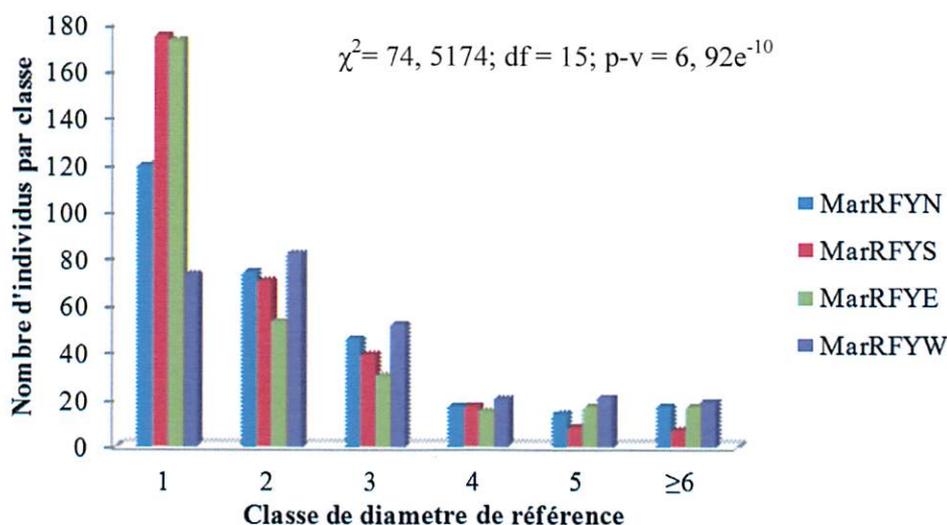


Figure 6.3 Distribution diamétrique des tiges dans les sites des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

Signification des classes de diamètre : 1 = 10 - 20 cm ; ≥ 6 = 60 cm et plus.

Légende : MarRFYE = Marantaceae Est de la réserve forestière de Yoko, MarRFYN = Marantaceae Nord de la réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de la réserve forestière de Yoko.

2°. Mesure de la biodiversité dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko

1). Diversité floristique.

La mesure de la diversité floristique dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko (Tableau 6.4) est effectuée à l'aide de trois indices (indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D)).

Tableau 6.4 Indices de diversité calculés dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

Légende : MarRFYE = Marantaceae Est réserve forestière de Yoko, MarRFYN = Marantaceae Nord de la réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de la réserve forestière de Yoko.

	MarRFYN	MarRFYS	MarRFYE	MarRFYW
Densité	287	314	305	269
Richesse spécifique	76	63	78	69
Indice de la richesse en espèce (IRE)	4,49	4,55	4,47	4,21
Shannon Wiener (H)	0,974	0,944	0,971	0,969
Simpson (1-D)	3,48	3,24	3,91	3,79

Les trois indices de diversité IRE, H et 1-D présentent de petites variabilités dans les différents sites. Dans l'ensemble, ces valeurs sont importantes et se rapprochent dans les quatre sites. Mais, les sites Nord et Est des Marantaceae de la réserve forestière semblent se démarquer plus dans le groupe.

6.3.2. Forêts à Marantaceae de Biaro

6.3.2.1. Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par placette des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm

Au total, 1 466 individus ont été recensés et identifiés dans les quatre hectares. Ces individus sont répartis en 124 espèces appartenant 34 familles. Pour un niveau de confiance égale à 95 %, la densité moyenne est de $366,5 \pm 36,52$ individus par hectare. La surface terrière varie de $25,51 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à $27,25 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, soit en moyenne $26,61 \pm 0,75 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Elle varie par contre de $3,14 \text{ m}^2$ à $6,89 \text{ m}^2$ dans les placettes, soit une moyenne égale à $5,81 \pm 1,64 \text{ m}^2$. La densité, le nombre d'espèces, le nombre de familles et la surface terrière par placette sont repris dans le tableau 6.5 ci-contre.

Tableau 6.5 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.

Légende: Bia1= Marantaceae Biaro parcelle 1, Bia2 = Marantaceae Biaro parcelle 2, Bia 3 = Marantaceae Biaro parcelle 3, Bia4 = Marantaceae Biaro parcelle 4, Bia5 = Marantaceae parcelle 5.

Parcelle	Placette	Densité	Nombre Espèces	Nombre Familles	ST (m ²)
MarBia1	P1	127	51	27	8,84
	P2	111	37	23	6,71
	P3	97	41	28	6,12
	P4	59	30	19	3,84
MarBia2	P1	87	33	21	6,21
	P2	49	35	24	3,21
	P3	95	42	24	7,19
	P4	104	44	25	10,34
MarBia3	P1	114	50	25	8,74
	P2	127	52	25	8,03
	P3	87	42	25	5,15
	P4	74	34	23	6,32
MarBia4	P1	71	39	26	6,16
	P2	84	36	24	5,23
	P3	98	35	25	7,05
	P4	62	32	22	7,35
Moyenne		89,27±21,46	39,56±1,78	24,13±2,22	6,65±1,78

L'analyse de variance des densités des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm atteste une différence non significative entre les différents groupements ($F = 2,7976$; $p-v > 0,05$). En outre, une différence non significative est observée entre les surfaces terrières ($F = 0,5527$; $p-v > 0,05$) dans les forêts à Marantaceae de Biaro (Figure 6.4). Le test post-hoc de Tukey entre les moyennes des surfaces terrières des placettes atteste également une différence non significative ($p-v > 0,05$).

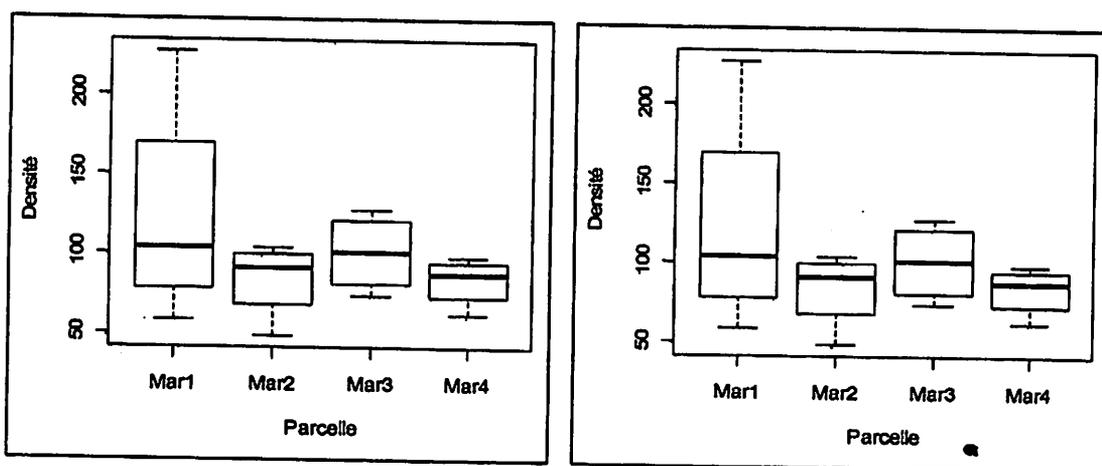


Figure 6.4 Dispersion des valeurs de densité des ligneux à $D_1, 30m \geq 10$ cm à gauche et de surface terrière à droite dans les Marantaceae de Biaro.

Légende: Bia1= Marantaceae de Biaro parcelle 1, Bia2 = Marantaceae Biaro parcelle 2, Bia3 = Marantaceae Biaro parcelle 3, Bia4 = Marantaceae Biaro parcelle 4.

6.3.2.2. Indice d'importance des espèces et des familles les plus représentatives

L'indice d'importance (IVI) de 19 espèces ligneuses à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm les plus prépondérantes dans les forêts à Marantaceae de Biaro est présenté dans le tableau 6.6 et à l'annexe 8.

Tableau 6.6 Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.

Espèce	ST (m2ha-1)	Dor (%)	Dr (%)	Fr (%)	IVI
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	2,84	10,65	7,71	100	118,35
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	1,35	5,07	4,23	100	109,3
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H.Wright) Marquand ex Chipp	0,56	2,09	5,87	100	107,96
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	1,47	5,53	5,39	93,75	104,67
<i>Trilepisium madagascariensis</i> DC	0,93	3,49	3,34	87,5	94,33
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	0,09	0,35	2,05	87,5	89,99
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Bail.) Pierre ex Heckel	3,09	11,48	2,25	75	88,89
<i>Trichilia rubescens</i> Olivier	0,15	0,58	2,52	81,25	84,36
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	0,25	0,96	1,84	81,25	84,05
<i>Hesteria pruvifolia</i> Sm	0,24	0,88	1,84	81,25	83,84
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	0,13	0,49	1,71	81,25	83,44
<i>Anonidium manni</i> (Oliv.)Engel.&Diels	0,55	2,07	2,52	75	79,6
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	0,43	1,63	2,73	75	79,35
<i>Staudtia kamerunensis</i> V	0,29	1,08	3,07	75	78,55
<i>Barteria nigritana</i> Hooker	0,18	0,69	2,86	68,75	78,55
<i>Funtumia elasticaca</i> (Peuss.) Stapf	1,02	3,84	2,8	68,75	78,55
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook. F.	0,38	1,44	2,8	68,75	78,38
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	0,35	1,31	1,64	68,75	71,7
<i>Oncoba cepiniana</i> De wild. & Th. Dur.	0,12	0,45	1,36	68,75	70,56

L'espèce *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben est la plus importante (IVI = 118,35). Sa surface terrière égale à 2,84 m²/ha⁻¹. Une dominance relative égale à 10,65 % et une fréquence relative égale 100 %. Les vingt espèces présentent une fréquence relative qui varie de > 70 % à 100 %. Ceci revient à dire que chaque espèce a été observée au moins dans 10 relevés.

Les familles les plus prépondérantes dans les forêts à Marantaceae de Biaro sont consignées dans le tableau 6.7 ci-dessous.

Tableau 6.7 Familles les plus importantes dans les forêts à Marantaceae de Biaro.

Famille	Nombre espèces	ST (m ² ha ⁻¹)	Dor (%)	Dr (%)	Fr (%)	IVI
Lecythidaceae	2	11,4	10,71	7,84	100	118,55
Fabaceae	23	8,01	7,52	6,34	100	113,87
Meliaceae	11	4,84	4,54	7,5	100	112,05
Myristicaceae	4	7,96	7,48	9,68	93,75	112,05
Malvaceae	9	3,69	3,47	5,53	100	108,99
Violaceae	1	2,23	2,09	5,53	100	107,96
Sapotaceae	7	4,01	3,77	2,73	100	107,96
Moraceae	5	6,9	6,48	5,59	93,75	105,83
Rubiaceae	6	2,1	1,97	3,27	100	105,25
Anacardiaceae	2	5,82	5,47	4,64	93,75	103,86
Phyllantaceae	6	7,46	7,01	3,75	87,5	98,26

La famille des Lecythidaceae est la plus importante (IVI = 39,51), bien qu'elle ne comporte que 2 espèces. Les 11 familles ont un indice d'importance qui varie de 87,5 % à 100 %.

6.3.2.3. Dynamique structurale des populations

1°. Structure horizontale

La structure diamétrique dans les forêts à Marantaceae de Biaro est représentée suivant les classes de 10 cm, soit la classes 1 (10-19,9), la classe 2 (19,9-29,9), la classe 3 (29,9-39,9),..., n - n+10 avec n la borne inférieure à n+10 la borne supérieure de la n^{ième} classe et 10 l'étendue de variation. Le diamètre de l'arbre le plus gros est de 95,54 cm dans le site Bia1, 80 cm dans le site Bia2, 114,46 cm dans le site Bia3 et 95,54 cm dans le site Bia4. Les quatre zones présentent toutes une distribution diamétrique typique de forêts naturelles avec une structure en J inversé (Figure 6.5) qui est une courbe exponentielle décroissante. Les classes

1, 2 et 3 comportent en moyenne \pm 81,10 % des effectifs totaux des ligneux (DHP \geq 10 cm) dans les quatre sites.

La comparaison des structures diamétriques dans les différents sites par le test d'indépendance de χ^2 démontre qu'il existe un effet "site" sur la distribution de diamètre ($\chi^2 = 39,95$; df = 15; p-v = 0,0034590).

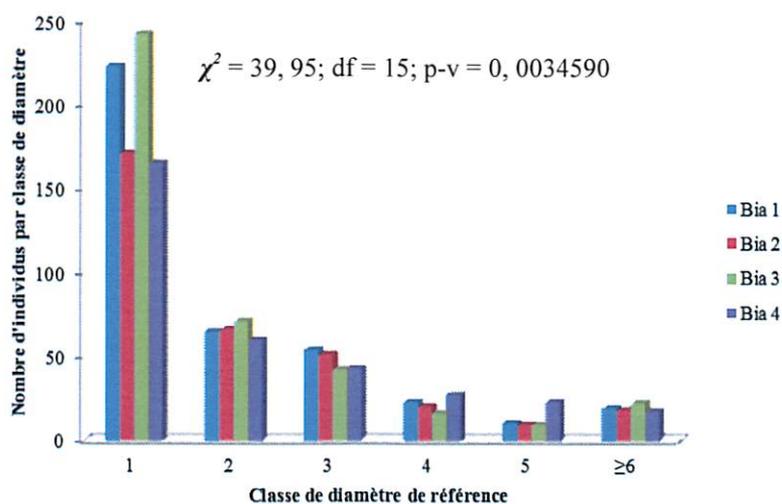


Figure 6.5 Distribution diamétrique des tiges dans les Marantaceae Biaro.
Signification des classes de diamètre : 1 = 10 - 20 cm dhp ; \geq 6 = 60 cm et plus.

Légende : Bia1 = Marantaceae Biaro parcelle 1, Bia2 = Marantaceae Biaro parcelle 2, Bia3 = Marantaceae Biaro parcelle 3, Bia4 = Marantaceae Biaro parcelle 4.

2° Mesure de la biodiversité dans les forêts à Marantaceae de Biaro

1). Diversité floristique

La mesure de la diversité floristique dans les forêts à Marantaceae de Biaro (Tableau 6.8) est effectuée à l'aide de trois indices (indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D)).

Tableau 6.8 Indices de diversité calculés dans les forêts à Marantaceae de Biaro.

Légende: Bia1= Marantaceae Biaro parcelle 1, Bia2 = Marantaceae Biaro parcelle 2, Bia3 = Marantaceae Biaro parcelle 3, Bia4 = Marantaceae Biaro parcelle 4.

	MarBia1	MarBia2	MarBia3	MarBia4
Densité	349	335	402	335
Richesse spécifique	78	78	88	65
Indice de la richesse en espèce (IRE)	3,93	4,26	4,39	3,55
Shannon Wiener (H)	0,971	0,97	0,971	0,965
Simpson (1-D)	3,85	3,39	3,96	3,68

Les trois indices de diversité IRE, H et 1-D présentent de petites variabilités dans les différents sites. En général, ces valeurs sont importantes et se rapprochent dans les quatre sites. Mais, les sites Bia1 et le site Bia2 semblent se démarquer plus dans le groupe.

6.3.3. Forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko

6.3.3.1. Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par placette des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm

Au total, 1 731 individus ont été recensés et identifiés dans les quatre hectares. Ces individus sont répartis en 140 espèces appartenant à 37 familles. Pour un niveau de confiance égale à 95 %, la densité est en moyenne égale à $442,75 \pm 62,74$ individus par hectare. La surface terrière varie de $27,13 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à $31,47\text{m}^2\text{ha}^{-1}$, soit une moyenne égale à $30,02 \pm 1,98 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Elle varie de $4,73 \text{ m}^2$ à $10,21 \text{ m}^2$ dans les placettes, soit une moyenne égale à $7,47 \pm 1,52 \text{ m}^2$. La densité, le nombre d'espèces, le nombre de familles et la surface terrière par placette sont repris dans le tableau 6.9.

Tableau 6.9 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.

Légende : F.MixteE = forêt mixte Est réserve forestière de Yoko F. MixteN = forêt mixte Nord réserve forestière de Yoko, F.MixteS = forêt mixte Sud réserve forestière de Yoko, F.MixteW = forêt mixte Ouest réserve forestière de Yoko.

Site	Placette	Densité	Nombre Espèces	Nombre Familles	ST (m ² ha ⁻¹)
F. MixteE	P1	136	46	24	8,06
	P2	103	42	25	4,73
	P3	102	39	39	6,08
	P4	109	43	43	8,25
F. MixteN	P1	93	37	19	6,94
	P2	101	40	23	8,69
	P3	73	33	17	5,9
	P4	86	38	23	5,58
F. MixteS	P1	118	42	23	10,21
	P2	127	47	26	7,84
	P3	134	45	29	6,27
	P4	125	46	27	7,15
F. MixteW	P1	104	47	23	7,34
	P2	104	40	22	8,23
	P3	70	31	20	6,02
	P4	146	55	25	8,78
Moyenne		106,33±21,14	41,67±5,7	22±3,6	7,20±1,14

L'Anova à un facteur de densité des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm atteste une différence non significative ($F = 2,7976$; $p-v = 0,0855$). Une différence non significative est aussi observée entre les surfaces terrières ($F = 0,5227$; $p-v = 0,656$) dans les différents sites des forêts mixtes (Figure 6.6).

Le test post-hoc des densités et des surfaces terrières entre placettes des forêts mixtes atteste une différence non significative ($p > 0,05$).

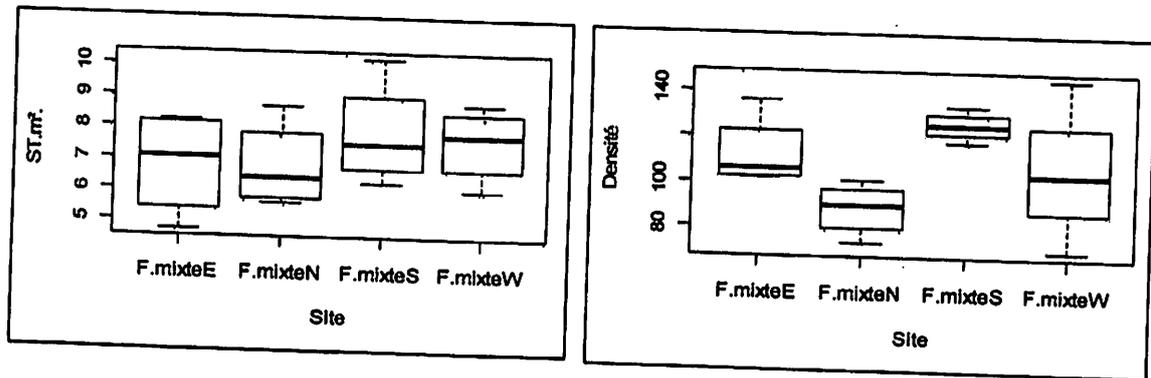


Figure 6.6 Dispersion des valeurs de surface terrière à gauche et de densité de ligneux à $D_{1, 30 m} \geq 10$ cm à droite dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko.

Légende : F.MixteE = forêt mixte Est réserve forestière de Yoko F. Mixte = forêt mixte Nord réserve forestière de Yoko, F.MixteS = forêt mixte Sud réserve forestière de Yoko, F.MixteW = forêt mixte Ouest réserve forestière de Yoko.

6.3.3.2. Indice d'importance des espèces et des familles les plus prépondérantes

L'indice d'importance (IVI) des espèces ligneuses à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm les plus prépondérantes dans les forêts mixtes est présenté dans le tableau 6.10 et à l'annexe 9.

Tableau 6.10 L'indice d'importance des espèces les plus prépondérantes.

Espèce	ST (m ² ha ⁻¹)	Dor (%)	Dr(%)	Fr (%)	IVI
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb. Warb.	0,78	2,6	5,83	100	108,43
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	0,67	2,23	5,08	100	107,31
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	0,88	2,94	4,1	100	107,04
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	0,9	2,99	4,16	87,5	94,65
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engel. & Diels	0,41	1,38	3,52	87,5	92,4
<i>Ochthocosmus africanus</i> Hooker f.	0,59	1,97	2,72	87,5	92,19
<i>Panda oleosa</i> Pierre	0,49	1,63	2,37	87,5	91,5
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC	1,03	1,63	2,37	87,5	86,69
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	0,24	0,81	4,62	81,25	85,68
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	0,76	2,53	1,19	81,25	85,68
<i>Grewia trinervia</i> E. Mey	0,51	1,71	1,91	81,25	84,81
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Warb	2,15	7,18	2,95	68,75	78,87
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	1,69	5,64	3,99	68,75	78,38
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	0,47	1,56	1,79	75	78,38
<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch. Sprague & Hutch.	0,24	0,8	2,31	75	78,35
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	0,17	0,57	1,21	75	78,11
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	0,34	1,12	2,6	68,75	72,47
<i>Carapa procera</i> DC	0,17	0,57	2,25	68,75	71,47
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H.Wright) Marquand ex Chipp	0,11	0,35	1,5	68,75	70,6
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	0,44	1,46	2,2	62,5	66,16

L'espèce *Staudtia kamerunensis* Warb. est la plus importante (IVI = 36,14). Sa surface terrière égale à 0,78 m²ha⁻¹ ; sa dominance relative représente 2,60 % et sa fréquence relative 100 %. Les vingt espèces présentent une fréquence relative qui varie de < 66 % à 100 %. En effet, chaque espèce a été observée au moins dans 10 relevés.

Les familles les plus prépondérantes dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko sont représentées dans le tableau 6.11.

Tableau 6.11 Familles les plus importantes dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko.

Famille	Nombre espèces	ST (m ² ha ⁻¹)	Dor (%)	Dr(%)	Fr (%)	IVI
Fabaceae	33	10,5	17,39	34,98	100	152,36
Annonaceae	5	1,7	8,43	5,67	100	114,1
Meliaceae	13	1,56	8,67	5,25	100	113,91
Myristicaceae	3	1,6	8,15	5,32	100	113,47
Malvaceae	10	1,26	6,3	4,21	100	110,5
Euphorbiaceae	3	0,72	5,31	2,4	100	107,71
Rubiaceae	6	0,29	5,26	0,95	93,75	99,95
Cannabaceae	2	0,55	2,43	1,83	93,75	98
Sapindaceae	3	0,22	2,14	0,69	93,75	96,58
Lecythidaceae	1	0,9	4,16	2,99	87,5	94,65
Moraceae	5	1,21	2,72	4,02	87,5	94,23

Les Fabaceae sont les plus importantes (IVI = 50,79) avec 33 espèces. Elles sont immédiatement suivies par les Annonaceae (IVI = 38, 03) avec 5 espèces. Les 11 premières familles à indice d'importance plus élevé dans les forêts mixtes présentent une large distribution. Leur fréquence relative varie de 87,5 % à 100 %.

6.3.3.3. Dynamique structurale des populations.

1°. Structure horizontale

La structure diamétrique dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko est représentée suivant les classes de 10 cm, soit la classes 1 (10-19,9), la classe 2 (19,9-29,9), la classe 3 (29,9-39,9),..., n - n+10 avec n la borne inférieure à n+10 la borne supérieure de la n^{ième} classe et 10 l'étendue de variation. Le diamètre de l'arbre le plus gros est de 155 cm dans les forêts mixtes de l'Est de la réserve forestière de Yoko, 114,65 cm dans les forêts mixtes du Nord de la réserve forestière de Yoko, 95 cm dans les forêts mixtes du Sud de la réserve forestière de Yoko et 156 cm dans les forêts de l'Ouest de la réserve forestière de Yoko.

Dans les quatre zones (Forêts mixtes du Nord, du Sud, de l'Est et de l'Ouest) de la réserve forestière de Yoko, la distribution diamétrique prend l'allure typique des forêts naturelles (figure 6.7). Elle présente une structure en J inversé qui est une courbe exponentielle décroissante. Les classes 1,2 et 3 comportent en moyenne $\pm 87,08$ % des effectifs totaux des individus (DHP ≥ 10 cm) dans les quatre zones.

Le test d'indépendance χ^2 appliqué pour comparer les structures dans les différents sites indique qu'il existe un effet "site" net hautement significatif sur la distribution de diamètre ($\chi^2 = 86,5297$, df = 18; p-v = $6,026e^{-11}$).

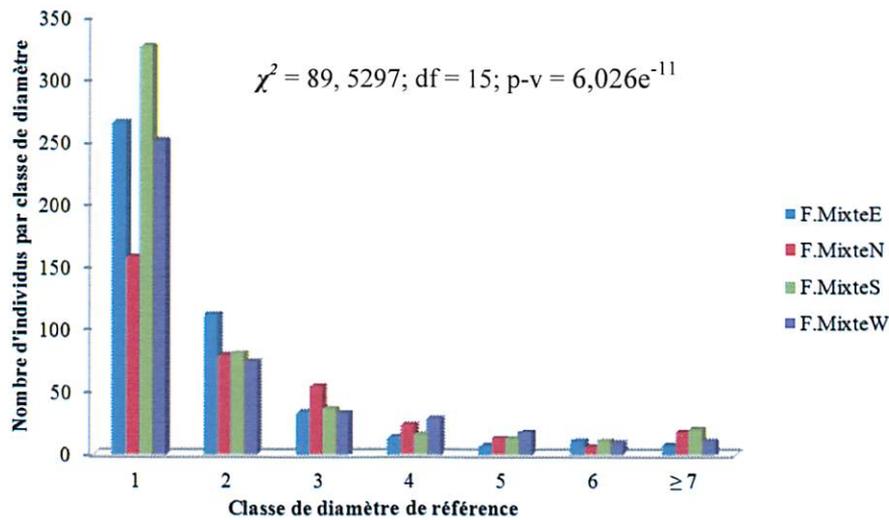


Figure 6.7 Distribution diamétrique des tiges dans les forêts mixtes.
Signification des classes de diamètre : 1 = 10-20 cm dhp ; ≥ 5 = 50 cm et plus.

Légende : F.MixteE = forêt mixte Est réserve forestière de Yoko, F.MixteN = forêt mixte Nord réserve forestière de Yoko, F.MixteS = forêt mixte Sud réserve forestière de Yoko, F.MixteW = forêt mixte Ouest réserve forestière de Yoko.

6.3.3.4. Mesure de la biodiversité dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko

1). Diversité floristique

La mesure de la diversité floristique dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko (Tableau 6.12) est effectuée à l'aide de trois indices (indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D)).

Tableau 6.12 Indices de diversité calculés dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko.

Légende : F.MixteE = forêt mixte Est réserve forestière de Yoko, F. MixteN = forêt mixte Nord réserve forestière de Yoko, F.MixteS = forêt mixte Sud réserve forestière de Yoko, F.MixteW = forêt mixte Ouest réserve forestière de Yoko

	F. MixteN	F. MixteS	F. Mixte E	F. MixteW
Densité	353	504	450	425
Richesse spécifique	75	80	80	87
Indice de la richesse en espèce (IRE)	3,39	3,56	3,77	4,23
Shannon Wiener (H)	0,968	0,966	0,95	0,968
Simpson (1-D)	3,99	3,77	3,62	3,88

Les trois indices de diversité (IRE, H et 1-D) présentent de petites variabilités dans les différents sites. Leurs valeurs sont importantes et se rapprochent dans les quatre sites, mais les forêts mixtes de l'Ouest de la réserve forestière de Yoko semblent se démarquer plus dans le groupe.

6.3.4. Forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko

6.3.4.1. Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par placette des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm

Au total, 1 212 individus ont été recensés et identifiés dans les quatre hectares. Ces individus sont répartis en 95 espèces et appartiennent à 34 familles. Pour un niveau de confiance égale à 95 %, la densité moyenne est de $319,67 \pm 48,44$ individus par hectare. La surface terrière varie de $30,85 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à $38,82 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ soit une moyenne égale à $35,1 \pm 4,02 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Elle varie de $6,95 \text{ m}^2$ à $14,38 \text{ m}^2$ dans les placettes, soit une moyenne égale à $8,66 \pm 1,90 \text{ m}^2$. La densité, le nombre d'espèces, le nombre de familles et la surface terrière par placette sont repris dans le tableau 6.13.

Tableau 6.13 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière par relevé.

Légende : FGD1 = Forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4.

Site	Placette	Densité	Nombre espèces	Nombre Famille	ST (m^2ha^{-1})
FGD1	P1	81	27	16	7,07
	P2	91	33	15	8,81
	P3	84	33	15	8,97
	P4	90	34	17	6,99
FGD2	P1	71	28	16	8,92
	P2	71	26	14	8,48
	P3	61	23	14	7,05
	P4	71	25	13	14,52
FGD3	P1	88	34	18	10,52
	P2	60	23	12	9,52
	P3	65	23	12	7,91
	P4	68	24	12	7,76
FGD4	P1	78	27	16	6,95
	P2	96	36	16	8,77
	P3	70	25	12	7,58
	P4	62	26	14	7,5

L'analyse de la variance de densité des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm atteste une différence non significative entre les densités ($F = 2,5791$; $p-v = 0,1022$). De même, une différence non significative est observée entre les surfaces terrières ($F = 0,982$; $p-v = 0,4337$) dans les différents sites (figure 6.8). Le test post-hoc de Tukey de densité et de surface terrière atteste également une différence non significative ($p > 0,05$) pour chacune de deux variables.

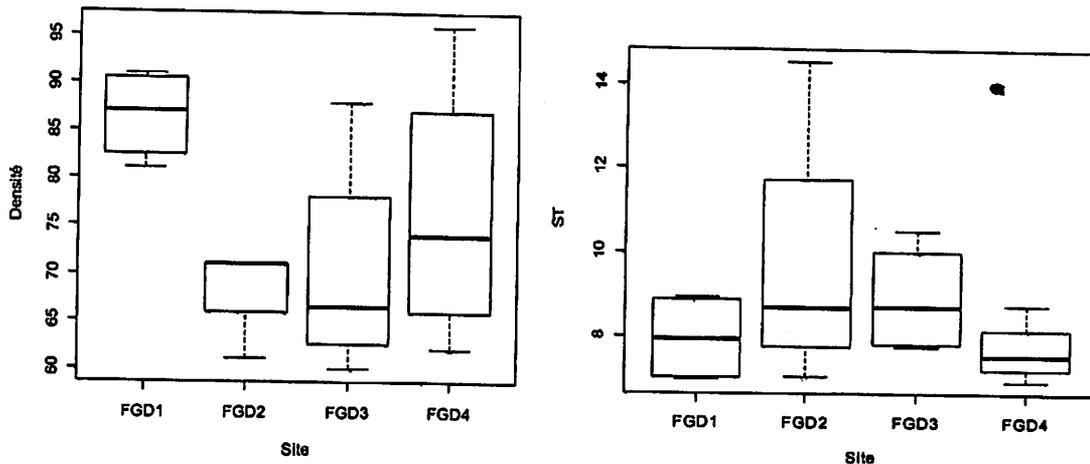


Figure 6.8 Dispersion des valeurs de densité à gauche et de surface terrière à droite des ligneux à $D_{1,30m} \geq 10$ cm dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : FGD1 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4.

6.3.4.2. Indice d'importance des espèces et des familles les plus représentatives dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J.Léonard

L'indice d'importance (IVI) des vingt espèces ligneuses à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm les plus prépondérantes dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild.) J. Léonard est présenté dans le tableau 6.14 et à l'annexe 10.

Tableau 6.14 Indice d'importance des espèces les plus prépondérantes dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Espèce	ST (m ² ha ⁻¹)	Dr (%)	Dor (%)	Fr (%)	IVI
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	21,63	31,11	63,22	100	194,32
<i>Cola griseiflora</i> De Wild	0,52	7,76	1,53	100	109,28
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms Harms	2,18	7,01	6,37	93,75	107,13
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb. Warb.	0,42	2,39	1,23	93,75	97,37
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	0,46	4,14	1,35	87,5	91,99
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	0,62	2,48	1,8	87,5	91,77
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	0,31	2,39	0,89	87,5	90,79
<i>Anonidium manni</i> (Oliv.) Engl. & Diels	0,26	2,31	0,75	87,5	90,79
<i>Dialium corbisieri</i> Staner	0,56	1,16	1,63	87,5	90,56
<i>Ochthocosmus africanus</i> Hooker f.	0,5	1,9	0,47	75	78,37
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	0,19	1,49	0,54	75	77,03
<i>Tessmannia anomala</i> (Micheli) Harms	0,86	1,65	2,51	68,75	72,91
<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breteler	0,45	1,57	1,32	62,5	65,97
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	0,33	1,4	0,97	62,5	64,96
<i>Carapa procera</i> DC	0,16	1,16	0,47	62,5	64,53
<i>Diogoa zenkeri</i> (Engler) Exell & Men	0,2	1,32	0,58	62,5	64,48
<i>Panda oleosa</i> Pierre	0,35	1,16	1,02	56,25	58,43
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	0,13	1,32	0,39	56,25	57,96
<i>Monodora angolensis</i> Welw	0,08	1,16	0,23	56,25	57,64
<i>Heisteria palvifolia</i> SM	0,11	0,83	0,32	56,25	57,4

L'espèce *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard est la plus importante (IVI = 36, 14). Sa surface terrière égale à 21,63 m²ha⁻¹, sa dominance relative égale à 63, 22 %, son abondance relative est égale à 31, 11 % et sa fréquence relative totale égale à 100 %. Les vingt espèces présentent une fréquence relative qui varie de < 57 % à 100 % c'est -à- dire que chaque espèce a été observée au moins dans 9 relevés. Les familles les plus prépondérantes dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko sont représentées dans le tableau 6.15.

Tableau 6.15 Familles les plus importantes dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko.

Famille	Nombre espèces	ST (m ² ha ⁻¹)	Dr(%)	Dor(%)	Fr(%)	IVI
Fabaceae	23	2,38	50,33	88,05	93,7	224,13
Malvaceae	3	0,53	7,92	1,56	100	109,49
Myristicaceae	4	0,56	4,37	1,64	100	106,48
Meliaceae	7	0,37	3,3	1,07	100	104,37
Annonaceae	7	0,8	7,92	2,35	93,75	104,02
Puntranjivaceae	3	0,6	3,71	1,76	93,75	99,23
Ebenaceae	4	0,41	4,04	1,19	39,75	99,23
Phyllantaceae	1	0,61	2,39	1,79	87,5	91,68
Linaceae	1	0,5	1,9	1,47	75	78,37
Sapotaceae	4	0,48	1,9	1,4	68,75	72,05
Strombosiaceae	4	0,3	2,25	0,87	68,75	71,77

La famille des Fabaceae est la plus importante (IVI = 74,71) avec 23 espèces. Les 11 premières familles à indice d'importance le plus élevé dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* De Wild.) J. Léonard présentent une large distribution. Leur fréquence relative varie de 68,75 % à 100 %.

6.3.4.3. Dynamique structurale des populations

1°. Structure horizontale

La structure diamétrique dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko est représentée suivant les classes de 10 cm, soit la classes 1 (10-19,9), la classe 2 (19,9-29,9), la classe 3 (29,9-39,9),..., n - n+10 avec n la borne inférieure à n+10 la borne supérieure de la n^{ième} classe et 10 l'étendue de variation. Les diamètres des arbres le plus gros dans les quatre sites de forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard selon leur ordre décroissant est de 291 cm dans le premier site (FGD1) ,134 cm dans le troisième site (FGD3), 121,01 cm dans le deuxième (FGD2) et site et 116,24 cm dans le quatrième site (FGD4). Les quatre zones présentent toutes une distribution diamétrique typique de forêts naturelles avec une structure en J inversé (figure 6.9) qui est une courbe exponentielle décroissante. Les classes 1, 2 et 3 comportent en moyenne 75,08 % des effectifs totaux des individus (DHP ≥ 10 cm).

Le test d'indépendance χ^2 pour comparer les structures dans les différents sites indique qu'il existe un effet "site" hautement significatif sur la structure ($\chi^2=48,0995$; ddl = 15; p-v > 2,451e⁻⁰⁵).

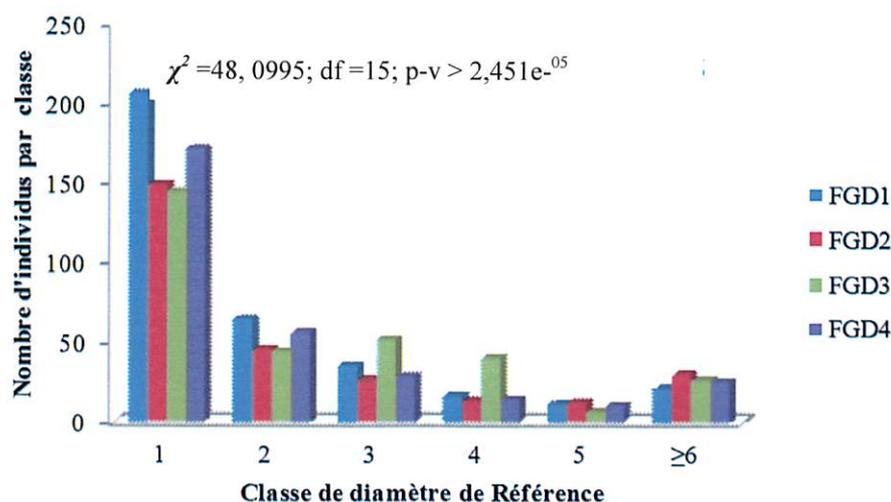


Figure 6.9 Distribution diamétrique des individus par classe de diamètre dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Signification des classes de diamètre : 1 = 10-20 cm dhp; ... ; ≥6 = 60 cm et plus.

Légende : FGD1 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4

6.3.4.4. Mesure de la biodiversité dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko

1). Diversité floristique

La mesure de la diversité floristique dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Tableau 6.16) est effectuée à l'aide de trois indices, indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D).

Tableau 6.16 Indices de diversité calculés dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : FGD1 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4.

	FGD1	FGD2	FGD3	FGD4
Densité	353	274	281	304
Espèce	65	46	46	56
Indice de la richesse en espèce (IRE)	3,46	2,77	2,77	3,21
Shannon-Wiener (H)	0,9	0,89	0,89	0,88
Simpson (1-D)	3,24	2,94	2,94	3,01

Les trois indices de diversité (IRE, H et 1-D) présentent de petites variabilités dans les différents sites. Toutefois, ces valeurs sont moyennement importantes et se rapprochent dans

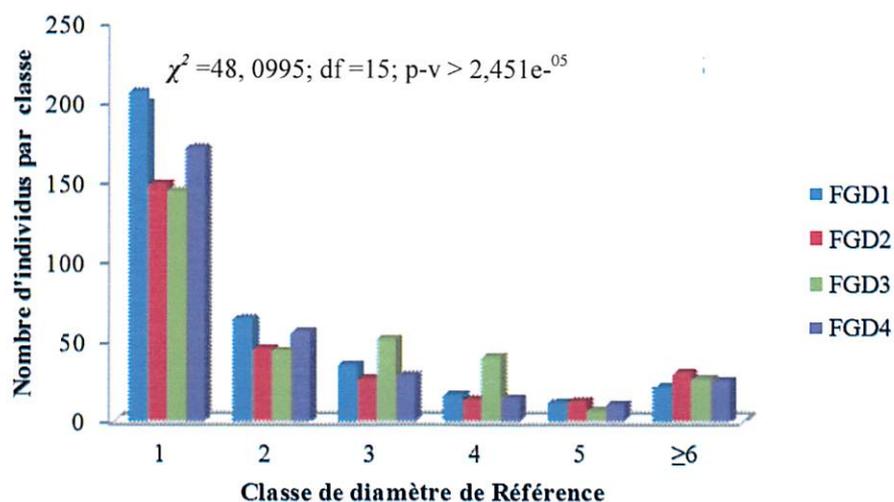


Figure 6.9 Distribution diamétrique des individus par classe de diamètre dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Signification des classes de diamètre : 1 = 10-20 cm dhp; ... ; ≥6 = 60 cm et plus.

Légende : FGD1 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4

6.3.4.4. Mesure de la biodiversité dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko

1). Diversité floristique

La mesure de la diversité floristique dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Tableau 6.16) est effectuée à l'aide de trois indices, indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D).

Tableau 6.16 Indices de diversité calculés dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : FGD1 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 1, FGD2 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 2, FGD3 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 3, FGD4 = Forêt à *G. dewevrei* parcelle 4.

	FGD1	FGD2	FGD3	FGD4
Densité	353	274	281	304
Espèce	65	46	46	56
Indice de la richesse en espèce (IRE)	3,46	2,77	2,77	3,21
Shannon-Wiener (H)	0,9	0,89	0,89	0,88
Simpson (1-D)	3,24	2,94	2,94	3,01

Les trois indices de diversité (IRE, H et 1-D) présentent de petites variabilités dans les différents sites. Toutefois, ces valeurs sont moyennement importantes et se rapprochent dans

les quatre sites. Cependant, les sites FGD1 et FGD4 semblent se démarquer plus dans le groupe.

6.3.5. Variation floristique dans les forêts à Marantaceae, mixtes et à *Gilbertiodendron dewevrei*. (De Wild.) J. Léonard

6.3.5.1. Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière des ligneux à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm

La densité, le nombre d'espèces, le nombre de familles et la surface terrière (m^2/ha^{-1}) des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, forêts des Marantaceae de Biaro, forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko et des forêts à *G. dewevrei* (DeWild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko sont repris dans le tableau 6.17.

Tableau 6.17 Densité, nombre d'espèces, nombre de familles et surface terrière (m^2ha^{-1}) des différentes forêts en étude.

Légende : MRN = Marantaceae Nord réserve forestière Yoko, MRS = Marantaceae Sud réserve forestière Yoko, MRE = Marantaceae Est réserve forestière Yoko, MRW = Marantaceae Ouest réserve forestière Yoko. MB1 = Marantaceae Biaro site 1, MB2 = Marantaceae Biaro site 2, MB3 = Marantaceae Biaro site 3, MB4 = Marantaceae Biaro site 4, FMN = forêt mixte Nord réserve forestière Yoko, FMS = forêt mixte Sud réserve forestière Yoko, FME = forêt mixte Est réserve forestière Yoko, FMW = forêt mixte Ouest réserve forestière Yoko, GD1 = forêt à *G. dewevrei* site 1, GD2 = forêt à *G. dewevrei* site 2, FGD3 = forêt à *G. dewevrei* site 3, GD4 = forêt à *G. dewevrei* site 4.

Groupement	Densité	Espèces	Familles	ST(m^2/ha)
MRN	287	76	30	23,87
MRS	314	64	27	19,17
MRE	305	78	30	24,7
MRW	269	69	27	25,74
MB1	394	72	32	25,51
MB2	335	78	30	26,87
MB3	402	88	29	27,25
MB4	335	65	31	26,8
FMN	353	75	31	31,11
FMS	505	80	32	31,47
FME	450	80	31	27,08
FMW	423	87	30	30,38
GD1	353	65	28	31,32
GD2	274	46	18	38,82
GD3	281	46	21	35,92
GD4	304	56	24	30,6

Pour un niveau de confiance égal à 95 %, les moyennes de la densité, du nombre d'espèces, du nombre de familles et de la surface terrière (Figure 6.10) sont respectivement :

- (i) Forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko : $293,75 \pm 19,96$ individus ha^{-1} ; $71,75 \pm 6,45$ espèces ha^{-1} ; $28,5 \pm 1,73$ familles ha^{-1} et $23,37 \pm 2,90$ m^2ha^{-1} .
- (ii) Forêts à Marantaceae Biaro : $366,5 \pm 36,26$ individus ha^{-1} ; $75,75 \pm 9,74$ espèces et $30,5 \pm 1,29$ familles ha^{-1} ; $26,61 \pm 0,75$ m^2ha^{-1} .
- (iii) Forêts mixtes : $432,75 \pm 63,26$ individus ha^{-1} ; $80,5 \pm 4,93$ espèces ha^{-1} ; $31 \pm 0,82$ familles ha^{-1} et $30,01 \pm 2,01$ m^2ha^{-1} .
- (iv) Forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard : $303 \pm 35,7$ individus ha^{-1} ; $53,25 \pm 9,14$ espèces ha^{-1} ; $22,75 \pm 4,27$ familles ha^{-1} et $34,17 \pm 3,90$ m^2ha^{-1} .

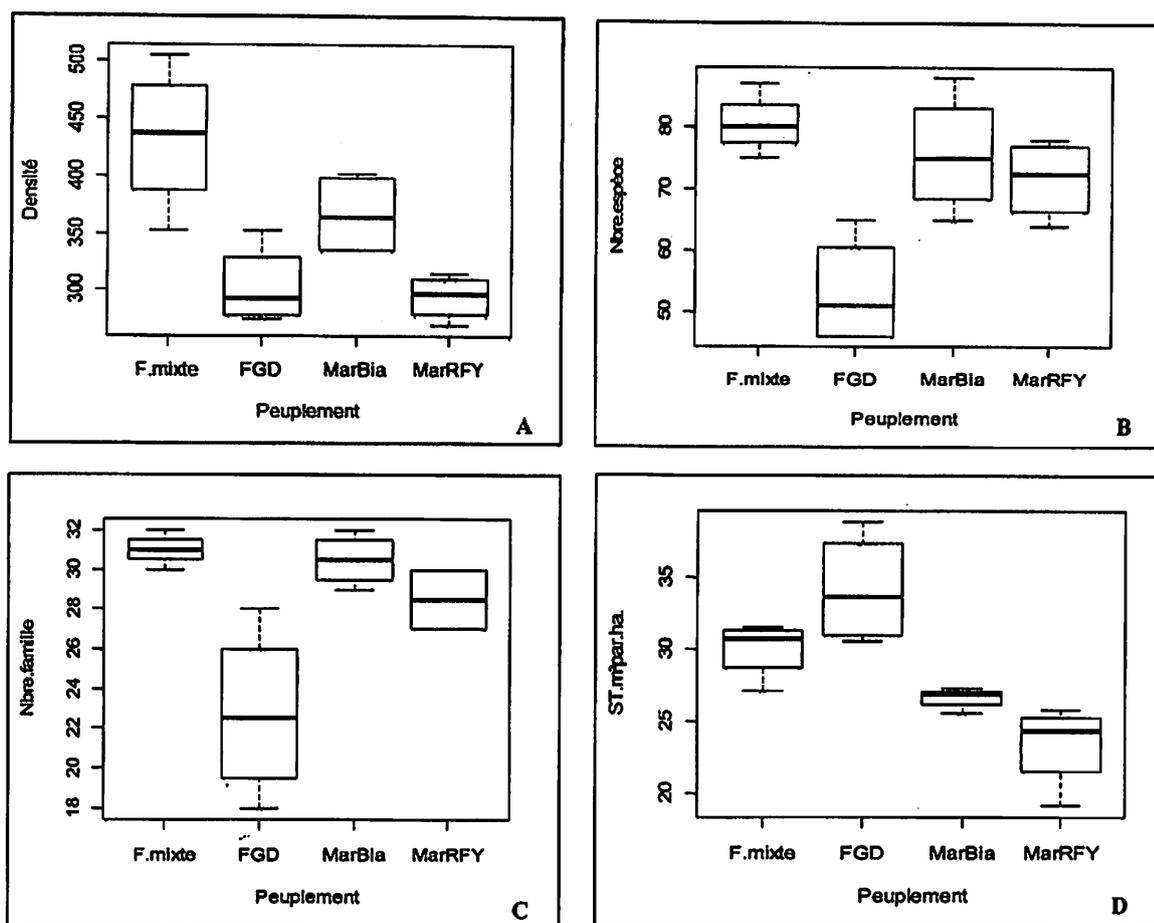


Figure 6.10 Dispersion des valeurs de densité (A), du nombre d'espèces (B), de nombre de familles (C) et de surface terrière (D) des ligneux à $D_{1,30\text{m}} \geq 10$ cm dans les différents groupements forestiers.

Légende : F.mixte = Forêt mixte, FGD = Forêts à *Gilbertiodendron dewevrei*, MarBia = Marantaceae Biaro, MarRFY = Marantaceae réserve forestière de Yoko.

Les résultats d'analyse de variance et du test post-hoc de Tukey sont repris dans le tableau 6.18.

Tableau 6.18 Résultats des tests d'Anova et de post-hoc de Tukey entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et forêts à *Gibetiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : MarRFY = Marantaceae réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro, F.Mixte = forêt mixte, FGD = forêt à *G. dewevrei*.

Variable	F	p-v	interprétation du test
1. Densité			
<u>1.1. Anova</u>	10,52	0,001700 **	Différence très significative
<u>1.2. Tukey</u>			
A. MarRFY-F.Mixte			
FGD-F.Mixte		< 0,05***	Différence hautement significative
B. MarBia-F.mixte			
MarBia-FGD			
MarRFY-FGD		> 0,05	Pas de différence significative
MarRFY-MarBia			
2. Nombre d'espèces			
<u>2.1. Anova</u>	9,31	0,001863**	Différence très significative
<u>2.2. Tukey</u>			
A. MarRFY-FGD			
MarBia-FGD		< 0,05***	Différence hautement significative
FGD-F.Mixte			
B. MarRFY-MarBia			
MarBia-F.Mixte		> 0,05	Pas de différence significative
MarBia-FGD			
3. Nombre de famille			
<u>3.1. Anova</u>	10,71	0,001568**	Différence très significative
<u>3.2. Tukey</u>			
A. MarRFY-FGD			
MarBia-FGD		< 0,05***	Différence hautement significative
FGD-F.Mixte			
B. MarRFY-MarBia		> 0,05	Pas de différence significative
MarBia-F.Mixte			
4. Surface terrière			
<u>4.1. Anova</u>	12,152	0,0006003***	Différence hautement significative
<u>4.2. Tukey</u>			
A. MarRFY-FGD		< 0,05***	Différence hautement significative
MarBia-FGD			
B. MarRFY-F.Mixte		< 0,05**	Différence très significative
C. MarBia-FGD			
MarBia-F.Mixte		> 0,05	Pas de différence significative

6.3.5.2. Variabilité de la biodiversité des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et des forêts à *Gibetiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

La mesure de la diversité floristique dans les différents groupements forestiers (Tableau 6.19) est effectuée à l'aide de trois indices : indice de la richesse en espèce (IRE), l'indice de Shannon-Wiener (H) et le l'indice de Simpson (1-D).

Tableau 6.19 Indices de diversité calculés dans les forêts à Marantaceae, forêts mixtes et dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard).

Légende : MarRFY = Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae Biaro, F.Mixte = forêt mixte, FGD = forêt à *G. dewevrei*.

	MarRFY	MarBia	F. Mixte	FGD
Densité	1175	1466	1731	1212
Richesse spécifique	129	124	140	94
Indice de la richesse en espèce (IRE)	3,76	3,24	3,64	2,7
Shannon-Wiener (H)	0,89	0,97	0,98	0,88
Simpson (1-D)	4,29	4,09	4,17	3,24

Les trois indices de diversité (IRE, H et 1-D) présentent des variabilités dans les différents groupements forestiers. Ces valeurs sont plus importantes dans les forêts mixtes et dans les forêts à Marantaceae que dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

6.3.5.3. Courbe Aire-espèces

La biodiversité d'un peuplement peut également s'exprimer sur un graphique présentant l'évolution de la richesse spécifique mesurée sur les superficies cumulées. La représentation graphique de cette relation est appelée courbe "Aire-espèces".

La courbe Aire-espèces (Figure 6.11) est réalisée sur une superficie totale de 4 ha pour chaque groupement. Dans chaque type forestier, cette superficie est stratifiée en 16 placettes de 50 m x 50 m.

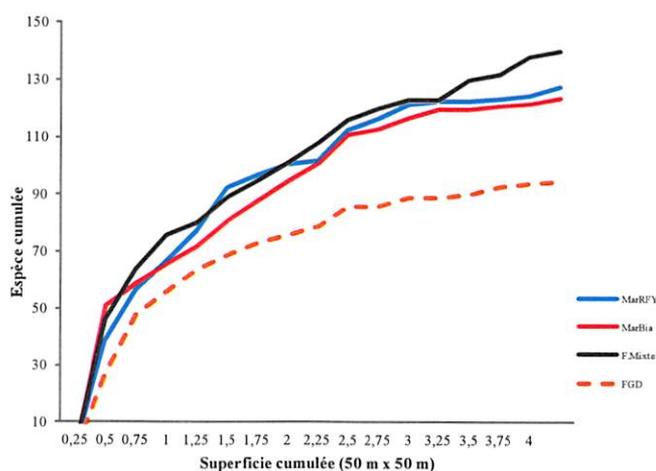


Figure 6.11 Courbe Aire-espèces des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : MarRFY = Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro, F. Mixte = forêt mixte, FGD = forêts à *G. dewevrei*.

Les courbes Aire-espèces dans les différents groupements forestiers sont régulières. Les courbes des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et des forêts à Marantaceae de Biaro sont intermédiaires entre celles des forêts mixtes (supérieure) et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild) J. Léonard (inférieure).

Les équations des régressions, les coefficients de variation, le degré de liberté (ddl) ainsi que le test t de significativité de corrélation de chaque courbe sont repris dans le tableau 6.20.

Tableau 6.20 Equations de régression des courbes Aire-espèces de différents groupements forestiers en étude et résultats du test t de significativité de corrélation.

Type forestier	Equation de régression	R	ddl	tcal
F. Marantaceae de la RF.Yoko	$44,954 \ln(x) + 6,0473$	0,9889	14	$31,0064 < t_{tab}$
F. Marantaceae de Biaro	$42,03 \ln(x) + 8,9859$	0,9782	14	$15,98 < t_{tab}$
F. Mixtes	$46,457 \ln(x) + 6,0472$	0,9913	14	$22,46 < t_{tab}$
F. <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	$32,527 \ln(x) + 7,3052$	0,9814	14	$41,67 < t_{tab}$

Dans l'ensemble, les valeurs t_{cal} sont inférieures aux valeurs de t_{tab} au seuil de 0,05 %. Ce qui signifie que le nombre d'espèces dans chaque groupement forestier est corrélé de manière significative à l'augmentation de l'espace.

6.3.6. Structure diamétrique comparée entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

Les structures diamétriques des différentes forêts sont représentées par classes de 10 cm (figure 6.12). Le diamètre de l'arbre le plus gros est de 150 cm dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, 132,80 cm dans les forêts à Marantaceae de Biaro, 156 cm dans les forêts mixtes et 291,40 cm dans les forêts à *G. dewevrei* (De wild.) J. Léonard. Les quatre groupes forestiers contiennent chacune plus de 70 % de tiges dans les trois premières classes de diamètre. La forme de leurs courbes respectives est typique à celles des futaies irrégulières, une structure en J inversée (figure 6.12). La statistique de Chi-carré appliquée pour comparer ces structures, indique qu'il existe un effet "groupement" net sur la distribution diamétrique ($\chi^2 = 124,9381$; $df = 24$; $p-v = 1,269e-15$).

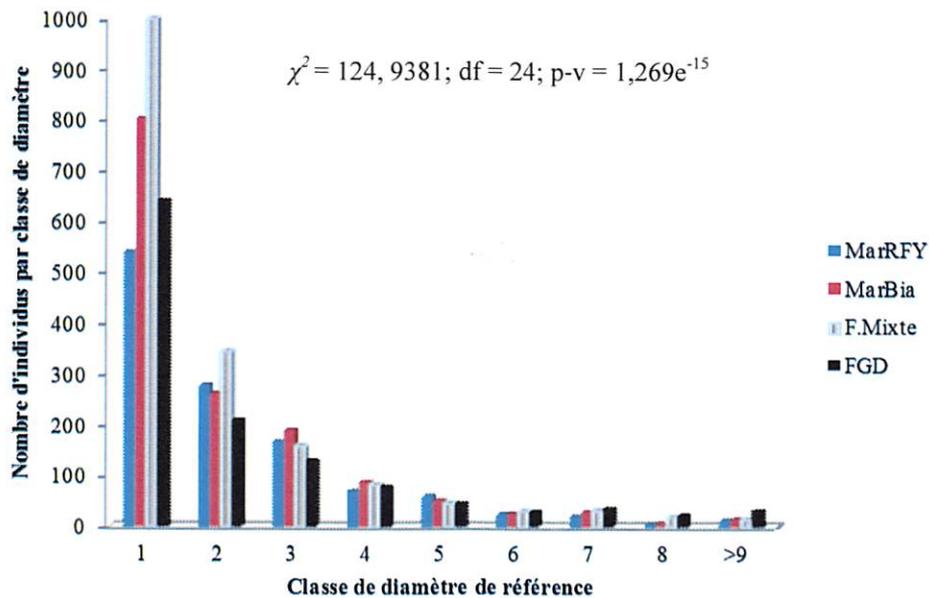


Figure 6.12 Distribution diamétrique des tiges à $D_{1,30} \geq 10$ cm comparée entre forêt des Marantaceae, forêts mixtes, et forêts à *G. dewevrei*.

Signification des classes de diamètre : 1 = 10-20 cm dhp; ... ; >9 = 90 cm et plus

Légende : MarRFY = Marantaceae réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae Biaro, F.Mixte = forêt mixte, FGD = forêt à *G. dewevrei*.

Pour déterminer les classes de diamètre qui contribuent le plus à cette différence entre les différents groupements, le calcul des contributions (%) de χ^2 de chaque classe de diamètre à la statistique χ^2 totale (Tableau 6.21) a été effectué.

Tableau 6.21 Contributions (%) des classes de diamètre au χ^2 et résidus de Spearman.

Légende : MarRFY = Marantaceae réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae Biaro, F.Mixte = forêts mixte, FGD = forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Classe de diamètre	Statistique	MarRFY	MarBia	F. Mixte	FGD
10-20	χ^2	12,704	0,497	6,341	0,074
	Résidus	-5,870	1,201	4,435	-0,450
20-30	χ^2	10,005	2,285	0,119	3,488
	Résidus	3,971	-1,963	0,464	-2,354
30-40	χ^2	7,115	2,537	8,359	0,856
	Résidus	3,192	1,972	-3,700	-1,112
40-50	χ^2	0,154	0,095	2,362	1,236
	Résidus	0,455	0,369	-1,905	1,294
50-60	χ^2	7,354	0,058	4,258	0,003
	Résidus	3,109	-0,286	-2,530	0,068
60-70	χ^2	0,180	0,455	0,228	0,800
	Résidus	0,424	-0,674	-0,478	0,895
70-80	χ^2	0,739	0,046	0,371	3,281
	Résidus	-0,860	-0,215	-0,609	1,811
80-90	χ^2	0,739	0,046	0,371	3,281
	Résidus	-2,087	-2,167	1,067	3,181
> 90	χ^2	0,369	0,903	2,568	12,661
	Résidus	-0,688	-1,114	-1,942	4,048

Suivant l'ordre d'importance décroissant, les classes (10-20, 20-30, 30-40, 50-60, > 90) contribuent le plus à la différence entre les structures diamétriques dans les quatre groupements. L'analyse des résidus de Spearman montre que dans les classes de (10-20), l'effectif des forêts mixtes est plus important et contribuent le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu. Dans les classes (20-30, 30-40 et 50-60), les effectifs de ces classes des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko sont respectivement plus importants et contribuent le plus à la différence significative des χ^2 totaux. Enfin, dans les classes > 90 (90 et plus), l'effectif des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard est plus important et contribue le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu.

6.3.7. Evaluation des spectres de tempérament dans les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

Les valeurs de l'indice de Pionner (PI) (Tableau 6.22) mettent en évidence trois groupes fonctionnels vis-à-vis de la lumière : les héliophiles pionniers (Pi), les héliophiles non-pionniers (nPi) et les tolérants à l'ombre (TO). Nous voudrions attirer l'attention sur le fait non moins négligeable que les essences dont le tempérament n'a pas été déterminé sont exclus dans l'évaluation de PI.

Tableau 6.22 Indice de Pionner (PI) par groupement forestier et par zone.

Légende : Ef Pi (1) = Effectif des pionniers non héliophiles, Ef nPi = effectif des héliophiles non pionniers, Ef TO = effectif des tolérants à l'ombre, MRN = Marantaceae Nord réserve forestière Yoko, MRS = Marantaceae Sud réserve forestière Yoko, MRE = Marantaceae Est réserve forestière Yoko, MRW = Marantaceae Ouest réserve forestière Yoko. MB1 = Marantaceae Biaro site 1, MB2 = Marantaceae Biaro site 2, MB3 = Marantaceae Biaro site 3, MB4 = Marantaceae Biaro site 4, FMN = forêt mixte Nord réserve forestière Yoko, FMS = forêt mixte Sud réserve forestière Yoko, FME = forêt mixte Est réserve forestière de Yoko, FMW = forêt mixte Sud réserve forestière Yoko, GD1 = forêt à *G. dewevrei* site 1, GD2 = forêt à *G. dewevrei* site 2, FGD3 = forêt à *G. dewevrei* site 3, GD4 = forêt à *G. dewevrei* site 4.

Groupement	Ef (Pi) (1)	Ef nPi (2)	Ef TO (3)	IP(%)	$\Sigma(1)(2)(3)$	% Pi	nPi%	%TO
MRN	11	88	170	33,8	269	4,09	32,71	63,2
MRS	47	117	148	52,56	312	15,06	37,5	47,44
MRE	17	48	229	22,11	294	5,75	16,33	77,89
MRW	56	103	98	61,87	257	21,79	40,08	38,13
MB1	35	35	259	21,28	329	10,64	10,64	78,72
MB2	19	71	133	27,87	323	5,88	21,98	72,14
MB3	14	60	315	19,02	389	3,6	15,42	80,98
MB4	23	106	204	38,74	333	6,91	31,83	61,26
FMN	3	36	265	13,4	306	0,98	12,42	86,6
FMS	8	114	377	24,45	499	1,6	22,85	75,55
FME	2	22	395	5,73	419	0,48	5,25	94,27
FMW	2	27	386	6,99	415	0,48	6,51	93,04
GD1	1	9	328	2,96	338	0,3	2,66	97,04
GD2	0	2	267	0,74	269	0	0,74	99,26
GD3	0	2	276	0,72	278	0	0,72	99,28
GD4	1	6	292	2,34	299	0,33	2,01	97,66

Les valeurs de PI sont variables d'un groupe forestier à un autre, d'un site à un autre. Concomitamment, le degré de perturbation remarqué varie aussi dans le même sens. Dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, il se dégage deux tendances : (i) les sites fortement perturbés (PI > 50 %). Ces perturbations ont été observées dans les Marantaceae de

l'Ouest et dans les Marantaceae du Sud. (ii) les forêts moins perturbées (PI < 50 %). C'est le cas observé dans les Marantaceae de l'Est et dans les Marantaceae du Nord.

Les forêts à Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ont un PI < 50 %. Ce qui revient à dire que ces forêts sont peu perturbées.

Les PI (%) moyens respectifs par groupements, pour un niveau de confiance égal à 95 % sont : $44,84 \pm 18,79$ % dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, $28,54 \pm 27,87$ % dans les Marantaceae de Biaro, $12,39 \pm 6,99$ % dans les forêts mixtes et $1,27$ % dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Suivant l'ordre décroissant, il s'établit que le PI des forêts à Marantaceae réserve forestière de Yoko est supérieur au PI des forêts à Marantaceae Biaro qui à leur tour présente le PI supérieur à celui des forêts mixtes qui est enfin supérieur au PI forêt à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

La comparaison des spectres des tempéraments entre différents groupements fait observer que la proportion d'espèces tolérantes à l'ombre (TO) est en moyenne plus importante, $98,73 \pm 0,93$ % dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, $87,61 \pm 10,46$ % dans les forêts mixtes et de $71,46 \pm 9,88$ % dans les Marantaceae de Biaro. Cependant, elle est inférieure à 60 % dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

Inversement, la proportion des héliophiles pionniers (Pi) est en moyenne plus importante dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko ($14,21 \pm 8,04$ %) par rapport aux forêts à Marantaceae de Biaro ($5,46 \pm 1,69$ %). Elle reste très faible par contre dans les forêts mixtes (0,85 %) et dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ($0,11 \pm 0,19$ %).

Plus encore, la proportion des héliophiles non-pionniers (nPi) est en moyenne plus importante dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko ($31,30 \pm 13,03$ %) et dans les Marantaceae de Biaro ($23,08 \pm 8,26$ %). Elle reste par contre moyennement faible dans les forêts mixtes ($11,53 \pm 9,81$ %) et très faible dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ($1,16 \pm 0,74$ %).

6.3.8. Similarité et dissimilarité floristiques entre les forêts à Marantaceae, forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

La similarité et la dissimilarité floristiques entre les différentes forêts sont observées (Figure 6.13) dans la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). Les variables prises en comptes sont les types forestiers, la richesse spécifique et leur abondance.

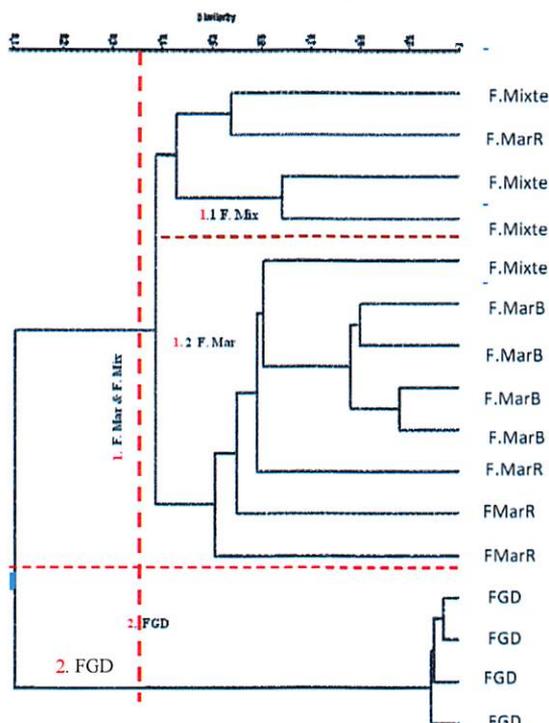


Figure 6.13 Dendrogramme (CHA Paired group/Morisita) de huit couples d'unités d'échantillonnage en forêts à Marantaceae, mixtes et à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Légende : F.Mixte = forêt mixte, F.MarR = forêt à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, F.MarB = forêt à Marantaceae de Biaro, FGD = forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

Une démarcation nette s'établit. Elle sépare deux groupes :(i) le premier groupe comprend les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes et (ii) le deuxième groupe les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ces deux groupes présentent une similarité proche du nulle. Ce qui fait penser que ces deux communautés s'individualisent quant à leur composition floristique. Ils appartiennent, en effet, à des communautés végétales différentes. Le groupe 1 se répartit en deux unités à savoir, les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes. Ces deux unités ne sont pas généralement très proches, leur similarité est supérieure à 0,4. Dans certains cas, quelques unités présentent une similarité élevée. On voit une similarité supérieure à 0,6 entre les forêts mixtes de l'Est et les Marantaceae de l'Est de la réserve

forestière de Yoko. Une similarité très élevée égale à 0,8 est observée entre les forêts mixtes de l'Est de la réserve de Yoko et les forêts à Marantaceae de Biaro.

Un fait aussi marquant est que la similarité au sein d'un même groupement forestier est élevée pour les entités échantillonnées à des endroits différents. On note une similarité qui varie de 0,5 à < 0,65 dans les forêts mixtes et de 0,6 à < 0,85 dans les forêts à Marantaceae. Une similarité proche de l'unité est remarquée dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Les rapprochements et les démarcations constatés entre les différents groupements dans le CHA Paired group/Morisita (Figure 6.13) s'observent aussi nettement dans l'AFC qui explique la variance sur les quatre premiers axes (Figure 6.14) dans une matrice de 64 placettes × 205 espèces.

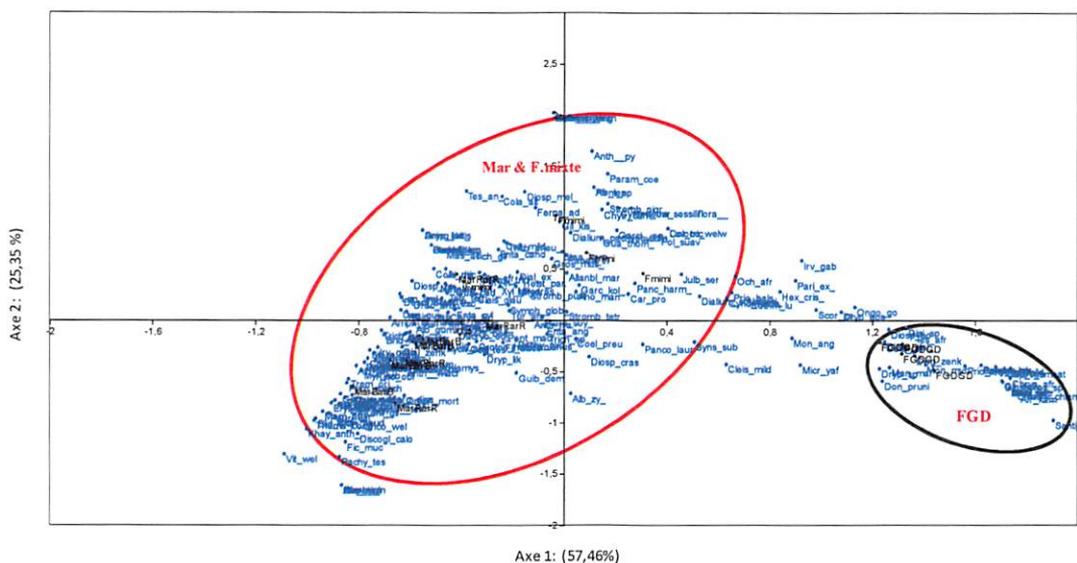


Figure 6.14 Ordination des placettes de différentes forêts par Analyse factorielle des correspondances (AFC) dans une matrice de 64 placettes x 205 espèces.

Légende : Mar = forêts à Marantaceae, F. mixte = forêts mixte, FGD = forêts à *G. dewevrei*.

Les deux premiers axes de l'AFC représentent 82,81 % de l'inertie totale entre les espèces de différentes forêts. Une démarcation entre les Marantaceae et les forêts mixtes d'un côté et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de l'autre côté s'observe nettement par rapport à la composition floristique et à leurs abondances.

Toutefois, quelques espèces, soit 19/205 appartiennent aux quatre groupements et sont positionnées sur l'axe 4 (Figure 6.14) entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Il s'agit de : *Anonidium mannii* (Oliv.) Engl. & Diels, *Cola griseiflora* De Wild, *Drypetes likwa* J. Léonard in herb. Br,

Julbernardia seretii (De Wild.) Troupin, *Polyalthia suaveolens* Engl. & Diels, *Heisteria parvifolia* Sm., *Ochthocosmus africanus* Hooker f, *Trichilia gilgiana* Harms *Carapa procera* DC, etc.

6.3.9. Espèces caractéristiques de différentes forêts en étude

Les espèces caractéristiques sont recherchées pour chaque groupement forestier et pour chaque groupe de la division hiérarchique des parcelles. Chaque groupement comprend 4 parcelles stratifiées en 4 placettes, soit au total 64 placettes pour les 16 hectares. L'analyse concerne les abondances de 205 espèces ligneuses à diamètre de référence supérieur ou égal à 10 cm, sur les 64 placettes. La signification statistique est évaluée par la procédure de randomisation (999 permutations) par la fonction d'association IndVal.g et implique le test de rang. Le tableau (6.23) issu de cette analyse est présenté ci-dessous. 50 m x 50 m (Figure 6.1).

Tableau 6.23 Les espèces caractéristiques des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

Légende : VI = valeur indicatrice ; ***, **, * signification du test de rangs ($\alpha = 0,05$).

Espèces	Tempérement	VI	Significativité du test
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	HNP	8,45	***
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G.Waterman	HNP	8,08	***
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	TO	7,53	**
<i>Trichilia rubescens</i> Oliver	TO	6,99	**
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	HP	6,97	***
<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	TO	6,71	**
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	HNP	6,32	**
<i>Ficus mucosa</i> Ficalho	HP	5,61	*
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	HNP	5,16	*
<i>Discoglyprena caloneura</i> (Pax) Prain	HNP	4,76	*
Forêt Mixte			
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	TO	8,56	***
<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.	TO	8,36	***
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	TO	6,78	*
<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	TO	6,78	***
<i>Diospyros melocarpa</i> F. White	TO	6,67	***
<i>Cola altissima</i> Engel	TO	6,5	***
<i>Chytranthus carneus</i> Radlk. ex Mildbr.	ND	6,43	***
<i>Cynometra sessiliflora</i> Hams	TO	6,34	**
<i>Strombosia nigropunctata</i> Louis & J. Léonard	TO	5,55	**
<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	ND	5,55	***
<i>Entandrophragma candollei</i> Hams	HNP	5,09	**
<i>Dialium pachyphyllum</i> Hams	TO	4,91	*
<i>Piptadeniastrum africanum</i> Hook.f.	TO	4,3	*
<i>Afrostryax lepidophyllum</i> Mildbr	TO	3,92	*
<i>Anthonotha pynaertii</i> (De Wild.) Exell & Hilloat	TO	3,92	*
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	ND	3,92	*
<i>Hymenocardia ripicola</i> J. Léonard	ND	3,92	*
Forêt <i>G. dewevrei</i>			
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	TO	9,79	***
<i>Diogoia zenkeri</i> (Engler) Exell & Men	TO	7,36	***
<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breteler	TO	7,34	***
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	TO	7,33	**
<i>Drypetes sp</i>	TO	5,7	***
<i>Diospyros sp</i>	TO	5,59	***
<i>Manilkara malcoleus</i> Louis	ND	5,35	**
<i>Afrostryax kamerunensis</i> Perkins & Gilg	TO	5	**
<i>Aphanocalyx cynometroides</i> Oliver	ND	4,33	*
<i>Chlamydocola chlamydantha</i> (K.Schum.) M.Bodard	TO	4,33	*
<i>Coelocaryon botryoides</i> Vern.	TO	4,33	*
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	TO	4,23	*

Trente-neuf espèces au total sont significatives pour le test de rangs ($\alpha = 0,05$). Les 10 espèces des forêts à Marantaceae ont une valeur indicatrice supérieure à 4,5. Les 17 espèces indicatrices des forêts mixtes ont une valeur indicatrice supérieure à 3,5 et enfin les 12 espèces indicatrices des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard) ont une valeur indicatrice supérieure à 4.

Les espèces indicatrices des forêts à Marantaceae sont majoritairement héliophiles et caractéristiques des forêts secondaires, alors que celles des forêts mixtes et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sont majoritairement tolérantes à l'ombre et caractéristiques des forêts matures.

6.4. Discussion

6.4.1. Fluctuation de la richesse floristique et des caractéristiques structurales dans les forêts à Marantaceae par rapports aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

6.4.1.1. Richesse floristique : nombre d'espèces et nombre de familles

Pour un seuil de comptage égal à $DHP \geq 10$ cm et pour des superficies équivalentes de 4 hectares stratifiés en placette de 50 m x 50 m, le cortège floristique dans les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard est variable. Il est de 128 espèces et 37 familles dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, 124 espèces et 34 familles dans les Marantaceae de Biaro, 140 espèces et 37 familles dans les forêts mixtes, alors qu'elles sont de 94 espèces et 34 familles dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Ces résultats prouvent que les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts à Marantaceae de Biaro présentent une richesse en espèces inférieure à celle des forêts mixtes, alors qu'elle est supérieure à celle des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. La figure (6.19) relative aux courbes Aire-espèces de différents groupements a montré que la courbe la plus surélevée est celle des forêts mixtes et la plus basse est celle des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, alors que les courbes des forêts à Marantaceae sont intermédiaires.

Le nombre de familles est égal entre les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts mixtes (soit, 37 familles) alors qu'il est égal entre les forêts à Marantaceae de Biaro et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (soit, 34 familles).

L'analyse de similarité entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard illustrée dans la CHA Paired group/Morisita (Figure 6.13) et l'AFC (Figure 6.14) ont montré que les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes s'apparentent plus ou moins, mais leur similarité est inférieure à 0,5.

Certaines de leurs entités considérées singulièrement ont une similarité supérieure $\geq 0,5$. C'est le cas des forêts mixtes de l'Est et les Marantaceae de l'Est de la réserve forestière de Yoko d'une part et les forêts mixtes de l'Est de la réserve de Yoko et les forêts à Marantaceae de Biaro d'autre part. Cependant, les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes s'éloignent des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Leur similarité est proche de zéro.

La similarité élevée, parfois observée entre quelques entités des forêts à Marantaceae et des forêts mixtes, pourrait être due à leur proximité. La distance qui sépare les dispositifs de comptage est marginale (± 100 m). Les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts à Marantaceae de Biaro sont deux groupes qui appartiennent à la même communauté végétale. Alors que les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sous la dominance hégémonique (> 60 %, Tableau 7.14) constitue une communauté singulière des autres.

Les quatre groupements étant sur une même toposéquence, ils partagent tout de même un certain nombre d'espèces communes de leur cortège floristique. En effet, 9/205 espèces ont été identifiées dans les quatre différents groupements. Parmi les plus importantes, on peut retenir : *Anonidium mannii* (Oliv.) Engl. & Diels, *Cola griseiflora* De Wild, *Drypetes likwa* J. Léonard in herb. Br, *Julbernardia seretii* (De Wild.) Troupin, *Polyalthia suaveolens* Engl. & Diels, *Heisteria parvifolia* Sm., *Ochthocosmus africanus* Hooker f, *Trichilia gilgiana* Harms, *Carapa procera* DC, etc.

6.4.1.2. Caractéristiques structurales : Densité et surface terrière (m^2ha^{-1})

Les résultats des densités et des surfaces terrières mesurés à l'hectare dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko comparés à ceux des forêts à Marantaceae de Biaro, des forêts mixtes et à ceux des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, ainsi qu'à d'autres des forêts du bassin du Congo (tableau 6.24) sont variables.

Tableau 6.24. Densité et surface terrière des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko comparées à celles des forêts à Marantaceae de Biaro, des forêts mixtes et forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et à d'autres forêts à Marantaceae dans le Bassin du Congo.

Légende : TA, TB, TC TYP15 = transects ; FAM = formation arborée à Marantaceae, FCM: Forêt clairsemée à Marantaceae, FDMS = Forêt dense sèche à Marantaceae, FDMH = forêt dense humide à Marantaceae, * = la valeur n'a pas été retrouvée.

Pays	Auteurs	Site	Type forestier	Superficie	Densité ha ⁻¹	ST (m ² ha ⁻¹)
RD Congo	Présent étude	Yoko	F. Marantaceae	4 ha	297	23,37
	Présent étude	Biaro	F. Marantaceae	4 ha	367	26,96
	Brugière et al., 2000	Odzala (TA)	F. Marantaceae	4,5 km	447	*
	Brugière et al., 2000	Odzala (TB)	F. Marantaceae	5 km	402	*
	Brugière et al., 2000	Odzala (TC)	F. Marantaceae	4 km	185	*
C. Brazza	Gillet, 2013	Odzala (FAM)	F. Marantaceae	2,225 ha	161-269 (DHP≥5cm)	*
	Gillet et al., 2008	Pokola FAM	F. Marantaceae	2,2 ha	105 (DHP≥5cm)	7,97
	Gillet et al., 2008	Pokola FCM	F. Marantaceae	1,6 ha	331 (DHP≥5cm)	23,46
	Gillet et al., 2008	Pokola FDMS	F. Marantaceae	0,3 ha	590 (DHP≥5cm)	39,32
	Gillet et al., 2009	Pokola FDMH	F. Marantaceae	1,4 ha	775 (DHP≥5cm)	32,82
Gabon	Doucet, 2003	Layon Bibila	F. Marantaceae	5,1 ha	310	25,9
	Doucet, 2004	TYP 15	F. Marantaceae	2,25 ha	167	23,7
RDC	Présent étude	Yoko	F. Mixte	4 ha	433	29,97
	Présent étude	Yoko	F. <i>G. dewevrei</i>	4 ha	302	34,24

Les densités et les surfaces terrières dans les différentes forêts à Marantaceae ne sont pas relativement importantes dans le bassin du Congo. Mais, on observe que pour un seuil de comptage élevé (DHP ≥ 5 cm), elles apparaissent dans l'ordre de grandeur établi dans d'autres groupements mixtes et monodominants dans le bassin du Congo. On peut remarquer dans ce tableau que certaines valeurs qui ont été trouvées dans les forêts denses humides à Marantaceae (FDMH) et dans les forêts denses sèches à Marantaceae (FDMS) de Pokola s'équilibrent avec celles obtenues dans certaines études menées dans les forêts mixtes et dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard dans la région Guinéo-congolaise.

Cet équilibre s'observe aussi quand on les compare avec les caractéristiques structurales trouvées particulièrement dans la région de Kisangani. Entre autre, Kahindo (2011) a recensé 400 individus et 26,3 26 m²ha⁻¹ dans les forêts mixtes de la réserve forestière de Yoko. Nshimba (2008) a recensé 506 individus et 21,15 m²ha⁻¹ dans les forêts mixtes de terre ferme à l'île Mbiyé. Sabongo (2015) a recensé 355 individus pour et 35,26 26 m²ha⁻¹

dans la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard à Lenda et 356 individus et 35,53 m²ha⁻¹ dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard à Yoko.

Toutefois, pour le même seuil (DHP \geq 5 cm), les valeurs très significativement faibles des densités des surfaces terrière ont été observées dans les formations arborées à Marantaceae (FCM) à Odzala et à Pokola. Ces résultats sont même significativement inférieurs aux résultats qui ont été trouvés dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et dans les forêts à Marantaceae de Biaro dans la présente étude.

Dans ce travail, les caractéristiques structurales des forêts à Marantaceae par rapport à celles des forêts mixtes et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard pour le seuil de comptage (DHP \geq 10 cm) et des superficies identiques (4 ha) se démarquent les unes des autres : les densités et les surfaces terrières moyennes égales à 296,75 \pm 15,37 individus ha⁻¹ et 23,37 \pm 2,9 m²ha⁻¹ ont été observé dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko ; 366,5 \pm 36,52 individus ha⁻¹ et 26,96 \pm 1,51 m²ha⁻¹ dans les Marantaceae de Biaro ; 303,75 \pm 32,04 individus ha⁻¹ et 34,24 \pm 3,72 m²ha⁻¹ dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ; 432,75 \pm 62,74 individus ha⁻¹ et 29,97 \pm 2,05 m²ha⁻¹ dans les forêts mixtes.

L'analyse de la variance fait observer une différence très significative entre les densités de différents groupements (F = 9,98 ; p-v < 0,05**); une différence hautement significative entre leurs surfaces terrières (F = 11,85 ; < 0,01***). Le test post-hoc de Tukey a attesté une différence hautement significative entre la densité des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts mixtes (p-v < 0,01). De même, une différence hautement significative des surfaces terrières (p-v < 0,01***) entre les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts mixtes et entre celles-ci et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Particulièrement, les densités des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, des forêts à Marantaceae de Biaro, et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ne sont pas statiquement différentes (p-v > 0,05). Néanmoins, les écarts bien que faibles sont observés : les Marantaceae de la réserve forestière présentent en moyenne près 60 individus de moins par rapport aux forêts à Marantaceae de Biaro et près de 10 individus de moins par rapport aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

6.4.2. Comparaison des spectres des tempéraments et inférence sur la perturbation des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs

Un important nombre de traits fonctionnels héliophiles est observé dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko. Ces héliophiles présagent une perturbation. Pour établir l'état de cette perturbation dans ces groupements, l'indice de Pionnier (PI) a été calculé dans les différents groupements en étude.

PI calculé globalement dans les quatre groupements forestiers est inférieur à 50 %. Ce qui indique que les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, les forêts à Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sont peu perturbées (Tableau 7.19).

Pour bien établir le degré de perturbation, nous avons calculé PI singulièrement par zone. En définitive, deux tendances se sont démarquées. D'une part, les forêts fortement perturbées ($PI > 50 \%$), c'est le cas des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko de l'Ouest et celles du Sud. D'autre part, les forêts moins perturbées ($PI < 50 \%$). Dans ce groupe s'alignent les forêts à Marantaceae de l'Est et du Nord de la réserve forestière de Yoko, les Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

A partir de PI, le taux d'héliophilie a été examiné. Ainsi, les proportions moyennes des héliophiles pionniers, héliophiles non-pionniers et des tolérants à l'ombre qui en résultent se présentent singulièrement comme suit:

- les proportions des tolérants à l'ombre (TO) sont plus importantes dans les forêts à $PI < 50 \%$ et basses dans les forêts à $PI > 50 \%$. Dans l'ordre décroissant, les proportions de TO sont plus élevées dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard suivies par les forêts mixtes, les forêts à Marantaceae de Biaro puis par les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.
- les proportions d'héliophiles non-pionniers (nPi) sont plus importantes dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko suivies par les forêts à Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes, enfin par les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard,

- les proportions d'héliophiles pionniers (Pi) sont plus importantes dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko suivies par les forêts à Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes, et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Les héliophiles pionniers et les héliophiles non pionniers sont élevés dans certains sites des forêts à Marantaceae et dans les forêts mixtes. Les taux relativement élevés ont été observés dans : (i) les Marantaceae de l'Ouest, du Sud et du Nord de la réserve forestière de Yoko, (ii) dans les Marantaceae de Biaro, parcelles MB4, MB2, MB1 et MB2) et (iii) dans les forêts mixtes du Sud (FMS) et du Nord (FMN) (Tableau 6.22). En revanche, les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, les forêts mixtes de l'Est et de l'Ouest accusent un taux total d'héliophiles pionniers et d'héliophiles non-pionniers inférieur à 10 %.

Pour nombreux auteurs (Hawthorne, 1996 ; Chave, 2000 ; Doucet, 2003 ; Van Germerden, 2004 ; Adou Yao et *al.*, 2005 ; Gonmadje, 2012 ; 2012 ; Vleminckx J. 2015 ; Gonmadje, 2012), un taux important d'héliophiles pionniers indique des perturbations récentes sur une superficie importante et un taux important d'héliophiles non pionniers indique des perturbations anciennes sur des superficies importantes.

Le taux faible d'héliophile pionniers et d'héliophiles non pionniers observés dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, les forêts mixtes de l'Est et de l'Ouest indique que ces forêts sont moins perturbées. Il s'agit de petites perturbations dues à des chablis qui recèlent de la dynamique de tout écosystème forestier qui fonctionne dans les conditions écologiques optimales. A travers ces troués, les massifs se reconstituent par régénération (Alexandre, 1982 ; Oldeman, 1990 ; Puig, 1992 & 2001).

L'indice de Pionner (PI) se limite à déterminer les perturbations, soit ancienne, soit récente à partir des proportions du spectre des tempéraments retrouvés dans massifs forestier, mais, il ne prédit pas exactement quand ces perturbations ont eu lieu. La question relative à la période de perturbation des forêts de la réserve forestière de Yoko et ses environs a été abordée au chapitre 5.

6.4.3. Originalité des forêts à Marantaceae

En plus de l'aspect physiognomique facilement observable, les formations à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs se distinguent des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard par quelques groupes

fonctionnels de la strate ligneuse. Les Marantaceae sont constituées des espèces indicatrices majoritairement héliophiles, alors que les forêts à *Gilbertiodendro dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et les forêts mixtes se constituent des espèces indicatrices tolérantes à l'ombre.

Tout comme dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, trois espèces indicatrices sur douze : *Ricinodendron heudelotii* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Discoglyprena caloneura* (Pax) Prain et *Rinorea oblongifolia* (C.H.Wright) Marquand ex Chipp des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs sont également listées sur les 60 espèces indicatrices des Marantaceae du Nord de la République du Congo (Gillet et al., 2003 ; Gillet, et al., 2008, Gillet, 2013).

6.5. Conclusion

Les forêts à Marantaceae se singularisent des forêts mixtes et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard par leurs aspects physiognomique, leur cortège floristique et leur caractéristiques structurales, bien que, dans certains cas, elles s'équilibrent. Les résultats de cette recherche, au seuil de comptage égal à $DHP \geq 10$ cm et sur des surfaces équivalentes, révèlent que le cortège floristique des forêts à Marantaceae de Yoko est pauvre par rapport à celle des forêts mixtes. Cependant, elles sont plus diversifiées que les forêts à Marantaceae de Biaro et les à forêts à *G. dewevrei*. (De Wild.) J. Léonard.

De même, leurs paramètres structuraux, notamment la densité à l'hectare et la surface terrières, sont inférieures à ceux des forêts à Marantaceae de Biaro, des forêts mixtes et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard se démarquent quant à leurs traits fonctionnels caractéristiques. Chaque groupement se distingue de l'autre par ses espèces indicatrices. En dépit de leur proximité avec les forêts mixtes, les espèces indicatrices des Marantaceae sont des héliophiles caractéristiques des forêts secondaires. Alors que les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sont caractérisées par les indicatrices tolérantes à l'ombre.

L'analyse singulière de l'indice de Pionner (IP) dans ces différents groupements a dégagé deux tendances. D'une part, les zones fortement perturbé ($PI > 50$ %.), parmi lesquels, les forêts à Marantaceae de l'Ouest et du Sud de la réserve forestières de Yoko. Ces forêts se seraient secondarisées à la suite des fortes perturbations. D'autre part, les forêts moins

perturbés (PI < 50 %). Dans ce groupe figurent les forêts à Marantaceae de l'Est et du Nord de la réserve forestière de Yoko, les forêts à Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Les sites fortement perturbés accusent un taux d'héliophiles pionniers et d'héliophiles non-pionniers important. Ces forêts se sont fortement secondarisées sur des superficies importantes. Elles ont connu des perturbations anciennes et récentes.

En revanche, les forêts moins perturbées présentent un taux total d'héliophiles pionniers et d'héliophiles non-pionniers faible, alors que leur taux des tolérants à l'ombre est très significatif. Ces forêts subissent des perturbations normales sur de petites étendues dues à des chablis.

Chapitre 7.

Dynamique de régénération naturelle des ligneux dans les forêts à Marantaceae

Résumé

Les Marantaceae présentent un potentiel de régénération des ligneux très faible. La densité de leurs biomasses folières dans l'espace et leurs systèmes racinaires rhizomateux constituent un véritable handicap à la régénération des ligneux dans les massifs forestiers.

Ce chapitre se propose d'évaluer le potentiel et la dynamique de régénération des ligneux (diamètre < 10 cm) dans les Marantaceae comparativement à celui des forêts mixtes et des forêts à *Gilberiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Leonard. La méthodologie de comptage sur les placeaux de 10 m² a été utilisée.

Les résultats renseignent que, pour un placeau 10 m², la moyenne des plantules ligneuses est de 105, 24 ± 84 dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de 68,36 ± 40,19 dans les Marantaceae de Biaro. Ces valeurs sont strictement inférieures à celles des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (620, 16 ± 175,55) et des forêts mixtes (435,8 ± 147,3).

La structure de diamètre des plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae présente l'allure d'une courbe en cloche. Une telle forme laisse voir qu'il y a un déficit de régénération et présage une perturbation dans le peuplement. En outre, un taux de mortalité remarquable égal en moyenne à 23,22 % y est observé.

Ces résultats de densité, de structure de diamètre au collet et du taux de mortalité du recrû ligneux préexistant dans les forêts à Marantaceae paraissent peu encourageants quant au devenir des ligneux dans ces groupements.

Une régénération assistée en utilisant la technique de coupe rase des tiges à Marantaceae a donné les résultats satisfaisants. En moyenne 28,9 ± 7,69 nouvelles plantules se sont installées dans le placeau de 2 m x 2 m soit une augmentation de 23,5 ± 7,43 %.

7.1. Introduction

La régénération naturelle est un processus vital d'un écosystème forestier. Elle est à la base de l'équilibre et de la démographie de sa population végétale. Elle en assure le renouvellement des individus et la pérennité des espèces. Ce processus correspond à une phase de rajeunissement du peuplement consécutive à la disparition d'arbres adultes par chablis ou par l'exploitation. L'origine des éléments floristiques de la régénération naturelle est multiple (Alexandre 1982 et 1989b ; Puig, 1989 et 1992 ; N'dja, 2010). Ils sont issus : (i) du recrû préexistant ou potentiel végétatif ; (ii) des graines préexistantes dans le sol ou potentiel séminal édaphique et (iii) des graines arrivant de l'extérieur après l'ouverture du couvert ou potentiel extérieur.

La régénération apparaît comme un processus discontinu. Le peuplement intact n'évolue que lentement. Seule la disparition d'une partie du couvert permet l'apparition de nouveaux individus ou le démarrage de ceux qui restaient inhibés (Alexandre, 1982).

Les forêts à Marantaceae paraissent parsemées d'arbres, alors que la strate de ces herbacées prédomine son sol et y apparaît comme un écran qui limite la pénétration substantielle du flux lumineux dans le sol. Leur système racinaire se caractérise par des rhizomes très vivaces. En fait, ces caractéristiques constituent un véritable handicap pour les plantules ligneuses à accéder à la lumière et aux ressources minérales du sol nécessaires pour leur croissance.

L'étude de la régénération est un thème fondamental pour les écologistes forestiers et les sylviculteurs. Il est essentiel de connaître le mécanisme de son processus et sa dynamique afin de maîtriser, de protéger et de pérenniser les ressources forestières.

Pour Rollet (1969), l'expression «régénération naturelle» peut avoir deux significations : soit elle recouvre l'ensemble des processus par lesquels la forêt tropicale se reproduit naturellement (celle-ci renvoie au sens de la dynamique), soit elle correspond à l'ensemble des semis, brins et plantules existant dans un peuplement. Cette dernière signification renvoie aux statistiques du potentiel de régénération existant dans un peuplement forestier et elle est le plus souvent employée par les forestiers.

Ce chapitre s'intéresse également à des statistiques du potentiel du recrû préexistant dans les forêts à Marantaceae, à leur subsistance et à leur dynamique sous la dominance des herbacées hégémoniques.

7.2. Approche méthodologie

Le comptage en plein du recrû ligneux préexistant (ou potentiel végétatif) à diamètre inférieur à 10 cm a été réalisé dans les placeaux de 10 m x 10 m. Dans chaque groupement, 25 placeaux (soit une superficie totale égale à 2 500 m²) y ont été délimités (Figure 7.1).

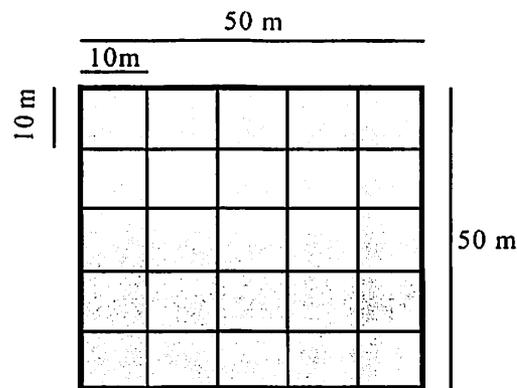


Figure 7.1 Dispositif de 25 placeaux de comptage de régénération.

L'analyse du potentiel de régénération a porté sur la densité, la richesse spécifique et l'indice d'importance. Le taux de mortalité des plantules ligneuses dans l'ambiance de concurrence avec les Marantaceae a été calculé l'année d'observation : de mars 2013 à mars 2014. La régénération assistée basée sur la coupe rase de toutes les tiges des Marantaceae a été expérimentée dans les placettes de 2 m x 2 m. Les détails de l'approche méthodologique de ce chapitre sont repris au point (4.3.5.).

7.3 Résultats

7.3.1. Variation de densité des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae, mixtes et à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

La densité (Tableau 7.1) des plantules ligneuses est évaluée sur des superficies équivalentes de 2 500 m² stratifiées en placettes de 10 m². Quelques specimens illustrant la catégorie des plantules (diamètre < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae, forêts mixtes et

dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sont repris dans la figure 7.2.



Figure 7.2 De gauche à droite: *Scaphopetalum thonneri* De Wild & T. Durant (Malvaceae) dans les forêts à Marantaceae ; *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Fabaceae) dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* et *Campylospermum elongatum* Oliver Tieghem (Ochnaceae) dans les forêts mixtes.

Tableau 7.1 Densité des plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm dans les forêts à Marantaceae, mixtes et à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Légende : MarRFY = Marantaceae de la réserve forestière de Yoko ; MarBia = Marantaceae de Biaro ; FGD = forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* et F. Mixte = forêts mixtes.

Placette	Densité plantule			
	MarRFY	MarBia	FGD	F. Mixte
1	216	115	930	765
2	166	171	553	791
3	150	71	693	703
4	163	85	639	503
5	102	82	595	269
6	80	230	501	351
7	75	35	384	335
8	78	17	540	537
9	78	40	838	552
10	106	63	552	502
11	118	88	635	529
12	93	100	849	457
13	81	127	535	288
14	103	32	630	502
15	120	65	1019	451
16	103	73	871	404
17	52	118	667	331
18	82	36	700	315
19	69	15	521	332
20	64	32	416	304
21	112	17	314	404
22	106	24	400	267
23	113	58	567	279
24	91	57	602	407
25	110	58	553	317
Moyenne	105,24± 89	68,36± 40,19	620,16± 170,55	435,147± 39

Les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard présentent un potentiel de régénération ligneuse supérieur par rapport aux forêts à Marantaceae et par rapport aux forêts mixtes. Pour un niveau de confiance égale à 95 %, les moyennes, selon leur ordre décroissant sont respectivement : $620,16 \pm 170,55 > 435,8 \pm 147,39 > 105,24 \pm 89 > 69,36 \pm 40,19$ respectivement dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, les forêts mixtes, les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et dans les Marantaceae de Biaro (Figure 7.3.A). Les moyennes des plantules ligneuses considérées au niveau des Marantaceae de la réserve Yoko (Figure 7.3.B) varient de $75,65 \pm 32,45$ à $153,56 \pm 84,14$ plantules.

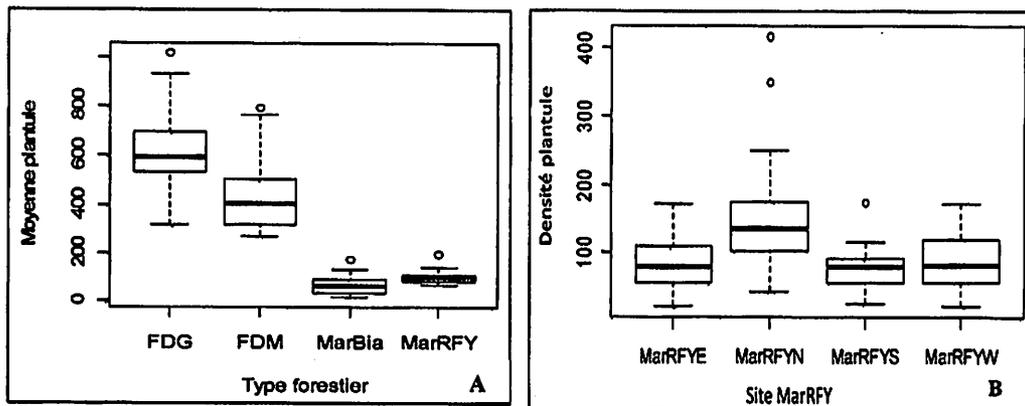


Figure 7.3.A Dispersion des valeurs de densité des plantules des forêts à Marantaceae, mixtes et à *G. dewevrei*. **B.** Dispersion des valeurs de densité des plantules des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

L'Anova à un facteur des densités des plantules ligneuses atteste une différence hautement significative entre les différents groupements ($F = 120.40$; $p-v < 2.2e-16$ ***). Le test post-hoc de Tukey de comparaison des moyennes multiples des sites pris deux à deux (Tableau 7.1) atteste qu'il n'y a pas de différence significative entre les Marantaceae de réserve forestière de Yoko et les Marantaceae de Biaro ($p-v > 0,05$). Par contre, une différence hautement significativement est observée entre les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes et entre celles-ci et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ($p-v < 0,01$ ***), alors qu'une différence non significative est observée entre les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts à Marantaceae de Biaro.

Une différence hautement significative est aussi observée quand on compare les densités des plantules (Figure 6.3.B) dans les sites des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko (Anova : $F = 10.697$; $p-v = 3.95e-06$ ***). Le test post-hoc de Tukey montre une différence hautement significative entre les Marantaceae de la réserve forestière du Nord et celles de l'Est, les Marantaceae du Sud et celles du Nord et entre les Marantaceae de l'Ouest

et celles du Nord ($p-v < 0,001^{***}$) et une différence non significative a été observée dans les autres cas ($p-v > 0,05$).

7.3.2. Richesse spécifique et indice d'importance des plantules ligneuses

Les résultats (Tableau 6.2) indiquent la richesse spécifique et l'indice d'importance de cinq plantules ligneuses les plus importantes. Quant aux autres Les espèces, leur tempérament et leur indice d'importances (IVI) sont reprises à l'annexe 6.

Tableau 7.2 Tempérament et indice d'importance des plantules ligneuses.

Légende : HNP = héliophile non pionnier, TO = tolérant à l'ombre, HP = héliophile pionnier, Dr = densité relative, Dor = dominance relative, Fr = Fréquence relative, IVI = indice d'importance, MarRFYN = Marantaceae Nord réserve forestière de Yoko, MarRFYE = Marantaceae Est réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro.

Espèce	Tempérament	Der (%)	Dor (%)	Fr (%)	IVI
MarRFYN					
<i>Barteria nigrilitiana</i> Hooker	TO	10,75	35,02	10,73	56,51
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum) F. White	TO	9,84	10,32	9,82	29,98
<i>Scaphopetalum Thonnerii</i> De Wild. & Th Dur	TO	9,61	3,02	9,61	22,24
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.)Exell	HNP	4,58	5,43	4,58	14,59
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb	TO	5,03	3,27	5,05	13,33
MarRFYE					
<i>Xylia ghesquierei</i> Robyns	HNP	10,8	8,08	10	28,83
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb	TO	8,33	7,16	8,3	23,79
<i>Campylospermum</i> sp	TO	7,41	2,47	7,41	17,29
<i>Trilepisium madascariense</i> DC	TO	6,17	2,25	6,17	14,59
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.)Exell	HNP	5,56	1,6	5,56	12,72
MarRFYW					
<i>Myrianthus preussii</i> Engler	HP	3,7	7,74	44,58	56,02
<i>Scaphopetalum Thonneri</i> De Wild. & Th Dur	TO	13,51	8,05	13,51	35,07
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.)Exell	HNP	8,5	8,95	8,5	25,95
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw.) Pellegr	TO	9,37	5,98	9,37	24,72
<i>Trilepisium madascariense</i> DC	TO	5,66	2,12	5,66	13,44
MarRFYS					
<i>Scaphopetalum Thonnerii</i> De Wild. & Th Dur	TO	14,99	9,97	14,73	39,69
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H Wright) Marquand ex Chipp	HNP	8,89	13,81	9,5	32,19
<i>Olax gambecola</i> Bailon	TO	4,73	7,65	4,65	17,03
<i>Alchornea floribunda</i> Mull. Arg	HNP	4,54	3,13	4,56	12,23
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum) F. White	TO	3,55	3,97	3,49	11,01
MarBia					
<i>Thomandersia hensii</i> De Wild. & Th Dur.	TO	16,67	26,34	21,66	64,67
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H Wright) Marquand ex Chipp	HNP	5,07	4,55	6,69	16,31
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.)Liben	TO	3,86	5,8	5,1	14,76
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum) F. White	TO	3,86	5,69	4,78	14,33
<i>Olax gambecola</i> Bailon	TO	3,14	2,21	4,14	11,49

Les plantules ligneuses les plus importantes varient d'un site à l'autre : *Barteria nigrilitiana* Hooker est plus importante dans les Marantaceae du Nord de la réserve forestière de Yoko (IVI = 56,51). *Xylia ghesquierei* Robyns (IVI = 28,83) est plus importante dans les Marantaceae Est de la réserve forestière de Yoko, *Myrianthus preussii* Engler (IVI = 56,02)

La plus importante dans les Marantaceae de l'Ouest de la réserve forestière de Yoko, *Scaphopetalum thonneri* De Wild & Th Dur (IVI = 39,69) est plus importante dans les Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko et *Thomandersia hensii* De Wild. & Th Dur (IVI = 64,67) est plus importante dans les Marantaceae de Biaro.

La majorité de plantules qui se régénèrent dans les forêts à Marantaceae sont des espèces tolérantes à l'ombre. Quelques essences de lumière apparaissent par intermittence dans les sites. Selon leur l'ordre d'importance : *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Rinorea oblongifolia* (C.H Wild) Marquand ex Chipp, *Xylia ghesquierei* Robyns et *Alchornea floribunda* Mull. Arg.

7.3.3. Dynamique de répartition diamétrique des plantules dans les forêts à Marantaceae

La distribution diamétrique des plantules (diamètre <10 cm) a été mesurée sur des superficies équivalentes de 500 m² (soit 5 placettes de 10 m x 10 m) dans les cinq sites. Les fréquences des plantules par classe de diamètre au collet sont reprises dans le Tableau 7.3.

Tableau 7.3 Fréquence des plantules par site et par classe de diamètre (cm).

Légende : MarRFYN = Marantaceae Nord réserve de la forestière de Yoko, MarRFYE = Marantaceae Est de réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro.

Diam. (cm)	MarRFYE	MarRFYW	MarRFYS	MarRFYN	MarBia
>1-1	64	97	38	58	48
1-2	142	197	325	110	74
2-3	32	57	54	109	63
3-4	14	58	26	46	50
4-5	17	9	15	35	26
5-6	18	8	21	24	16
6-7	10	5	5	23	17
7-8	7	5	10	12	6
8-9	11	6	11	12	11
Moyenne	35 ± 43,79	49,11 ± 65,57	56,11 ± 102,01	47,46 ± 38,13	47,67 ± 38,13
CV (%)	125,1	131,87	181,78	79,99	70,04

La fréquence des plantules par classe de diamètre toutes espèces confondues dans les cinq sites est relativement basse dans les classes >1-1 cm, elle remonte d'un cran dans les classes 1-2 cm, puis une décroissance asymétrique commence à s'observer à partir de classes 2-3 cm.

Toutes les courbes de classe de diamètre au collet par rapport au nombre d'individus (Figure 7.4) sont des distributions désaxées vers la droite (asymétrie positive). Les cinq sites présentent une dégénérescence dans les petites classes et dans les grandes classes alors qu'un pic est observé au niveau de classes intermédiaires.

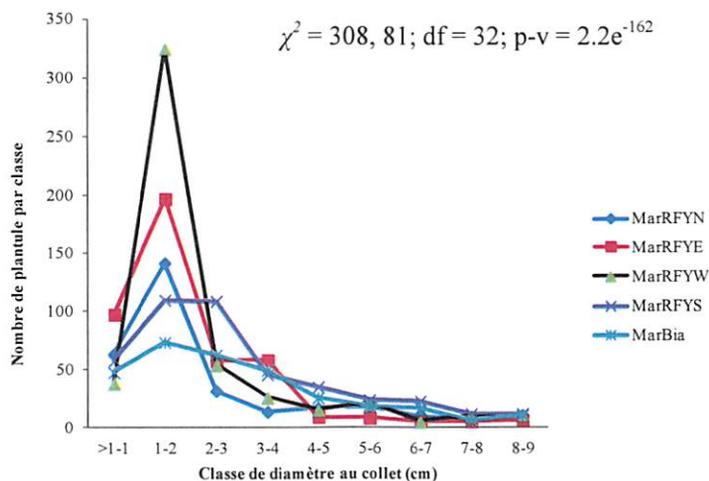


Figure 7.4 Distribution de diamètre (cm) par fréquences observées des plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae.

Légende : MarRFYN = Marantaceae Nord de la réserve forestière de Yoko, MarRFYE = Marantaceae Est de la réserve de la forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro.

Le test de χ^2 d'indépendance appliqué pour comparer les différentes structures indique qu'il existe un effet "site" sur la distribution de diamètre, ($\chi^2 = 308,81$; $df = 32$; $p-v = 2.2e^{-162}$).

Pour déterminer les classes de diamètre qui contribuent le plus à cette différence entre les cinq zones, le calcul des contributions (%) de χ^2 de chaque classe de diamètre à la statistique χ^2 totale (Tableau 7.4) a été fait.

Tableau 7.4 Contributions (%) des classes de diamètre au χ^2 et résidus de Spearman.

Légende : MarRFYN = Marantaceae Nord de la réserve forestière de Yoko, MarRFYE = Marantaceae Est de la réserve forestière de Yoko, MarRFYW = Marantaceae Ouest de la réserve forestière de Yoko, MarRFYS = Marantaceae Sud de la réserve forestière de Yoko, MarBia = Marantaceae de Biaro.

Classe de diamètre	Statistique	MarRFYN	MarRFYE	MarRFYW	MarRFYS	MarBia
>1-1	χ^2	0,81	5,4	13,4	19,62	0,001
	Résidus	-1,101	2,75	4,47	-5,56	0,04
1-2	χ^2	26,65	0,84	0,85	61,85	35,36
	Résidus	7,63	1,31	1,36	11,91	-8,48
2-3	χ^2	22,08	7,21	3,08	9,62	10,31
	Résidus	5,79	-3,2	-2,17	3,92	3,82
3-4	χ^2	0,49	8,91	5,43	10,7	12,31
	Résidus	0,83	-3,42	2,78	-3,98	4,08
4-5	χ^2	7,95	0,06	8,09	4,45	6,29
	Résidus	3,27	0,27	-3,31	-2,5	2,8
5-6	χ^2	1,17	1,05	7,07	1,23	1,71
	Résidus	1,25	1,14	-3,08	-0,42	1,46
6-7	χ^2	8,04	0,035	5,12	6,76	6,15
	Résidus	3,25	0,21	-2,6	-3,05	2,74
7-8	χ^2	1,39	0,082	1,65	0,11	0,01
	Résidus	1,34	0,31	-1,47	-0,028	-0,12
8-9	χ^2	0,11	1,14	2,63	0,09	0,01
	Résidus	0,38	1,16	-1,79	-0,6	1,18

Par ordre d'importance décroissant, les classes (1-2 cm, 2-3 cm, > 1-1 cm, 3-4 cm, 6-7 cm et 4-5 cm) sont celles qui contribuent le plus à la différence entre les structures diamétriques dans les cinq sites.

L'analyse des résidus montre que, dans les classes (1-2 cm), l'effectif de Marantaceae du sud de la réserve forestière de Yoko est plus important et contribue le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu. Dans les classes (2-3 cm, 4-5 cm et 6-7 cm), les effectifs de Marantaceae du Nord de la réserve forestière de Yoko sont plus importants et contribuent le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu. Dans les classe (>1-1 cm), l'effectif de Marantaceae de l'Ouest de la réserve forestière de Yoko est plus important et contribue le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu. Dans les classes (3-4 cm), l'effectif de Marantaceae de Biaro est plus important et contribue le plus à la différence significative de χ^2 total obtenu.

Pour bien interpréter la dégénérescence observée dans les classes de diamètre, nous avons apprécié la structure de cinq espèces les plus importantes dans chacun de cinq sites (Figure 7.5). Les tolérants à l'ombre (TO) qui sont majoritairement plus importantes (Tableau 6.2) présentent une distribution désaxée vers la droite, c'est-à-dire une asymétrie positive pour la plupart. C'est les cas de *Barteria nigritiana* Hooker, *Scaphopetalum thonnerii* De Wild & Th. Dur, *Campylospermum sp.*, *Trilepisium. madagascariense* DC, *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr, *Olax gambecola* Bailon, *Thomandersia hensii* De Wild. & Th. Dur. L'espèce *Aidia micrantha* (K. Schum.) F. White présente en plus de la structure à asymétrie positive, une structure irrégulière. Cette structure est aussi observée chez l'espèce *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben.

Les héliophiles non pionniers (HNP) présentent un comportement variable, tantôt, une distribution désaxée vers la droite tantôt une distribution irrégulière. C'est le cas de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb. Une structure à symétrie positive est observée aussi chez les espèces *Rinorea oblongifolia* (C. H. Wright) Marquand ex Chipp et *Myrianthus. preussii* Engler, seule héliophile pionnier. L'espèce *Alchornea floribunda* Mull. Arg présente, à la différence de toutes les autres espèces, une augmentation des effectifs dans les classes initiales >1-1 cm et 1-2 cm, effectifs qui diminuent sensiblement par la suite, à partir des classes intermédiaires.

Enfin, *Xylia ghesquierei* Robyns est la seule espèce qui présente la structure classique en L. Un nombre important d'individus s'observe dans les classes initiales, alors qu'il décroît au fur et mesure que le diamètre augmente. C'est la seule espèce qui présente une bonne régénération.

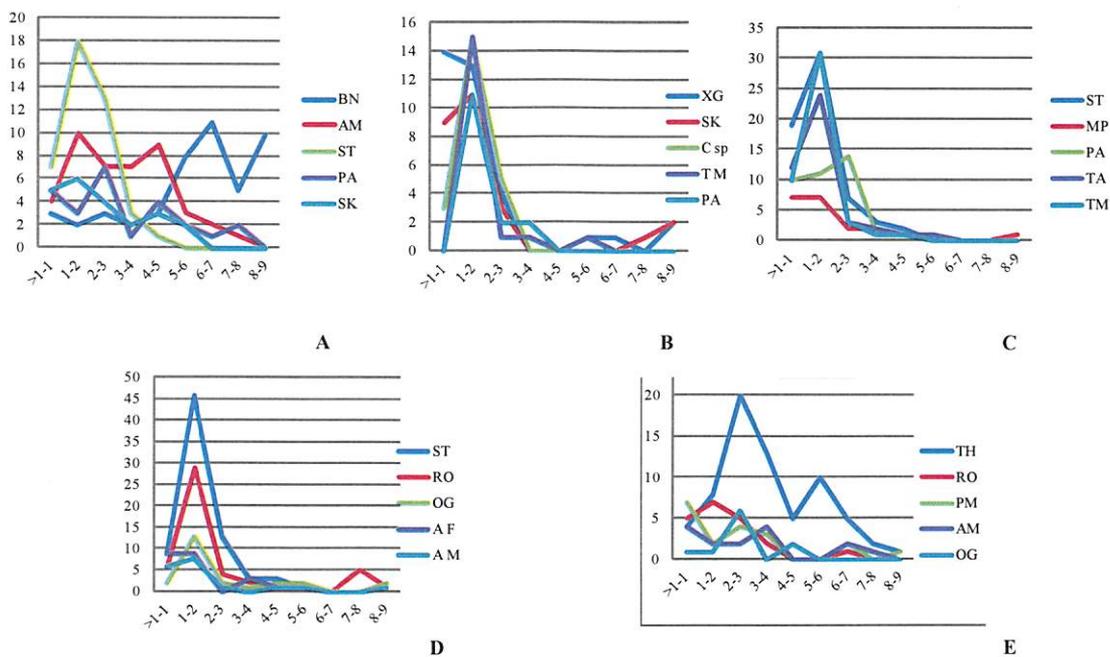


Figure 7.5 Dynamique de répartition des plantules ligneuses (diamètre <math>< 10\text{ cm}</math>) par classe de diamètre des espèces les plus importantes dans les forêts Marantaceae.

Légende : **A** = Marantaceae Nord réserve forestière Yoko, **B** = Marantaceae Est réserve forestière Yoko, **C** = Marantaceae Ouest réserve forestières Yoko, **D** = Marantaceae Sud réserve forestière Yoko, **E** = Marantaceae de Biaro., BN = *Barteria nigritiana*, AM = *Aidia micrantha*, ST = *Scaphopetalum thonnerii*, SK = *Staudtia kamerunensis*, PA = *Pycnanthus angolensis*, XG = *Xylocarpus ghesquierii*, C sp = *Campylopermum sp*, MP = *Myrianthus preussii*, TA = *Turraeanthus africanus* TM = *Trilepisium madagascariense*, RO = *Rinorea oblongifolia* = OG : *Olax gambecola*, AF = *Alchornea floribunda* TH = *Thomandersia hensii* PM = *Petersianthus macrocarpus*.

7.3.4. Taux de mortalité dans les forêts à Marantaceae

Le taux de mortalité est étudié dans quatre sites des forêts à Marantaceae (Est, Ouest et Sud de la réserve forestière de Yoko) et dans les Marantaceae de Biaro sur une durée de 12 mois allant de mars 2013 à mars 2014 (Tableau 7.5). Dans chaque site, deux placettes de 10 m x 10 m ont été suivies. Un comptage statistique était réalisé dans chaque placeau à partir de 10 mars 2013 et un recomptage au a été réalisé aussi 10 mars 2014.

Tableau 7.5 Taux de mortalité des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae.

Légende : MarRFYW = Marantaceae Ouest réserve forestière de Yoko (placette 1 & 2), MarRFYE = Marantaceae Est réserve forestière de Yoko (placette 1 & 2) MarRFYS = Marantaceae Sud réserve forestière de Yoko (placette 1&2), MarBia = Marantaceae de Biaro (placette 1&2.).

Site	Effectif des Plantules		
	2012	2013	Taux de Mortalité (%)
MarRFYW1	136	73	46,32
MarRFYW2	136	116	14,71
MarRFYE1	44	26	40,91
MarRFYE2	94	66	29,79
MarRFYS1	93	62	29,79
MarRFYS2	115	93	19,13
MarBia1	130	104	20
MarBia2	64	61	20
Moyenne	101,5±34,26	75,13±28,53	23,22±12,26

Le taux de mortalité des plantules ligneuses est variable d'un site à un autre. Il est plus élevé dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko où il varie 46,32 % à 14,71 % et de 20,00 % à 4,69 % à Biaro.

7.3.5. Corrélation entre le rapport numérique des tiges de Marantaceae et des plantules ligneuses dans les forêts à Marantaceae

Un comptage statistique systématique (Tableau 7.6) des tiges des Marantaceae et des plantules ligneuses (diamètre < 10 cm) a été effectué dans huit placettes de 10 m x 10 m choisies dans les quatre sites des forêts à Marantaceae Est, Ouest et Sud de la réserve forestière de Yoko et de Biaro).

Tableau 7.6 Dénombrement des plantules ligneuses et des tiges des Marantaceae dans les forêts à Marantaceae.

Légende : MarRFYW = Marantaceae Ouest réserve forestière de Yoko (placette 1 & 2),
 MarRFYE = Marantaceae Est réserve forestière de Yoko placette (placette 1 &2)
 MarRFYS = Marantaceae Sud réserve forestière de Yoko (placette 1&2),
 MarBia = Marantaceae de Biaro. (placette1&2.).

Site	Nombre plantules	Nombre tiges Maranatceae
MarRFYW1	93	766
MarRFYW2	115	862
MarRFYE1	44	1 018
MarRFYE2	94	985
MarRFYS1	139	680
MarRFYS2	136	680
MarBia1	130	573
MarBia2	64	810
Moyenne	101,5 ± 34,26	798,75 ± 152,87

Pour un niveau de confiance égal à 95 %, la moyenne des plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm est de $101,5 \pm 34,26$ alors qu'elle est égale à $798,5 \pm 152,87$ pour les tiges à Marantaceae. A superficie équivalente, on remarque que la moyenne des plantules est strictement inférieure à la moyenne des tiges des Marantaceae.

Le test de corrélation de Pearson entre le nombre de tiges des Marantaceae (variable explicative) et le nombre des plantules ligneuses (variable dépendante) atteste une relation inversement proportionnelle ($a = - 0,167$). Cela signifie que le nombre des plantules ligneuses augmentent chaque fois que le nombre des tiges des Marantaceae diminuent.

Pour confirmer la signification du coefficient de corrélation, le test t de Student a été utilisé. La valeur de t étant tirée de la relation $t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ (20). Où n = le nombre de paires d'observation et r le coefficient de corrélation. Pour un degré de liberté (ddl $n-2$, soit = $8-2$ égal à 6), au seuil ($\alpha = 0,05$), la valeur ($t_{cal} = 2,600$) $>$ t_{tab} (= 2,447), le nombre des plantules ligneuses est corrélé négativement de manière significative au nombre de tiges des Marantaceae.

La courbe de corrélation de nombre de tiges de Marantaceae et le nombre de plantules ligneuses est illustrée dans la figure 7.6.

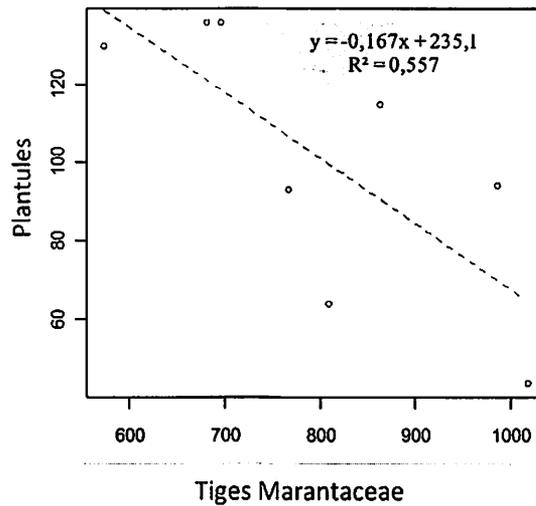


Figure 7.6 Courbe de régression linéaire entre le nombre des tiges des Marantaceae (variable explicative) en abscisse et le nombre des plantules ligneuses (variable dépendante) en ordonnée.

Ces résultats montrent que plus le nombre de tiges des Marantaceae est élevé, plus le nombre de plantules de ligneux est faible.

7.4. Régénération assistée et aménagement des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs

Tout aménagement des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs devra procéder par l'évaluation du potentiel futur des ligneux qui apparait en déliquescence sensible. Les opérations sylvicoles de regarnissage ne peuvent passer que par des régénérations assistées, soit par l'introduction des essences lumières élevées préalablement en pépinière, soit par les éclaircies de la biomasse feuillée de ces monocotylédones géants

Dans cette étude, la régénération assistée a été expérimentée en procédant par les éclaircies de toute la biomasse aérienne et souterraine des Marantaceae dans les placeaux de 2 m x 2 m. Après avoir évalué le potentiel du recrû préexistant par un comptage statistique, ces plantules étaient par la suite marquées. Deux mois plus tard, un recomptage a été effectué. Au total, 10 placeaux de 2 m x 2 m ont été suivis.

La figure 7.7 présente un plateau de départ couvert des Marantaceae (A) et un plateau (B) où est réalisée l'éclaircie par coupe rase de toutes les tiges des Marantaceae.

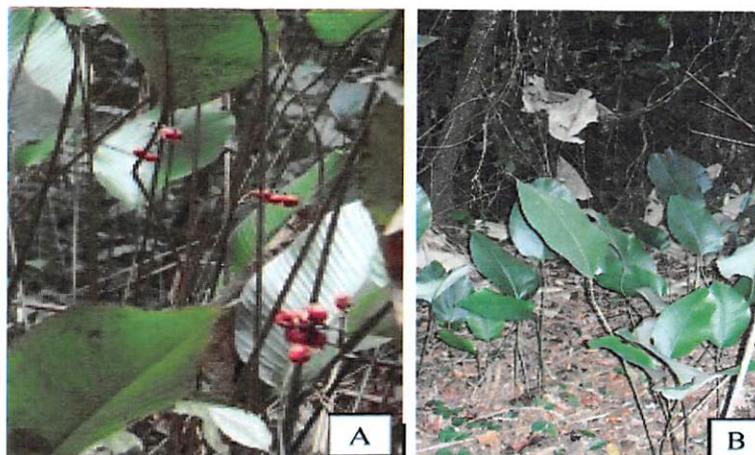


Figure 7.7. A = placette de 2 m x 2 m couvert des Marantaceae, B = placette où est pratiquée l'éclaircie par coupe rase des Marantaceae.

Après deux mois d'observation, les statistiques du potentiel de régénération avant et après la coupe rase sont consignées dans le tableau 7.7.

Tableau 7.7 Potentiel de régénération (nombre de plantule) avant et après éclaircie par coupe rase des Marantaceae

Quadrant	Nbre Plantules avant éclaircie	Nbre Plantules après éclaircie	Nbre Plantules en augmentation
I	5	30	25
II	19	37	18
III	6	36	30
IV	18	37	19
V	4	39	35
VI	13	33	20
VII	7	31	24
VIII	21	55	34
IX	4	20	19
X	11	25	14
Moyenne	10,8±43,51	28,9±7,69	23,5±7,43

La régénération des ligneux est passée de $10,8 \pm 43,51$ en moyenne à $23,5 \pm 7,43$ après coupe rase dans les plateaux de 2 m x 2 m. Le test t d'indépendance (Figure 7.8) des moyennes atteste une différence hautement significative entre la densité initiale des plantules préexistantes et la densité des plantules nouvellement installées ($t = 4,2257$; $dl = 18$; $p-v = 0,0005131***$).

Ces résultats confirment l'importance de l'influence de la lumière dans la régénération des plantules. La pénétration d'un flux lumineux dans le sol a enclenché la germination des graines qui étaient en dormance sous la biomasse des herbacées.

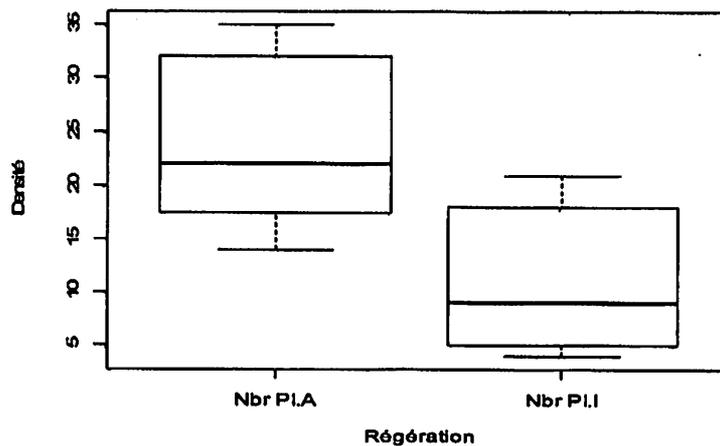


Figure 7.8 Dispersion de densité des plantules dans les Placeaux sous couvert à Marantaceae et les Placeaux sous coupe rase.

7.5. Discussion

7.5.1. Dynamique de régénération, taux de mortalité et structure de diamètre des plantules dans les forêts à Marantaceae

La régénération des ligneux dans les forêts à Marantaceae, toutes espèces confondues, est très faible. Pour un niveau de confiance égal à 95 %, elle est en moyenne égale à $105,24 \pm 89$ plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm dans une placette de 10 m x 10 m dans la réserve forestière de Yoko. Cette moyenne est près de 5 fois inférieure à celle des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et 4 fois inférieure à celle des forêts mixtes. La moyenne la plus basse est observée dans les Marantaceae de Biaro, $47,67 \pm 36,13$ plantules ligneuses par placette, soit 9 fois inférieure à celle des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et 6 fois inférieure à celle des forêts mixtes. Une différence hautement significative est observée entre les différents groupements (Anova: $F = 120,40$; $p-v < 2.2 \times 10^{-16}$ ***). Considérés deux à deux, le test post-hoc de Tukey de comparaison des moyennes multiples atteste une différence hautement significative entre les forêts à Marantaceae et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard ainsi qu'entre celles-ci et les forêts mixtes ($p-v < 0,05$ ***). Par ailleurs, une différence non significative s'observe entre les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les Marantaceae de Biaro ($p-v > 0,05$).

Les résultats similaires ont été observés à Odzala où la densité de régénération très significativement faible, soit 10 à 70 tiges par 100 m² était révélée dans les forêts denses à Marantaceae et 804 à 984 tiges par 100 m² dans les forêts denses sèches à Marantaceae (Gillet, 2013).

Ce déficit justifie la capacité de ces herbacées à dominer facilement l'espace acquis au détriment de la régénération des ligneux durant de longues périodes (Lejoly, 1996 ; Brncic, 2002 ; Kouka, 2004 ; Gillet et *al.*, 2008 ; Kukupula, 2009 ; Gillet, 2013).

Une différence significative a été parfois aussi observée entre les moyennes des Marantaceae dans certains sites. C'est le cas des Marantaceae du Nord et de l'Est de la réserve forestière de Yoko et les Marantaceae du Sud et du Nord de la réserve forestière de Yoko et les Marantaceae de l'Ouest du Nord de la réserve forestière de Yoko ($F = 10,697$; $p-v < 0,05$).

Plusieurs facteurs permettent aux Marantaceae de rivaliser avec les autres végétaux pour former des bosquets monodominants persistants (De Foresta, 1990 ; Brncic, 2002 ; Vandeweghe, 2004) à savoir, (i) la production d'une couche de feuille dense, (ii) la reprise rapide des rhizomes après chaque perturbation. Ces puissants rhizomes ramifiés leur permettent, à partir d'une seule graine, d'étendre considérablement l'envergure de leur appareil végétatif et d'occuper ainsi de vastes espaces, (iii) elles suscitent la concurrence souterraine et la concurrence pour la lumière avec les jeunes plans et (iv) leur croissance clonale.

Cette rivalité vis-à-vis des ressources empêche notablement la croissance du potentiel des plantules et elle est la base d'un taux de mortalité important. Ainsi, un taux moyen de 23, 23 % a été observé dans les Marantaceae de la Réserve forestière de Yoko et de Biaro.

L'impact d'inhibition de ces herbacées ne touche pas que des ligneux. A Odzala, Bruguère et *al.*, (2000) ont observée une diminution de densité de petits primates parallèlement de 40 % avec 2,99 troupes par km (toutes espèces confondues). Les singes les plus lourds, *Lophocebus albigena* (mangabé à joues blanches) et *Cercopithecus nictitan* (cercopithèque hocheur) qui utilisent préférentiellement les hautes strates de la forêt, étaient plus sensibles à l'ouverture de la canopée. Les singes n'étaient pas les seuls à être affectés. La raréfaction des ressources fruitières a agi négativement aussi sur la densité des mammifères

frugivores comme les céphalophes et les écureuils ou encore sur celle des gros oiseaux frugivores.

En conséquent, ces impacts suggèrent que la colonisation des Marantaceae dans un espace forestier impactent négativement et de manière non discriminatoire toute la diversité. Ces herbacées créent les conditions difficiles d'établissement des espèces forestières et peuvent aller jusqu'à bloquer le processus de régénération (Nepstad et *al.*, 1991).

L'analyse numérique entre le nombre des plantules ligneuses et le nombre des tiges des Marantaceae fait observer un rapport fortement disproportionnel, (Kukupula, 2009 ; Mbayu, 2009 ; Gillet, 2013). Un rapport significatif corrélé négativement a été observé entre le nombre des tiges des Marantaceae et le nombre des plantules ligneuses ($t = 2,6$, $ddl = 6$, $p-v = 2,289e-06$ (Figure 7.7).

En revanche, l'avis de (White et *al.*, 1995 ; Elizabeth Rogers et *al.*, 1987) semble aller dans l'autre sens. Pour eux, les Marantaceae sont parfois très prisés par les grands mammifères (Buffles, éléphants et gorilles). Ces herbacées jouent un rôle très important dans leur alimentation. Fay (1991) pense même que la densité de ces mammifères peut y être très élevée.

Mais, ce qu'il faut noter est que la biodiversité d'une forêt est en partie liée à sa complexité structurale. L'on peut mesurer aisément ce que la simplification structurale due à l'envahissement du tapis d'herbacées à Marantaceae pourrait entraîner à long terme sur la richesse de la forêt.

Un autre constat à épingle est la dégénérescence observée de la structure de diamètre des plantules (diamètre < 10 cm) pour toutes les espèces qui ont été suivies dans les cinq sites des forêts à Marantaceae (Nord, Ouest, Sud et Est de la réserve forestière de Yoko et à Biaro). Evidemment, le test de $\chi^2 = 308,81$; $ddl = 32$; $p-v < 0,05$) de comparaison des structures de diamètre des plantules ligneuses a attesté qu'il existe un effet "site" net. L'analyse des résidus a montré les classes de diamètre qui ont contribué à cette différence de χ^2 totaux obtenus. Ainsi la classe de diamètre (1 cm à 2 cm) au sud de la réserve, les classes (2 cm à 3 cm, 4 cm à 5 cm et 6 cm à 7 cm) au Nord de la réserve, la classe (>1 cm à 1 cm) à l'Ouest de la Réserve et enfin, la classes (3 cm à 4 cm) à Biaro.

Dans tous les cas, il s'observe que les classes extrêmes, les petites classes (>1cm à 1cm) et les grandes classes (4cm à 5cm et 8 cm à 9 cm) présentent une densité faible par rapport aux classes intermédiaires (1cm à 2 cm et 3 cm à 4 cm). Cette distribution à asymétrie positive présage une faible régénération apparemment liée à des perturbations dans le milieu (Puig, 2001). Pareille structure est différente de la structure observée dans les forêts denses humides. Globalement, la structure diamétrique par classe de 1 cm à 10 cm répartie par classe de 1cm dans les forêts denses humides, suit la loi du type exponentiel (Rollet, 1974).

Pour bien examiner cette hypothèse, la structure diamétrique de 5 espèces les plus importantes (Figure 6.5) a été observée, puis leur tempérament a été déterminé (Tableau 6.2). En effet, une variabilité des comportements se dégage même pour les espèces à tempéraments identiques (Figure 6.6). La plupart des tolérants à l'ombre (TO) ont présenté la structure asymétrique positive. C'est le cas de *Barteria nigrifolia* DC, *Scaphopetalum thonnerii* DC, *Campilospermum* sp, *Trilepisium madagascariense* DC, *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C.DC.) Pellegr., *Olax gambecola* Muell. Arg, *Thomandersia hensii* De Wild. & Th. Dur. L'espèce *Aidia micrantha* (K. Schum.) F. White présente en plus de la structure en cloche, une structure irrégulière. La structure irrégulière est aussi observée pour l'espèce *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben.

Les héliophiles non pionniers (HNP) présentent aussi un comportement très variable. Tantôt, certaines présentent une structure asymétrique positive, tantôt, une structure irrégulière. C'est le cas de *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb. De plus, une structure asymétrique positive est observée chez l'espèce *Rinorea oblongifolia*. L'espèce *Myrianthus preussii* Engler et *Alchornea floribunda* Mull. Arg. présentent, à la différence de toutes les autres essences, une augmentation des effectifs dans les classes initiales >1-1 cm et 1-2 cm qui commencent à diminuer sensiblement à partir de classes intermédiaires. L'espèce *Xylia ghesquierei* Robyns est la seule qui présente la structure qui suit la structure du type exponentielle.

L'analyse de la structure d'une forêt tropicale humide montre cette variabilité de structure d'après les espèces, genres ou familles. Cette variation reflète dans la plupart de cas, le tempérament des espèces (Puig, 2001). Cette variabilité des comportements s'expliquerait par la fluctuation du flux lumineux dans la masse feuillée des Marantaceae. C'est ainsi que Rollet (1974) a présumé que les espèces montrent des comportements très différents au point de vue de leur réaction à la lumière dans le jeune âge et possèdent des particularités propres

relatives à leur croissance et au grégarisme. Cela conduirait à des types des structures beaucoup plus variées que la structure générale du peuplement en forme de L plus ou moins dressé, en cloche tronquée ou asymétrique, en S plus ou moins étiré, ou présentant une distribution étalée et presque indépendante du diamètre.

La lumière joue un rôle fondamental pour la germination du potentiel séminal du sol et la croissance du recrû préexistant. Les variations de son intensité et la composition de son spectre influencent la croissance, la production et la productivité des écosystèmes forestiers et indirectement sa structure (Hall et *al.*, 1981 ; Puig, 1989 ; Clark, 1990 ; Puig, 2001 ; N'dja, 2010). La diminution de l'intensité qui pénètre varie évidemment en fonction du couvert, de l'agitation des feuilles et de l'angle d'incidence des rayons solaires (Puig, 2001, 1989).

7.5.2. Régénération assistée dans les forêts à Marantaceae

Les forêts à Marantaceae sont considérées comme des écosystèmes dont la régénération et l'évolution sont extrêmement lentes et déficientes du fait de la couverture quasi inextricable de leurs masses foliaires en surface et de leurs rhizomes dans le sol (Lejoly, 1996 ; Brncic, 2002). Néanmoins, la régénération assistée par coupe rase de la biomasse aérienne et souterraine de ces herbacées géantes réalisées dans quelques placeaux a fait augmenter la densité du recrû préexistant. Cette opération sylvicole s'avère nécessaire pour tout aménagement des forêts à Marantaceae.

Globalement, pour toutes espèces confondues, il a été noté une augmentation des plantules ligneuses à hauteur de $23,5 \pm 7,4$ % en moyenne. Cette augmentation fait croire que le potentiel séminal du sol qui étaient en dormance sous la masse feuillée des Marantaceae a trouvé un flux lumineux optimal qui lui a permis d'enclencher sa germination (Rey, 1997).

La régénération assistée a fait l'objet d'un essai dans les Marantaceae au Congo Brazza par Gillet en (2013). Le but était de redynamiser la régénération déficiente des espèces héliophiles, d'une part, par les plantules naturelles préexistantes, inventoriées et identifiées puis dégagées de la végétation concurrente avoisinantes ; et d'autre part, par les plantules produites en pépinière puis introduites pour maintenir la densité linéaire dans tous les 4 m. Cette sylviculture a abouti à des performances remarquables. Les espèces *Canarium schweinfurhii* Engl, *Ricinodendron heudelotii* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Terminalia superba* Engler & Diels *Nauclea diderrichii* (De Wild. & T. Durand) Mer, suivies pendant une année, ont présenté une croissance moyenne comprise entre 124 cm et 154 cm. L'espèce plantée la

plus performante était *Triplochiton scleroxylon* K. Schum qui a présenté une croissance en hauteur égale à 95 cm au cours d'une seule année.

Nombreuses interventions basées sur l'amélioration sylvicole des peuplements naturels ont été réalisées. Il s'agit d'interventions en forêt naturelle par lesquelles le sylviculteur cherchait à favoriser la croissance des essences précieuses de façon à valoriser et à ordonner la forêt en vue de sa bonne gestion. Ces interventions s'inscrivent dans les divers aspects de l'aménagement des forêts (CTFT, 1989 ; Dupuy, 1989). A Yangambi, plusieurs essais étaient réalisés par l'INERA depuis l'époque coloniale. Cependant, comme partout en Afrique, les méthodes visant la régénération naturelle avec ouverture plus au moins du couvert ont fourni des résultats très aléatoires puisque soumises à une grande variabilité de conditions d'application, au problème de dosage de lumière, les coûts des travaux, le nombre d'intervention et l'étalement des travaux dans le temps. Pire encore, elles ont été abandonnées en cours (CTFT, 1989).

En ce qui concerne cette étude, l'essai de la régénération assistée dans les forêts à Marantaceae n'avait pas le but de privilégier une quelconque catégorie d'espèce. Il était essentiellement question d'observer le comportement du potentiel du recrû préexistant (toutes les espèces confondues) et du potentiel séminal face à lumière, après la coupe de toutes les Marantaceae. Cet essai a permis de comprendre, d'une part, que les sols des Marantaceae regorgent un potentiel séminal important qui n'attendait que la lumière pour enclencher leur germination ; d'autre part, de voir que le potentiel du recrû préexistant a présenté une performance en croissance après l'apport brutal du flux lumineux.

Afin que la régénération qui s'installe prospère, elle devra outrepasser le tapis des herbacés qui les avoisinent ainsi tenter ralentir leur développement par une fermeture optimale de la couverture arborée (Gillet, 2003). Néanmoins, le court temps que nous avons accordé à cet essai ne nous a pas permis de suivre l'intégralité de la dynamique de régénération assistée.

7.6. Conclusion

L'impact des forêts à Marantaceae sur la régénération des ligneux dans la réserve forestière de Yoko et ses environs est significatif. Ces herbacées inhibent sensiblement la régénération et la croissance du potentiel du recrû préexistant et du potentiel séminal. Cet impact se traduit par une réduction significative de la densité des plantules ligneuses à

diamètre inférieur à 10 cm comparativement aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. De plus, dans les conditions de concurrence très accrue, le recrû en croissance accuse un taux de mortalité significatif de l'ordre de 23,22 % en moyenne.

Les quelques essences qui se régénèrent dans ces herbacées à Marantaceae sont majoritairement des tolérants à l'ombre et quelques héliophiles présentant une structure malheureusement en cloche ou irrégulière attestant une régénération faible dont la densité est inversement proportionnelle à la densité des tiges des Marantaceae.

Toute opération d'aménagement des forêts à Marantaceae dans la région devra procéder par la régénération assistée par des éclaircies à coupe rase de la biomasse encombrante des Marantaceae. L'essai de régénération assistée pratiquée dans cette étude a permis la pénétration d'un flux lumineux optimal qui a enclenché la germination du potentiel séminal et a dynamisé la croissance du recrû préexistant. Mais, il faudra y consacrer plus de temps pour bien évaluer la dynamique du potentiel ligneux en croissance.

Chapitre 8.

Discussion générale

La présente étude se réalise dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko. La présence des Marantaceae dans cette aire protégée indique que les forêts de cette région ont connu des perturbations dans les temps passés.

Les objectifs poursuivis par cette recherche consistent :

- (i) à mettre en évidence, par l'approche anthracologique, les indicateurs qui authentifient les perturbations des forêts dans la région de Yoko et ses environs,
- (ii) à évaluer l'impact des perturbations prétendument à l'origine de ces herbacées sur le cortège floristique des forêts matures anciennes et sur celui des forêts récentes,
- (iii) à évaluer le potentiel de régénération des ligneux (diamètre < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sur la même toposéquence,
- (iv) à évaluer la richesse floristique et les caractéristiques structurales des ligneux ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sur la même toposéquence.

Les résultats de cette étude ont déjà fait l'objet d'une discussion détaillée dans les chapitres 5, 6 et 7. Ce chapitre intitulé Discussion générale, rappelle et discute quelques résultats principaux ci-après :

- les indicateurs des perturbations (biologiques et non biologiques et spatiaux),
- le cortège floristique identifié des charbons des bois fossiles des forêts anciennes,
- les densités des ligneux (DHP < 10 cm) dans les forêts à Marantaceae (éventuellement leur taux de mortalité) par rapport à celles des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.,
- le cortège floristique et les caractéristiques structurales des forêts à Marantaceae par rapport à ceux des forêts mixtes et des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, éventuellement les traits fonctionnels indicateurs des forêts à Marantaceae par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

8.1. Indicateurs des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs : hypothèse d'anthropisation des forêts anciennes de la région et période de perturbation

8.1.1. Indicateurs inertes et biologiques

La présence et le maintien de grands îlots des tapis d'herbacées au sein des massifs forestiers de la réserve forestière de Yoko et ses environs authentifie que les forêts matures anciennes auraient connu des perturbations, surtout lorsqu'on connaît l'écologie de ces herbacées. Quatre indicateurs retrouvés au cours de cette recherche attestent ces perturbations : (i) les charbons de bois fossiles, (ii) les fragments de la céramique, (iii) la taille des îlots infestés par ces herbacées dans les forêts de la région et (iv) le taux d'héliophiles observés dans les peuplements à Marantaceae.

Les deux premiers indicateurs qui sont des fossiles (les Charbons de bois et la céramique) constituent la matière inerte. Ils ont été récoltés dans les sous-sols. Le deuxième groupe comprend les indicateurs biologiques qui sont des traits fonctionnels à tempérament héliophiles. Un taux élevé d'héliophiles pionniers et non pionnier est observé dans les forêts à Marantaceae et dans les forêts mixtes de la région. Les héliophiles (pionniers et non-pionniers) sont des indicateurs de perturbation ancienne ou récente (Hawthorne, 1996 ; Chave, 2000 ; Doucet, 2003 ; van Germerden, 2004 ; Adou Yao et *al.* 2005 ; Gonmadje, 2012; Vleminckx J. 2015; Gonmadje). Enfin, l'indicateur lié à l'espace occupé par les îlots à Marantaceae. La taille des îlots infestés par les Marantaceae dépasse la taille des chablis rencontrés dans la région.

1°. Les indicateurs inertes : charbons de bois et de la céramique

Au cours de cette étude, des quantités importantes des charbons fossiles de taille supérieure à 1 mm et des morceaux de la céramique ont été récoltés dans 12 fosses qui ont été creusées dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro.

Les charbons fossiles se sont superposés sur des profils allant de 10 cm à 70 cm dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko. Leurs anthracomasses mesurées par couche de 10 cm de profondeur dans les différentes fosses pédoanthracologiques varient de 0,00 gr à 34,04 gr. A Biaro, les charbons de bois fossiles ont été récoltés de 10 cm à 60 cm de profondeur. Leurs anthracomasses varient de 0,00 gr à 112,8 gr (Tableau 5.1). Ces indicateurs analysés de manière stratifiée dans les différentes fosses peuvent révéler les

conditions de gestion du milieu par l'homme (Marguerie & Hunot, 2007).et superposer l'évolution de la végétation au cours du temps (Neumann, 1989 ; Giresse, et al., 1994 Carcaillet et al., ; 1997, Hubau, 2013).

D'autres quantités importantes des charbons de bois ont été récoltées dans les sous-sols des peuplements primaires et secondaires de la réserve forestière de Yoko (Tshibamba al., 2013).

Dans les forêts secondaires à dominance à *Macaranga spinosa* Müll, les charbons des bois se sont succédés jusqu'à 140 cm profondeur. Les anthracomasses variant de 0,783 mgr à 352,136 mgr y ont été quantifiés. Dans les forêts secondaires à dominance de *Macaranga spinosa* Müll.arg., les charbons de bois étaient recueillis jusqu'à 120 cm de profondeur. Les anthracomasses quantifiées de 0,00 mgr à 184,917 mgr y ont été observées (Tshibamba, 2010 ; Tshibamba et al., 2013 et 2014)

Dans les forêts primaires à dominance de *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, les charbons ont été recueillis jusqu'à 110 cm. Leurs anthracomasses variant de 0,00 mgr à 12, 335 mgr y ont été quantifiés. Dans les forêts primaires à dominance de *Scorodophloeus zenkeri* Harms, les charbons fossiles se sont succédés jusqu'à 90 cm (Tshibamba et al., 2013).

D'autres quantités importantes étaient récoltées dans les forêts de Masako, de Yangambi (Tshibamba al., 2013), dans les forêts d'Ituri (Marcader et al., 2000) et dans le Mayumbe (Hubau, 2013). De même, dans le bassin du Congo d'importantes quantités des charbons de bois fossiles ont été aussi récoltés dans les forêts du Nord de la République du Congo (Gillet, 2013), dans les forêts camerounaises (Mori-Rivat et al., 2014), etc.

Le charbon de bois témoigne le passage d'un feu (Giresse et al., 1994 ; Gillet et al., 2008 ; Hubau et al., 2012). Ce feu peut avoir deux origines : l'origine naturelle, c'est par exemple les cas de foudre, des éruptions volcaniques ou la chute de météorites (Scott et al., 2000). Ou encore, il peut être d'origine anthropique. Le feu est utilisé par l'homme pour ses activités champêtres (Mayaux et al., 2003 ; Hansen et al., 2008) ou pour des usages domestiques divers (le feu utilisé dans les campements de chasse et de pêche pour le fumage des gibiers ou des poissons, la cuisson des aliments, etc.). Dans ce dernier cas, il s'agit des

bois morts ramassés dans les forêts qui sont utilisés. Dans tous les deux cas, le feu peut avoir des impacts significatifs sur les massifs forestiers.

Pour Vande weghe (2004), la récente régression forestière (vers 2500 BP) semble coïncider avec l'apparition de l'agriculture itinérante sur brûlis dans les massifs forestiers d'Afrique centrale. Certains objets d'origine anthropiques appelés artefacts perdurent dans les sols des massifs forestiers d'Afrique centrale il y a plusieurs siècles.

Le deuxième indicateur, c'est la céramique. Un important lot de poterie de taille variable a été récolté jusqu'à 30 cm de profondeur. La dimension des morceaux de poterie recueillis dans les forêts à Marantaceae de Yoko et de Biaro varie [> 1 cm à > 7 cm]. De ce lot récolté, deux catégories de céramique ont été découvertes, la céramique décorée à la roulette en bois et la céramique non décolorée (Figure 5.2). La céramique décorée se caractérise par de motifs répétitifs réalisés à la roulette en bois. Cet instrument a été utilisé il y a plus de 5 siècles (Livingstone Smith et *al.*, 2010). La céramique non décorée apparaissant très érodée sur la face extérieure, il est difficile de faire une quelconque extrapolation sur l'âge de pareils fragments (Livingstone Smith *com.pers.*).

La poterie est un indicateur de sédentarisation de la civilisation Bantoue. Dans le bassin du Congo, les quantités importantes de poterie ont été récoltées le long du réseau hydrographique de la rive droite (Emphoux, 1982 ; Eggert, 1992 ; Brncic et *al.*, 2006). La céramique la plus ancienne de ces collections datée de 2 700 - 2 050 ans calBP (Eggert, 1987).

Tout récemment, dans les forêts denses humides semi-décidues à *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. et à *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen au Nord de la République du Congo, Gillet (2013) a récolté une poterie datée de 1 700 à 1 550 cal BP.

En RD Congo, l'histoire de la céramique n'est pas très ancienne. Elle s'est développée avant 19^e siècle (Cornelissen et *al.*, 2013). En région de Kisangani, les études archéologiques sont très moins fouillées. Toutefois, une équipe des archéologues de l'expédition « Boyekoli Ebale Congo 2010 » a rassemblé de grandes collections de la céramique tout au long du fleuve Congo et sur ses affluents, de Kisangani à Lisala (Livingstone Smith et *al.*, 2010). Ces collections sont en cours d'études au Musée Royal de l'Afrique Centrale.

Quelques collections ont été retrouvées tout récemment par Cornelissen *et al.*, (2013) dans les villages de Badile, Bayaswa, Baombi II, Bayanguma, Basule et Balila sur la rivière Lindi au Nord-ouest de la zone ici en étude et sur la rivière Lomami. Les premières analyses ont établi que des styles décoratifs de ces poteries indiquent l'existence d'au moins deux grandes phases culturelles. D'une part, une occupation qui semble relativement récente et d'autre part, une occupation qui remonterait à 2 000 ans.

Le troisième indicateur, c'est la taille des zones infestées par les Marantaceae dans la réserve forestière de Yoko et ses environs. Cette taille varie de 100 m² à plus de 25 000 m². Quand on compare pareilles tailles à celles des forêts à Marantaceae de l'Est de la rivière Mambili (2 500 km²) (Brugière *et al.*, 2000 ; Gillet et Doucet, 2013 ; Gillet, 2013), les savanes centro-gabonaises (Marcader *et al.*, 2000), et les savanes de la région de Lopé au centre du Gabon (Doucet, 2003), les Marantaceae de la région de Yoko sont très moins étendues. Mais, leur taille dépasse toutefois celle des chablis habituellement rencontrés dans la région.

Il importe de souligner cependant que, la taille des Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro fait penser à des îlots noyés dans les massifs forestiers. Leur taille paraît équivalente à la taille allant d'un champ à un village actuel dans cette région.

Le dernier indice enfin, c'est le taux d'héliophile. Les héliophiles sont réputés envahir les zones ouvertes (Letouzey, 1968 ; Lubini, 1986 ; Dhetchuvi, 1994). Les peuplements à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro se sont singularisés par un taux très élevé de traits fonctionnels à tempérament héliophile par rapport aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ce taux varie d'un site à un autre entre 22,11 % et 62,87 % dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et entre 19,02 % et 35,75 % dans les Marantaceae de Biaro. Alors que dans les forêts mixtes, il varie entre 13,40 % et 24,45 %. Très faiblement entre 0,72 % et 2,96 % dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Ces taux de traits fonctionnels à tempérament héliophile indiquent que les forêts de la région se seraient secondarisées à la suite des perturbations sur des zones importantes. C'est le cas observé dans les forêts à Marantaceae et dans les forêts mixtes. Le taux faible d'héliophiles observés dans les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard est apparemment dû à des chablis. Le chablis est le résultat d'une dynamique régulière pour un écosystème forestier qui fonctionne dans les conditions écologiques optimales.

Pour beaucoup d'auteurs (White, 1986 ; Puig *et al.*, 1989 ; Van der Meer *et al.*, 1995 ; Durand, 1999 ; Chave, 2000), l'augmentation de taxons héliophiles dans un peuplement met en évidence des perturbations.

8.1.2. Inférence sur l'hypothèse d'origine anthropique des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs

Les analyses portées sur les différents indicateurs rencontrés dans les forêts à Marantaceae de la région de Yoko et de Biaro suscitent quelques hypothèses qui méritent d'être approfondies.

Quand on analyse minutieusement les trois premiers indices, les charbons de bois fossiles, la céramique ainsi que la taille des ilots des Marantaceae dans le contexte écologique de la zone en étude, l'on pense avec un moindre risque de se tromper, qu'il s'agit des actions anthropiques. Les charbons de bois récoltés par quantité importante dans les sous-sols de toute la région de Yoko et ses environs proviennent, soit des pratiques d'assèchement, soit des feux domestiques dans le passé. Sur base des hypothèses similaires (Aubréville, 1949 ; Lebrun et Gilbert, 1954 ; Létouzey, 1968 ; Lubini, 1986) ont suggéré que les forêts à Marantaceae de l'intervalle de la rivière Sangha au Congo Brazzaville serait une parfaite illustration des conséquences des perturbations des activités anthropiques. Évidemment, les charbons des bois peuvent avoir l'origine naturelle, comme signalé au départ. Mais, les traces de paléofeux aujourd'hui présents dans les forêts du bassin du Congo serait essentiellement l'œuvre de l'activité humaine (Scott *et al.*, 2000).

Les quantités importantes des charbons de bois récoltées dans les forêts à Marantaceae de la région au cours de cette recherche et celles qui ont été récoltées dans les forêts primaires et secondaires de la réserve forestière de Yoko (Tshibamba, 2010 et 2013) témoignent que la région était fortement anthropisée par les activités agricoles basées sur l'agriculture itinérante sur brûlis. La céramique, sans la moindre erreur de se tromper, provient de fragments d'ustensiles utilisés pour les usages domestiques. Enfin, la taille des ilots à Marantaceae corrélée, soit à la taille des anciens villages, soit à des champs des cultures de l'époque dans la région sont les hypothèses qui attestent les actions de l'homme dans la région dans les temps passés.

Par action conjuguée de ces actions anthropiques, les forêts matures de la région se seraient fortement secondarisées. Ainsi, il s'observe un taux important d'héliophiles en

mélange avec les Marantaceae, les rotins, les Commelinaceae. Tout comme à certains endroits, il s'observe les héliophiles cicatriciels à longue durée de vie comme *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotii*, (Baillon) Pierre ex Heckel *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, disséminées dans les forêts de Yoko et de Biaro.

De nombreux vestiges archéologiques dans les grands massifs forestiers en Amazonie et dans le bassin du Congo sont l'œuvre de l'homme. Ces diverses activités humaines sont à la base de la défragmentation forestière qui a modifié considérablement la végétation en place (Youta Happi, 1989, Yao et *al.*, 2010 ; Gonmadje, 2012, Vleminckx, 2015).

Il est également important de souligner que les Marantaceae dans la région de Yoko et ses environs ne sont pas seulement à lier aux seules actions de l'homme, il y a des siècles. Mais, la pratique traditionnelle de l'agriculture itinérante sur brûlis est un puissant moyen à la base de leur prolifération dans la région. En outre, la région connaît depuis plus de deux décennies une exploitation intense de bois d'œuvre principalement basée sur l'espèce *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen. Ajoutées à ceux-ci, les exploitations des produits de l'artisanat, comme les rotangs, les feuilles et tige de *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne - Redh qui se sont sensiblement intensifiées depuis la réouverture des axes routiers Kisangani-Ubudu abandonnés depuis les années 1990.

Les flux migratoires 1997 des réfugiés rwandais ont également affecté les forêts de la région.

8.1.3. Inférences sur la période des perturbations des forêts de la région de Yoko et ses environs

Les charbons de bois sont des matériaux chimiquement inerte et peu affectés par l'érosion chimique. Ils persistent dans les profils du sol pendant des milliers d'années. Leur présence et leur datation peuvent donc être utilisées pour reconstituer l'histoire locale des feux (Tardy, 1996).

Les cinq fragments des charbons fossiles qui ont été datés par la méthode ^{14}C au cours de cette étude ont dégagé deux tendances à savoir les perturbations récentes et les perturbations anciennes. Les perturbations récentes pour lesquelles l'âge est compris entre 350 ± 30 ans cal BP et 145 ± 30 ans cal BP. Les perturbations anciennes dont l'âge daté est de 1120 ± 30 ans cal BP.

Quatre fragments de charbons datés ont l'âge compris entre 350 ± 30 ans cal BP et 145 ± 30 ans cal BP. Dans ce groupe, se trouve circonscrit l'âge déduit (5 siècles au plus) de la céramique décorée à la roulette en bois (Livingstone Smith com pers). Cette période est contemporaine. Elle n'est pas éloignée de celle que Gourlet-Fleury et *al.*, (2013) attribuent aux forêts à Marantaceae de la région d'Ouessou au Nord de la République du Congo. Les forêts à Marantaceae d'Ouessou se seraient installées après des perturbations à la suite d'une recrudescence des activités humaines il y a 500 ans. Dans cette séquence chronologique, d'autres auteurs ont révélé que la période allant de 7 à 2 siècles a connu des fortes perturbations anthropiques dans toute l'Afrique centrale forestière (Brncic et *al.*, 2006 ; Gillet et Doucet, 2013 ; Letouzey, 1957).

Les perturbations anciennes de la région de Yoko, dont l'âge calibré remonte à plus de 11 siècles, ne sont pas de faits isolés en Afrique centrale. Les perturbations plus anciennes ont été datées à $18\ 800 \pm 100$ ans cal BP en Ituri (Marcarder et *al.*, 2000), 3 000 ans à 2 000 ans cal BP dans le Mayumbe (Hubau, 2013), $12\ 620 \pm 25$ ans cal BP dans les forêts du Nord de la République du Congo (Gillet, 2013). et de 2 300 ans à 1 300 cal BP dans les forêts camerounaises (Morin-Rivat et *al.*, 2014), etc.

L'incidence des facteurs climatiques sur la perturbation des forêts africaines évoquée par de nombreux auteurs semble hypothétique dans le cas qui concerne les perturbations des peuplements de la région de Yoko et ses environs. Deux raisons pourraient justifier cette hypothèse:

- Les peuplements actuels de la réserve forestière de Yoko et ses environs semblent récents quand on considère la dernière période de perturbation qui coïncide avec la phase aride (3 000 BP à 2 500 BP). Déjà à partir de 2 500 BP, le climat était redevenu humide et semble persister tel qu'on le connaît aujourd'hui (Vincens et *al.*, 1994 ; Vincens et *al.*, 1996 ; Gruslin, 2009 ; Hubau et *al.*, 2012). A ce sujet, Shwartz (1997) fait remarquer même qu'il y a environ six siècles, la période est à nouveau plus humide dans le bloc forestier africain.
- Depuis les 5 derniers siècles, il n'est pas établi à notre connaissance que les perturbations liées au climat aient eu un quelconque impact dans la région. Les foudres et les périodes marquées d'assèchement, les éruptions volcaniques et les météorites sont apparemment très rares, si pas sporadiques dans la région et même inexistant pour certains.

Eu égard à ces différents résultats relatifs aux indicateurs des perturbations ainsi qu'aux analyses muries sur leur origines ; l'hypothèse centrale de cette étude se vérifie et tout porte à croire que les perturbations anciennes et contemporaines ont affectés les forêts de la région de Yoko et ses environs

8.2. Incidence des perturbations sur les peuplements forestiers de la réserve forestière de Yoko et ses environs

Cette étude a évalué également l'incidence des perturbations sur le cortège floristique des peuplements anciens et sur celui des forêts actuelles dans la région. Pour beaucoup d'auteurs, les charbons de bois fossiles sur base de leur anatomie et l'interprétation écologique permettent d'étudier à l'échelle des derniers millénaires, la composition des communautés ligneuses soumises à la perturbation (Fortin 1996 ; Carcaillet et al, 1997 ; Chave, 2000 ; Robin, 2007 ; Marguerie & Hunot, 2007 ; Ausset, 2010, Michel et al., 2011).

En conséquence, l'étude anatomique des charbons des bois fossiles au cours de cette étude a permis d'identifier quelques taxons. Selon leur ordre d'importance, nous avons noté *Turraeanthus africanus* (Welw.ex C.DC) Pellegr., *Gilbertiodenron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Trichilia sp*, *Monodora sp*, *Diospyros crassiflora* Hiern, *Monodora sp*, *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, *Homalium longistylum* Mast, *Pouteria sp*. Ces taxons sont des sciaphiles qui caractérisent les forêts matures. Un seul taxon héliophile caractéristique des forêts secondaires, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb. a été identifié.

De tous ces taxons du cortège floristique des forêts anciennes, seuls 3 taxons, *Diospyros crassiflora* Hiern, *Trichilia sp*, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb se sont retrouvés dans le cortège floristique des forêts à Marantaceae lors de nos inventaires.

Ces résultats vérifient que les forêts perturbées entre le 11^e siècle et le 2^e siècle dans la région de Yoko et ses environs étaient des forêts matures. Leur cortège floristique se constituait en majorités des sciaphiles. De nombreux taxons de ce cortège n'ayant pas supporté l'éclaircissement brutal provoqué par les perturbations ont laissé place à des Marantaceae, Zingiberaceae, Commelinaceae et des rotangs en mélange avec d'importants groupes des ligneux héliophiles.

Ces résultats certifient partiellement la deuxième hypothèse de cette étude. Les quelques taxons identifiés des charbons de bois constituent à peine une composition

floristique moins significative du cortège floristique des forêts matures anciennes. Ils ne nous permettent pas de tirer des conclusions plus exhaustives.

8.3. Variabilité du potentiel floristique entre les forêts à Marantaceae, les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard et les forêts mixtes

Les inégalités dans les cortèges floristiques et les caractéristiques structurales entre les forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (de Wild) J. Léonard sont observées dans le tableau 8.1.

Tableau 8.1 Richesse floristique, caractéristiques structurales et diversité.

Légende : MarRFY = forêt à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, MarBia = forêt à Marantaceae de Biaro, F. Mixte = forêt mixte, FGD = forêt à *Gilbertiodendron dewevrei*.

	MarRFY	MarBia	F. Mixte	FGD
Richesse floristique				
• Espèce	129	124	140	96
• Famille	37	34	37	34
Caractéristique structurale				
• Densité moyenne	294	361	433	303
• ST (m ² /ha)	23,4	26,61	30,02	35,1
Diversité				
• Indice de la richesse en espèces (IRE)	3,37	3,24	3,64	2,7
• Shannon-Wiener (H)	0,89	0,97	0,98	0,88
• Simpson (1-D)	4,29	4,09	4,17	3,24

Les caractéristiques structurales moyennes des différentes forêts sont variables. Elles sont singulièrement basses dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko quand on les compare à celles de trois autres groupes forestiers. Une différence très significative entre les densités des forêts à Marantaceae, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Anova : $F = 9,98$; $p-v < 0,05^{**}$) est observée. Particulièrement, une différence hautement significative (Tukey : $p-v < 0,01$) s'observe entre la densité des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts mixtes, alors qu'une différence non significative (Tukey : $p-v > 0,05$) est observée entre les Marantaceae et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Il faut signaler, pour ce dernier cas, que les forêts à Marantaceae de Yoko sont en moyenne moins dense de près de 60 individus par

rapport aux forêts à Marantaceae de Biaro et également moins dense de près de 10 individus par rapport aux forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard.

Quand on compare la densité et la ST (m^2ha^{-1}) des forêts à Marantaceae de Yoko et des forêts à Marantaceae de Biaro à celles des forêts mixtes de la région de Yoko et à celles des forêts mixtes dans la Guinée-congolaise, les variabilités tendent dans le même sens. Les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro apparaissent toujours déséquilibrées. En conséquence, les densités et les ST (m^2ha^{-1}) ont été observées dans les forêts mixtes : 385 individus et $26,68 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ dans la réserve forestière de Yoko (Mbayu, 2009) ; 400 individus et $26,3 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ dans la réserve forestière de Yoko (Kahindo, 2011) ; 549 individus et $34,4 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ en République Centre Africaine (Lejoly, 1995) ; 491 individus et $26 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ au Cameroun (Kenfack et al., 2006) ; 468 individus et $38,6 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ (White, 1992) au Gabon ; 539 individus et $37,23$ (Sanderland et al., 2004) dans le parc national de Mbe au Gabon, etc.

Les tendances s'observent également dans le même sens quand on compare les caractéristiques structurales des forêts à Marantaceae de la réserve de Yoko à celles des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la région ainsi qu'à celles de la Guinée-congolaise. Ainsi, 355 individus et $35,26 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à Yoko (Sabongo, 2015) et 356 individu et $35,53 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ à Masako (Sabongo, 2015) ; 343 individus et $32 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ en Ituri Makana (2004b) ; 419 individus et $30,13 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ dans les Uélé (Gérard, 1960) ; 332 individus et $34 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ en Ituri (Hart, 1985) ; 368 individus et $44,7 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ dans la réserve forestière du Dja au Cameroun (Sonké, 1998) ; 711 individus et $27 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ en République du Congo (Gillet, 2013).

La comparaison du cortège floristique entre les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko avec les Marantaceae de Biaro, les forêts mixtes et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard augure une différence hautement significative (Anova : $F = 9,31$; $p-v = 0,0019$). Le nombre d'espèces recensés dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko est moins significatif que celui observé dans les forêts mixtes. Mais, il dépasse significativement celui des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Inversement, la différence ne s'observe pas (Tukey HSD $p-v > 0,05$) entre les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, les Marantaceae de Biaro et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Les petits écarts sont tout de même observés. Les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko dépassent de 5 espèces celles de Biaro alors que celles de Biaro dépassent de 28 espèces les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard. Ces déséquilibres s'observent

aussi par les valeurs calculées à partir des indices de diversité (IRE, Shannon Wiener (H) et Simpson (1-D)).

Les tendances s'observent également dans le même sens quand on compare le cortège floristique des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko à ceux des forêts mixtes de la région ainsi à ceux des forêts de la Guinéo-congolaise. Dans la réserve forestière de Yoko, le cortège floristique recensé est de 176 espèces regroupées en 37 familles (Mbayu, 2009); 148 espèces regroupées en 31 familles (Mambweni, 2009); 204 espèces regroupées à 41 familles, (Kahindo, 2011), etc. Alors que les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard sont moins diversifiées que les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko : 72 espèces réparties en 28 familles à Yoko (Musepena, 2009) ; 106 espèces réparties en 29 familles à Yoko (Sabongo, 2015) ; 76 espèces réparties en 27 familles à Masako ; 63 espèces regroupés en 20 familles à Lenda (Sabongo, 2015) ; 37 espèces à Azolo, 46 espèces à Abou et 68 espèces à Bawombi (Lokombe, 2004) ; 56 espèces en Ituri (Makana, 1998) ; 78 espèces (Djuikouo et *al.*, 2010) dans la réserve du Dja au Cameroun, etc.

Beaucoup d'études menées dans les forêts à Marantaceae ont montré qu'elles sont des formations faiblement dense et moins diversifiée. Plus le nombre de leurs tiges étaient élevé, plus le nombre des plantules et de tiges des ligneux y apparaissent faibles (Dhetchuvi & Diafouka A., 1993 ; Dhetchuvi, 1994 ; Kouka & Van Essche 1996 ; Brugière et *al.*, 2000 ; Kouka, 2000 ; Kukupula, 2009 ; Mbayu, 2009). L'ambiance de concurrence créée par la prédominance du sous-bois de Marantaceae ne favorise pas l'épanouissement de strate ligneuse. Mais, les forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard paraissent moins diversifiée que les forêts à Marantaceae. Nos résultats s'alignent dans l'hypothèse selon laquelle les forêts monodominantes sont moins diversifiées (Hart, et *al.*; 1989 ; Makana, 2000). La dominance de l'espèce caractéristique a un impact significatif sur le cortège floristique des autres traits fonctionnels dans son peuplement (Sabongo, 2015). Dans les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard de la réserve forestière de Yoko en étude, sa dominante est supérieure à 60 %.

Il est simple de déduire floristiquement à partir des chiffres établis des analyses des caractéristiques structurales et des traits fonctionnels du cortège floristique que tel groupement floristique est plus dense ou plus diversifié que l'autre. Mais, ces valeurs sont significativement parfois très variables d'un continent à l'autre, d'une région à l'autre et d'un relevé à l'autre dans une même station. Ces inégalités peuvent être dues aux différences des

conditions écologiques, de l'histoire du peuplement ou des étapes de la sylvigénèse des parcelles inventoriées (Puig, 2001).

Le potentiel des caractéristiques structurales et du cortège floristique des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko sont déséquilibrés par rapport à ceux des forêts mixtes et à ceux des forêts à *Gilbertiodendron dewevei* (De Wild.) J. Léonard. Singulièrement, elles sont avérées plus diversifiées que les forêts à *Gilbertiodendron dewevei* (De Wild.) J. Léonard. La dynamique hégémonique du sous-bois des Marantaceae a eu un impact sur la densité et la diversité floristique de la strate ligneuse dans les endroits qu'elles colonisent.

Au regard des résultats comparés des paramètres structuraux et de la richesse floristique entre les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et les forêts mixtes et entre celles –ci et les forêts à *G. dewevei* (De Wild.) J. Léonard, au seuil de comptage (DHP ≥ 10 cm) et pour les superficies équivalentes, la quatrième hypothèse de cette étude se vérifie partiellement.

8.4. Potentialité de régénération dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs comparée à celle des forêts mixtes et des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard

Le comptage statistique et systématique du potentiel de régénération au seuil de comptage (diamètre < 10 cm) a été réalisé dans les placettes des 10 m x 10 m pour une superficie totale de 2 500 m² dans quatre zones de Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et dans les Marantaceae de Biaro.

Pour comparer le potentiel des forêts à Marantaceae à celui des forêts mixtes et à des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, la même superficie et le même seuil de comptage ont été respectés. La figure 8.1 compare les moyennes des densités des forêts à Marantaceae de Yoko à celles de Marantaceae de Biaro ainsi qu'à ceux de deux autres groupements (mixtes et à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard).

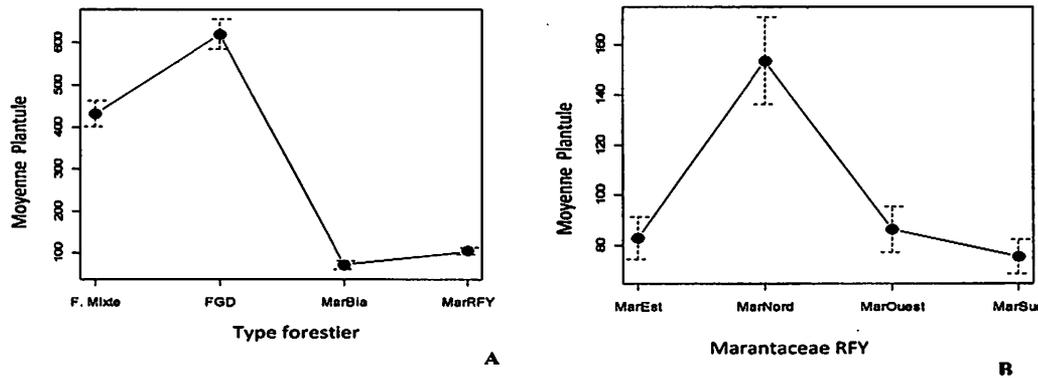


Figure 8.1 Moyennes des forêts à Marantaceae, forêts mixtes et forêts à *G. dewevrei* comparées.

Légende : F. Mixte = Forêt mixtes, FGD = Forêt à *G. dewevrei*, MarBia = Marantaceae de Biaro, MarRFY = Forêts à Marantaceae réserve forestière de Yoko, MarE = Marantaceae Est réserve forestière de Yoko, MarNord = Marantaceae Nord réserve forestière de Yoko, MarOuest = Marantaceae Ouest réserve forestière de Yoko, MarSud = Marantaceae Sud réserve forestière de Yoko.

Le potentiel des plantules ligneuses à diamètre inférieur à 10 cm dans les forêts à Marantaceae, pour un Placeau de 10 m², est en moyenne égal à 47,67 ± 36,13 individus dans les Marantaceae de Biaro et 105,24 ± 89 individus dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko. Comparé aux forêts mixtes (435,8 ± 147,3 individus) et aux forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (620,16 ± 170,55 individus), ce potentiel de régénération des Marantaceae est significativement faible. Une différence hautement significative entre les densités de différents groupements forestiers (Anova : F = 120,140, p-v = 2.2e-16 ***) est observée (Figure 8.1.A.). Une différence hautement significative entre les forêts à Marantaceae et les forêts mixtes et entre les forêts à Marantaceae et les forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J. Léonard (Tukey : p-v < 0,001 ***) est également observée ; alors qu'une différence non significative est observée entre les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et celles de Biaro (Tukey : p-v > 0,05).

Au sein des groupements à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko, il s'observe également des écarts importants des densités (Figure 8.1.B.). Une différence hautement significative (Anova : F = 10.697, p-v = 395e-06 ***) est observée. Une différence hautement significative s'observe entre Marantaceae de la réserve forestière du Nord et celles de l'Est, les Marantaceae du Sud et celles du Nord et entre les Marantaceae de l'Ouest et celles du Nord (Tukey : p-v < 0,001 ***) (Figure 6.2.B.).

Le déficit en potentiel du recrû préexistant observé dans les forêts à Marantaceae n'augure pas un bel avenir du massif forestier. Ce déficit s'observe malencontreusement dans plusieurs zones où la dynamique de régénération des forêts à Marantaceae a été suivie. Gillet (2013) a recensé les densités significativement faibles, 10 à 70 tiges par 100 m² dans les forêts denses à Marantaceae (FDM) et 804 à 984 tiges par 100 m² dans les forêts denses à Odzala.

Les densités observées dans les forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et de Biaro sont significativement très faibles quand on les compare à celles des autres groupements denses humides. Hall *et al.*, (1981) ont recensé en plein découvert, 171 plantules par m² dans les forêts denses humides sempervirentes, 338 individus dans les forêts denses humides de transition, 693 individus par m² dans les forêts semi-décidues et 394 individus par m² dans les forêts denses humides préforestières. Alors qu'en en sous-bois de ces groupements forestiers, la densité s'est avérée de plus en plus faible : 12 individus par m² dans les forêts denses humides sempervirentes, 34 individus dans les forêts denses humides de transition, 29 individus par m² dans les forêts denses humides semi-décidue et 21 individus par m² dans les forêts denses humides préforestières.

Les résultats réalisés par Hall *et al.*, (1981) montrent l'importance de la lumière dans la régénération des forêts denses humides. Les forêts à Marantaceae se caractérisent par le sous-bois herbacé très dense où la pénétration du flux lumineux est très déficitaire. En conséquence, le recrû ligneux y est sensiblement plus faible quand on le compare à celui de sous-bois des forêts denses humides.

En plus de ce déficit de régénération, les Marantaceae de Yoko et ses environs, accusent un taux de mortalité variablement élevée. Il est en moyenne égal à 23,22 % dans les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et 14,36 % dans les Marantaceae de Biaro. Ceci fait remarquer la capacité de ces herbacées à coloniser facilement l'espace au détriment des autres ligneux (Lejoly, 1969 ; Gilbert, 1984 ; Brncic, 2002 ; Gillet *et al.*, 2008 ; Kukupula, 2009 ; Mbayu, 2007 ; Gillet, 2013). Ces caractéristiques d'inhibition sont généralisées pour toute la biodiversité et s'accroissent quand leur taux de couverture est très dense (Bruguière *et al.*, 2000).

Les quelques types fonctionnels qui se régénèrent dans ces massifs d'herbacées géantes sont en majorité des tolérants à l'ombre. Mais, la fluctuation du flux lumineux y apparaît très déterminante. Ces taxons présentent, presque dans l'ensemble, une structure

diamétrique en cloche. C'est-à-dire qu'ils présentent un potentiel de régénération très faible où il s'observe une densité sensiblement faible dans les classes extrêmes alors que les classes intermédiaires sont abondantes.

La régénération assistée par coupe rase des toutes les tiges à Marantaceae s'avère la méthode efficace envisageable pour toute opération d'aménagement des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Par cette approche, les résultats encourageants ont été réalisés. Une augmentation en moyenne égale à $23,5 \pm 7,4$ des plantules s'est ajoutée dans les placeaux de 10 m² alors que la moyenne des plantules initiales était égale à $10,8 \pm 43,51$. Cette pratique a stimulé le potentiel séminal qui était en dormance dans les sols. En plus, Cette technique sylvicole rassure que sous les sols à Marantaceae, il existe un potentiel séminal important. Un apport d'un flux lumineux est nécessaire pour que la régénération soit promptement enclenchée (Rey ,1997).

Les résultats de Gillet (2013) dans les Marantaceae du Nord de la République du Congo ont montré aussi l'importance des éclaircies dans les forêts à Marantaceae. Les plantules de *Canarium schweinfurhii* Engl, *Récinodendron heudolotii* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Terminalia superba* Engler & Diels *Nauclea diderichii* (De Wild. & T. Durand) Mer, produites dans la pépinière, puis introduites dans les zones de Marantaceae, ont réalisé une croissance moyenne comprise entre 154 et 124 cm. L'espèce plantée la plus performante était *Triplochiton scleroxylon* K. Schum qui a donné une croissance en hauteur égale à 95 cm/an.

Les résultats de comptage statistique du recrû préexistants des ligneux (Diamètre < 10 cm) des forêts à Marantaceae comparé à ceux des forêts Mixtes et à ceux des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J Léonard authentifie la troisième hypothèse de cette étude.

8.5. Retrospective sur la dynamique des forêts de la région de Yoko et ses environs

Une analyse synchronique des résultats de cette étude montre qu'au départ, les peuplements de la région de Yoko et ses environs étaient constitués des forêts matures. La majorité de taxons identifiés à partir des charbons de bois fossiles sont des essences sciaphiles des forêts matures. À la suite de perturbations, ces forêts se sont secondarisées et les héliophiles se sont installés en abondance. Cette dynamique successorale pourtant est entrain

de s'estomper. Les Marantaceae qui envahissent la zone bloquent la régénération. Les quelques essences qui se régénèrent sont condamnées à une mortalité importante.

Conclusion générale et perspectives

A. Conclusion

Les forêts matures de la réserve forestière de Yoko et ses environs ont connu des perturbations depuis plus de 11 siècles. Par actions conjuguées, l'agriculture itinérante sur brûlis, le nomadisme des populations à la recherche soit de nouvelles terres arables soit d'habitations nouvelles soit encore de zones de chasse, la structure et la composition du cortège floristique des forêts matures anciennes les ont fortement altérées. A ces actions, il faut également rattacher les déplacements occasionnés par la construction des infrastructures routières et ferroviaires Staleyville (actuelle Kisangani) - Ponthienville (actuelle Ubundu) avant l'indépendance du pays. Plus loin encore, les migrations de divers peuples qui ont été signalées entre les XIV^{ème} et XVIII^{ème} siècles dans toute la région.

Les quantités importantes de charbons de bois fossiles et de morceaux de la céramique récoltées dans les sous-sols des forêts à Marantaceae de réserve forestière de Yoko et ses environs au cours de cette étude datent de cette époque et tout récemment, il y a plus de 130 ans calBP. Les charbons de bois indiquent le passage d'un feu. Ces feux sont vraisemblablement d'origine anthropique. Ils proviennent soit de l'agriculture itinérante sur brûlis soit des feux domestiques. La céramique provient d'ustensiles domestiques. Il est un indicateur de la sédentarisation de la civilisation bantoue dans tout le bassin du Congo.

Ces actions anthropiques ont fortement secondarisé certaines zones des forêts matures de la région où se sont installés des cortèges des héliophiles à longue durée de vie comme les espèces *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben, *Ricinodendron heudelotii* (Baillon) Pierre ex Hecke, *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, *Canarium schweinfurthii* Engl. en mélange avec les Marantaceae, Zingiberaceae, les Commelinaceae et les rotangs qui sont observés parfois en peuplements importants à certains endroits dans la région.

A certains autres endroits, le cortège floristique des forêts matures anciennes était complètement affecté. Certains taxons retrouvés dans les charbons fossiles ne se sont pas retrouvés dans les Marantaceae actuelles comme, *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild.) J. Léonard, *Monodora* sp, *Tetraberlinia bifoliata* J. Léonard, *Pouteria* sp, *Homalium longistylum* Mast, *Turraeanthus africanus* Welw ex C.DC.) Pellegr.

Sous la dominance du sous-bois des herbacées géantes qui s'érigent en barrière contre la pénétration du flux lumineux optimal, la régénération dans les forêts à Marantaceae est significativement moins dense par rapports aux forêts mixtes et aux forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De wild.) J. Léonard. Les quelques espèces qui s'y régénèrent connaissent un taux de mortalité élevé égal à plus de 20 % en moyenne.

Sur le même gradient latitudinal, au seuil de comptage identique ($DHP \geq 10$ cm) et à des superficies identiques (16 placettes de 50 m x 50 m), le cortège floristique et les caractéristiques structurales des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko sont significativement moins importants comparativement à ceux des forêts mixtes et à ceux des forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De wild.) J. Léonard, exceptionnellement pour celles-ci, les Marantaceae de la réserve forestière de Yoko sont plus diversifiées.

B. Recommandations et perspectives

Les Marantaceae exercent une action inhibitrice sur les peuplements forestiers de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Dans ces peuplements, il s'observe une diminution significative de la strate ligneuse ($D_{1,30m} \geq 10$). Concomitamment, la régénération (diamètre < 10 cm), au départ très faible, connaît un taux de mortalité élevé. L'inhibition de ces herbacées, semble-t-il, touche même au banque séminale. Mais, ce potentiel devrait être évalué par des études systématiquement conduites dans les sols.

Dans la région de Yoko et ses environs, le taux d'expansion de ces herbacés est sensiblement accéléré par les pratiques traditionnelles d'assutage, le nomadisme des populations quittant les anciens villages pour les nouveaux, les exploitations industrielles et artisanales des bois d'œuvre. Ce qui est fort inquiétant, c'est que l'agriculture itinérante sur brûlis touche depuis un certain temps à l'intégrité de la réserve forestière de Yoko dans le Sud et le Nord.

Nous avons l'espoir que ce travail que nous présentons, loin d'être une recherche ad hoc, servira de point de départ pour des réflexions et des prises de décisions informées nécessaires à la protection intégrée des ressources naturelles de la réserve forestière de Yoko et de toute la région de manière générale.

Cette étude n'a pas tout mis en exergue. Beaucoup d'autres analyses sur l'impact de ces herbacées sont à pourvoir pour comprendre globalement leur dynamique. De ce fait, certaines études sont à promouvoir. Dans cette recherche, nous aurions dû réaliser les études anthracologiques sur l'ensemble de 12 fosses qui ont été établies dans les différents sites pour avoir une masse importante de taxons botaniques identifiés des charbons fossiles et en dater aussi un lot important par couche. Cette importante masse des données nous fournirait des résultats très significatifs sur la richesse floristique des peuplements matures perturbés et nous aurait aussi permis de réaliser de manière plus ou moins exhaustive, le temps fort des perturbations dans la région. Malheureusement l'incompatibilité des moyens à notre disposition ne pouvait pas nous le rassurer.

Si d'autres études multidisciplinaires similaires à celle qui est menée ici devraient être conduites dans la réserve forestière de Yoko et ses environs, nous suggérons que :

- les études des régénérations assistées permanentes soient entreprises en se basant sur la croissance des essences et que la sylviculture des espèces à croissance rapides soit pratiquée et assistée dans les zones infestées.
- les études des sols et de dynamique sur la vitesse d'occupation annuelle des herbacées soient initiées et conduites.
- les études anthracologiques soient densifiées et systématiquement approfondies dans les différents groupements forestiers de la réserve forestière de Yoko et ses environs pour bien comprendre l'histoire des peuplements de la région.

Les techniques agroforestières soient vulgarisées et suivies dans les communautés riveraines de la réserve forestière de Yoko et ses environs. Cette pratique de gestion intégrée des terres aidera à contenir les pratiques d'essartage qui favorisent la prolifération des herbacées hégémoniques dans toute la région au détriment de la dynamique forestière.

Références bibliographiques

- Adou C.Y., Yao. E.C. Blom, K. S. T., Dengueadhé R.S.R., Van Rompaey E.K., N'Guessan G. Wittebolle F., Bongers, 2005. - Diversité floristique et végétation dans le Parc National de la Taï, Côte d'Ivoire. Tropenbos-Côte d'Ivoire, serie5, Tropenbos International, Wageningen, 92 p, www.tropenbos.org
- African Plant Database Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria, "accès [mars, 2012]", de
< <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/> >.
- Alexandre D.Y., 1982.- « Etude de l'éclaircissement du sous-bois d'une forêt dense humide sempervirente (Tai, Côte d'Ivoire) » Acta Oecologica, Oecol. Gener, 4 vol.3, 407-447 pp
- Alexandre D.Y., 1989b.- Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire, Etude et Thèses, Paris, ORSTOM, 102 p.
- Anonyme 2005. (En ligne). - Les forêts du bassin du Congo : évaluation préliminaire (http://carpe.umd.edu/products/PDF_Files/FOCB_APrelimAssess.pdf, pp 1-5 [consulté le 27 juillet 2013].
- Asouti E., 2006. - Charcoal analysis - A short history. [En ligne] University of Liverpool, [consulté le 25 avril 2015.] <http://pcwww.liv.ac.uk>.
- Assoko Ndong A., 2002. - Synthèse des données archéologiques récentes sur le peuplement à l'Holocène de la réserve de faune de la Lopé, Gabon. L'anthropologie (106), 135-158.
- Aubreville A., 1947.- La régénération naturelle et l'enrichissement de la forêt équatoriale Bois et Forêts des Tropiques, 4 : 26-30.
- Aubreville A., 1948. - Richesses et misères des forêts de l'Afrique noire française. Sté Ed. Géogr, Maritimes et Coloniales, Paris, 251 p.
- Aubreville A., 1949. - Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Sté Ed. Géogr, Maritime et Coloniales, Paris, 351 p.
- Aubréville A., 1957. - Accord de Yangambi sur les nomenclatures des types africains de végétations. Revue Bois et Forêts des Tropiques, n° 51, 23-29 p.

- Ausset A., 2010. - Le charbon de bois et les paléo-environnements. pp 110 [en ligne] <http://ausset.suite101.fr/les-charbons-de-bois-et-les-paleo-environnements-a10921#ixzz1aa8PGKoP>
- Aveling C. & Debonnet G., 2010. - Le patrimoine mondial dans le bassin du Congo Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO E-mail, 64p. wh-info@unesco.org
- Bahucher S et Guillaume H., 1979.- Relation entre chasseurs-collecteurs pygmées et Agriculteurs de la forêt du Nord-Ouest du Bassin Congolais. In S. Bahuchet (éd), Pygmées en Centrafrique : études ethnologiques, histoires et linguistiques sur les pygmées Ba-Mbenga, Aka/Baka du Nord du Bassin Congolais, Selaf, Paris, 109-139.
- Bahucher S., 1996. - Fragments pour une histoire de la forêt africaine et de son peuplement: les données linguistiques et culturelles. pp. 97-119.
- Bahuchet S. & Joiris V., 1993. - Afrique équatoriale. In : Bahuchet S. & De Maret P. (Eds). Situation des populations indigènes des forêts denses humides. Rapport UE. DG XI, CNRS/ULB, 389-448.
- Barnier J., 2013.- Tout ce que vous n'avez jamais voulu savoir sur le χ^2 sans jamais avoir eu envie de le demander, Centre Max Weber, CNRS – UMR 5283 julien.barnier@ens-lyon.fr
- Bedel F., Durrieu L., 1998. - Dynamique de croissance dans des peuplements exploités et éclaircis de forêt dense africaine : Dispositif de M'Baiki en République Centre africaine (1985-1992) ; CIRAD-Forêt Campus International de Baillarguet. pp 1-27.
- Belesika K.H., 2009.- Etude floristique, phytogéographique et Phytosociologique de la végétation du Bas-Kasai en République démocratique du Congo. Thèse de Doctorat, F. Sc / UNIKIN, 565 p.
- Bergaglio M., Talon B., et Frédéric Médail F., 2006.- Histoire et dynamique des forêts de l'ubac du massif des Maures au cours des derniers 8000 ans. forêt méditerranéenne. XXVII, n° 1, mars 2006, 16 p.
- Bernard E., 1945. - Le climat écologique de la cuvette équatoriale congolaise. Yangambi: Publ. INEAC, hors sér., coll. In-4°, 18p biodiversity in managed forests. Bioscience, 41: 382-392. Botanique (3/4), 119 – 131 p.
- R Development Core Team, 2009. - R: A language and environment for statistical computing. Reproductive ecology of tropical forest plants. M.A.B., 7 : 291-305.

- Boyemba F. B., 2006. - Diversité et Régénération des essences forestières exploitées dans les forêts des environs de Kisangani (RDC), Mémoire de DEA, Université Libre de Bruxelles, +101 p.
- Boyemba F.B., 2011. - Ecologie de *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen (Fabaceae), arbre de forêt tropicale africaine à répartition agrégée. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 181 p.
- Braadbaart F., Poole I., Vanbrussel AA., 2009. - Preservation potential of charcoal in alkaline environments : an experimental approach and implications for the archaeological record. *Journal of Archaeological Sciences* 36, 1672–1679.
- Brncic T.M, Willis K.J., Harris D., Telfer M., Bailey R., 2009. -. Fire and climate change impacts on lowland forest composition in northern Congo during the last 2580 years from palaeoecological analyses of a seasonally flooded swamp. *The Holocene* 19 (1), pp 1-10
- Brncic T.M. Willis K J., Harris DJ. and Washington R., 2006.- Culture or climate ? The relative influences of past processes on the composition of the lowland Congo rainforest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362, 229-242.
- Brncic, T., 2002. - Ecology and patch dynamics of *Megaphrynium macrostachym* (Beth) M. Read (Marantaceae) in the south-west Central African Republic. Thèse de Doctorat Oxford forestry Institute and Linacre college, Oxford, U-K, 138 p.
- Brugière D., Bougras S. et Gautier-Hion A., 2000.- Dynamique forestière à processus de colonisation - extinction : relations faune-flore dans les forêts à Marantacées du parc national d'Odzala. *Rapport Ecofac*. 1-10 pp.
- Brugière D., Bougras S et Gautier-Hion A., 2003. - Dynamique des forêts à Marantaceae du parc national d'Odzala : une menace pour la biodiversité ? *Canopée* n° 25, 19 p.
- Bultot F., 1972. Atlas climatique du bassin zaïrois. IIIe partie : température et humidité de l'air, rosée, température du sol. Bruxelles : Publ. INEAC., hors sér., 278 cartes, 7 figures et 8 tableaux.
- Bultot F., 1977. - Atlas climatique du bassin zaïrois. I ve : pression atmosphérique, vent en surface et en altitude, température et humidité de l'air en altitude, nébulosité et visibilité, classification climatique, propriétés chimiques de l'air et des précipitations. Bruxelles : Publ. INEAC., hors sér., 344 cartes, 11 figures et 35 tableaux.

- Bush M.B. & Colinvaux P.A., 1994. Tropical forest disturbance: paleoecological records From Darién, Panamá. *Ecology* 75: 1761-1768.
- Bütler R., 2000. - Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage. Fiche d'enseignement, Labo. De gestion des écosystèmes (GECOS), Lausanne, 18 p.
- Carcaillet C. et Thion, M., 1996. - Pedoanthracological contribution to the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): Methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 9: 399 - 416.
- Cerisier F., 2009. - Etude écologique et archéologique sur l'origine des peuplements de *Pericopsis elata* (HARMS) MEEUWEN (Assamela) des forêts semi-sempervirentes du sud-est du Cameroun, thèse de doctorat, mémoire de master, Faculté Université des sciences Agromiques de Gembloux, Belgique, 144 p.
- Charles-Dominique P., 1992. - Les forêts tropicales denses. *In* : Forêts. Collection l'Aventure du Monde, Paris, France, p. 126-142.
- Chave J., 2000.- Dynamique spatio-temporelle de la forêt tropicale, *Ann. Phys. Fr.* 25. N° 6. 157 p.
- Chave J., C. Andalo S., Brown M. A. Cairns J. Q., Chambers D. Eamus H. Fölster, Fromard F., Higuchi N., Kira T., Lescure J.-P, Nelson B. W., Ogawa H., Puig H., Riéra B., and Yamakura T., 2005.-Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. Cifor 2008. CIRAD, FORAFRI. 387 p.
- Clark D.B., 1990. - The role of disturbance in the regeneration of neotropical moist forests. *Reproductive ecology of tropical forest plants*. M.A.B., 7 : 291-305.
- Clist B., 1990. - Des derniers chasseurs aux premiers métallurgistes: sédentarisation et début de la métallurgie du fer. (Cameroun, Gabon, Guinée équatoriale), *In*: Lanfranchi et Schwartz éd. : *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*. didactiques ORSTOM, Paris : 458-478.
- Clist B., 2006. - Mais où se sont taillées nos pierres en Afrique Centrale entre 7.000 et 2.000 BP. pp 1-5.
- COMIFAC et al, 2010.- Les forêts du bassin du Congo 20 État des Forêts 2010. Douala, 274 p.

- Cornelissen E, Ebosso L O., Mambu N C.sangathi, 2013. - Prospections sur la Lindi (Province, Orientale, République Démocratique du Congo), NYAME AKUMA, No. 79 JUNE 2013, 74-82.
- Cornelissen E. et Livingstone Smith A., 2012. - Pottery stone knappers or stone using pottery? Evidence from the the Lomami River, Democratic Republic of Congo. Paper presented at the Biennial Conference of society of Africanist archaeologists. Toronto, pp 3-7
- Cornelissen E., Ebosso O, Lihunzu E O, Clément Mambu Nsangathi MC, 2013. - Prospections sur la Lindi (Province Orientale, République démocratique du Congo). NYAME AKUMA No. 79 JUNE 2013.pp74 - 82.
- Cornillon P-A., Arnaud G., Husson F., Jegou N, Josse N., Maela K., Matzner-Lober E., Rouvière L., 2012. - Statistique avec R. 3^e éd., Pratique de la Statistique, Presse Universitaire de Rennes. PUR 296p. www.pur.editions.fr
- CTFT 1989. - Mémento du forestier. Techniques rurales en Afrique) ,3^e éd, Ministère de la Coopération e du Développement, ISBN 2-11- 0848874-X, Paris, 1213 p.
dans les décisions de gestion : des apports du projet COFOChange *in* Les Forêts du bassin du Congo- Etat des forêts 2013. Belgique pp 35 - 47.
- Datation par le carbone 14 : <http://www.laradioactivite.com/fr/sitc/pages/lccarbone14.htm> (consulté le 19 Février 2015).
- De Foresta H., 1990. - Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). II. Apports de la botanique forestière. In : Lafranchi R. & Schwartz D. (éds). ORSTOM, Paris, 326-335.
- De Maret, 2003. - Synthèse des données archéologiques récentes sur l'Afrique Centrale forestière: des mosaï ques dans la quatrième dimension. In A. Froment & J. Guffroy (éds). Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales, actes du séminaire Orléans, IRO, Paris; 169-179.
- Dechamps R., Lanfranchi R., Le Cocq A. et Schwartz D., 1987. - Reconstitution d'environnements Quaternaires par l'étude de macrorestes végétaux. (Pays Bateke, RP du Congo). Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology Elsevier 66, 33-44.
- Demant M., 2013. - Origine des peuplements d'arbres héliophiles des forêts du sud-est Cameroun – un test des effets anthropiques et édaphiques, DEA/ ULB. 70 p.

- Denevan W.M., 1992. -The pristine myth: the landscape of the Americas in 1942. *An. Ass. Am. Geogr.* 82: 369-385.
- Devineau J.L. et Guillaumet J.L., 1992. - Origine, nature et conservation des milieux naturels africains : le point de vue des botanistes. *Afrique contemporaine. L'environnement en Afrique.* 161 : 69-90.
- Dhetchuvi M.M., et Diafouka A., 1993. - Les *Marantaceae* du Congo. *Fragm. Flore. Geobot.* 38(2) : 401-450.
- Dhetchuvi M.M., 1994. - Rapport de la deuxième mission sur la régénération des zones perturbées : cas de la forêt des abeilles aux environs de Makandé (Gabon). *Rapport interne*, université Libre de Bruxelles, 5 p.
- Dhetchuvi M.M., 1996. - Taxonomie et phytogéographie des *Marantaceae* et *Zingiberaceae* de l'Afrique centrale (Gabon, Congo, Zaïre, Rwanda et Burundi. Thèse de doct. Ulb, 438 p.
- Djuikouo MNK., Doucet J.L., Nguembou C.K., Lewis S.L. and Sonké B., 2010.- Diversity and Aboveground Biomass in Three Tropical Forest Types in the Dja Biosphere Reserve, Cameroun. *Afr. J. Ecol.*, 48, 1053-1063.
- 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, Belgique, 323 p.
- Dufrêne M. and P. Legendre. 1997. - Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Dupuy B., 1998. - Bases pour une sylviculture en forêt dense tropicale humide Africaine. Série Forafri, 1998, document CIRAD-Forêt, Montpellier. pp 1-10
- Durand M., 1999. - Apport de l'analyse architecturale des arbres dans l'étude de la structure des forêts tropicales sempervirentes. Cas d'une forêt dense humide du sud de l'Inde. Thèse de doctorat, inédite, Université. Montpellier II, France, 331 p.
- Durrieu de Madron L., 1993. - Mortalité, chablis et rôle des trouées dans la sylvigénèse avant et après exploitation sur le dispositif d'étude sylvicole de Paracou - Guyane française. Thèse de doctorat 10 - 50 pp

- Duveiller G., Defourny P., Desclée B., and Mayaux P., 2008. - Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1969-1981.
- Eggert MKH, 1992. - The African rain forest: historical speculation and archaeological facts. *World Archaeology* 24 (1), 1-4.
- Emphoux JP, 1982. - Archéologie du Sud de la république Populaire du Congo. *Unpublished PhD Thesis* 3^{ème} cycle en préhistoire, Université de paris I.
- Falconer J., 1992. - Non-timber forests products in southern Ghana. England, O.D.A., Forestry Series, 2, 23 p.
- FAO 2001 - Gestion durable des forêts tropicales en Afrique centrale. AQUAST AT. pp 1-5
- Fay JM., 1991. - An elephant (*Loxodonta africana*) survey using during count in the forests of the Central African Republic. *J Trop. Ecol.* 7, 25-36
- Fay JM., 1997. - The ecology, social organization, population, habitat and history of the western lowland gorilla (*Gorilla gorilla* Savage and Wyman 1847). Unpublished PhD thesis. University of Washington. pp 1-17
- Fortin P., 1996. - Méthode de datation par carbone14. Centre de Datation par Radiocarbone, Université clude Bernard, Lyon1, Villeurbanne pp 1-5 <http://carbone14.univ.Lyon.fr>
- Gauthier P., Thériault & Ltée, 1977. - Manuel de dendrologie. Québec, Canada, 350 p.
- Gérard Ph., 1960. - Etude écologique et phytosociologique de la forêt dense à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la région de l'Uélé. *Publication INEAC., serie scientifique n° 87*, 157 p.
- Gillet JF., 2004. - Dynamique forestière et régénération naturelle en essences commerciales et espèces concurrentes au sein de formations végétales à *Marantaceae* intactes et exploitées- Programme d'intervention sylvicole de l'ayous *Triplochiton scleroxylon K schum (Sterculiaceae)*. Congolaise Industrielle des bois. Office Allemande de la coopération technique (GTZ), 91 p + annexes.

- Gillet JF., 2006. - Formation végétale, régénération et impact de l'exploitation forestière en forêt mixte de terre ferme au nord de la république du Congo. Cas d'une société forestière : la Congolaise Industrielle des Bois (CIB), DEA, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 72p + annexes.
- Gillet JF., 2013. - Les forêts à Marantaceae au sein de la mosaïque forestière du Nord de la République du Congo : Origine et modalités de la gestion, (Thèse doctorat), Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, 194 p.
- Gillet JF. & Doucet JL., 2013. - The abundance of charcoal fragments emphasizes the assumption of huge palaeofires in the mixed moist semi-evergreen rainforest of the Northern Republic of Congo. In F. Damblon (ed), Proceedings of the Fourth International Meeting of Anthracology, Archaeopress BAR Internation Series 2486, 113-120
- Gillet JF., Missamba-Lola AP., Ngalouo B., 2008. - RAPPORT D'ANALYSE Volet dynamique forestière. Projet CIB FFEM « suivi du programme dynamique forestière - agroforesterie - inventaires faune » dans le cadre de la subvention FFEM sous la convention de financement N°CCG 1071.01 A » 86p.
- Giresse P., Maley J., Brenac P., 1994. - Late Quaternary palaeoenvironments in the Lake Barombi Mbo (West Cameroon) deduced from pollen and carbon isotopes of organic matter. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 107, 65-78.
- Gonmadje C.F, 2012.- Diversité et biogéographie des forêts d'Afrique centrale atlantique : le cas du massif de Ngovayang (Cameroun), thèse, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, 280p.
- Gounot M., 1969. - Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson & Cie, Paris, 314 p.
- Gourlet-Fleury S, Fayolle A, CIRAD, ULg, 2013. - Mieux intégrer les connaissances
- Gruslin D., 2009. - L'origine des forêts au Nord de la République du Congo : une contribution archéo-anthracologique. TFE, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 111 p.
- Hall J.B., Swaine M.D., 1981. - Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest. *Forest vegetation in Ghana*. The Hague, Ed. W. Junk, 383 p.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., et Ryan P.D., 2008. - Logiciel Past : PALaeontological

- Hansen M.C., Roy D.P., Lindquist E., Adusei B., Justice C.O., Altstatt A., 2008. - A method for integrating MODIS and Land sat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo Basin. *Remote Sensing of Environment*, 112 (5), 2495- 2513.
- Hart T.B., J.A. Hart et PG Murphy , 1989. - Monodominant and species-rich forest of humid tropics. Causes for their co-concurrence. *American naturalist* 133 : 613-623.
- Hart T.B., 1996.- Seed, Seedlings and sub-canopy survival in monodominant and mixed forest of Ituri. *J. Trop Ecol.* 11 : 443-459.
- Harvey J.M., 2002. - Biostatistique. Une approche intuitive. De Boeck Université, 257-2
- Hawthorne W. 1995. - Ecological profiles of Ghanaian forest trees. *Tropical Forestry Papers*, No. 29, 345 pp. 88.
- Hawthorne W., 1996. - Holes and the sums of parts in Ghanaian forest: regeneration, scale and sustainable use. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences* 104:75–176. [Hominidé.com les évolutions de l'Homme : les méthodes de datation](#)
- Hubau W, Jan, Bulcke JV, Kitin P Florias Mees F, Acker J V, Beeckman H., 2012. -Review Palaeobotany et Palynology, Provided for non-commercial research and education use. Not for reproduction, distribution or commercial use. Volume 169 ISSN 0034-6667 <http://www.elsevier.com/copyright>
- Hubau W., 2013. - Exploring charcoal as a natural archive for palaeofire and vegetation history of the mayumbe, Democratic Republic of the Congo. PhD Dissertation, Ghent University, 224 p.
- IAWA Committee, 1989. - IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Journal*, 10, 219–332.
- InsideWood, 2012. - The InsideWood Working Group (IWG), 2004-onwards. Published on the Internet [accede le 01 juin 2012] à partir de <<http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>>.
- IUCN, 1989. La conservation des écosystèmes forestiers d’Afrique Centrale. Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, IUCN, 1-5 pp
- Jacques G. & Christian H., 2003.- Traitement des données stationnelles (faune), Rebert, 10 p.

- Jayaraman K., 1999. - Manuel de statistique pour la recherche forestière. *Kerala Forest Research Institute Peechi, Thrissur, Kerala (Inde)*, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Coopération Hollandaise, Commission Européenne. FO: GCP/RAS/163/NET FO: GCP/INT/679/EC, 242 p.
- Jordano P., 1983. - Fig-seed predation and dispersal by birds. *Biotropica* 15:38-41
- Kahindo JM., 2011. - Potentiel en Produits Forestiers Autres que le Bois d'œuvre dans les formations forestières de la région de Kisangani. Cas des rotins *Eremospatha haullevilleana* De Wild. Et *Laccosperma secundiflorum* (P. Beauv.) Kuntze de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, RD Congo), Thèse de doctorat, Fac Sc/Unikis + 69 p.
- Kanu M.L., 2003: - La gestion des forêts tropicales secondaires en Afrique: *réalité et Perspectives* rapport national de la République Démocratique du Congo;UICN, ICRAF et CIFOR. pp 1-11
- Kassi N'.J. & Decocq G., 2008. - Succession secondaire post-culturale en système forestier tropical semi-décidu de Côte d'Ivoire: approche phytosociologique intégrée et systémique. *Phytocoenologia* 37 (2): 175- 219. Kisangani, RD Congo. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles. 271 p..
- Kaswera K C., 2013. - Impact des activités anthropiques sur la densité et la distribution de *Petrodromus tetradactylus tordayi* Thomas, 1910 (Macroscelididae, Mammalia) Dans la région de Kisangani (Province Orientale, R.D.Congo), Thèse F. Sc, Unikis +142 p
- Keay R.W.J., 1959. - Derived savannah ; derived from what ? *Bull. IFAN*, ser. A(21) 427-438.
- Kenfack D., Thomas D.W., Chuyong G et Condit R. 2006. - Rarity and abundance in a diverse African Forest. *Biodivers Conserv*, DOI 10. 1007/s10531- 006-9065-2 : 30 p.
- Kouka L.A et Van Essche K. 1996. - Inventaire du transect Tombi (0-10 km) dans le parc national d'Odzala (Congo). Rapport Ecofac.
- Kouka L.A. 2000. - Recherches sur la flore, la structure et la dynamique des forêts du Parc National D'Odzala (Congo-Brazzaville). Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Laboratoire De Botanique systématique et de Phytosociologie, 488 p.
- Kouka L.A, 2004. - Régénération des espèces ligneuses en forêt du Parc national d'Odzala (Congo-Brazzaville). *Paru dans Acta botanica Gallica*, 2004, 151 (1), 151 (3), pp. 293-309.

- Kukupula D P., 2009. - Etude de la dynamique spatio-temporelle de *Megaphrynium macrostachyum* (Benth.) Milne-Redhead (*Marantaceae*) dans la réserve forestière de Yoko (Kisangani, R.D.C), DEA, F. Sc., Uniskis, 67 p.
- Lanfranchi R., Schwartz D., (1991). - Les remaniements de sols pendant le Quaternaire supérieur au Congo Evolution des paysages dans la région de la Sangha. Cah. ORSTOM. 21(1), 11-24.
- Lebrun J. & Gilbert G., 1954. - Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. INEAC, Série Sc. N° 63* :89 p.
- Legendre P. & L. Legendre, 1998. - Numerical ecology, 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. 2-5 pp.
- Lejoly J., 1993. - Méthode pour inventaires forestiers (partie flore et végétation) AGRECO-CTFT, Bruxelles. 1-5 pp
- Lejoly J., 1996. - Utilisation des méthodes des transects en vue de l'étude de la biodiversité dans la zone de conservation de la forêt de Ngotto (RCA). Rapport technique : Projet ECOFAC, Agreco-CTFT. 114 p.
- Lejoly J., 2000. - Les recherches sur la biodiversité végétale dans les 6 sites du programme Ecofac entre 1997 et 2000, Programme Conservation et utilisation rationnelle des écosystèmes forestiers en Afrique centrale (Ecofac) Deuxième phase Groupement AGRECO-GEIE, 69 p.
- Lejoly J., Ndjele M-B., & Daniel Geerinck D., 2010. - Catalogue-Flore des plantes vasculaires des districts de Kisangani et de la Tchopo (RD Congo). 4ème éditions, revue et augmentée incluant les clés et la distribution pour 70 familles, Publié dans *Taxinomia* 30 :1-308. (Bruxelles) mai -2010. REAFOR-RDC/ CIFOR/FAO. 334 p.
- Letouzey R., 1956. - La forêt à *Lophira alata* de la zone littorale comerounaise. *Bois et forêts des Tropiques* 53. 9-30.
- Letouzey R., 1968 - Etude phytogéographique du Cameroun: Paris, Ed. P. Le chevalier., 11 p
- Letouzey R., 1982. - Manuel de botanique forestière Afrique tropicale Tome 1 Botanique Générale (Illustrations de R. Letouzey et dessin de J. Rassiati) Centre Technique Forestier Tropical 45 bis, Av. de la Belle-Gabrielle, 94 - Nogent s/Marne, 183 p.

- Livingstone Smith A., 2007. - Histoire du décor à la roulette en Afrique subsaharien. *Journal of African archaeology* 5 (2), 189-216.
- Livingstone Smith A., Cornelissen E., Hubau W. & Eboosso O., 2010. - Prospections et Fouilles Archéologiques de la Mission « Boyekoli Ebale Congo 2010 » (RDC), *Nyame Akuna* 75 :11-16.
- Lokombe D., 2004. - Caractéristique dendrométriques et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* en en région de Bengamisa, Thèses de doctorat, IFA Ybi. 223 p.
- Lomba B. L., 2008. - Contribution à l'étude de la phytodiversité de la Reserve Forestière de Yoko. (Ubundu, République Démocratique du Congo), DES, F. Sc, Unikis, + 72p.
- Lomba B. L., 2012. - Systèmes d'agrégation et structures diamétriques en fonction des tempéraments de quelques essences dans les dispositifs permanents de Yoko ET Biaro (Ubundu, Province Orientale, R. D. Congo), Thèse F. Sc, Unikis +239 p.
- Louis J. 1949b. - Essences forestières et bois du Congo: *Macrolobium dewevrei*, fac 6 INEAC (Inst. Nat. Etude Agron. Congo), Bruxelles, 48 p.
- Louis J., 1947c. - Contribution à l'étude des forêts équatoriales congolaises, C.R. Seminaire Agricole de Yangambi, Publ. INEAC, Coll.
- Lubini, A., 1982. - Végétation messicole et postculturale des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre). Fac. SC. Université de Kisangani, Thèse de doctorat, Inédit. Kisangani, 489 p.
- Lubini A., 1986. - La forêt marecageuse à *Mytragyna stipulosa* et *Pychnanthus marchalianus* dans la region de Kisangani (Haut-Zaïre ; Bull. *Jard. Bot. Nat. Belg.* 55, 315-348.
- Lubini A., 1994. - Evolution de la flore au cours des successions végétales secondaires dans la cuvette centrale congolaise (Zaïre). In : Seyani&A.C. Chikuni, Proc. XIIe Plenary Meeting AETFAT, Malawi. pp 1413-1426.
- Lubini, A., 1986. - Végétation adventice et postculturale de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre; Bull. *Jard. Bot. Nat. Belg.* 56, 315-348.

- M. Elizabeth Rogers & Elizabeth A. Williamson, 1987. - Density of Herbaceous Plants Eaten by Gorillas in Gabon: Some Preliminary Data, *Biotropica*, Vol. 19, No. 3 (Sep., 1987), p 278-281 (<http://www.jstor.org/stable/2388348>).
- Maesen L.J.G. Wageningens KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, Proceedings XIVth AETFAT Congress 519-535.
- Magurran A. E., 1988. - Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm Limited, London. 179 p.
- Maisels F., 1996. - Synthèse of information concerning the Parc National d'Odzala, Congo. Projet ECOFAC Composante Congo.
- Makana JR., 2000. - Forest Structure, Species, Diversity and spatial Patterns of Trees in Monodominant and mixed Stands in The Ituri Forest, Democratic Republic of Congo, Thesis, Oregon State University. 118 p.
- Makana JR., 2004b. - T.B. Hart, C. Ewango, I. Liengola, J.A. Hart and R. Condit., 2004b. - Ituri Forest Dynamics Plots, DRC. In : E. Losos and E. Leigt, Jr. (eds), *Tropical Forest Diversity and Dynamism: Findings from a Large-Scale Network*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 429-555.
- Maley J., 1990. - Synthèse sur le domaine forestier africain du Quaternaire récent. In : R. Lanfranchi & D. Scharz (eds). *Paysage quaternaires de l'Afrique Centrale atlantique* ORSTOM, Paris, 367-389.
- Maley J., 1996. - Fluctuations majeures de la forêt dense humide africaine au cours des vingt derniers millénaires *in* l'Alimentation en forêt tropicale interactions bioculturelles et perspectives de développement. Volume 1, les ressources alimentaires: Production et consommation, MAB, Editions UNESCO, 56-69 p.
- Maley J., 2002. - A Catastrophic Destruction of African Forests about 2,500 years Ago still exerts a Major Influence on Present vegetation Formations. *IDS Bulletin*, 33, 13-30.
- Maley J., 2003. - Synthèse sur l'histoire de la végétation et du climat en Afrique centrale au cours du quaternaire récent 53-75.
- Mambweni M. J., 2009. - Comparaison de la diversité entre les strates dans les forêts semi-caducifoliées du Sud de la réserve de Yoko (Kisangani, R.D.Congo). DEA, F. Sc., Uniskis, + 149p.

- Marcon E., 2013. - Mesures de la biodiversité. Ecologie des forêts de Guyane, Unité Mixte de Recherche, cnrs, INRA, U, AgroParisTech, cirad, 79p.
- Marguerie D., Hunot JY. 2007. - Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science* 34, 1417-1433.
- Masheka B., 2009. - Etude socio-économique des communautés riveraines de la réserve forestière de yoko (Province Orientale, RDC), DES, FC Sc/Unikis. 128 p.
- Mayaux P., Achard F. and Malingreau J.P., 1998. - Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: a comparison with other approaches. *Environmental Conservation*, 25, 37-52.
- Mayaux P., Bartholomé E., Massart M., Vancutsem C., Cabral A., Nonguierma A., Diallo O., Pretorius C., Thompson M., Cherlet M., Pekel J.F., Defourny P., Vasconcelos M., Di Gregorio A., Fritz S., De Grandi G., Elvidge C., Vogt P. and Belward A., 2003. - A Land Cover Map of Africa – Carte de l'occupation du Sol de l'Afrique, EUR 20665, EN (European Commission, Luxembourg), 20 pp.
- Mbayu MF., 2009. - Distribution comparée de *Laccosperma secundiflorum* (P.Beauv.) Wendl, *Eremospatha haullevilleana* De Wild. et *E. cabrae* De Wild. Dans le dispositif REAFOR de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale) RD Congo, DEA, F. Sc., Uniskis, + 83 p.
- McKey D., Olga F., Linares F.O., Clement R.C & Hladik C.M., 1996. - Ressources alimentaires des forêts tropicales: Une mise en perspective des tendances évolutives et de l'impact du peuplement humain in l'Alimentation en forêt tropicale interactions bioculturelles et perspectives de développement. Volume 1, les ressources alimentaires: Production et consommation, MAB, Editions UNESCO, 43-54 p.
- Mercader J., Runge F., Vrydaghs L., Doutrelepon H., Ewango E.N.C., Juan -Tresseras J. 2000. - phytoliths from Archaeological Sites in the Tropical Forest of Ituri, Democratic Republic Of Congo, *Quaternary Research* 54, 102-112 (200), doi 10.1006/qres. 2000. 2150, available on line at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL.
- Monnier Y., 1968. - Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire, *Etude éburnéennes*, 9, Abidjan, 260 p.

- Monnier Y., 1990. - La poussière et le cendre. Paysages, dynamiques des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest. Paris, France, Ministère des Coopération.
- Morin-Rivat J., Hubau W., Gillet J.-F., Bremond L., Oslisly R., Gourlet-Fleury S., Doucet J.-L. & Beeckman H., 2012. - Recent disturbances in the Congo basin: an anthracological contribution to vegetation reconstructions. Colloque de l'Académie des Sciences: The impact of a major environmental crisis on species, populations and communities: the fragmentation of African forests at the end of the Holocene. International conference. 1-2 march 2012, Paris, France. *Poster presentation*.
- Mosango M., 1990. - Contribution à l'étude botanique et biogéochimique de l'écosystème forêt en région équatoriale (Ile Kongolo, Zaïre), Thèse de doctorat, ULB 443 p.
- Musepena MD., 2009. - Etudes des forêts monodominantes à *Gilbertiodendron dewevrei*. Dewild J. Léonard sur les plaques le long de la rivière Yoko, DEA, F. Sc., Uniskis, + 63 p
- N'dja J. Kassi, Ake-Assi & Tiebre M.S., 2010. - Biodiversité végétale et vitesse de la régénération de la forêt classée de Sanaimbo (Côte d'Ivoire). *Sciences & Nature* Vol.7 N°2 : 195 – 206.
- Nepstad D., Uhl C. & Serrão E.A.S., 1991.- Recupération of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20:248-255.
- Neumann, K. 1989. - Holocene vegetation of the Eastern Sahara: charcoal from prehistoric sites. *The African Archeological Review* 7, 97-116.
- Nshimba H.S., 2008. - Etude floristique, écologique et phytosociologique des forêts de l'île Mbiye à Kisangani, RD Congo. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles. 271 p
- Nyakabwa M., 1982. - Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani. Thèse de doctorat, Vol I, Fac. Sc. /UNIKIS, 428 p.
- Nyakabwa M., 2003 - Ilots forestiers de Kisangani (r. d. congo): observations floristiques et sauvegarde, 12^e Congrès forestier mondial. Quebec City, 0935-B3
- Nzie O., 2011.- Afrique centrale : Signature génétique de l'histoire des populations. Inférences sur le passé des forêts à partir de la diversité génétique d'espèces végétales, VABIOCE, projet C3A. pp 1-9

- OIBT, 2002. - Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires. Série Développement de politiques OIBT No 13 Organisation internationale des bois tropicaux En collaboration avec le Centre pour la recherche internationale en foresterie (CIFOR), l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), l'Union mondiale pour la conservation de la nature (UICN) et le Fonds mondial pour la nature (WWF) International. 90 p.
- Oldeman R.A.A., 1990. - Forest: elements of silvology. Springer-Verlag, Germany, 565 p.
- Oldeman R.A. A. & Van Dijk J. 1991. - Diagnosis of the temperament of tropical rain forest trees. *In* : Gomez-Pompa A., Whitmore T.C. & Hadley M. (eds). Rain Forest
- Oslily R & Peyrot B., 1992. - Un gisement du paléolithique inférieure: la haute terrasse de l'Elarmek-Moyenne vallée de l'Ogooué (Gabon). Problème chronologique et paléogéographiques. Comptes rendus de l'academie des Sciences des Paris, Séries II 414, 309-312.
- Pearson T., Brow.S., 2005. - Guide de Mesure du carbone dans les Forêts et Prairies herbues, Winrock international, Ecosyst Service Unit, 1621. Kent St, suite 1200, Arlington, VA 22209, 39 p.
- Pons A., Quézel P., 1998. - A propos de la mise en place du climat méditerranéen. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes, 327 :755-760.
- Pons A., Thimon M., 1987. - The role of fire from palaeoecological data. *Ecol. Medit*, 13 : 1-11 pp
- Prota. - Liste de base des espèces et de leurs groupes d'usage
<http://www.prota.org/fr/Publications/Liste+de+base.htm>
- Puig H., 1992. - La régénération des forêts. *In* : Forêts. Paris, France, Collection l'aventure
- Puig, H., Forget, P. M. et Sist, P., 1989. - Dissémination et régénération de quelques arbres en forêt tropicale guyanaise. *Bulletin de la Société Française*, 136, Actualité
- Puig. H., 2001 .- FORÊT TROPICALE DENSE HUMIDE, Belin 8° rue Ferou-75278, Paris, Cedex 6, 444p. www.edition-belin.com
- Reitsma JM., 1988. - Végétation forestière du Gabon (Forest vegetation of Gabon). Technicals series, The Trobenbos foundation, Netherlands, 165 p.

- Rey B. 1997. - Prise en compte de la dynamique forestière dans le cadre de la gestion multifonctionnelle des espaces boisés. XI Congrès forestier mondial, vol.2, 10 p.
- Rolando C et Roset JP., 199. - Première approche par l'analyse anthracologique de la végétation de Tin Ouaffadene (gisement archéologique de l'Holocène ancien, Niger nord-oriental) Géodynamique, Niger 6 (i), 1991 : p 87-91.
- Rollet B., 1969. - La régénération naturelle en forêt dense sempervirente de plaine de la Guyane Vénézuélienne. Bois et forêts de Tropiques, 124 : 19-38.
- Rollet B., 1974. - L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. Nogent/marne, France, C.T.F.T., 298 p.
- Rondeux J., 1999. - La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Presse universitaire de Gembloux, Belgique, 52 p.
- Runkle J.R. 1992. - Guidelines and sampling protocol for sampling forest gap. U.S. Department of agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, No. 44.
- Russens Q., 2010. - Apport de la télédétection à très haute résolution pour la Caractérisation d'un peuplement de forêt tropicale humide, étude de cas. Mémoire Inédit Université Catholique de Louvain, Belgique, 68 p.
- Sabongo Y, 2015. - Etude comparative de la structure et de la Diversité des Forêts à *Gilbertiodendron dewevrei* (De Wild. J. Léonard des régions des Kisangani et de l'Ituri (R.D. Congo). Thèse Fac des Sciences, Unikis, 173 p.
- Sanderland T., Walter G., et Issembe Y., 2004.- Etude préliminaire de la végétation du parc national de Mbe, Mts cristal, Gabon, 50p.
- Scheel -Ybert, R., Scheel, M., Ybert, J-P., 1998. - Atlas Brasil - Databank for Charcoal Analysis and Computerized Key to Charcoal Determination. Version 1.8. CD-ROM, in Portuguese, English and French, 1500 entries.
- Schnell R., 1945. - Sur l'origine des savanes de la région des monts Nimba (Guinée française). Bull. Soc.Bot. Fr., 9 (92) : 249-251.
- Schnell R., 1976. - *Flore et végétation de l'Afrique tropicale*. Tome 1. Bordas, Paris, 468.

- Schure J., Ingram V., et al., 2009. - From to Tea CO2 in the Democratic Republic of Congo: a framework for analyzing the market chain of fuelwood around Kinshasa and Kisangani-DRAFT SUBMISSION-WFCXIII, Buenos Aires. 15 p.
- Schwartz D., 1992. - Assèchement climatique vers 3 000B.P. et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique : quelques réflexions. *Bulletins de la Société Géologique de France*. 163 (3), 353-361.
- Schwartz D., 1996. - Une évaluation de la vitesse de la progression des lisières forestières sur les savanes: trois études de cas au Congo. *Symposium ECOFIT: Dynamique à long terme des ecosystems forestiers intertropicaux*, Paris, Résumé: 183-185.
- Schwartz D., 1997. - Forêts et savanes d'Afrique : Une histoire holécène mouvementée, *Lettre PGB-PMRC-France*. n° 6 pp 23-30.
- Schwartz D., De Foresta H., Mariott IA., Balesdent J., Massimba JP., Girardin C., 1996. - Present dynamics of the savanna-forest boundary in the Congolese Mayombe: a pedological, botanical and isotopic (^{13}C and ^{14}C) study. *Oecologia*. Springer-Verlag 106, 516-524.
- Schwartz D., Dechamps R., Elenga H. Lanfranchi R. Mariotti A. et Vincens A., 1995. - Les savanes du Congo : une végétation spécifique de l'Holocène Supérieur. *Tervuren: 2nd Symposium of African Palynology*.
- Schwartz D., Lanfranchi R. et Mariotti A., 1990. - Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). I. Apport de la pédologie et de a biogéochimie isotopique (^{14}C et ^{13}C). In : Lanfranchi et Schwartz éd. : *Paysages Quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. Didactiques ORSTOM, Paris : 314-325.
- Schwartz D., Lanfranchi R., 1991. - Les paysages de l'Afrique Centrale pendant le Quaternaire. In Lanfranchi & B. Clist (eds). *Aux origines de l'Afrique Centrale*, Centre Culturel Français d'Afrique Centrale, Libreville, 41-45.
- Schwartz D., Vincens A. Elenga H., Alexandre A., Bertaux J., Servant M., Servant S., Nguetsop F., Bonvallet J., Guillet B., Mariotti A., Denamur C., Reynaud-Farrera I., Youta Happi J., Delege MA., Fuhr M., ECOFIT, 2000. - Réponse des végétations d'Afrique centrale atlantique (Congo, Cameroun) aux changements climatiques depuis l'Holocène moyen : pas de temps, variabilité spatiale. *Barrue-Pastor M., Bertrand G.*

- Les temps de l'environnement Presses universitaires du Mirail, Toulouse 471. Series, 2, 23 p.
- Scott AC., 2000. - The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164, 281-329.
- Scott AC., Cripps JA., Collins JE. & Nichols GJ., 2000. - The taphonomy of charcoal following a recent heathland fire and some implications for the interpretation of fossil charcoal deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164-1-13.
- Siegel S. & Castellan N.J., 1988. - *Nonparametric statistics for the behavioural sciences*, 2nd ed. Chez MCGRAW Hill, 312 p.
- Sillans R., 1955. - Les défrichements culturels et la savanisation de l'Oubangui-Chari. *Journal Agr. Trop. et Bot. Appl.*, 2 (7-8-9): 431-432.
- Sillans R., 1958. - Les savanes d'Afrique centrale: essai sur la physiognomie, la structure et la dynamique des formations végétales ligneuses des régions sèches de la République Centrafricaine. Lechevalier, Paris, 423 p.
- Sonké, B. 1998. - Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun). Thèse de doct. ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 276 p.
- Statistics, ver. 1.77. Disponible sur <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- Stein J.-K., 1983. - Earthworm activity: a source of potential disturbance of archaeological sediments. *American Antiquity*, 48 (2) : 277-289.
- Tailfer Y. 1989. - La forêt dense d'Afrique Centrale. Identification pratique des principaux arbres. Agence de Coopération culturelle et Technique et CTA, Wageningen, Tome 1(456 p) et Tome 2 (1271 p).
- Talon B., Christopher, Carcaillet. M., Thinon M., 1997. - Études pédoanthracologiques des variations de la limite supérieure des arbres au cours de l'holocène dans les Alpes françaises, Institut méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie (CNRSE 6100), Case 461, FST Saint-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, F-13397, Marseille, cedex 20, France. 14 p.
- Tardy C., 1996. - Indicateurs paléo écologiques/marqueurs d'anciennes perturbations liées au feu. Les charbons de bois fossiles de la région de Nouragues-Guyane française. In

Dynamique qui à long des Ecosystèmes forestiers intertropicaux, Actes symposium Ecofit, Orstom-CNR, Body, France, 265-267.

Thiébaud S., 2005. - L'apport du fourrage d'arbre dans l'élevage depuis le Néolithique. *Anthropozoologica* 40(1): 95-108.

Thinon M., 1978. - La Pédoanthracologie : une nouvelle méthode d'analyse phytochronologique depuis le néolithique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 287, série D : 1203-1206.

Thinon M., 1992. - L'analyse pédoanthracologique. Aspects méthodologiques et applications. Thèse Doct. Etat ès Sciences. Université Aix Marseille- III, 317 p.

Thinon M., 1994 b - Description codifiée des caractères anatomiques des bois carbonisés des dicotylédones et des gnétales. *Bull. Soc. Linn. Prov.*, 45: 119-164. UNESCO. Man and the Biosphere series. 6: 67-86. Université Claude Bernard, Lyon1, Villeurbanne <http://carbone14.univ.Lyon.fr> Ann. Fac. Sci. (2013): 96-111.

Thinon M., 2007.- La végétation du mont Ventoux au cours des derniers millénaires. Le Ventoux "historique" *forêt méditerranéenne t. XXVIII, n° 4, décembre 2007* 289-294.

Tshibamba MJ., 2010. - L'Anthracomasse dans le sol des forêts denses (Cas des Réserves forestières de Yoko, Masako, Yangambi et forêts de Kole, Province Orientale, RD Congo). DES, FSA/Unikis 43 p.

Tshibamba M.J, Hubau W., Ntahobavuka, H., Boyemba B.F., De Canniere C., Beeckman H., 2013. - L'approche pédonthracologie pour la mise en évidence d'indices de perturbation-cas des forêts de la région de Kisangani , *Anales F.Sc/Unikis*, 96-110 p

Tshibamba MJ. Hubau W., Morin-Rivat J., Ntahobavuka H., Boyemba B., De Canniere C., Beeckman H., 2014. - Charcoal records reveal past occurrences of perturbations in the forests of the Kisangani region (RDC): vegetation history of the semi-deciduous rainforest, Vienne (Autriche), April 2014. International conference, *Poster presentation*.

Van der Meer, P. J. and Sterck, F. J., 1995. - Forest and gap portioning of tree seedlings in a tropical rain forest : the role of light availability. Canopy dynamics of a tropical rain forest in french Guiana. Wageningen, Netherlands, 150 p.

- Van Der Walle A., De Boer W., Smant W., Van Veen Ja., 2007. - Initial decay of woody fragments in soil is influenced by size, vertical position, nitrogen availability and soil origin. *Plant Soil* 301, 189–201.
- Van Germerden B., Olf H., Parren M.P.E. & Bongers F., 2003. - The pristine rain forest ? Remnants of historical human impacts on current tree species composition and diversity. *J. Biogeogr.* 30: 1331-1390.
- Van Germerden B.S., 2004. - Disturbance, diversity and distributions in Central African rain forest. Ph.D thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. pp 1-25
- Vancutsem C., Pekel J.-F., Evrard C., Malaisse F., et Defourny P., 2006. - Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo. Unité de Recherche en Environnement et Géomatique, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université catholique de Louvain. Presse Universitaire de Louvain, 29 p.
- Vandeweghe JP., 2004. - Forêts d'Afrique Centrale, la nature et l'homme. Tiel Belgium : Ecofac, Lannoo SA (ed.). 367 p.
- Vandenput R., 1981. - Les principales cultures en Afrique centrale. Tournai: édit. Lesaffre, 458 p.
- Vennetier P., 1977. - *Atlas de la République Populaire du Congo*. Jeune Afrique. Paris
- Vernet J.L; Ogereau, P.; Figueiral, I.; Machado, C., Uzquiano, P., 2001. - Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe: *France, Péninsule Ibérique et îles Canaries*. Paris, CNRS. pp 1-5
- Vincens A., Alexandre A., Bertaux J; Dechamps R., Elenga H., Maley J., Mariotti A., Meunier JD., Nguetsop F., Reynauld-Ferrera I., Schwartz D., & Servant-Vildary S. 1996. - Evolution de la forêt tropicale en Afrique Equatoriale Atlantique Durant les 4 000 dernières années et héritage sur le paysage végétal actuels. *In dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*, actes de symposium Ecofit, Orstom-CNRS, Bondy, France, 287-287.
- Vincens B., Buchet G., Elenga H, Fournier M., Martin L., Christian de Namur, Schwartz D., Servant M. et Wirrma D., 1994. - Changement majeur de la végétation du lac Sinda (vallée du Niari, Sud-Congo) consécutif à l'assèchement climatique holocène'

- supérieur: apport de la palynologie. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 318, série II, p. 1521-1526. Vol I, Fac. Sci. /UNIKIS, 428 p.
- Vleminckx J. 2015. - The influence of soil factors and anthropogenic disturbances on tree species assemblages in central African forests. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles Faculté des Sciences Département de Biologie des Organismes et Écologie (Evolutionary Biology and Ecology Unit), 197 p.
- Watt A.S., 1947. - Pattern and process in plant community, *Journal of ecology*, 35, pp 1-22.
- White F., 1986. - La végétation de l'Afrique. Orstom, UNESCO, Paris, France, (20), 384p.
- White L.J.T. & Edwards A., 2000. - Conservation research in the African rain forests : a technical handbook. The Wildlife Conservation Society, New York, U.S.A., 454 p.
- White L.J.T., 1992. - Vegetation history and logging disturbance: effects on rain forest mammals in the Lope reserve, Gabon (with special emphasis on elephants and apes) Thesis PhD, Univ. Edinburgh, 250 p.
- White L.J.T., 2001. - The African Rain Forest: Climate and Vegetation. In W. Weber, L.J.T. White, A. Vedder & L. Naughton-Treves. African Rain Forest Ecology & Conservation: An Interdisciplinary Perspective, Yale University Press, New Haven & Londres. 3-29 pp.
- White L.J.T., Rogers M.E., Tutin C.E.G., Williamson E.A. & Fernandez M., 1995. - Herbaceous vegetation in different forest types in Lopé Réserve, Gabon: Implantation for keystone food availability. *Afr. J. Ecol.* 33, 124-14.
- Whitmore T.C., 1991. - Tropical rain forest dynamics and its implications for management.
- Willis K.J., Gillson L. & Brncic, T.M., 2004. - How «Virgin» is Virgin rainforest? pp 3-5. *Science* 304: 402-403.
- Willis K.J., Andel, T.H., 2004. - Tree or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 23, 2369-2387
- Yao S., Sabas B., Nicolas, B., Ouattara, B., Bogaert, J. 2010. - Relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2010 14(4), 617-625.

Yongo O. D. 2002. - Contribution aux études floristique, phytogéographique et phytosociologique de la forêt de Ngotto (République Centrafricaine). Thèse de doc. Université de Lille et ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 346 p.

Youta Happi J., 1989. - Arbres contre graminées : la lente invasion de la savane par la forêt au Centre-Cameroun, Thèse, Université de Paris-Sorbonne (Paris IV), 241p.

Sites web consultés

<http://id.erudit.org/iderudit/033091ar> [consulté, 25 avril 2015].

http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_Congo_pr%C3%A9colonial_%28RDC%29
[consulté le 19 novembre 2014].

[TROPICOS](#) [consulté les 10 mai 2014].

www.olympus-sis.com [consulté le 16 mai 2014].

Annexes

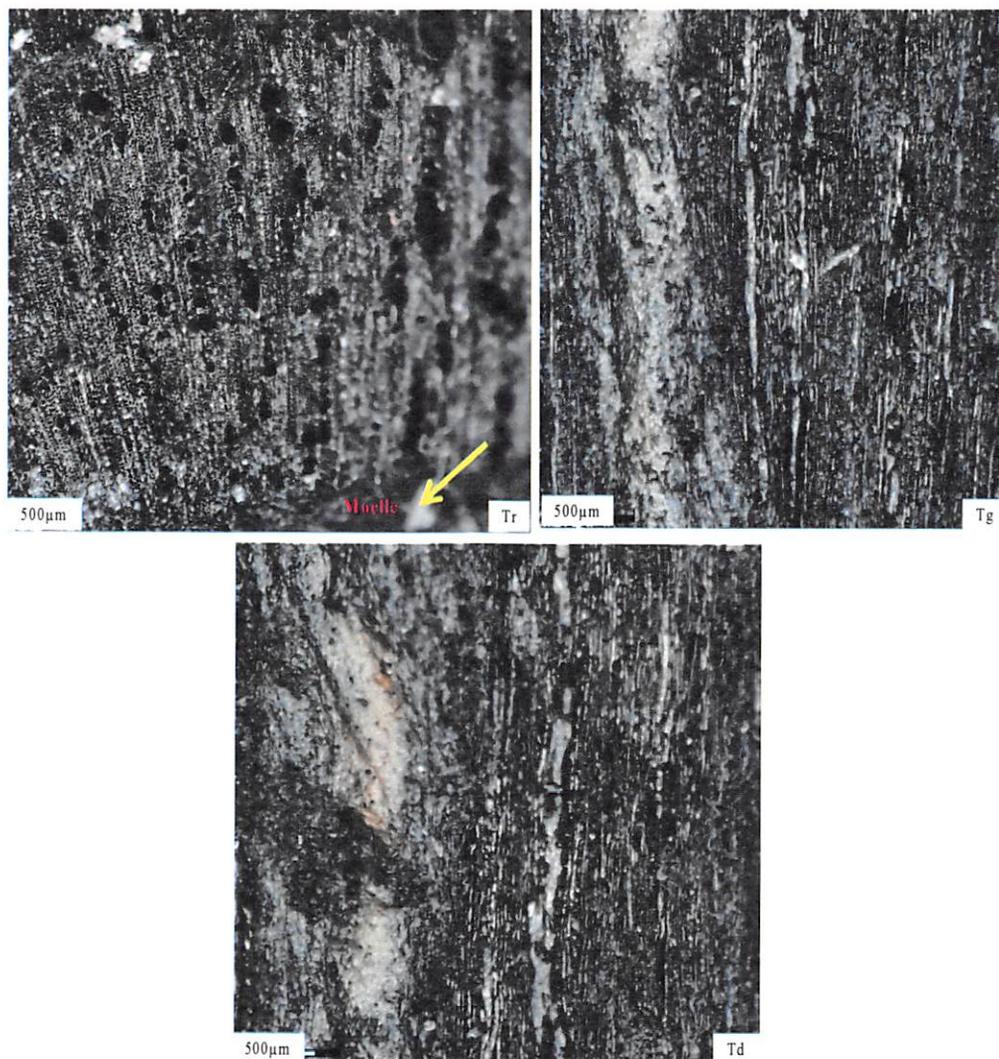
Annexe 1. Précipitation moyenne mensuelle (mm) de la ville de Kisangani (MONUSCO/ Kisangani, 2014).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M
2004	10	82	37	55	47	19	36	37	120	95	162	59	
2005	56	82	157	142	67	74	75	214	196	235	173	73	
2006	48	105	221	91	170	95	79	265	255	119	177	79	
2007	48	102	96	110	246	46	103	146	235	189	266	117	
2008	81	100	134	183	221	115	167	194	106	212	185	168	
2009	83	58	62	261	84	74	78	95	162	135	116	159	
2010	27	162	76	197	148	166	47	41	106	86	94	30	
2011	36	107	73	288	277	46	98	161	294	118	173	134	
2012	29	141	15	43	85	66	108	151	173	166	260	76	
2013	137	39	123	64	76	161	18	115	269	246	159	48	
Moy.	55,5	97,8	99,4	143	142	86,2	80,9	142	191	160	177	94,3	1469

Annexe 2. Température moyenne mensuelle (°C) de la ville de Kisangani (MONUSCO /Kisangani, 2014)

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
2004	27	26	27	26	27	26	26	27	26	27	27	27	26,6
2005	27	26	26	26	27	26	26	27	27	26	26	27	26,4
2006	27	26	26	26	27	27	27	26	28	28	27	27	26,8
2007	29,3	28,8	30	29,4	28,8	27,9	28	28	28,4	28,4	28,4	28,5	28,8
2008	28	29,1	29	29,2	29	28,1	27,3	26,9	27,7	29	28,5	27,9	28,3
2009	28,2	28,9	29,9	29,5	28,9	28,7	28,3	28,3	29	28,6	29,1	28,5	28,8
2010	29,8	30,1	29,9	29,9	29	28,2	28,3	28,8	30	30,2	30	30,1	29,5
2011	28,5	30,1	31,2	30,7	29,6	29,4	29,1	29	27,8	28,8	28,5	29	29,3
2012	29,3	28,7	30,1	27,8	28,4	28,4	28,1	28,6	28,6	28,5	28,7	28,2	28,6
2013	29,4	30,2	29,9	29,5	30,3	29,3	28,2	28,4	29,4	29,6	29,7	28,7	29,4
Moy.	28,3	28,4	28,9	28,4	28,4	28,6	27,6	27,6	28,1	28,4	28,3	28,2	28,3

Annexe 3. Image REI-0-10-1 Olympus Stream image analysis software de l'Anatomie du charbon fossile provenant d'un bois juvénile. Les structures du bois juvénile ne sont pas encore bien différenciées et moelle est encore visible.



Annexe 6. Espèces (Diamètre < 10 cm) de régénération dans les forêts à Marantaceae de Yoko et leur fréquence. Temp. = Tempérament, MarRFYE = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Est, MarRFYN = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Nord, MarRFYS = Marantaceae de la réserve forestière dans le site Sud, MarRFYW = Marantaceae de la réserve forestière de Yoko dans le site Ouest.

Espèce	Famille	Temp.	MarRFYE	MarRFYN	MarRFYS	MarRFYW
<i>Azelia bella</i> Harms	Fabaceae	HNP				1
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	Rubiaceae	TO	3	43	18	8
<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	Fabaceae	TO	5	3		
<i>Alchornea floribunda</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	ND		3	23	13
<i>Allanblackia floribunda</i> Oliv.	Clusiaceae	HNP				2
<i>Alsodeiopsis poggei</i> Engler	Icacinaeae	ND			4	
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	HNP		1		1
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	TO	4	5		1
<i>Anthoantha fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO		1		
<i>Anthoantha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	TO	3	9	10	6
<i>Anthoantha pynactii</i> (De Wild.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO		1		
<i>Antiaris toxicaria</i> Losch.	Moraceae	HNP			1	
<i>Antidesma</i> sp	Phyllanthaceae	ND			1	
<i>Barteria nigriliana</i> Hooker	Salicaceae	HNP		47	2	9
<i>Bellucia axinantha</i> Triana	Melastomataceae	ND		15	10	
<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sapindaceae	HNP		2	7	
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	HNP	6		1	5
<i>Campylospermum</i> sp	Ochnaceae	TO	24		76	18
<i>Campylostemon laurentii</i> De Wild	Ochnaceae	TO		16	1	3
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	HNP			1	
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	HNP			2	
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	TO				1
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cannabaceae	TO		2	2	1
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	Sapotaceae	TO	2	2		1
<i>Chytranthus carneus</i> Radlk. ex Milbr.	Sapindaceae	ND	1	2		
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	Phyllanthaceae	TO		1		
<i>Cleistopholis glauca</i> Pierre ex Engl. & Diels	Annonaceae	HNP				1
<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.	Myristicaceae	TO		11	2	3
<i>Cola altissima</i> Engel	Malvaceae	TO			3	
<i>Cola bruneelii</i> De Wild.	Malvaceae	TO	9	7	16	14
<i>Cola gigantea</i> A.Chev.	Malvaceae	TO	2	1		1
<i>Cola griseiflora</i> De Wild	Malvaceae	TO	12		2	
<i>Cola marsupium</i> K. Schum.	Malvaceae	TO		2	3	1
<i>Cola</i> sp	Malvaceae	TO	1			
<i>Cremaspora triflora</i> K. Schum.	Rubiaceae	ND			3	
<i>Cuviera nigrescens</i> Wernham	Rubiaceae	TO		1		
<i>Cynometra hankei</i> Harms	Fabaceae	TO	12			
<i>Dacryodes edulis</i> (G.Don) H.J.Lam	Burseraceae	TO	1	3	3	
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	Burseraceae	ND		1		1
<i>Desplatsia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	Malvaceae	TO	6			1
<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	TO			1	1
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	TO			3	1
<i>Dialium</i> sp	Fabaceae	TO	4	1		4
<i>Diospyros boala</i> De wild	Ebenaceae	TO			2	

<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	Ebenaceae	TU				1
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	Ebenaceae	TU			1	
<i>Diospyros hoyleana</i> subsp. <i>angustifolia</i> F. White	Ebenaceae	TU			1	
<i>Diospyros melocarpa</i> F. White	Ebenaceae	TU			2	
<i>Diospyros</i> sp	Ebenaceae	TU				4
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	Puntranjivaceae	TU	1			
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	Puntranjivaceae	TU	6	6	16	8
<i>Drypetes lisolinoli</i> J. Léonard in herb. BR	Puntranjivaceae	TU	1			
<i>Drypetes</i> sp	Puntranjivaceae	TU			3	
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Myristicaceae	TU				1
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	HNP		1		1
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	TU			3	
<i>Erythrococca oleracea</i> Prain	Euphorbiaceae	ND			1	
<i>Erythrococca anomala</i> (Juss. & Poir.) Prain	Euphorbiaceae	ND			1	
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan	Fabaceae	TU			1	
<i>Ficus mucoso</i> Ficalho	Moraceae	HNP	1	1		
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	HP		3	1	
<i>Garcinia punctata</i> Oliver	Clusiaceae	TU			1	
<i>Garcinia smeathmannii</i> (Planch. & Triana) Oliv.	Clusiaceae	TU	2			2
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	Fabaceae	TU		2		
<i>Gilletiodendron kisantuense</i> (Vermoesen ex De Wild.) J. Léonard	Fabaceae	TU		4	1	
<i>Grewia trinervia</i> E. Mey	Malvaceae	TU		4	2	2
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	Euphorbiaceae	TU	1		1	
<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.) Pellegr.	Meliaceae	TU	4		2	3
<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.	Meliaceae	TU	3	2	3	7
<i>Guibourtia demeusei</i> (Harms) J.L. onard	Fabaceae	TU			1	
<i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	TU		5	1	11
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	Erythropalaceae	TU	2	5	1	2
<i>Hunteria congolana</i> Pichon	Apocynaceae	ND	2		1	
<i>Julbernardiu sevetii</i> (De Wild.) Troupin	Fabaceae	TU	3	10	1	1
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth	Bignoniaceae	ND	11		5	
<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Anacardiaceae	HNP			1	
<i>Macaranga monandra</i> Mull. Arg	Euphorbiaceae	HP		2		
<i>Macaranga spinosa</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	HP		1	1	
<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	TU	1			
<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bull. ex Hoyle	Rubiaceae	TU	3			
<i>Microdesmis yufungana</i> J. Léonard	Pandaceae	TU	3	1	3	4
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae	HNP	1			
<i>Millettia laurentii</i> De Wild	Fabaceae	TU	4			
<i>Millettia drastica</i> Welw. ex Baker	Fabaceae	ND		4		9
<i>Monodora angolensis</i> Welw	Annonaceae	TU		1	1	
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	HP	1			3
<i>Myrianthus arboreus</i> P.Beauv.	Urticaceae	HP		4	4	17
<i>Myrianthus preussii</i> Engler	Urticaceae	HP			3	21
<i>Napoleonaea vogelii</i> Hooker & Planchon	Lecythidaceae	TU		1		
<i>Ochthocasmus africanus</i> Hooker f.	Linaceae	TU	1	22	25	1
<i>Oncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	TU	6	8	2	2
<i>Pancovia harmsiana</i> Gilg	Sapindaceae	TU		8	2	
<i>Pancovia laurentii</i> (De Wild.) Gilg ex De Wild	Flacourtiaceae	TU	1			3
<i>Parinari excelsa</i> Sab Sabine	Chrysobalanaceae	TU	1	1		1
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	HNP			5	
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	TU	2	16	4	12

<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	Annonaceae	TO	5	4	3	10
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	Anacardiaceae	TO	1	9	4	2
<i>Pterygota bequaertii</i> De Wild	Malvaceae	ND	1	1		
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	HNP	18	20		
<i>Pycnocomma thonneri</i> Pax	Euphorbiaceae	TO	6			3
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baillon) Pierre ex Hecke	Euphorbiaceae	HNP		1		3
<i>Rinorea oblongifolia</i>	Violaceae	HNP	1	12	49	19
<i>Rinorea sp</i>	Violaceae	ND			1	
<i>Rothmannia lujae</i> (De Wild.) Keay	Rubiaceae	ND	3	1	2	5
<i>Scaphopetalum thonneri</i> De Wild & Th. Dur	Malvaceae	TO	8	42	76	62
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms Harms	Fabaceae	TO				2
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	TO	27	22	4	13
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	Malvaceae	TO	1		1	1
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook.f.	Strombosiaceae	TO				2
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae	TO			1	
<i>Synsepalum subcordatum</i> De Wild.	Sapotaceae	TO	5			
<i>Tessmannia anomala</i> (Micheli) Harms	Fabaceae	TO	1			
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fabaceae	HNP		1		
<i>Thomandersia hensii</i> De Wild. & Th. Dur.	Thomandersiaceae	ND				1
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	HNP	2	5	1	2
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	Meliaceae	TO		1	1	
<i>Trichilia priureana</i> Harms	Meliaceae	TO	11	1	3	6
<i>Trichilia rubescens</i> Oliver	Meliaceae	TO	10	8	12	
<i>Trichilia sp</i>	Meliaceae	TO	4	8	7	5
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i> Engler	Sapotaceae	TO		1		1
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC	Moraceae	TO	20	4	7	26
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	Meliaceae	TO	6	2	5	43
<i>Uapaca guineensis</i> M Il.Arg.	Phyllanthaceae	TO	2	2	9	
<i>Vitex welwitschii</i> Gürke	Lamiaceae	TO			1	
<i>Xylia ghesquieri</i> Robyns	Fabaceae	TO	35			
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G.Waterman	Rutaceae	HNP	1		1	
Total			324	437	486	420

Annexe 7. Espèces ligneuses ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) des forêts à Marantaceae de la réserve forestière de Yoko.

(1) Les tempéraments sont: HP = héliophile pionnier; HNP = héliophile non pionnier; TO = Tolérant à l'ombre; ND = non déterminé. ST = surface terrière; Dr = dominance relative; Dor = dominance relative; Fr = fréquence relative; IVI = indice d'importance.

Espèce	Famille	Temp	ST	Dr	Dor	Fr	IVI
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	Rubiaceae	TO	0,09	2,05	0,35	87,5	89,89
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum.) W.F.Wight	Fabaceae	HNP	0,07	0,07	0,28	6,25	6,60
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	TO	0,10	0,27	0,38	25	25,66
<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	Fabaceae	HNP	0,01	0,14	0,02	6,25	6,41
<i>Allanblackia marianii</i> Staner	Clusiaceae	HNP	0,35	0,07	1,30	6,25	7,62
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	HNP	0,45	0,68	1,67	43,75	46,11
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,55	2,52	2,07	75	79,60
<i>Anthoantha fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO	0,06	0,34	0,21	25	25,55
<i>Anthoantha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	TO	0,26	1,09	0,96	62,5	64,55
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	Moraceae	HNP	0,06	0,27	0,21	18,75	19,23
<i>Autranella congolensis</i> (De Wild.) A.Chev.	Sapotaceae	TO	0,02	0,07	0,09	6,25	6,41
<i>Baphiastrum boonei</i> (De Wild.) Vermeesen	Fabaceae	ND	0,04	0,75	0,15	50	50,90
<i>Barteria nigritana</i> Hooker	Salicaceae	HNP	0,18	2,86	0,69	75	78,55
<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sapindaceae	HNP	0,10	0,55	0,38	25	25,93
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	HNP	0,27	1,71	1,02	62,5	65,22
<i>Bridelia atroviridis</i> Mull. Arg.	Phyllanthaceae	HNP	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Bridelia ripicola</i> J. Léonard	Phyllanthaceae	HNP	0,02	0,27	0,07	25	25,34
<i>Caloncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	HNP	0,02	0,34	0,08	12,5	12,92
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	HNP	0,42	0,82	1,56	43,75	46,13
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	HNP	0,04	0,34	0,16	25	25,50
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	HNP	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	TO	0,03	0,20	0,10	18,75	19,06
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cannabaceae	TO	0,05	0,61	0,20	31,25	32,07
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	Sapotaceae	TO	0,35	1,64	1,31	68,75	71,70
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	Phyllanthaceae	TO	0,12	0,89	0,45	31,25	32,58
<i>Coelocoryon preussii</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,09	0,95	0,35	50	51,31
<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.	Malvaceae	TO	0,10	0,95	0,36	50	51,31
<i>Cola altissima</i> Engler	Malvaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,33
<i>Cola griseiflora</i> De Wild	Malvaceae	TO	0,01	0,14	0,03	12,5	12,66
<i>Croton humanius</i> J.Léonard	Euphorbiaceae	HNP	0,02	0,07	0,08	6,25	6,39
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) H.J. Lam	Burseraceae	TO	0,06	1,02	0,24	62,5	63,76
<i>Desplatia chrysochlamys</i> (Mildbr. & Burret) Mildbr. & Burret	Malvaceae	TO	0,02	0,14	0,06	12,5	12,69
<i>Desplatia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	Malvaceae	TO	0,03	0,61	0,12	31,25	31,99
<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyart	Fabaceae	TO	0,02	0,07	0,09	6,25	6,41
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	TO	0,02	0,14	0,06	12,5	12,70
<i>Dialium zenkeri</i> Harms	Fabaceae	TO	0,03	0,48	0,10	18,75	19,33
<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	Ebenaceae	TO	0,05	0,82	0,20	31,25	32,26
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Diospyros melocarpa</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Diospyros zenkeri</i> (Gürke) F. White	Ebenaceae	TO	0,01	0,07	0,04	6,25	6,35
<i>Discopyrena caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	HNP	0,03	0,27	0,11	12,5	12,88
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link	Asparagaceae	ND	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Drypetes gossweilerii</i> S. Moore	Puntranjivaceae	TO	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	Puntranjivaceae	TO	0,13	1,71	0,49	81,25	83,44
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Meliaceae	TO	0,01	0,14	0,05	12,5	12,69
<i>Entandrophragma cundollei</i> Harms	Meliaceae	HNP	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Entandrophragma utile</i> (Dewc & Sprague) Sprague	Meliaceae	TO	0,02	0,27	0,08	18,75	19,10
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan	Fabaceae	TO	0,13	0,41	0,48	25	25,89
<i>Ficus mucosa</i> Ficalho	Moraceae	HP	0,17	0,48	0,62	37,5	38,60
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Moraceae	HP	0,01	0,07	0,04	6,25	6,36
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	Moraceae	HP	1,02	2,80	3,84	68,75	75,38
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	TO	0,01	0,20	0,05	18,75	19,00
<i>Garcinia punctata</i> Oliver	Clusiaceae	TO	0,04	0,34	0,14	25	25,48
<i>Grewia trinervia</i> E. Mey	Malvaceae	TO	0,21	0,68	0,78	37,5	38,96
<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.	Meliaceae	TO	0,10	0,41	0,37	25	25,78
<i>Guibourtia demusei</i> (Harms) J.L. onard	Fabaceae	TO	0,01	0,20	0,04	12,5	12,74
<i>Hannoa klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	TO	0,45	2,25	1,69	75	78,94
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Hypericaceae	HP	0,01	0,14	0,05	6,25	6,44
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	Erythropalaceae	TO	0,24	1,71	0,88	81,25	83,84
<i>Irvingia grandifolia</i> (Engler) Engler	Irvignaceae	TO	0,04	0,55	0,16	18,75	19,46
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	Fabaceae	TO	0,31	0,41	1,16	31,25	32,82
<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C.DC.	Meliaceae	HNP	0,21	0,27	0,78	18,75	19,80
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre ex Engl.	Fabaceae	HNP	0,14	0,20	0,54	18,75	19,49
<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Meliaceae	HNP	0,11	0,41	0,40	25	25,81
<i>Macaranga monandra</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	HP	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	TO	0,06	0,41	0,24	31,25	31,90
<i>Manilkara malcolex</i> Louis	Phyllanthaceae	ND	0,03	0,07	0,12	56,25	56,43
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	HNP	0,65	1,30	2,46	56,25	60,00
<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bull. ex Hoyle	Rubiaceae	TO	0,01	0,27	0,03	25	25,31

<i>Microdesmis yafungana</i> J. Léonard	Pandaceae	TO	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae	HNP	0,34	0,41	1,29	25	26,70
<i>Milletia drastica</i> Welw. ex Baker	Fabaceae	ND	0,01	0,14	0,03	12,5	12,67
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Annonaceae	TO	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	TO	0,05	0,20	0,19	18,75	19,14
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	HP	0,36	1,50	1,37	56,25	59,12
<i>Myrianthus arboreus</i> P.Beauv.	Urticaceae	HP	0,16	1,43	0,60	56,25	58,28
<i>Napoleonaea vogelii</i> Hooker & Planchon	Lecythidaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,33
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T.Durand) Morr.	Rubiaceae	TO	0,05	0,14	0,18	12,5	12,81
<i>Nesogordonia leplaei</i> (Verm.) Capuron	Malvaceae	TO	0,14	0,20	0,51	12,5	13,21
<i>Ochthocosmus africanus</i> Hooker f.	Linaceae	TO	0,01	0,20	0,05	18,75	19,00
<i>Oncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	TO	0,10	1,02	0,37	62,5	63,89
<i>Pachyelasma tessmannii</i> (Harms) Harms	Fabaceae	ND	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Pachystela excelsa</i> Louis	Sapotaceae	HNP	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Pancovia harmsiana</i> Gilg	Sapindaceae	TO	0,04	0,48	0,14	25	25,62
<i>Panda oleasa</i> Pierre	Pandaceae	TO	0,29	0,75	1,10	50	51,85
<i>Pauridiantha callicarpoides</i> (Hiern) Bremek.	Rubiaceae	ND	0,32	0,55	1,22	25	26,76
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	HNP	0,06	0,55	0,23	25	25,77
<i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwen	Fabaceae	HNP	0,57	0,27	2,13	18,75	21,15
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	TO	2,83	7,71	10,65	100	118,35
<i>Piptadeniastrum africanum</i> Hook.f.	Fabaceae	TO	0,12	0,07	0,47	6,25	6,79
<i>Plagiostyles africana</i> (Mull. Arg.) Prain	Euphorbiaceae	TO	0,04	0,07	0,16	6,25	6,48
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,07	0,55	0,26	31,25	32,06
<i>Pouteria altissima</i> (A.Chev.) Aubr.v. & Polleg.	Sapotaceae	TO	0,03	0,07	0,13	6,25	6,44
<i>Prioria balsamifera</i> (Vermoesen) Breteler	Fabaceae	TO	0,01	0,14	0,03	6,25	6,42
<i>Pseudospondias micocarpa</i> (A.Rich.) Engl.	Anacardiaceae	HNP	1,35	4,23	5,07	93,75	103,05
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	HNP	0,08	0,34	0,32	31,25	31,91
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	HP	1,47	5,39	5,53	93,75	104,67
<i>Pycnanthus marshallianus</i> Ghesq.	Myristicaceae	HNP	0,14	0,27	0,52	25	25,79
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	HP	3,06	2,25	11,48	75	88,73
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H. Wright) Marquand ex Chipp	Violaceae	HNP	0,56	5,87	2,09	100	107,96
<i>Rothmannia tujae</i> (De Wild.) Keay	Rubiaceae	ND	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,29	3,07	1,08	75	79,15
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	Malvaceae	TO	0,43	2,73	1,63	75	79,35
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook.f.	Strombosiaceae	TO	0,38	2,18	1,44	68,75	72,37
<i>Strombosiopsis tetrandra</i> Engler Engl.	Strombosiaceae	TO	0,15	0,55	0,55	37,5	38,59
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae	HNP	0,06	0,41	0,24	25	25,65
<i>Synsepalum subcordatum</i> De Wild.	Sapotaceae	TO	0,03	0,07	0,12	6,25	6,44
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn.) Taub.	Fabaceae	HNP	0,07	0,20	0,27	12,5	12,97
<i>Thomandersia congolana</i> De Wild. & Th. Dur.	Thomandersiaceae	ND	0,01	0,20	0,02	18,75	18,98
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	HNP	0,23	1,09	0,87	62,5	64,47
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Thomandersiaceae	HP	0,03	0,55	0,10	25	25,65
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	Moraceae	TO	0,25	1,84	0,96	87,5	90,30
<i>Trichilia rubescens</i> Oliver	Moraceae	TO	0,15	2,52	0,58	18,75	21,86
<i>Trichilia welwitschii</i> C. DC.	Moraceae	TO	0,04	0,27	0,15	18,75	19,18
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i> Engler	Sapotaceae	TO	0,53	0,75	1,99	50	52,74
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC	Moraceae	TO	0,93	3,34	3,49	87,5	94,33
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,37	1,09	1,37	62,5	64,96
<i>Uapaca guineensis</i> Muell.Arg.	Phyllanthaceae	TO	1,07	1,16	4,02	43,75	48,92
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Lamiaceae	TO	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Vitex spp</i>	Lamiaceae	TO	0,11	0,07	0,40	6,25	6,71
<i>Vitex welwitschii</i> Gürke	Lamiaceae	TO	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Xylococcus ghesquieri</i> Robyns	Fabaceae	TO	0,02	0,20	0,07	18,75	19,03
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G. Waterman	Rutaceae	HNP	0,84	1,43	3,17	68,75	73,36

Annexe 8. Espèces ligneuses ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) des forêts à Marantaceae de Biaro.

(1) Tempéraments sont : HP = héliophile pionnier ; HNP = héliophile non pionnier ; TO = Tolérant à l'ombre ; ND = non déterminé.

ST = surface terrière (m^2ha^{-1}) ; Dr = dominance relative ; Dor = dominance relative ; Fr = fréquence relative ; IVI = indice d'importance.

Espèce	Famille	Temp	ST	Dr	Dor	Fr	IVI
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	Rubiaceae	TO	0,09	2,05	0,35	87,5	89,89
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schum.) W.F. Wight	Fabaceae	HNP	0,07	0,07	0,28	6,25	6,60
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	TO	0,10	0,27	0,38	25	25,66
<i>Albizia gummifera</i> (J.F. Gmel.) C.A. Sm.	Fabaceae	HNP	0,01	0,14	0,02	6,25	6,41
<i>Allanblackia marienii</i> Staner	Clusiaceae	HNP	0,35	0,07	1,30	6,25	7,62
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	HNP	0,45	0,68	1,67	43,75	46,11
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,55	2,52	2,07	75	79,60
<i>Anthonotha fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO	0,06	0,34	0,21	25	25,55
<i>Anthonotha macrophylla</i> P. Beauv.	Fabaceae	TO	0,26	1,09	0,96	62,5	64,55
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	Moraceae	HNP	0,06	0,27	0,21	18,75	19,23
<i>Auranella congolensis</i> (De Wild.) A. Chev.	Sapotaceae	TO	0,02	0,07	0,09	6,25	6,41
<i>Baphiastrum boonei</i> (De Wild.) Vermeesen	Fabaceae	ND	0,04	0,75	0,15	50	50,90
<i>Barteria nigritana</i> Hooker	Salicaceae	HNP	0,18	2,86	0,69	75	78,55
<i>Blighia unijugata</i> Baker	Sapindaceae	HNP	0,10	0,55	0,38	25	25,93
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	HNP	0,27	1,71	1,02	62,5	65,22
<i>Bridelia atroviridis</i> Mull. Arg.	Phyllanthaceae	HNP	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Bridelia ripicola</i> J. Léonard	Phyllanthaceae	HNP	0,02	0,27	0,07	25	25,34
<i>Caloncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	HNP	0,02	0,34	0,08	12,5	12,92
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	HNP	0,42	0,82	1,56	43,75	46,13
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	HNP	0,04	0,34	0,16	25	25,50
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	HNP	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	TO	0,03	0,20	0,10	18,75	19,06
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cannabaceae	TO	0,05	0,61	0,20	31,25	32,07
<i>Chrysophyllum lacourianum</i> De Wild.	Sapotaceae	TO	0,35	1,64	1,31	68,75	71,70
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	Phyllanthaceae	TO	0,12	0,89	0,45	31,25	32,58
<i>Coelocoryon preussii</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,09	0,95	0,35	50	51,31
<i>Cola acuminata</i> (P. Beauv.) Schott & Endl.	Malvaceae	TO	0,10	0,95	0,36	50	51,31
<i>Cola altissima</i> Engler	Malvaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,33
<i>Cola griseiflora</i> De Wild.	Malvaceae	TO	0,01	0,14	0,03	12,5	12,66
<i>Croton haumanianus</i> J. Léonard	Euphorbiaceae	HNP	0,02	0,07	0,08	6,25	6,39
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) H.J. Lam	Burseraceae	TO	0,06	1,02	0,24	62,5	63,76
<i>Desplatsia chrysochlamys</i> (Mildbr. & Burret) Mildbr. & Burret	Malvaceae	TO	0,02	0,14	0,06	12,5	12,69
<i>Desplatsia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	Malvaceae	TO	0,03	0,61	0,12	31,25	31,99
<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	TO	0,02	0,07	0,09	6,25	6,41
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	TO	0,02	0,14	0,06	12,5	12,70
<i>Dialium zenkeri</i> Harms	Fabaceae	TO	0,03	0,48	0,10	18,75	19,33
<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	Ebenaceae	TO	0,05	0,82	0,20	31,25	32,26
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Diospyros melocarpa</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Diospyros zenkeri</i> (Gürke) F. White	Ebenaceae	TO	0,01	0,07	0,04	6,25	6,35
<i>Discoglypema caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	HNP	0,03	0,27	0,11	12,5	12,88
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link	Asparagaceae	ND	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	Puntranjivaceae	TO	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	Puntranjivaceae	TO	0,13	1,71	0,49	81,25	83,44
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	TO	0,01	0,14	0,05	12,5	12,69
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	HNP	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Entandrophragma utile</i> (Dewe & Sprague) Sprague	Meliaceae	TO	0,02	0,27	0,08	18,75	19,10
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan	Fabaceae	TO	0,13	0,41	0,48	25	25,89
<i>Ficus mucosa</i> Ficalho	Moraceae	HP	0,17	0,48	0,62	37,5	38,60
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Moraceae	HP	0,01	0,07	0,04	6,25	6,36
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	Moraceae	HP	1,02	2,80	3,84	68,75	73,38
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	TO	0,01	0,20	0,05	18,75	19,00
<i>Garcinia punctata</i> Oliver	Clusiaceae	TO	0,04	0,34	0,14	25	25,48
<i>Grewia trinervis</i> E. Mey	Malvaceae	TO	0,21	0,68	0,78	37,5	38,96
<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Guarea thompsoni</i> Sprague & Hutch.	Meliaceae	TO	0,10	0,41	0,37	25	25,78
<i>Guibourtia demusei</i> (Harms) J.L. Leonard	Fabaceae	TO	0,01	0,20	0,04	12,5	12,74
<i>Hannaia klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	TO	0,45	2,25	1,69	75	78,94
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Hypericaceae	HP	0,01	0,14	0,05	6,25	6,44
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	Erythropalaceae	TO	0,24	1,71	0,88	81,25	83,84
<i>Irvingia grandifolia</i> (Engler) Engler	Iringiaceae	TO	0,04	0,55	0,16	18,75	19,46
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	Fabaceae	TO	0,31	0,41	1,16	31,25	32,82
<i>Khaya anthochea</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	HNP	0,21	0,27	0,78	18,75	19,80
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre ex Engl.	Fabaceae	HNP	0,14	0,20	0,54	18,75	19,49
<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Meliaceae	HNP	0,11	0,41	0,40	25	25,81
<i>Macaranga monandra</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	HP	0,00	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Mammea africana</i> Sabine	Clusiaceae	TO	0,06	0,41	0,24	31,25	31,90
<i>Manilkara malcoleus</i> Louis	Phyllanthaceae	ND	0,03	0,07	0,12	56,25	56,43
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	HNP	0,65	1,30	2,46	56,25	60,00
<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bull. ex Hoyle	Rubiaceae	TO	0,01	0,27	0,03	25	25,31

<i>Microdesmis yafungana</i> J. Léonard	Pandaceae	TO	0,01	0,07	0,03	6,25	6,35
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae	HNP	0,34	0,41	1,29	25	26,70
<i>Millettia drastica</i> Welw. ex Baker	Fabaceae	ND	0,01	0,14	0,03	12,5	12,67
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Annonaceae	TO	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	TO	0,05	0,20	0,19	18,75	19,14
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	HP	0,36	1,50	1,37	56,25	59,12
<i>Myrianthus arboreus</i> P.Beauv.	Urticaceae	HP	0,16	1,43	0,60	56,25	58,28
<i>Napoleonaea vogelii</i> Hooker & Planchon	Lecythidaceae	TO	0,00	0,07	0,02	6,25	6,33
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T.Durand) Merr.	Rubiaceae	TO	0,05	0,14	0,18	12,5	12,81
<i>Mesogordonia leplaei</i> (Verm.) Capuron	Malvaceae	TO	0,14	0,20	0,51	12,5	13,21
<i>Occhiocosmus africanus</i> Hooker f.	Linaceae	TO	0,01	0,20	0,05	18,75	19,00
<i>Oncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	TO	0,10	1,02	0,37	62,5	63,89
<i>Pachyelasma tessmannii</i> (Harms) Harms	Fabaceae	ND	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Pachystela excelsa</i> Louis	Sapotaceae	HNP	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Pancovia harmsiana</i> Gilg	Sapindaceae	TO	0,04	0,48	0,14	25	25,62
<i>Panda oleasa</i> Pierre	Pandaceae	TO	0,29	0,75	1,10	50	51,85
<i>Pauridiantha cullicarpoides</i> (Hiern) Bremek.	Rubiaceae	ND	0,32	0,55	1,22	25	26,76
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	HNP	0,06	0,55	0,23	25	25,77
<i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwcen	Fabaceae	HNP	0,57	0,27	2,13	18,75	21,15
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	TO	2,83	7,71	10,65	100	118,35
<i>Piptadeniastrum africanum</i> Hook. f.	Fabaceae	TO	0,12	0,07	0,47	6,25	6,79
<i>Plagiostyles africana</i> (Mull. Arg.) Prain	Euphorbiaceae	TO	0,04	0,07	0,16	6,25	6,48
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,07	0,55	0,26	31,25	32,06
<i>Pouteria alissima</i> (A.Chev.) Aubr.v. & Pellegr.	Sapotaceae	TO	0,03	0,07	0,13	6,25	6,44
<i>Prioria balsamifera</i> (Vermoesen) Breteler	Fabaceae	TO	0,01	0,14	0,03	6,25	6,42
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	Anacardiaceae	HNP	1,35	4,23	5,07	93,75	103,05
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	HNP	0,08	0,34	0,32	31,25	31,91
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	HP	1,47	5,39	5,53	93,75	104,67
<i>Pycnanthus marchalianus</i> Ghesq.	Myristicaceae	HNP	0,14	0,27	0,52	25	25,79
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	HP	3,06	2,25	11,48	75	88,73
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H.Wright) Marquand ex Chipp	Violaceae	HNP	0,56	5,87	2,09	100	107,96
<i>Rothmannia lujac</i> (De Wild.) Keay	Rubiaceae	ND	0,01	0,14	0,02	12,5	12,66
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,29	3,07	1,08	75	79,15
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	Malvaceae	TO	0,43	2,73	1,63	75	79,35
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook. f.	Strombosiaceae	TO	0,38	2,18	1,44	68,75	72,37
<i>Strombosiosis tetrandra</i> Engler Engl.	Strombosiaceae	TO	0,15	0,55	0,55	37,5	38,59
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae	HNP	0,06	0,41	0,24	25	25,65
<i>Synsepalum subcordatum</i> De Wild.	Sapotaceae	TO	0,03	0,07	0,12	6,25	6,44
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn.) Taub.	Fabaceae	HNP	0,07	0,20	0,27	12,5	12,97
<i>Thomandersia congolana</i> De Wild. & Th. Dur.	Thomandersiaceae	ND	0,01	0,20	0,02	18,75	18,98
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	HNP	0,23	1,09	0,87	62,5	64,47
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Thomandersiaceae	HP	0,03	0,55	0,10	25	25,65
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	Moraceae	TO	0,25	1,84	0,96	87,5	90,30
<i>Trichilia rubescens</i> Oliver	Moraceae	TO	0,15	2,52	0,58	18,75	21,86
<i>Trichilia welwitschii</i> C. DC.	Moraceae	TO	0,04	0,27	0,15	18,75	19,18
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i> Engler	Sapotaceae	TO	0,53	0,75	1,99	50	52,74
<i>Trilepistium madagascariense</i> DC	Moraceae	TO	0,93	3,34	3,49	87,5	94,33
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,37	1,09	1,37	62,5	64,96
<i>Uapaca guineensis</i> Muell.Arg.	Phyllanthaceae	TO	1,07	1,16	4,02	43,75	48,92
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Lamiaceae	TO	0,01	0,07	0,02	6,25	6,34
<i>Vitex spp</i>	Lamiaceae	TO	0,11	0,07	0,40	6,25	6,71
<i>Vitex welwitschii</i> Gürke	Lamiaceae	TO	0,00	0,07	0,01	6,25	6,33
<i>Xylia ghesquieriei</i> Robyns	Fabaceae	TO	0,02	0,20	0,07	18,75	19,03
<i>Zanthoxylum gilletii</i> (De Wild.) P.G.Waterman	Rutaceae	HNP	0,84	1,43	3,17	68,75	73,36

Annexe 9. Espèces ligneuses ($D_{1,30\text{ m}} \geq 10\text{ cm}$) des forêts mixtes.

(1) Les tempéraments sont : HP = héliophile pionnier ; HNP = héliophile no pionnier, TO = Tolérant à l'ombre ; ND = non déterminé. ST = surface terrière; Dr = dominance relative; Dor = dominance relative; Fr = fréquence relative; IVI = indice d'importance

Espèce	Famille	Temp.	ST	Dor	Dr	Fr	IVI
<i>Afrostyrax lepidophyllum</i> Mildbr	Huaceae	ND	0,03	0,11	0,01	12,5	12,61
<i>Aidia micrantha</i> (K. Schum.) F. White	Rubiaceae	TO	0,24	0,81	0,05	81,25	82,11
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	TO	0,01	0,02	0,00	6,25	6,28
<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	Fabaceae	HNP	0,15	0,50	0,03	18,75	19,28
<i>Allanblackia marienii</i> Stancer	Clusiaceae	HNP	0,01	0,03	0,00	12,5	12,53
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	HNP	0,35	1,15	0,07	18,75	19,97
<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	HNP	0,02	0,06	0,00	6,25	6,32
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,88	2,94	0,17	100	103,10
<i>Anthonotha fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO	0,43	1,43	0,08	31,25	32,76
<i>Anthonotha macrophylla</i> P.Beauv.	Fabaceae	TO	0,11	0,37	0,02	12,5	12,89
<i>Anthonotha pynaertii</i> (De Wild.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO	0,02	0,06	0,00	12,5	12,56
<i>Anthrocaryon nannanii</i> De Wild	Anacardiaceae	ND	0,12	0,41	0,02	12,5	12,93
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch.	Moraceae	HNP	0,01	0,04	0,00	12,5	12,54
<i>Barteria fistulosa</i> (Mast.) Sluemer	Salicaceae	ND	0,01	0,05	0,00	18,75	18,80
<i>Barteria nigritiana</i> Hooker	Salicaceae	HNP	0,04	0,13	0,01	25	25,14
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Salicaceae	HNP	0,13	0,43	0,03	43,75	44,21
<i>Brachystegia laurentii</i>	Fabaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Bridelia ripicola</i> J. Léonard	Phyllanthaceae	HNP	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae	HNP	0,25	0,83	0,05	6,25	7,12
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	HNP	0,17	0,57	0,03	68,75	69,35
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	TO	0,47	1,56	0,09	75	76,65
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cannabaceae	TO	0,08	0,26	0,02	43,75	44,03
<i>Chrysophyllum lacourianum</i> De Wild	Sapotaceae	TO	0,17	0,57	0,03	75	75,60
<i>Chytranthus carneus</i> Radlk. ex Mildbr.	Sapindaceae	ND	0,00	0,01	0,00	50	50,01
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	Phyllanthaceae	TO	0,07	0,23	0,01	18,75	18,99
<i>Cleistanthus patens</i> (Benth.) Engl. & Diels	Annonaceae	HNP	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Coelocaryon preussii</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,06	0,19	0,01	25	25,21
<i>Cola acuminata</i> (P.Beauv.) Schott & Endl.	Malvaceae	TO	0,01	0,03	0,00	12,5	12,53
<i>Cola altissima</i> Engel	Malvaceae	TO	0,08	0,27	0,02	37,5	37,79
<i>Cola digitata</i> Mast	Malvaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,27
<i>Cola griseiflora</i> De Wild	Malvaceae	TO	0,20	0,66	0,04	56,25	56,95
<i>Cola sp</i>	Malvaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Coloncoba welwitschii</i> Oliver	Flacourtiaceae	HNP	0,00	0,02	0,00	6,25	6,27
<i>Croton haumanianus</i> J.Léonard	Euphorbiaceae	HNP	0,04	0,13	0,01	6,25	6,39
<i>Cynometra hankii</i> Harms	Fabaceae	TO	0,92	3,08	0,18	18,75	22,01
<i>Cynometra sessiliflora</i> Harms	Fabaceae	TO	0,41	1,37	0,08	37,5	38,95
<i>Dacryodes edulis</i> (G.Don) H.J.Lam	Burseraceae	TO	0,03	0,09	0,01	25	25,10
<i>Dacryodes yangambiensis</i>	Burseraceae	ND	0,01	0,02	0,00	6,25	6,27
<i>Desplatsia dewevrei</i> (De Wild. & Th. Dur.) Burret	Malvaceae	TO	0,05	0,18	0,01	25	25,19
<i>Dialium corbisieri</i> Stancer	Fabaceae	TO	0,14	0,46	0,03	62,5	62,99
<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	TO	0,18	0,59	0,03	25	25,63
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	TO	0,21	0,69	0,04	25	25,72
<i>Dialium sp</i>	Fabaceae	TO	0,02	0,08	0,00	6,25	6,34
<i>Dialium zenkeri</i> Harms	Fabaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Diogoia zenkeri</i> (Engler) Exell & Men	Strombosiaceae	TO	0,01	0,02	0,00	12,5	12,52
<i>Diospyros boala</i> De Wild	Ebenaceae	TO	0,06	0,19	0,01	18,75	18,95
<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	Ebenaceae	TO	0,02	0,06	0,00	6,25	6,32
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,02	0,05	0,00	18,75	18,80
<i>Diospyros melocarpa</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,08	0,28	0,02	37,5	37,80
<i>Diospyros zenkeri</i> (Gürke) F. White	Ebenaceae	TO	0,04	0,14	0,01	12,5	12,65
<i>Donella pruniformis</i> (Pierre) ex Engler) Aubr. & Peller	Sapotaceae	TO	0,01	0,02	0,00	12,5	12,52
<i>Dracaena arborea</i> (Willd.) Link	Asparagaceae	ND	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	Puntranjivaceae	TO	0,12	0,39	0,02	37,5	37,91
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	Puntranjivaceae	TO	0,12	0,40	0,02	50	50,42
<i>Drypetes sp</i>	Puntranjivaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Entandrophragma cundollei</i> Harms	Meliaceae	HNP	0,50	1,65	0,10	25	26,75
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	HNP	0,01	0,03	0,00	6,25	6,28
<i>Entandrophragma utile</i> (Dewé & Sprague) Sprague	Meliaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Fernandoa adolphi-friderici</i> (Gilg & Mildb.) Heine	Bignoniaceae	ND	0,06	0,21	0,01	12,5	12,72
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	HP	0,03	0,09	0,01	12,5	12,60
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf	Apocynaceae	HP	0,77	2,55	0,15	56,25	58,95
<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	Clusiaceae	TO	0,15	0,50	0,03	56,25	56,78
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	TO	0,01	0,02	0,00	18,75	18,78
<i>Gardenia vogelii</i> Hooker f. ex Planchon	Rubiaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	Fabaceae	TO	0,33	1,11	0,06	18,75	19,93
<i>Gilbertiodendron kisantuense</i> (Vermeesen ex De Wild.) J. Léonard	Fabaceae	TO	0,50	1,68	0,10	25	26,78
<i>Grewia seretii</i> De Wild	Malvaceae	TO	0,01	0,03	0,00	6,25	6,28
<i>Grewia trinervis</i> E. Mey	Euphorbiaceae	TO	0,51	1,71	0,10	81,25	83,06
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	Euphorbiaceae	TO	0,67	2,23	0,13	100	102,35
<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,01	0,03	0,00	18,75	18,78

<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.	Meliaceae	TO	0,24	0,80	0,05	75	75,84
<i>Guibourtia demeusei</i> (Harms) J. Léonard	Fabaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Hanna klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	TO	0,12	0,39	0,02	62,5	62,92
<i>Hedranthera barteri</i> (Hooker f.) Pichon	Apocynaceae	ND	0,02	0,07	0,00	12,5	12,57
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	Erythraliaceae	TO	0,34	1,12	0,06	68,75	69,93
<i>Hexalobus crispiflorus</i> A. RICH	Annonaceae	TO	0,01	0,04	0,00	18,75	18,80
<i>Homalium</i> sp	Flacourtiaceae	TO	0,00	0,02	0,00	6,25	6,27
<i>Hymenocardia ripicola</i> J. Léonard	Phyllanthaceae	ND	0,09	0,31	0,02	12,5	12,83
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubrey-Lecomte ex O'rorke) Baillon	Irvingiaceae	TO	0,01	0,04	0,00	12,5	12,54
<i>Irvingia grandifolia</i> (Engler) Engler	Irvingiaceae	TO	0,01	0,04	0,00	12,5	12,55
<i>Jubbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	Fabaceae	TO	2,15	7,18	0,41	68,75	76,34
<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre ex Engl.	Irvingiaceae	HNP	0,11	0,35	0,02	6,25	6,62
<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Anacardiaceae	HNP	0,22	0,75	0,04	12,5	13,29
<i>Louva trichilioides</i> Harms	Meliaceae	TO	0,01	0,04	0,00	6,25	6,29
<i>Macaranga monandra</i> Mull. Arg	Euphorbiaceae	HP	0,01	0,04	0,00	18,75	18,80
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Phyllanthaceae	HNP	0,21	0,69	0,04	25	25,73
<i>Massularia acuminata</i> (G. Don) Bull. ex Hoyle	Rubiaceae	TO	0,01	0,02	0,00	12,5	12,52
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae	HNP	0,18	0,60	0,03	43,75	44,38
<i>Millettia drastica</i> Welw. ex Baker	Fabaceae	ND	0,02	0,07	0,00	12,5	12,57
<i>Monodora angolensis</i> Welw	Annonaceae	TO	0,08	0,27	0,02	25	25,29
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	TO	0,00	0,01	0,00	6,25	6,26
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	HP	0,09	0,30	0,02	12,5	12,82
<i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv.	Urticaceae	HP	0,04	0,12	0,01	31,25	31,38
<i>Nesogordonia leplaei</i> (Verm.) Capuron	Malvaceae	TO	0,24	0,80	0,05	37,5	38,35
<i>Ochthocosmus africanus</i> Hooker f.	Linaceae	TO	0,59	1,97	0,11	87,5	89,58
<i>Oncoba crepiniana</i> De Wild. & Th. Dur.	Flacourtiaceae	TO	0,05	0,16	0,01	12,5	12,67
<i>Ongokea gore</i> (Hun) Pierre	Aptandraceae	TO	0,02	0,07	0,00	25	25,07
<i>Pachystela excelsa</i> Louis	Sapotaceae	HNP	0,02	0,07	0,00	6,25	6,32
<i>Pancovia harmsiana</i> Gilg	Sapindaceae	TO	0,07	0,23	0,01	31,25	31,50
<i>Panda oleasa</i> Pierre	Pandaceae	TO	0,49	1,63	0,09	87,5	89,23
<i>Paramacrolobium coeruleum</i> (Taub.) J. Léonard	Fabaceae	TO	0,13	0,43	0,02	25	25,45
<i>Parinari excelsa</i> Sab	Chrysobalanaceae	TO	0,13	0,42	0,02	25	25,44
<i>Parkia filicoidea</i> Welw. ex Oliver	Fabaceae	ND	0,06	0,21	0,01	6,25	6,47
<i>Pauridiantha callicarpoides</i> (Hiern) Bremck.	Rubiaceae	ND	0,00	0,02	0,00	6,25	6,27
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	HNP	0,10	0,33	0,02	25	25,35
<i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwen	Fabaceae	HNP	0,25	0,84	0,05	18,75	19,64
<i>Peterianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	Lecythidaceae	TO	0,90	2,99	0,17	87,5	90,67
<i>Piptadeniastrum africanum</i> Hook.f.	Fabaceae	TO	0,14	0,45	0,03	12,5	12,98
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,41	1,38	0,08	87,5	88,96
<i>Prioria balsamifera</i> (Vermoesen) Breteler	Fabaceae	TO	1,42	4,72	0,27	50	54,99
<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breteler	Fabaceae	TO	0,20	0,67	0,04	12,5	13,20
<i>Pseudospondias longifolia</i> Engler	Anacardiaceae	TO	0,04	0,13	0,01	12,5	12,64
<i>Pteleopsis hylodendron</i> Mildb.	Combretaceae	HNP	0,01	0,02	0,00	6,25	6,28
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	HNP	0,31	1,03	0,06	37,5	38,59
<i>Pterygota bequaertii</i> De Wild	Sterculiaceae	ND	0,10	0,32	0,02	6,25	6,59
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	HNP	0,76	2,53	0,15	81,25	83,92
<i>Rinorea oblongifolia</i> (C.H.Wright) Marquand ex Chipp	Violaceae	HNP	0,11	0,35	0,02	68,75	69,12
<i>Rothmannia lujae</i> (De Wild.) Keay	Rubiaceae	ND	0,02	0,08	0,00	18,75	18,83
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	Fabaceae	HNP	1,69	5,64	0,33	68,75	74,72
<i>Staudlia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,78	2,60	0,15	100	102,75
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindley	Malvaceae	TO	0,15	0,51	0,03	37,5	38,04
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook.f.	Strombosiaceae	TO	0,08	0,28	0,02	37,5	37,79
<i>Strombosia nigropunctata</i> Louis & J. Léonard	Strombosiaceae	TO	0,06	0,21	0,01	31,25	31,47
<i>Strombosia pustulata</i> Oliver	Strombosiaceae	TO	0,03	0,09	0,01	6,25	6,35
<i>Strombosiopsis tetrandra</i> Engler	Strombosiaceae	TO	0,21	0,71	0,04	56,25	57,01
<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Clusiaceae	HNP	0,08	0,27	0,02	37,5	37,79
<i>Tessmannia africana</i> Harms	Fabaceae	TO	0,04	0,15	0,01	31,25	31,41
<i>Tessmannia anomala</i> (Micheli) Harms	Fabaceae	TO	0,03	0,08	0,00	6,25	6,34
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumacher & Thonn.) Taub.	Fabaceae	HNP	0,18	0,60	0,03	25	25,64
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	HNP	0,03	0,11	0,01	25	25,11
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	Meliaceae	HNP	0,44	1,46	0,08	62,5	64,05
<i>Trichilia priureana</i> Harms	Meliaceae	HNP	0,06	0,19	0,01	25	25,20
<i>Trichilia rubescens</i> Oliver	Meliaceae	TO	0,01	0,02	0,00	12,5	12,52
<i>Trichilia spp</i>	Meliaceae	TO	0,04	0,14	0,01	12,5	12,65
<i>Tridesmostemon omphalocarpoides</i> Engler	Sapotaceae	TO	0,24	0,80	0,05	50	50,85
<i>Trilepisium madagascariense</i> DC	Moraceae	TO	1,03	3,44	0,20	81,25	84,89
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C. DC.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,09	0,30	0,02	62,5	62,81
<i>Uapaca guineensis</i> M. H. Arg.	Phyllanthaceae	TO	2,85	9,49	0,55	37,5	47,54
<i>Xylia ghesquieri</i> Robyns	Fabaceae	HNP	0,36	1,19	0,07	37,5	38,76
<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G. Waterman	Rutaceae	HNP	0,47	1,56	0,09	25	26,65

Annexe 10. Espèces ligneuses ($D_{1,30m} \geq 10$ cm) des forêts à *G. dewevrei* (De Wild.) J.

Léonard.

(1) Les tempéraments sont : HP = héliophile pionnier ; HNP = héliophile non pionnier ; TO = Tolérant à l'ombre ; ND = non déterminé. ST = surface terrière; Dr = dominance relative ; Dor = dominance relative ; Fr = fréquence relative ; IVI = indice d'importance.

Espèce	Famille	Temp.	ST	Dor	Dr	Fr	IVI
<i>Afrotyrax kamerunensis</i> Perkins & Gilg	Huaceae	ND	0,03	0,08	0,41	25	25,49
<i>Allanblackia floribunda</i> Oliv.	Clusiaceae	HNP	0,01	0,03	0,25	18,75	19,03
<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,26	0,78	2,31	87,5	90,59
<i>Anthoantha fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillcoat	Fabaceae	TO	0,11	0,34	0,25	18,75	19,34
<i>Anthoantha macrophylla</i> P. Beauv.	Fabaceae	TO	0,01	0,03	0,08	6,25	6,37
<i>Aphanocalyx cynometroides</i> Oliver	Fabaceae	TO	0,03	0,08	0,41	18,75	19,24
<i>Autranella congolensis</i> (De Wild.) A.Chev	Sapotaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Barteria nigriflora</i> Hooker	Salicaceae	HNP	0,03	0,09	0,41	12,5	13,00
<i>Bighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Sapindaceae	HNP	0,04	0,13	0,08	12,5	12,71
<i>Carapa procera</i> DC.	Meliaceae	HNP	0,16	0,48	1,57	62,5	64,55
<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Cannabaceae	TO	0,01	0,03	0,17	12,5	12,69
<i>Celtis tessmannii</i> Rendle	Cannabaceae	TO	0,02	0,05	0,33	25	25,38
<i>Chlamydocola chlamydantha</i> (K.Schum.) M.Bodard	Malvaceae	TO	0,06	0,17	0,25	18,75	19,17
<i>Chrysophyllum africanum</i> A.DC.	Sapotaceae	TO	0,01	0,02	0,17	12,5	12,69
<i>Chrysophyllum lacourtianum</i> De Wild	Sapotaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Chytranthus curneus</i> Radlk. ex Mildbr.	Sapindaceae	ND	0,01	0,03	0,17	6,25	6,45
<i>Cleistanthus mildbraedii</i> Jabl	Euphorbiaceae	TO	0,57	1,72	2,48	87,5	91,70
<i>Coelocarpum botryoides</i> Verh.	Myristicaceae	TO	0,01	0,04	0,25	18,75	19,03
<i>Coelocarpum preussii</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,08	0,25	0,74	43,75	44,74
<i>Cola griseiflora</i> De Wild	Fabaceae	TO	0,51	1,56	7,76	100	109,32
<i>Combretum lokohe</i> Liben	Combretaceae	ND	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Copaifera mildbraedii</i> Harms	Fabaceae	TO	0,27	0,83	0,17	12,5	13,49
<i>Cynometra hankii</i> Harms	Fabaceae	TO	0,23	0,69	0,50	18,75	19,94
<i>Cynometra sessiliflora</i> Harms	Fabaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,35
<i>Dacryodes edulis</i> (G. Don) H.J.Lam	Burseraceae	TO	0,01	0,03	0,25	18,75	19,03
<i>Dialium corbisieri</i> Staner	Fabaceae	TO	0,53	1,62	1,16	62,5	65,28
<i>Dialium excelsum</i> Louis ex Steyaert	Fabaceae	TO	0,04	0,11	0,08	6,25	6,44
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	Fabaceae	TO	0,00	0,02	0,08	6,25	6,35
<i>Dialium sp</i>	Fabaceae	TO	0,02	0,06	0,25	18,75	19,06
<i>Diogoia zenkeri</i> (Engler) Exell & Mcn	Strombosiacae	TO	0,19	0,57	1,40	62,5	64,47
<i>Diospyros boala</i> De Wild	Ebenaceae	TO	0,20	0,61	1,57	50	52,18
<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	Ebenaceae	TO	0,04	0,11	0,66	31,25	32,02
<i>Diospyros deltoidea</i> F. White	Ebenaceae	TO	0,13	0,41	1,32	56,25	57,98
<i>Diospyros sp</i>	Ebenaceae	TO	0,03	0,10	0,50	31,25	31,85
<i>Donella pruniformis</i> (Pierre ex Engler) Aubr. & Pellegr.	Sapotaceae	TO	0,15	0,46	0,58	25	26,03
<i>Drypetes gossweileri</i> S. Moore	Puntranjivaceae	TO	0,33	1,01	1,49	62,5	64,99
<i>Drypetes likwa</i> J. Léonard in herb. Br	Puntranjivaceae	TO	0,19	0,56	1,49	75	77,05
<i>Drypetes sp</i>	Puntranjivaceae	TO	0,09	0,26	0,74	37,5	38,50
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Meliaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae	HP	0,27	0,81	0,33	25	26,14
<i>Garcinia epunctata</i> Stapf	Clusiaceae	TO	0,01	0,04	0,33	25	25,37
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	TO	0,01	0,03	0,17	12,5	12,69
<i>Garcinia smeathmannii</i> (Planch. & Triana) Oliv.	Clusiaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) J. Léonard	Fabaceae	TO	20,57	62,48	31,11	100	193,59
<i>Grewia trinervia</i> E. Mey	Malvaceae	TO	0,01	0,03	0,17	12,5	12,70
<i>Grossera multinervis</i> J. Léonard	Euphorbiaceae	TO	0,07	0,20	0,83	50	51,02
<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.	Meliaceae	TO	0,03	0,10	0,66	37,5	38,26
<i>Guibourtia demusei</i> (Harms) J. Léonard	Fabaceae	TO	0,00	0,01	0,08	6,25	6,34
<i>Hunnoa klaineana</i> Pierre & Engl.	Simaroubaceae	TO	0,03	0,10	0,08	6,25	6,43
<i>Heisteria parvifolia</i> Sm.	Erythralpallaceae	TO	0,11	0,34	0,83	56,25	57,41
<i>Hexalobus crispiflorus</i> A.Rich	Annonaceae	TO	0,09	0,27	0,33	25	25,60
<i>Homalium africanum</i> (Hook.f.) Benth.	Flacourtiaceae	TO	0,04	0,12	0,17	6,25	6,54
<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	TO	0,11	0,32	0,33	12,5	13,15
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	Fabaceae	TO	0,46	1,41	3,14	87,5	92,04
<i>Macaranga spinosa</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	HP	0,00	0,01	0,08	6,25	6,35
<i>Manilkara malcoles</i> Louis	Sapotaceae	ND	0,03	0,11	0,41	31,25	31,77
<i>Microdesmis yafungana</i> J. Léonard	Pandaceae	TO	0,11	0,34	0,41	25	25,75
<i>Millettia drastica</i> Welw. ex Baker	Fabaceae	ND	0,01	0,03	0,08	6,25	6,36
<i>Monodora angolensis</i> Welw	Annonaceae	TO	0,08	0,24	1,16	56,25	57,65
<i>Monodora myristica</i> (Gaertn.) Dunal	Annonaceae	TO	0,06	0,18	1,57	18,75	20,49
<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Urticaceae	HP	0,05	0,15	0,08	6,25	6,48
<i>Ochthocosmus africanus</i> Hooker f.	Linaceae	TO	0,50	1,53	1,90	75	78,43
<i>Omphalocarpum mortehanii</i> De wild	Sapotaceae	TO	0,03	0,09	0,17	12,5	12,76
<i>Ongokea gore</i> (Hua) Pierre	Aptandraceae	TO	0,10	0,30	0,41	25	25,71
<i>Pachystela excelsa</i> Louis	Sapotaceae	HNP	0,01	0,02	0,17	6,25	6,44
<i>Pancovia harmsiana</i> Gilg	Sapindaceae	TO	0,02	0,07	0,58	18,75	19,40
<i>Pancovia laurentii</i> (De Wild.) Gilg ex De Wild	Sapindaceae	TO	0,01	0,03	0,08	6,25	6,36
<i>Panda oleosa</i> Pierre	Pandaceae	TO	0,35	1,06	1,16	56,25	58,47
<i>Parinari excelsa</i> Sab Sabine	Chrysobalanaceae	TO	0,16	0,50	0,25	12,5	13,25

<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Fabaceae	HNP	0,06	0,18	0,33	18,75	19,26
<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben	Lecythidaceae	TO	0,05	0,16	0,25	12,5	12,91
<i>Polyalthia suaveolens</i> Engl. & Diels Engl. & Diels	Annonaceae	TO	0,31	0,93	2,39	87,5	90,82
<i>Prioria balsumifera</i> (Vermoesen) Breteler	Fabaceae	TO	0,25	0,75	1,24	31,25	33,24
<i>Prioria oxyphylla</i> (Harms) Breitelr	Fabaceae	TO	0,42	1,28	2,15	62,5	65,92
<i>Psychotria</i> sp	Rubiaceae	TO	0,01	0,02	0,08	6,25	6,36
<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Fabaceae	HNP	0,22	0,68	0,50	37,5	38,68
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb	Myristicaceae	HP	0,04	0,13	0,99	50	51,12
<i>Rinorea</i> sp	Violaceae	ND	0,01	0,02	0,08	6,25	6,35
<i>Rothmannia lujae</i> (De Wild.) Keay	Rubiaceae	ND	0,03	0,09	0,50	31,25	31,83
<i>Santiria trimera</i> (Oliv.) Aubr. v.	Burseraceae	TO	0,02	0,07	0,08	6,25	6,40
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> Harms	Fabaceae	TO	2,14	6,49	7,01	93,75	107,25
<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.	Myristicaceae	TO	0,42	1,27	2,39	93,75	97,42
<i>Strombosia grandifolia</i> Hook. f.	Strombosiaceae	TO	0,04	0,13	0,33	18,75	19,21
<i>Strombosia nigropunctata</i> Louis & J. Léonard	Strombosiaceae	TO	0,01	0,05	0,17	12,5	12,71
<i>Strombosiopsis tetrandra</i> Engler	Strombosiaceae	TO	0,10	0,30	0,50	37,5	38,29
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae	HNP	0,01	0,03	0,17	12,5	12,70
<i>Synsepalum subcordatum</i> De Wild. De Wild.	Sapotaceae	HNP	0,02	0,06	0,17	12,5	12,73
<i>Tessmannia africana</i> Harms	Fabaceae	TO	0,83	2,51	1,65	68,75	72,91
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	HNP	0,02	0,05	0,17	6,25	6,46
<i>Trichilia gilgiana</i> Harms	Meliaceae	TO	0,04	0,11	0,17	12,5	12,77
<i>Trichilia</i> sp	Meliaceae	TO	0,09	0,27	0,41	31,25	31,93
<i>Turraeanthus africanus</i> (Welw. ex C.DC.) Pellegr.	Meliaceae	TO	0,01	0,04	0,33	18,75	19,12
<i>Xylocarpus ghesquieri</i> Robyns Robyns	Fabaceae	TO	0,01	0,03	0,08	6,25	6,36
<i>Xylocarpus rubescens</i> Oliv.	Annonaceae	TO	0,01	0,03	0,08	6,25	6,36

Annexe 11. Quelques espèces des Marantaceae récoltées dans la réserve forestière de Yoko.

A: *Megaphrynium macrostachyum* (Bentham) Milne-Redh, B : *M. tricogynum*, C: *Sarcophrynium schweinfurthianum* (Kuntze.) Milne-Redh., D: *Haumania danckelmanian* (J.Braun & K.Schum.), E : *Ataenidia conferta* (Bentham) K. Schum, F : *Halopegia azurea* (K. Schum) K. Schum, G : *Marantochloa mannii* (Bentham) Milne-Redh, H : *M. purpurea* (Ridley) Milne-Redh, I : *Trachyphrynium braunianum* (K. Schum) Baker.

