

UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
« F.S.A. »

B.P. 2012 KISANGANI

DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

**ETUDE COMPARATIVE DES RENDEMENTS AU
SCIAGE ET AU RABOTAGE DE QUELQUES
ESSENCES EXPLOITEES PAR L'ENRA-BENI ET
ESSAI D'ELABORATION DE LEURS TARIFS DE
CUBAGE**

Cas d'Acajou d'Afrique, Iroko, Sapelli et Tiama.

Par

Dieudonné ZAWADI ANATAKA



Mémoire

**Présenté et défendu pour l'obtention du grade
d'Ingénieur Agronome**

Option : AGRONOMIE GENERALE

Orientation : EAUX ET FORETS.

Directeur : Prof. Dr Ir SINDANI KOMANDA

Année académique 2006 – 2007

DEDICACE

A vous nos parents Gérard NGODJONA et Thérèse DHENZAY pour vos efforts, sacrifices et conseils que nous n'oublierons jamais.

En mémoire de nos regrettés. Notre plus grand bonheur est que vous êtes parmi le nombre de nos membres de famille sur terre, mais notre plus grand malheur est d'avoir été impuissant de vous retenir en vie. Nous pensons à notre grand-père Fidèle B., oncle J. Vianney DUNDJI, grande sœur Angèle MUGISA et tous ceux qui nous ont quitté au cours de nos études.

Que leurs âmes reposent en paix dans le Royaume Céleste.

A vous nos chers frères Désiré MADYE et Hervé EZI.

A vous nos sœurs chéries Espérance NZANI, Bienvenue AMANI, Rosine BARAKA et Viviane BORA.

A vous notre future épouse pour la fidélité promise.

AVANT PROPOS

Au terme de notre second cycle nous glorifions l'Eternel pour les merveilles qu'il a accompli à notre faveur tout au long de nos études.

« Deux avis valent mieux qu'un ». A nous seul la réalisation de ce travail serait, si pas impossible, mais difficile. Il est le résultat des efforts conjugués de plusieurs personnes à qui nous devons pleine reconnaissance.

Notre reconnaissance s'adresse au Professeur Docteur Ingénieur SINDANI KOMANDA qui, en dépit de ses multiples occupations, a accepté de diriger ce travail. Pour son savoir qui nous a été bénéfique et constructif, que le Prof. Dr Ir SINDANI K. trouve en ces quelques lignes la joie de partager ses connaissances scientifiques.

Nous remercions sincèrement toutes les autorités et les enseignants du Centre Universitaire Extension de Bunia (C.U.E.B.) et de l'UNIKIS. En particulier nos remerciements s'adressent à la Révérende Sœur NZALE VANAVE qui a jeté la base de notre formation et au Prof. Dr Ir LOKOMBE DIMANDJA pour son apport à notre formation.

Nos sincères gratitude s'expriment à Mr Robert DUCARME et à Mr Jacques BARHAFUMWA B., respectivement Directeur Général et Directeur Administratif de l'ENRA-BENI pour nous avoir accordé l'accès aux différentes données dont nous avons besoin pour la réalisation du présent travail.

Nos vifs et sincères remerciements sont exprimés à tous ceux qui nous ont aidé tant matériellement que moralement dont nous citons : Papa MALO KPADHIGO, Papa Jean Léonard RIDJA, Papa RUHEMURA D., Papa Benjamin DHEDDA, Papa Valérien DHEDYA, Prof Anicet TIBAMWENDA, Révérends Abbés Valentin SOTSINGA et Jean Vianney BANGA, Irs Edouard NDJANGU, Thierry KAHINDO et Jophet KATEHERO, Famille KABUYAYA.

Nous ne pourrions passer sous silence nos tantes, oncles, cousins et amis auxquels nous songeons, notamment Révérend Frère Simon, Faustin JINDRO, Jacques DHENO, Clémentine, Sophie, Edwige, Marcelline, Antoinette, Marte, Liliane et Immaculée.

Nous remercions également tous nos compagnons de lutte, nous citons Baudouin BARAKA, Richard NGONE, Flory NDRODZA, FIFI BOLESHE, SONY KAPITENI, Innocent UKUNA, Emmanuel KAMWA, Timothée K., De Dieu K., Josias ASABHA, Arnonce, Brigitte T., Didace NGBAPE, BARAKA R., SHADRAC

Que chacun de vous trouve en ces quelques lignes l'expression de notre profonde gratitude.

Dieudonné ZAWADI A.

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude de rendement au sciage et au rabotage de *Khaya anthotheca* (Acajou d'Afrique), de *Chlorophora excelsa* (Iroko), d'*Entandrophragma cylindricum* (Sapelli) et d'*E. angolense* (Tiama), ainsi que l'élaboration de leurs tarifs de cubage.

Nous avons utilisé un échantillon de 704 pieds que nous avons réduit à 240 pieds; en raison de 60 pieds par espèce pour le calcul de tarif de cubage et la détermination de quelques coefficients.

Les résultats obtenus au sciage montrent que l'Acajou d'Afrique a un rendement supérieur aux autres (52,02%). Le Sapelli fournit un rendement de 48,48%, le Tiama 42,71% et l'Iroko 41,15%.

Au rabotage les résultats analysés ont prouvé que l'Acajou d'Afrique l'emporte avec 74,71%, il est suivi par l'Iroko avec 67,26%, vient ensuite le Sapelli (58,00%) et enfin le Tiama (35,59%).

Pour l'élaboration de tarif de cubage nous avons testé six modèles d'équations de régression (linéaire, logarithmique, exponentielle, puissance, inverse et quadratique).

Après analyse statistique de ce modèle nous avons retenu les équations suivantes :

Acajou d'Afrique : $V = 12,94973Dm^{2,03569}$

Iroko : $V = 16,78466Dm^{2,19629}$

Sapelli : $V = 15,20442Dm^{2,25392}$

Tiama : $V = 13,55795Dm^{2,05643}$

Ce sont des tarifs de cubage locaux à une entrée (diamètre médian) applicables dans la concession forestière de l'ENRA-BENI.

INTRODUCTION

1. Problématique

La forêt constitue l'une des immenses ressources de notre pays la République Démocratique du Congo dont le principal produit demeure le bois. L'importance de l'industrie du bois n'est pas à démontrer tant à l'échelle nationale qu'internationale.

Depuis un certain temps les forêts de la R.D. Congo ont été de plus en plus sollicitées pour la fourniture de bois d'œuvre tant pour les besoins locaux que pour l'exportation (FAO, 1975).

Pour satisfaire sans errements à la demande sans cesse croissante en bois les plus divers, il faut connaître aussi bien que possible le contenu d'une forêt à laquelle on s'adresse et surtout la productivité de chaque essence pour répondre à des besoins déterminés (MICHELSON, sd).

Comment parvenir à déterminer la productivité ou le rendement de chaque essence ? Laquelle serait-elle plus rentable ? Ne pourrait-on pas déterminer le volume et le rendement plus aisément ? N'y a-t-il pas une relation qui relie le diamètre médian au volume ? Ne pourrait-elle pas se traduire par un modèle d'équation ou de tarif de cubage approprié ?

2. Hypothèses

Il serait possible de déterminer le rendement par rapport au volume au sciage et au rabotage après un temps d'observation assez long.

Partant de l'épaisseur d'aubier, telle que donnée par VIVIEN et FAURE (1985) dans « Arbres des forêts denses d'Afrique », l'*Entandrophragma cylindricum* (Sapelli) aurait un rendement voisin du *Khaya anthotheca* (Acajou d'Afrique), puis l'*E. angolense* (Tiama) et enfin viendrait le *Chlorophora excelsa* (Iroko).

Nous pensons aussi que le rendement augmenterait avec le diamètre, plus il est grand plus le rendement serait élevé.

De plus, pour évaluer la quantité de matière ligneuse disponible dans une forêt en vue d'une exploitation forestière rationnelle et durable, l'élaboration des tarifs de cubage spécifiques serait l'un des moyens précieux.

3. Choix et intérêt du sujet

L'objectif global de l'exploitation forestière est la production du bois en quantité et en qualité. (DUPRE, 2002)

Nous avons mené cette étude de rendement de *Khaya anthotheca* C. DC. (Acajou d'Afrique), *Chlorophora excelsa* Benth et Hook F. (Iroko), *Entandrophragma cylindricum* Sprague (Sapelli) et *E. angolense* DC. (Tiama) pour pouvoir déterminer laquelle de ces essences de la première classe commerciale exploitées à grande échelle par l'ENRA-BENI est plus rentable.

En second lieu, nous avons mené notre étude pour déterminer le volume des arbres abattus à partir de leurs caractéristiques dendrométriques et élaborer pour chacune des essences ci-haut citées un tarif de cubage approprié applicable dans la concession forestière de l'ENRA-BENI.

Nous avons voulu aussi associer à cette étude l'*Entandrophragma candollei* Harms et l'*E. utile* Sprague, mais à cause de la fréquence relativement faible de ces derniers dans la zone où nous avons mené nos investigations, il s'est avéré difficile de trouver des données pouvant permettre l'étude de ces essences dans le cadre du présent travail.

4. Division du travail

Le présent travail comprend, outre l'introduction, quatre chapitres suivis d'une conclusion et de quelques suggestions.

Le premier chapitre traite des généralités sur les essences dont nous étudions le rendement.

Le deuxième chapitre est consacré au milieu, matériel et méthodes du travail.

Le troisième chapitre présente les résultats de nos investigations.

Le quatrième chapitre est réservé à la discussion de nos résultats.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1. GENERALITES SUR LES ESSENCES

1.1.1. *Khaya anthotheca*

A l'origine, le terme « Acajou » était réservé au seul genre américain *Swietenia* ; *Swietenia mahogani* d'abord, *S. macrophylla* ensuite ; les bois de *Khaya* sont actuellement considérés comme véritables Acajous d'Afrique. Le mot *Khaya* viendrait de l'appellation ouolof : cail = khay (TAILFER, 1989).

Dans les forêts denses de l'Afrique centrale on rencontre trois espèces de genre *Khaya* : *Khaya anthotheca*, *K. ivorensis* et *K. grandifoliola*. (VIVIEN et FAURE, 1985).

Le genre *Khaya* appartient à la famille des *Meliaceae*, à l'ordre de *Sapindales*, à la sous-classe des *Rosidae*, à la classe des *Magnoliidae*, au sous-embranchement des *Magnoliophytina* et à l'embranchement des *Magnoliophyta* (JUDD et al., 2002).

a. Dénominations (VIVIEN et FAURE 1985 ; TAILFER, 1989)

- Botanique : *Khaya anthotheca* C. DC.
- Commerciale : Acajou d'Afrique, African mahogany
- Locales :
- R.D Congo : angu, bokuku, bosasaka ba libande, ekala, ipaki, lefake, mbokolo, mombamba, nekologbo, linzo.
- Congo Brazza. : éwé, déhé, gougou, ndola.
- Cabinda : udianuno, quibala.
- Gabon : mbega, samanguila.
- RCA : déké.
- Cameroun : krala, mangona, mbom, ngollon, séwa, ono.
- Autres : nofua, ogwango, ono (Nigeria) ; bubini, kwabako (Ghana) ; acajou basam, acajou blanc, ira, krala (côte d'Ivoire) ; doctue (Libéria) ; munyana (Ouganda).

b. Répartition en Afrique

De la Sierra Leone à l'Angola et à l'Ouganda (ANONYME, 1981)

c. Description dendrologique (VIVIEN et FAURE, 1985)

- Base : soit contreforts épais, peu élevés (2,5m), soit empatement se prolongeant par de grosses racines.
- Fût : droit et cylindrique.

- **Ecorce** : jaunâtre, plus claire (d'où le nom d'acajou blanc).
- **Aubier** : blanc rosé, épais (6-7 cm).
- **Bois** : rosé fonçant à l'air.
- **Houppier** : feuilles en touffes à l'extrémité des rameaux.
- **Feuilles** : 2-4 paires de folioles (8-15 x 4-8 cm) à sommet aplati avec très courte pointe.
- **Fruits** : souvent un peu plus gros (6-10cm)
- **Graines** : 60-100 par capsule, aplaties, à aile circulaire (4-5 x 2-3cm).

d. Qualités physiques, mécaniques et techniques

Bois tendre, léger (densité à l'état vert 0,70-0,85 ; densité à l'état sec 0,45-0,55), à rétractibilité faible et bien stable. S'il est sec à l'air, le bois se stabilise à une humidité (H) de $\pm 14\%$. Les autres caractéristiques se présentent comme suit :

	Masse Vol. à H=12 (kg/m ³)	Dureté	Coeff. De rétractibilité volumétrique (V%)	RETRACTIBILITE		
				Volumétrique totale (B%)	Tangentielle (T%)	Radiale (R%)
Valeur moyenne	500	3,2	0,39	11,1	5,9	3,9
Catégorie	Léger	Tendre	Moyennement nerveux	Moyenne	Faible	Faible

Source : Fiches techniques des essences exploitables par la société ENRA.

Le bois se comporte très bien à la compression, une bonne résistance en flexion statique alors que celle au choc est moyennement bonne. De plus, le bois est élastique.

Les grumes se conservent bien, les attaques de champignons se limitent à l'aubier et une résistance naturelle moyenne aux termites, mais médiocre en eau de mer. Le bois est réfractaire à l'imprégnation sous vide avec des produits appropriés et le séchage est rapide (CHISHWEKA 2006).

e. Usages

Par ses caractéristiques, bois léger et tendre, retrait faible, il se travaille facilement, durabilité satisfaisante, très bel aspect, l'Acajou d'Afrique est bon pour les emplois en (CHISHWEKA, 2006) :

- ébenestrie,
- ameublement et décoration.
- aménagements intérieurs (placage),
- contreplaqué (déroulage),
- menuiserie intérieure et extérieure (bois massif),
- construction des bateaux de plaisance et coques des embarcations légères.

1.1.2. *Chlorophora excelsa*

Le genre *Chlorophora* est de la famille des *Moraceae*. Il appartient à l'ordre des *Hamamelidales*, à la sous-classe des *Hamamelidae*, à la classe des *Magnoliidae*, au sous-embanchement des *Magnoliophytina* et à l'embanchement des *Magnoliophyta* (JUDD et all, 2002).

a. Dénominations (VIVIEN et FAURE, 1985 TAILFER, 189, ANONYME, 1981)

- **Botanique** : *Chlorophora excelsa* Benth et Hook
- **Commerciale** : Iroko, Kambala
- **Locales** :
- **R.D. Congo** : bangi, bokongo, bolondo, bolundu, bwagashanga, dondo, kalanda, kakunze, lusanga, kamba, kimbala, lebia, mbara, malam, molongo, mufula, mpuga, punga, mukobakoba, mukenzi, mukamba, mulundu, musongwe, uposhu, nagwande, sanga.
- **Congo Brazza** : kambala
- **Gabon** : abang, kambala, mandji, nkolo
- **Cameroun** : bangi, eloum, emang, mokongo, ntong, bang, abeng.
- **RCA** : bangui
- **Autres** : iroko, uloko, roklo (Nigeria) ; ala, iroko, odoum (Côte d'Ivoire et Ghana) ; semli (Liberia) ; toubouhiro noir (Sénégal) ; mercira (Angola) ; mufula, mufule, mgonda (Afrique orientale)



b. Répartition en Afrique tropicale

Essence panafricaine des forêts semi-décidues qu'on retrouve de la Côte-d'Ivoire au Kenya et au Mozambique (VIVIEN et FAURE, 1985).

c. Description dendrologique (VIVIEN et FAURE, 1985)

- **Base** : empattement se prolongeant par de grosses racines arrondies portant des lenticelles jaunes orangées alignées et s'étendant assez loin du tronc à la surface du sol.
- **Fût** : droit et cylindrique ; longueur moyenne 25 m
- **Ecorce** : gris foncé (1-1,5cm), lisse chez les jeunes sujets, puis rigueuse, écailleuse, fendillée longitudinalement avec de nombreuses lenticelles jaunâtres dans le fond des fissures ; tranche dure granuleuse, jaune arrangé, exsudant en abondance un latex blanchâtre très fluide se coagulant à l'air.
- **Aubier** : très différencié, blanc jaunâtre, 5-10 cm
- **Bois** : brun jaunâtre fonçant à la lumière, quelquefois à concrétions calcaires.
- **Houppier** : fortement branchu, à grosses branches dressées, feuillage en larges nappes retombant à l'extrémité des rameaux.

- **Feuilles** : caduques, alternes, simples, ovales, grandes (6-16 x 6-8cm), à pétiole grêle (3-6 cm).
- **Fruits** : faux fruits, en petites masses arrondies (3-5 x 1,5-2 cm), granuleuses, vertes.
- **Graines** : une par fruit élémentaire, minuscule (3x2mm).

d. Qualités physiques, mécaniques et technologiques.

Bois léger à mi-lourd (densité à l'état vert : 1,00 – 1,15 ; densité à l'état sec : 0,65 – 0,85) ayant une durabilité moyenne, un retrait volumétrique total moyen à faible et un retrait linéaire faible. Le bois est stable si les variations d'humidité et de température ne sont pas excessives. Voici quelques caractéristiques du bois d'Iroko.

	Masse Vol. à H=12 (kg/m ³)	Dureté	Coeff. De rétractibilité volumétrique (V%)	RETRACTIBILITE		
				Volumétrique totale (B%)	Tangentielle (T%)	Radiale (R%)
Valeur moyenne.	640	4,1	0,13	10,0	5,8	3,7
Catégorie	Léger à mi- lourd	mi-dur	Moyennement nerveux	Moyenne	Faible	Faible

Source : Fiches techniques des essences exploitables par la société ENRA.

La résistance en cohésion transversale est faible (fendage en traction perpendiculaire aux fibres, cisaillement). Celle en cohésion axiale est supérieure en compression et moyenne en flexion statique et dynamique. Le bois est peu résistant au choc et cassant.

La durabilité naturelle du bois parfait est bonne, par contre l'aubier est périssable. Le bois résiste aussi bien aux pourritures des champignons que des termites et autres insectes, mais la résistance est médiocre aux tarets et aux crustacés lignicoles marins du genre *Limmoria*. L'imprégnabilité aux produits de préservation est en moyenne médiocre. Le séchage naturel comme artificiel est facile et sans difficultés (CHISHWEKA, 2006).

e. Usages

L'Iroko se prête bien à des multiples usages par ses qualités. Il est utilisé comme bois de marine et de construction navale et hydraulique, de chemin de fer et de mine. On l'utilise aussi dans les constructions extérieures, charpente, menuiserie intérieure et extérieure, ébénisterie, marqueterie, décoration intérieure, placage, parquet mosaïque, tonnellerie (cuves pour industries chimique et alimentaire (CHISHWEKA, 2006 ; ANONYME, 1981).

1.1.3. *Entandrophragma*

Les *Entandrophragma* appartiennent à la famille de *Meliaceae* comme le *Khaya* (NTAHOBAYUKA, 2006).

Le genre *Entandrophragma* est largement répandu dans toutes les forêts congolaises et de l'Afrique tropicale. Selon LOUIS et FOUARGE (1947, cité par TSITUNDU, 1977), on connaît actuellement 12 espèces d'*Entandrophragma* qui possèdent chacune un caractère décoratif spécial et facilement reconnaissable par les feuilles, les fleurs et les fruits. Il s'agit d'*E. angolense*, *E. candollei*, *E. palustre*, *E. utile*, *E. bussei*, *E. caudatum*, *E. cylindricum*, *E. deiningeri*, *E. delevoyi*, *E. stolzii*, *E. spicatum* et *E. exelsum*.

Toutes ces espèces possèdent un certain nombre de caractéristiques communes, notamment :

- L'écorce est rouge odorante ;
- Les feuilles sont groupées à l'extrémité des ramilles, les folioles sans domaties dans l'aisselle ;
- Les nervures secondaires sont sur la face inférieure ;
- Les feuilles ont des points translucides ;
- Les fruits sont des capsules à déhiscence septifrange ;
- Les graines sont ailées et directement attachées à la columelle.

Toutefois, il existe des caractères qui les différencient les uns des autres.

A. *Entandrophragma cylindricum*

Il est disséminé en forêt dense, plus abondant en forêt semi-décidue dans une aire allant de la Côte-d'Ivoire à l'Ouganda et atteignant le Mayumbe au Sud (ANONYME, 1981).

a. Dénominations (VIVIEN et FAURE, 1985 ; ANONYME, 1981 ; TAILFER, 1989).

- Botanique : *Entandrophragma cylindricum* Sprague.
- Commerciale : Sapelli.
- Locales :
 - R.D. Congo : alifi, angu, esaka, ipaki, ipaki bokanga, libuyu, lifake mpembe, mboyo mpembe, tshimaie noir, tshimaie tshifike, liboyo II ;
 - Congo Brazza : lifaki ;
 - Gabon : asi, dilolo, mounianguila ;
 - Cameroun : assié, boyo, sapelli ;
 - Nigeria : sapele, ijebu, ogiekpogo ;
 - Autres : m'boyo (RCA) ; penkwa (Ghana) ; aboudiko (Côte-d'Ivoire).

b. Description botanique (VIVIEN et FAURE, 1985 ; ANONYME, 1981).

- **Base** : contreforts épais, peu développés ;
- **Fût** : droit et cylindrique ;
- **Ecorce** : gris brun (1,5cm) à écailles arrondies irrégulières, tranche cassante rose pâle à l'extérieur, blanc jaunâtre vers l'intérieur, très odorante ;
- **Aubier** : bien différencié, blanchâtre (4-8 cm) ;
- **Bois** : rose à l'état frais, fonce à la lumière, devient brun rouge, odorant ;
- **Houppier** : feuillage surtout périphérique en grandes touffes étoilées à l'extrémité des rameaux ;
- **Feuilles** : caduques, alternes, composées pennées à 5-9 paires de folioles opposées (6-15 x 2-5 cm) ;
- **Fruits** : capsules en forme de cigare (7-15 x 2,5-3 cm) à 5 valves se détachant à la fois du sommet et de la base ;
- **Graines** : 15-20 par capsule, à aile allongée.

c. Qualités physiques, mécaniques et technologiques

Le bois est en général mi-lourd (densité à l'état vert : 0,85-0,95 ; densité à l'état sec : 0,65-0,75) avec une durabilité variable dont les différentes valeurs se classent dans la catégorie des mi-durs. Le bois se révèle relativement stable lorsque les variations d'humidité et de température ne sont pas excessives. La rétractibilité se présente comme suit :

	Masse Vol. à H=12 (kg/m ³)	Dureté	Coeff. De rétractibilité volumétrique (V%)	RETRACTIBILITE		
				Volumétrique totale (B%)	Tangentielle (T%)	Radiale (R%)
Valeur moyenne.	690	4,2	0,46	13,1	7,8	5,3
Catégorie	mi-lourd	mi-dur	Moyennement nerveux	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Source : Fiches techniques des essences exploitables par la société ENRA.

La résistance en cohésion transversale est moyenne en fendage et en traction perpendiculaire aux fibres et elle est assez forte en cisaillement. En cohésion axiale, elle est très bonne en compression et en flexion statique, mais médiocre en flexion dynamique : bois résistant mal au choc et cassant.

Le bois parfait de Sapelli possède une durabilité naturelle moyenne et suffisante dans les conditions modérément exposées à une dégradation par pourriture. Il présente une résistance naturelle aux attaques des termites, xylophages et aux *Lyctus*, mais

l'aubier est vulnérable à ces derniers. Aucune résistance appréciable n'est observée vis-à-vis des tarets.

L'imprégnabilité du bois parfait est médiocre alors que l'aubier s'imprègne aisément. Le séchage est lent tant à l'air qu'artificiellement avec de faibles risques de fente, mais parfois les déformations sont importantes (CHISHWEKA, 2006).

d. Usages

Le Sapelli est un très bon bois d'ébénisterie massive ou plaquée, de menuiserie fine et de décoration. Il est bon pour le tranchage, les placages figurés (moires, ondes, pommelles) sont très décoratifs. On le déroule pour la menuiserie intérieure, extérieure, lambris. Il sert aussi à la fabrication de parquets, etc. (VIVIEN et FAURE, 1985 ; CHISHWEKA, 2006).

B. *Entandrophragma angolense*

Il est disséminé en forêt dense humide jusqu'aux formations semi-décidues de la Guinée à l'Ouganda et à l'Angola (ANONYME, 1976).

a. Dénominations (VIVIEN et FAURE, 1985 ; ANONYME, 1981 ; TAILFER, 1989).

- **Botanique :** *Entandrophragma angolense* DC.
- **Commerciale :** Tiama.
- **Locale :**
- **R.D. Congo :** esaka, ipaki, ipaki mpembe, kalungi, songa, vovo, libuyu, lifake ngola, m'boyoy mpenza, mpake, okanga, tshimaie blanc, tshimaie tshitoke, tshimaie muyike, etobo ;
- **Congo Brazza :** kiluka, lifuma, livuti ;
- **Cameroun :** édoussié, kaki, kanga, abeba ;
- **Gabon :** abeubegné, dildro rouge, coba coba, livuti ;
- **Nigeria :** gedunokor, tiama ;
- **Autres :** kanga (RCA) ; tiama (Côte-d'Ivoire) ; mukusu (Ouganda).

b. Description botanique (VIVIEN et FAURE, 1985 ; ANONYME, 1981).

- **Base :** puissants contreforts ailés souvent bosselés et s'étendant loin de la base ;
- **Fût :** droit et cylindrique ;
- **Ecorce :** gris jaunâtre (1,5cm), lisse s'exfoliant en larges écailles irrégulières très minces, tranche tendre, fibreuse, rose violacée, couche interne blanchâtre, à exsudation jaune poisseuse ;

- **Aubier** : blanc ;
- **Bois** : brun rose fonçant à la lumière ;
- **Houppier** : feuillage surtout périphérique en grandes touffes étoilées à l'extrémité des rameaux ;
- **Feuilles** : caduques, alternes, composées pennées à 6-12 paires de folioles opposées allongées de forme variable (10-16 x 5-7 cm) à petite pointe au sommet, à nervure médiane saillante et couverte des poils roussâtres en-dessous ;
- **Fruits** : capsules en forme de cigare (15-20 x 4-5 cm), s'ouvrant de la base vers le sommet par 5 valves caduques ;
- **Graines** : 25-30 par capsule, à aile allongée.

c. Qualités physiques, mécaniques et technologiques (CHISHWEKA, 2006)

Le bois est tendre et léger (densité à l'état vert : 0,80-0,90 ; densité à l'état sec : 0,55-0,65) à retrait moyen et moyennement nerveux.

La résistance mécanique est faible, celle en compression et en flexion est moyenne. Elle est bonne en cisaillement. Le bois est cassant au choc, mais assez élastique. Il est moyennement adhérent et moyennement fissile.

Le bois de Tiama n'est à utiliser que parfaitement sec. Il possède une bonne résistance aux attaques des champignons et des pourritures, mais attaque surtout redoutée des *Lyctus* et des termites.

d. Usages

Le Tiama est employé en menuiserie de bâtiment, menuiserie extérieure (il faut préalablement peindre ou vernir le bois), menuiserie fine et ébénisterie massive (placage surtout). On l'utilise pour l'intérieur des wagons, navires, embarcations de plaisance. Il se prête aussi bien à d'autres usages comme le tranchage, déroulage, ameublement et décoration intérieure, charpente légère, caisserie légère, ...

1.2. CALCUL DE RENDEMENT

1.2.1. Mode de débit

Le mode de débit utilisé est celui sur faux-quartier à la première scie de tête. Il consiste à diviser la grume en deux demies lunes qui seront débitées en pièce de différentes dimensions. A la seconde scie de tête, c'est le débit en plat ou en traits parallèles. La grume est débitée dans un seul sens, c'est-à-dire suivant les traits parallèles. Nous illustrons par les schémas ci-dessous ces modes de débit.

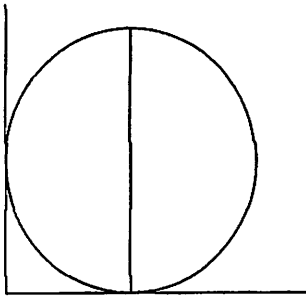
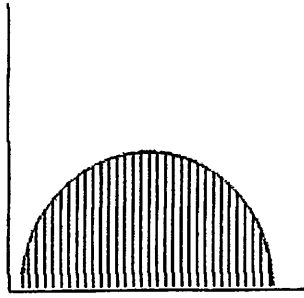
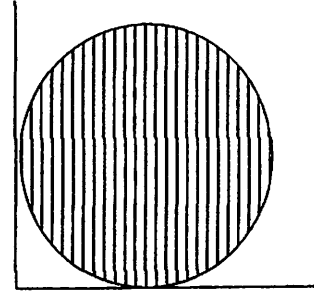


Figure 1 : premier trait

Figure 2 : les traits
perpendiculaires
au premierFigure 3 : les traits
parallèles

1.2.2. Calcul de volume des bois œuvrés

$$V = L \times l \times e \times n$$

Où : V = volume en m^3

L = longueur en m

l = largeur en m

e = épaisseur en m

n = nombre des pièces

C'est le volume net exempt des défauts et œuvré. Habituellement ce volume est constitué par un lot des pièces de forme géométrique régulière et bien définie : exemple : prismes, parallélépipèdes, cylindres, ...

Ces formes géométriques facilitent le cubage car à partir des formules appropriées aux formes des pièces du lot, on obtient le volume par une simple application de celle-ci (MASSUDI, 1982 cité par BOSA, 1987).

1.2.3. Calcul de rendement

Pour trouver le rendement que nous donnent les grumes, nous avons utilisé la relation suivante : soit Xm^3 de volume brut de grume qui donne Ym^3 de bois usiné, le rendement Z (%) sera :

$$Z = \frac{Y}{X} 100$$

1.3. LES COEFFICIENTS DE DECROISSANCE, DE REDUCTION ET DE FORME.

L'arbre idéal devrait avoir un fût parfaitement cylindrique, ce qui permettrait son débit plus simple tout en réduisant les déchets. Mais, en effet, la forme de grume est plutôt conique, le rétrécissement de la circonférence en fonction de la hauteur est plus ou moins accusé selon le cas. Il dépend notamment de : l'essence, l'origine génétique des arbres, leur réaction individuelle, du traitement forestier qu'ils subissent ainsi que de leur dimension et leur âge (SINDANI, 2005).

1.3.1. Coefficient de décroissance

Le coefficient de décroissance est le rapport entre la grosseur au milieu du tronc et celle à hauteur de poitrine. Il est le plus souvent exprimé en pourcentage. Cette valeur indique le pourcentage que la grosseur à mi-hauteur représente par rapport à la grosseur à la hauteur d'homme (LOKOMBE, 2006). Il est désigné par :

$$k = \frac{C_m}{C_{1,3}} = \frac{D_m}{D_{1,3}}$$

Où C_m, D_m : grosseurs au milieu du tronc (circonférence, diamètre)
 $C_{1,3}, D_{1,3}$: grosseurs à hauteur de poitrine.

1.3.2. Coefficient de réduction

Le coefficient de réduction exprime le pourcentage de réduction à appliquer à la grosseur à la hauteur de poitrine pour obtenir la grosseur médiane. Il indique la proportion dans laquelle il faut diminuer la grosseur du fût à la hauteur d'homme pour obtenir la grosseur à la mi-hauteur (LOKOMBE, 2006). Il est donné par la relation suivante :

$$r = \frac{C_{1,3} - C_m}{C_{1,3}} = \frac{D_{1,3} - D_m}{D_{1,3}}$$

Avec $C_{1,3}, D_{1,3}$: grosseur à hauteur de poitrine
 C_m, D_m : grosseur à mi-hauteur.

1.3.3. Coefficient de forme

On peut également caractériser la forme du fût en calculant le coefficient de forme aussi appelé coefficient artificiel de forme. Ce coefficient est défini par rapport à la forme idéale de cylindre. Il est le rapport entre le volume commercial de la grume et le volume du cylindre qui aurait pour hauteur, la hauteur du fût et circonférence, la circonférence de base (à la hauteur de poitrine) de cette grume (LOKOMBE, 2006 ; KATEHERO, 2006). Il est exprimé par

$$f = \frac{\text{volume commercial classique de la grume}}{\text{volume du cylindre correspondant}} = \frac{\frac{1}{4} \pi C_m^2 H}{\frac{1}{4} \pi C_{1,3}^2 H} = \frac{\frac{1}{4} \pi D_m^2 H}{\frac{1}{4} \pi D_{1,3}^2 H} = \frac{D_m^2}{D_{1,3}^2}$$

Avec $C_{1,3}, D_{1,3}$: grosseur à hauteur de poitrine
 C_m, D_m : grosseur à mi-hauteur.

1.4. TARIF DE CUBAGE

1.4.1. Définition

D'après RONDEUX (1998 ; cité par BIGUMA, 2006) et DAGNELIE (1981 ; cité par KAHINDO, 2006), le tarif de cubage est une équation (ou formule), un tableau ou graphique qui permet d'estimer le volume d'arbres ou de peuplements forestiers : « variable dépendante » ou « variable expliquée » à partir des caractéristiques facilement mesurables (diamètre, hauteur, ...) sur les arbres : « variables explicatives » et qui dérivent d'analyses statistiques de régression.

1.4.2. Types de tarif de cubage

Il existe deux types de tarif de cubage selon le nombre des variables explicatives considérées (MABIALA, 1981). Ainsi on distingue :

- des tarifs de cubage à une entrée : ils estiment le volume à partir d'une seule variable (diamètre, circonférence, hauteur, etc.). On les appelle aussi tarifs locaux ou tarifs spécifiques.
- des tarifs de cubage à deux ou trois entrées : ils estiment les volumes en fonction de deux ou trois variables. Ils sont dits aussi tarifs généraux.

1.4.3. Zone de validité d'un tarif de cubage

Les tarifs de cubage n'étant que des relations statistiques, ils ne sont utilisables que pour l'essence, la région et aussi les catégories de diamètre des arbres de l'échantillon dont on s'est servi pour leur construction (C.T.F.T., 1989).

1.5. TRAVAUX ANTERIEURS

Dans diverses régions de la R. D. Congo, des travaux ont été réalisés et même ailleurs sur les tarifs de cubage et le rendement de plusieurs essences. Parmi ceux-ci nous pouvons citer :

- SWAPELE (1991) sur la détermination de tarif de cubage des essences précieuses autres que *Gilbertiodendron dewevrei* dénombrées dans la forêt d'Abou.
- SINDANI (1991) sur le tarif de cubage de *G. dewevrei* à Bawombi.
- BANZA NGOY (1996) sur la comparaison des tarifs de cubage de *G. dewevrei* dans trois forêts à Bengamisa.
- MBASA (1996) sur la forme moyenne et le tarif de cubage des grumes de *Pericopsis elata* et de *Chlorophora excelsa* au chantier d'exploitation AMEX-BOIS à Azunu (R.D. Congo).
- SPIAF (2003) sur les tarifs de cubage des arbres dans les provinces : Bas-Congo, Bandundu, Equateur et Orientale.

- KAHINDO (2006) sur le tarif de cubage de *Funtunia africana* dans la réserve floristique de Yoko (R.D. Congo).
- BOSA (1987) sur la production des bois sciés à la scierie de l'AUXELTRA BETON.
- NSOO (1978) sur le rendement des grumes d'*Afrormosia elata* en bois scié dans la scierie de Van Hee Frères.

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIELS ET METHODES

2.1. MILIEU

Nous avons mené notre étude sur les bois exploités par l'ENRA-BENI (Enzymes Refiners Association) dont le siège social est à Beni, sur le boulevard Nyamwisi, chef lieu du territoire de Beni, province du Nord-Kivu en R.D. Congo.

Les activités d'exploitation forestière de l'ENRA se déroulent dans la Province Orientale, district de l'Ituri, territoire de Mambasa, collectivité de Babila/Babombi et plus précisément dans le groupement Bangole dont la superficie correspond à la superficie de la concession forestière de l'ENRA, soit 52190ha.

Cette concession est répartie en deux blocs séparés par la route Beni-Mambasa : le bloc A avec une superficie de 21790ha et le bloc B dont la superficie s'élève à 30400ha.

2.2. MATERIELS

Notre étude a porté sur les arbres abattus et usinés du 01 janvier au 31 décembre 2006. Parmi ces derniers, nous avons inventorié :

- 127 Acajou d'Afrique (*Khaya anthotheca*) ;
- 174 Iroko (*Chlorophora excelsa*) ;
- 340 Sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) ;
- 63 Tiama (*Entandrophragma angolense*).

Pour traiter nos données et la détermination de coefficients des équations de régression nous avons utilisé la calculatrice scientifique de marque CASIO fx-100 MS S-V.P.A.M.

2.3. METHODES DE TRAVAIL

2.3.1. Récolte des données

Nous avons recouru à la technique documentaire pour la récolte des données. Les documents dont nous nous sommes servis sont les rapports mensuels de l'année 2006 de l'exploitation forestière, de la scierie et de la parqueterie.

2.3.2. Traitement des données

Les données que nous avons prélevées sont : la circonférence de base, la circonférence médiane, la hauteur des fûts, le volume scié chaque mois et le volume obtenu après sciage, le volume raboté et le volume des profilés.

A. Diamètre (D) : à hauteur de poitrine (Dhp) et médian (Dm)

A partir de la circonférence de base nous déduisons le Dhp et de la circonférence médiane, le diamètre médian par la relation suivante :

$$D = \frac{C}{\Pi}$$

Avec D = diamètre (à hauteur de poitrine, médian)

C = circonférence (de base, médiane)

Π = valeur de Π de la calculatrice.

B. Calcul de volume

Les volumes individuels observés (V_o ou Y_o) sont calculés par la formule de Huber que voici :

$$V_o = \frac{\Pi}{4} Dm^2 L$$

Où Dm = diamètre médian

L = hauteur du fût

C. Répartition par classe

Pour la distribution en différentes nous avons utilisé la relation de STURGE (SINDANI, 2007).

- le nombre minimal de classes (K)
 $K = 1 + 3,33 \log N$ avec N = effectif

- l'intervalle maximal de classes (I)

$$I = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K}$$

Où Xmax = valeur maximale enregistrée

Xmin = valeur minimale enregistrée

D. Calcul de rendement

Soit Xm^3 de volume brut de grume qui donne Ym^3 de bois usiné, le rendement Z (%) sera :

$$Z = \frac{Y}{X} 100$$

E. Calcul des coefficients

- coefficient de décroissance (k)

$$k = \frac{D_m}{D_{1,3}} \quad \text{avec} \quad D_m = \text{diamètre médian}$$

$D_{1,3}$ = diamètre à 1,3 m au dessus du sol (Dhp)

- coefficient de réduction (r)

$$r = 1 - k \quad \text{avec} \quad k = \text{coefficient de décroissance}$$

- coefficient artificiel de forme (f)

$$f = k^2 \quad \text{avec} \quad k = \text{coefficient de décroissance}$$

Les coefficients individuels calculés sont présentés en annexe 1.

F. Estimation de volume

Nous nous sommes servis de la relation entre le volume du fût (V_0 ou Y_0) et le diamètre médian (D_m ou X) pour calculer les coefficients de régression (a, b et c) et le coefficient corrélation (r) pour les modèles des équations de régression que voici :

- linéaire : $Y = a + BX$
- logarithmique : $Y = a + b \ln X$
- exponentielle : $Y = ae^{bX}$
- puissance : $Y = aX^b$
- inverse : $Y = a + b \frac{1}{X}$
- quadratique : $Y = a + bX + cX^2$



Les volumes estimés par les différents modèles d'équations de régression sont présentés en annexe 2.

G. Sélection des équations de régression

Le premier critère de sélection que nous avons utilisé est le coefficient de détermination (R^2) qui est le carré de coefficient de corrélation exprimé en pourcentage.

Pour le tarif de cubage, un coefficient de corrélation dont la valeur est supérieure à 0,80 indique une bonne régression (MABIALA, 1981). De plus, les volumes d'arbres sont des valeurs positives. Ainsi, les équations qui ont un coefficient de corrélation inférieur à 0,80 et celles qui donnent des valeurs négatives de volumes sont rejetées.

Outre le coefficient de détermination, en vue d'un bon ajustement des équations, nous avons considéré les paramètres ci-après (RONDEUX, 1998 ; cité par BIGUMU, 2006) pour les équations sélectionnées :

- l'écart-type résiduel (ECTR)

$$ECTR = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (V_o - V_c)^2}$$

Avec V_o = volume observé (Huber)

V_c = volume calculé par équation de régression

n = effectif de l'échantillon

- le coefficient de variation résiduelle (CVR) exprimé en pourcentage

$$CVR = \frac{ECTR}{\bar{V}_c}$$

Où ECTR = écart-type résiduel

\bar{V}_c = volume moyen calculé par équation de régression

- le test Chi-carré de PEARSON (χ^2)

$$\chi^2 = \sum \frac{(V_o - V_c)^2}{\bar{V}_c}$$

Avec V_o = volume de Huber

V_c = volume calculé par équation de régression

\bar{V}_c = volume moyen calculé par équation de régression

Les résultats de ce test sont portés en annexe 3.

- l'intervalle de confiance (IC) :

$$IC = \bar{V}_c \pm 2 \sqrt{\frac{SCE}{n(n-1)}}$$

Avec SCE = somme des carrés des écarts $\sum (V_o - V_c)^2$

n = effectif de l'échantillon.

H. Construction des tables de cubage

Pour chaque essence nous avons retenu une équation parmi les six modèles proposés. C'est en fonction de celle-ci que sont construites les tables de cubage.

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS

3.1. CARACTERISTIQUES DENDROMETRIQUES

A partir des données que nous avons prélevées, nous avons calculé les diamètres et les volumes individuels.

Nous présentons dans les huit tableaux qui suivent les distributions des tiges par classe de diamètre médian et de hauteur. En vue d'une comparaison ultérieure nous utilisons le même nombre de classe avec les mêmes intervalles de classe pour toutes les quatre essences considérées dans le cadre de notre travail.

3.1.1. Répartition des tiges de *Khaya anthotheca*

a. Répartition de tige par classe de diamètre médian (Dm)

Tableau I : Répartition des tiges par classe de Dm

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
0,50 – 0,64	0,57	1	0,79	1
0,65 – 0,79	0,72	9	7,09	10
0,80 – 0,94	0,87	30	23,62	40
0,95 – 1,09	1,02	34	26,77	74
1,10 – 1,24	1,17	17	13,39	91
1,25 – 1,39	1,32	12	9,45	103
1,40 – 1,54	1,47	11	8,66	114
1,55 – 1,69	1,62	5	3,94	119
1,70 – 1,84	1,77	5	3,94	124
1,85 – 1,99	1,92	2	1,57	126
2,00 – 2,14	2,07	1	0,79	127
Total		127	100,01	
Moyenne		1,13m		
Ecart-type		0,29m		
Coefficient de variation		25,92%		

De ce tableau, il ressort que la moyenne de diamètre médian est de 1,13m ; l'écart-type de 0,29m et le coefficient de variation de 25,92%.

La classe de 0,95 – 1,09m montre une fréquence relative plus élevée (26,77%). Au-delà de cette classe la fréquence diminue lentement jusqu'à atteindre 0,79% dans la classe de 2,00 – 2,14m.

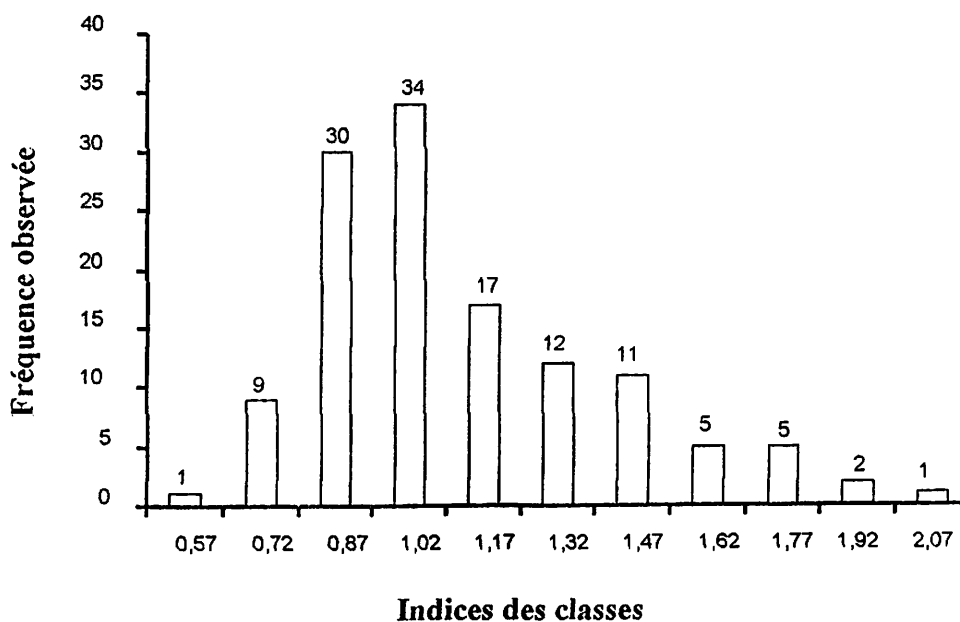


Figure 4 : graphique de distribution des tiges de *K. anthotheca* par classe de diamètre médian.

La distribution par classe de diamètre médian est une courbe en cloche à dissymétrie de gauche. Dans les quatre premières classes elle croît rapidement et décroît progressivement par la suite.

b. Répartition des tiges par classe de hauteur.

Tableau II : Répartition des tiges par classe de hauteur

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
5,86 – 8,14	7,00	1	0,79	1
8,15 – 10,43	9,29	6	4,72	7
10,44 – 12,72	11,58	7	5,51	14
12,73 – 15,01	13,87	30	23,62	44
15,02 – 17,30	16,16	37	29,13	81
17,31 – 19,59	18,45	22	17,32	103
19,60 – 21,88	20,74	14	11,02	117
21,89 – 24,17	23,03	8	6,30	125
24,18 – 26,46	25,32	1	0,79	126
26,47 – 28,75	27,61	1	0,79	127
28,76 – 31,04	29,90	0	0	127
Total		127		
Moyenne		16,62m		
Ecart-type		3,51m		
Coefficient de variation		21,12%		

De ce tableau, il se dégage que la hauteur moyenne est de 16,62m, l'écart-type 3,51m et le coefficient de variation de 21,12%.

La plus grande fréquence relative (29,13%) est présentée par la classe 15,02 – 17,30m, suivie par celle de 12,73 – 15,01m avec 23,62%.

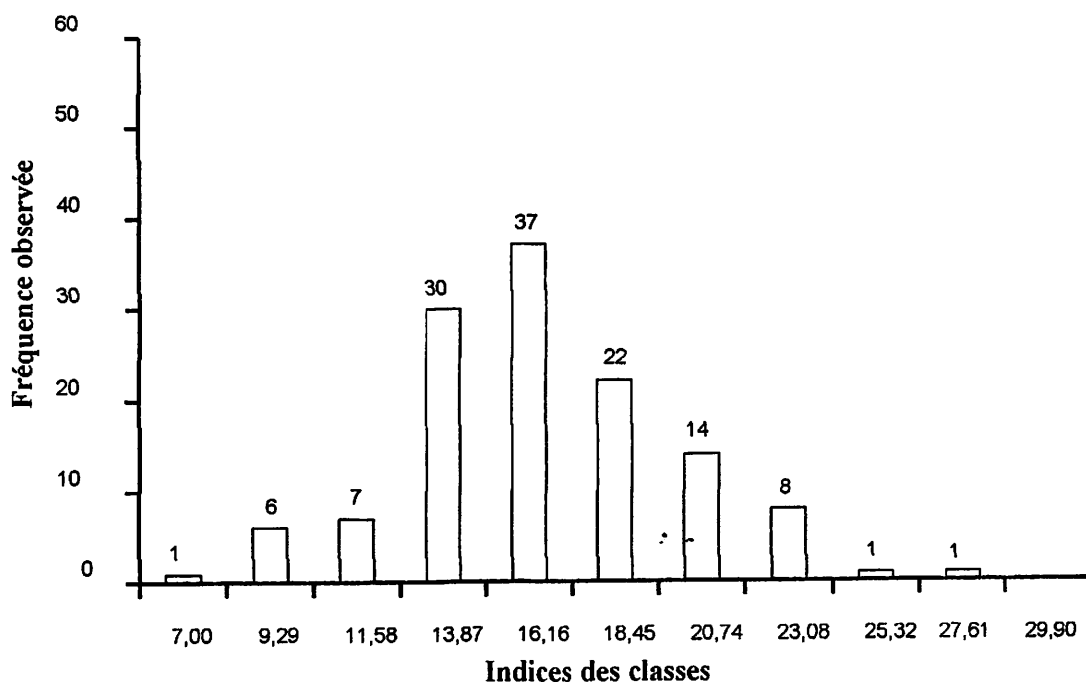


Figure 5 : graphique de distribution des tiges de *K. anthotheca* par classe de hauteur.

La courbe représentative de la distribution des pieds par classe de hauteur est une courbe en cloche. Elle atteint son maximum dans la classe d'indice 16,16.

3.1.2. Répartition des pieds de *Chlorophora excelsa*

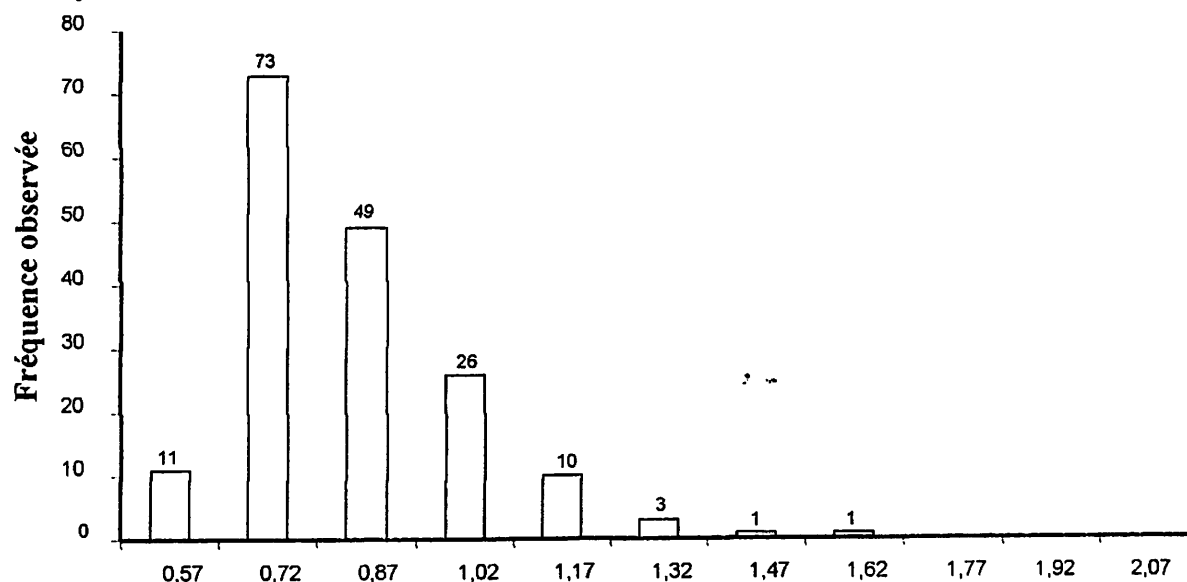
a. Distribution par classe de diamètre médian (Dm).

Tableau III : Répartition par classe de Dm

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
0,50 – 0,64	0,57	11	6,32	11
0,65 – 0,79	0,72	73	41,95	84
0,80 – 0,94	0,87	49	28,16	133
0,95 – 1,09	1,02	26	14,94	159
1,10 – 1,24	1,17	10	5,75	169
1,25 – 1,39	1,32	3	1,72	172
1,40 – 1,54	1,47	1	0,58	173
1,55 – 1,69	1,62	1	0,58	174
1,70 – 1,84	1,77	0	0	174
1,85 – 1,99	1,92	0	0	174
2,00 – 2,14	2,07	0	0	174
Total		174	100	
Moyenne		0,84m		
Ecart-type		0,17m		
Coefficient de variation		20,49%		

Il ressort de ce tableau que le diamètre médian moyen d'Iroko est de 0,84m, l'écart-type de 0,17m et le coefficient de variation de 20,49% ; ce qui montre une homogénéité des individus (ROLLET, 1974).

La plus grande fréquence relative est celle de la classe de 0,65 – 0,79m ; soit 41,95%. Elle est suivie par la classe de 0,80 – 0,94m avec 28,16%. La fréquence observée est nulle pour les trois dernières classes.



Indices des classes

Figure 6 : graphique de répartition des fûts de *C. excelsa* par classe de diamètre médian.

Ce graphique montre que la distribution des fûts d'Iroko en classe de diamètre médian est une distribution en cloche à dissymétrie de gauche.

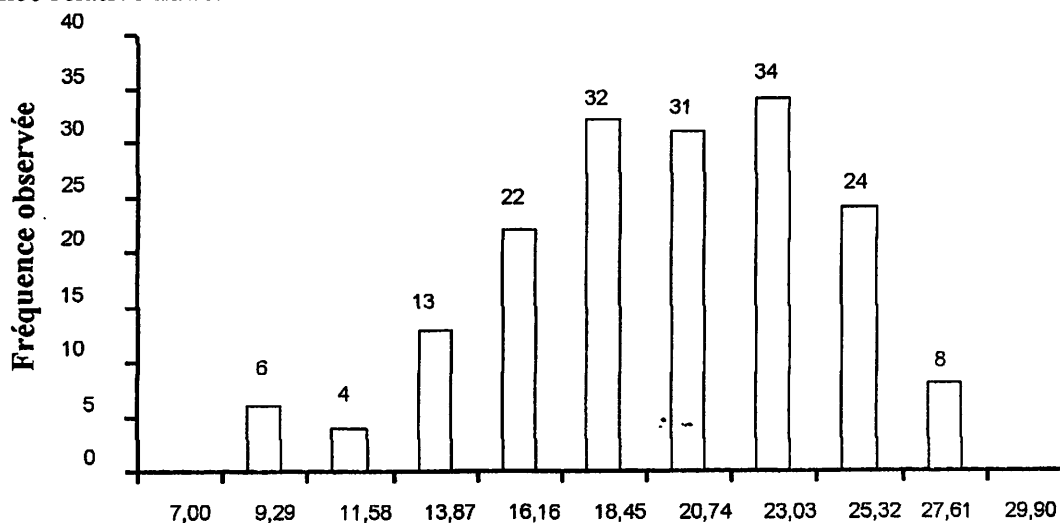
b. Répartition par classe de hauteur.

Tableau IV : Distribution par classe de hauteur

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
5,86 – 8,14	7,00	0	0	0
8,15 – 10,43	9,29	6	3,45	6
10,44 – 12,72	11,58	4	2,30	10
12,73 – 15,01	13,87	13	7,47	23
15,02 – 17,30	16,16	22	12,64	45
17,31 – 19,59	18,45	32	18,39	77
19,60 – 21,88	20,74	31	17,82	108
21,89 – 24,17	23,03	34	19,54	142
24,18 – 26,46	25,32	24	13,79	166
26,47 – 28,75	27,61	8	4,60	174
28,76 – 31,04	29,90	0	0	174
Total		174	100	
Moyenne		20,02m		
Ecart-type		4,14m		
Coefficient de variation		20,27%		

De ce tableau IV, il découle que la hauteur moyenne est de 20,02m ; l'écart-type de 4,14 m et le coefficient de variation 20,27%.

La fréquence relative croît jusqu'à la classe d'indice 23,03 où elle est la plus grande (19,54%) et décroît dans la suite. La première et la dernière classe ont chacune une fréquence relative nulle.



Indices des classes

Figure 7 : graphique de répartition des pieds de *C. excelsa* par classe de hauteur.

La courbe représentative de la distribution se présente sous forme de cloche à dissymétrie de droite.

3.1.3. Répartition des fûts d'*Entandrophragma cylindricum*

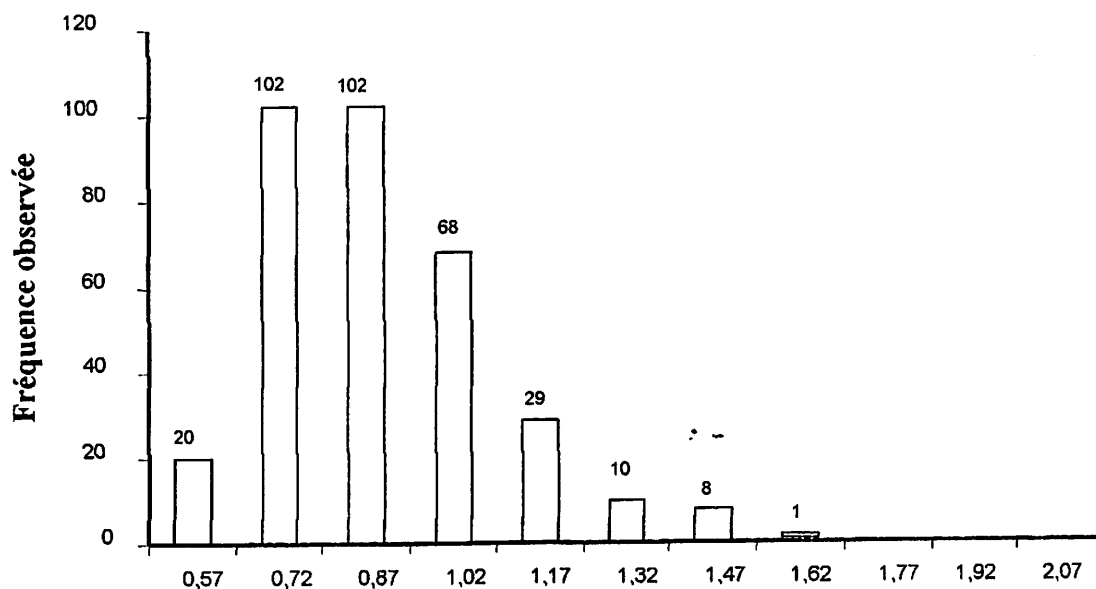
a. Répartition par classe de diamètre médian (Dm)

Tableau V : Répartition par classe de Dm

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
0,50 – 0,64	0,57	20	5,88	20
0,65 – 0,79	0,72	102	30,00	122
0,80 – 0,94	0,87	102	30,00	224
0,95 – 1,09	1,02	68	20,00	292
1,10 – 1,24	1,17	29	8,53	321
1,25 – 1,39	1,32	10	2,94	331
1,40 – 1,54	1,47	8	2,35	339
1,55 – 1,69	1,62	1	0,29	340
1,70 – 1,84	1,77	0	0	340
1,85 – 1,99	1,92	0	0	340
2,00 – 2,14	2,07	0	0	340
Total		340	99,99	
Moyenne		0,89m		
Ecart-type		0,20m		
Coefficient de variation		22,10%		

Le tableau ci-haut donne comme valeur moyenne de diamètre médian 0,89m ; d'écart-type 0,20m et de coefficient de variation 22,10%.

Les classes de 0,65 – 0,79m et de 0,80 – 0,94m présentent chacune une fréquence observée de 102, soit une fréquence relative de 30% représentant au total 60%. Quant aux trois dernières classes, leurs fréquences observées sont nulles.



Indices des classes

Figure 8 : graphique de répartition des fûts d'*E. cylindricum* par classe de diamètre médian.

La courbe de distribution par classe de diamètre médian de Sapelli se présente sous forme de courbe en cloche à dissymétrie de gauche. La deuxième classe (indice 0,72) et la troisième classe (indice 0,87) enregistrent le sommet de la courbe.

b. Répartition par classe de hauteur de fûts

Tableau VI : Répartition des tiges par classe de hauteur.

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
5,86 – 8,14	7,00	1	0,29	1
8,15 – 10,43	9,29	11	3,24	12
10,44 – 12,72	11,58	10	2,94	22
12,73 – 15,01	13,87	32	9,1	54
15,02 – 17,30	16,16	59	17,35	113
17,31 – 19,59	18,45	67	19,71	180
19,60 – 21,88	20,74	85	25,00	265
21,89 – 24,17	23,03	46	13,53	311
24,18 – 26,46	25,32	18	5,29	329
26,47 – 28,75	27,61	9	2,65	338
28,76 – 31,04	29,90	2	0,59	340
Total		340	100	
Moyenne		18,93m		
Ecart-type		3,95m		
Coefficient de variation		20,87%		

La classe dominante est celle de 19,60 – 21,88m dont la fréquence observée est de 85, soit une fréquence relative de 25%. Elle est suivie par celle d'indice 18,45 dont la fréquence relative est de 19,71%.

La hauteur moyenne vaut 18,93m, l'écart-type de 3,95m et le coefficient de variation de 20,87%.

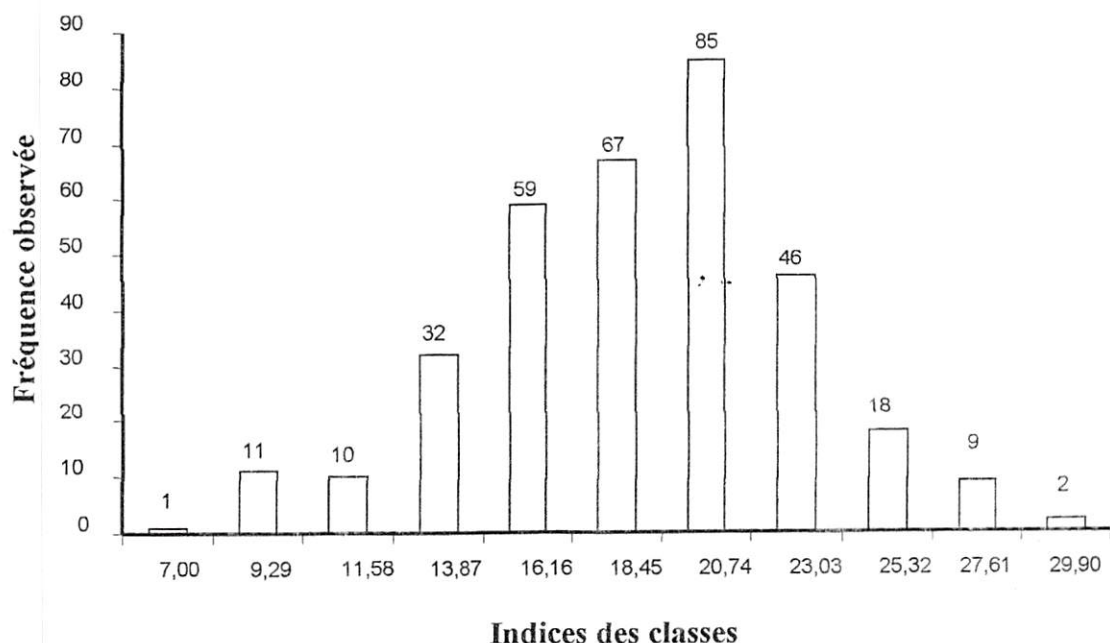


Figure 9 : graphique de distribution des pieds d'*E. cylindricum* par classe de hauteur de fût.

Le graphique de distribution des fûts par classe de hauteur est une courbe en cloche centrée. La courbe enregistre son sommet dans la classe d'indice 20,74.

3.1.4. Répartition des pieds d'*Entandrophragma angolense*

a. Répartition par classe de diamètre médian (Dm)

Tableau VII : Distribution des fûts par classe de Dm

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
0,50 – 0,64	0,57	0	0	0
0,65 – 0,79	0,72	8	12,70	8
0,80 – 0,94	0,87	20	31,75	28
0,95 – 1,09	1,02	18	28,75	46
1,10 – 1,24	1,17	7	11,11	53
1,25 – 1,39	1,32	2	3,17	55
1,40 – 1,54	1,47	3	4,76	58
1,55 – 1,69	1,62	4	6,35	62
1,70 – 1,84	1,77	1	1,59	63
1,85 – 1,99	1,92	0	0	63
2,00 – 2,14	2,07	0	0	63
Total		63	100	
Moyenne		1,20m		
Ecart-type		0,26m		
Coefficient de variation		25,74%		

La classe de 0,80 – 0,94m de diamètre contient 31,75% d'effectif total de notre échantillon de Tiama. Avec la classe de 0,95 – 1,09m, qui a 28,57% d'individus, elles prennent environ 60% de notre échantillon. Du même tableau, il se dégage aussi que le coefficient de variation est de 25,74%, l'écart-type 0,26m et la moyenne de diamètre s'élève à 1,02m

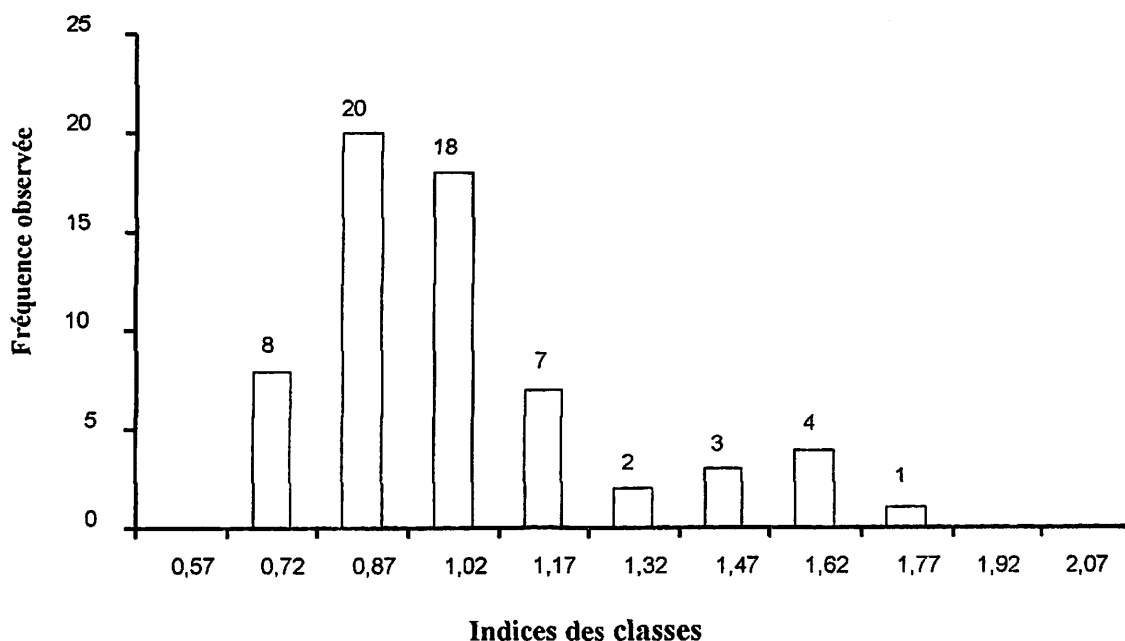


Figure 7 : graphique de distribution des pieds d'*E. angolense* par classe de diamètre médian.

Le diagramme 7 montre que la courbe représentative de la répartition des fûts par classe de diamètre médian est une distribution en cloche de dissymétrie de gauche.

b. Répartition par classe de hauteur

Tableau VIII : Répartition des fûts par classe de hauteur

Classe (m)	Indice de classe	F. observée	F. relative	F. cumulée
5,86 – 8,14	7,00	0	0	0
8,15 – 10,43	9,29	0	0	0
10,44 – 12,72	11,58	2	3,17	2
12,73 – 15,01	13,87	15	23,81	17
15,02 – 17,30	16,16	14	22,22	31
17,31 – 19,59	18,45	18	28,57	49
19,60 – 21,88	20,74	9	14,29	58
21,89 – 24,17	23,03	2	3,17	60
24,18 – 26,46	25,32	2	3,17	62
26,47 – 28,75	27,61	1	1,59	63
28,76 – 31,04	29,90	0	0	63
Total		63	100	
Moyenne		17,52m		
Ecart-type		3,19m		
Coefficient de variation		18,21%		

Ce tableau indique que la hauteur moyenne est de 17,52m ; l'écart-type de 3,19m et le coefficient de variation 18,21%.

Il s'en dégage aussi que la fréquence relative la plus élevée (28,57%) est enregistrée dans la classe d'indice 18,45.

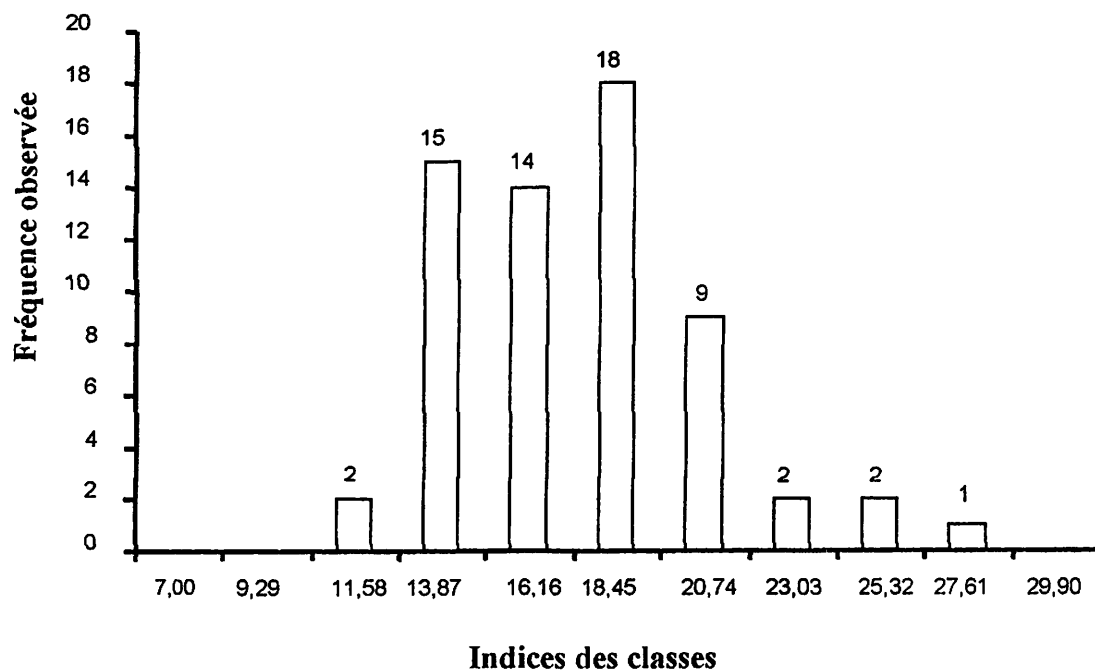


Figure 8 : représentation graphique de la répartition des pieds d'*E. angolense* par classe de hauteur.

Le graphique ci-haut montre que la courbe représentative de la distribution en classe de hauteur de *Tiama* atteint son maximum dans la classe d'indice 18,45.

3.2. CALCUL DE RENDEMENT

Nous étudions le rendement au sciage et au rabotage. Les volumes d'arbres abattus au cours de l'année 2006 par l'ENRA-BENI s'élèvent à 2262,556m³ pour l'Acajou d'Afrique ; 2068,123m³ pour Iroko ; 4304,546 m³ de Sapelli et 967,508m³ de Tiama. Tous ces volumes n'ont pas été sciés. Notre étude porte sur la portion sciée.

3.2.1. Rendement au sciage

Les volumes sciés et leur production, ainsi que leurs rendement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IX : Rendement au sciage

Essence	V. brut	Production	Rendement
Acajou d'Afrique	1615,338	856,472	53,02
Iroko	1952,000	803,187	41,15
Sapelli	3116,017	1510,628	48,48
Tiama	774,744	330,927	42,71

Il ressort de ce tableau que l'Acajou d'Afrique a un rendement supérieur (53,02%). Il est suivi par le Sapelli (48,48%). L'Iroko vient à la dernière position avec 41,15%.

3.2.2. Rendement au rabotage

Après rabotage, les profilés sont classés en deux catégories : le premier choix et le deuxième choix. Le rendement y afférent se présente comme suit :

Tableau X : Rendement au rabotage.

Essence	V. brut	Production (m ³)			Rendement (%)		
		1 ^{er} choix	2 ^e choix	Total	1 ^{er} choix	2 ^e choix	Total
Acajou d'Afrique	168,359	45,848	79,932	125,780	27,23	47,48	74,71
Iroko	736,885	426,610	69,027	495,637	57,89	9,37	67,26
Sapelli	750,942	179,616	255,897	435,513	23,92	34,08	58,00
Tiama	151,035	12,151	41,603	53,754	8,05	27,55	35,59

A l'examen de ce tableau nous voyons que l'Acajou d'Afrique est à la tête avec un rendement de 74,71%. L'Iroko présente un rendement de 67,26% qui le place à la deuxième position. Le Tiama quant à lui, donne un faible rendement (35,59%).

3.3. CALCUL DE QUELQUES COEFFICIENTS

En fonction des données dont nous disposons, nous avons calculé le coefficient de décroissance (k), le coefficient de réduction (r) et le coefficient artificiel de forme (f). Les moyennes de ces coefficients sont reprises dans le tableau ci-dessous, tandis que les détails figurent en annexe 1.

Tableau XI : Coefficients de croissance, de réduction et de forme.

Essence	k (%)	r (%)	f
Acajou d'Afrique	77,79	22,21	0,61
Iroko	65,83	34,17	0,44
Sapelli	70,14	29,86	0,50
Tiama	69,89	30,11	0,49

Il ressort de ce tableau que les coefficients de décroissance et de réduction varient inversement. L'Acajou d'Afrique est le premier de la liste pour les coefficients de décroissance (77,79%) et de forme (0,61). L'Iroko, par contre, a pour coefficient de décroissance 65,83% et de forme 0,44.

3.4. CALCUL DE TARIF DE CUBAGE

D'après KANDARA et al. (1981, cité par KAHINDO, 2006) et TUNGUNI (1997), un échantillon de 30 à 40 arbres serait largement suffisant pour élaborer un tarif de cubage. Parmi les critères de sélection des échantillons nous avons ceux cités par MABIALA (1981) :

- subdiviser la population en classes de mesure ;
- l'arbre échantillon doit appartenir à l'une des classes ;
- prendre, si possible, le même nombre de sujets au sein des classes ;
- les mesures de diamètres ou de hauteur ne doivent présenter aucune ambiguïté chez les sujets à retenir.

En fonction de ces critères, nous avons réduit nos échantillons à 60 arbres par espèce pour l'élaboration de tarif de cubage et la détermination des coefficients ci-haut présentés.

3.4.1. Présentation des modèles d'équations de régression

A partir de la relation entre les diamètres médians (D_m) et les volumes individuels (V_o ou Y_o) des arbres, nous avons déterminé pour les six modèles d'équations proposés :

- les coefficients de régression : a, b et c
- le coefficient de corrélation : r
- le coefficient de détermination : R^2

Les différents coefficients sont présentés dans le tableau XII

Tableau XII : Caractéristiques des équations de régression.

Essences		Acajou d'Afrique	Iroko	Sapelli	Tiama
Equations					
Linéaire	a	-19,75233	-18,13426	-17,41298	-18,18797
	b	33,74002	36,44562	33,96657	32,89447
	r	0,94431	0,96645	0,97153	0,93477
	R^2	89,17	93,40	94,37	87,38
Logarithmique	a	15,28506	19,19624	17,49006	15,71033
	b	39,37588	34,05869	31,79470	36,35486
	r	0,91876	0,94230	0,94716	0,91771
	R^2	84,41	88,79	89,71	84,22
Exponentielle	a	2,33034	1,65057	1,27446	2,11844
	b	1,63585	2,24469	2,36016	1,80111
	r	0,88805	0,94546	0,81907	0,92240
	R^2	78,86	89,39	67,09	85,08
Puissance	a	12,94973	16,78466	15,20442	13,55795
	b	2,03569	2,19629	2,25392	2,05643
	r	0,95930	0,96251	0,98152	0,93551
	R^2	92,03	92,64	96,34	87,52
Inverse	a	58,50846	49,14854	45,60035	53,77533
	b	-41,48166	-29,37950	-27,50314	-37,06578
	r	-0,87456	-0,90294	-0,90812	-0,88422
	R^2	76,48	81,53	82,47	78,18
Quadratique	a	-4,24455	-5,86660	-1,65076	-7,67162
	b	7,58971	10,56289	1,39451	13,85050
	c	10,26441	12,63842	15,50350	8,02902

3.4.2. Choix du modèle de régression

Rappelons que l'ajustement est parfait lorsque le coefficient $r = 1$. Toutefois, un coefficient supérieur à 0,80 témoigne une bonne régression. De plus, étant donné que les volumes d'arbre sont des valeurs positives, celles qui font ressortir des valeurs négatives sont à rejeter. (MABIALA et al., 1981).

Ce critère nous a permis de retenir les équations suivantes pour ces essences :

- Puissance : r respectivement 0,959 ; 0,963 ; 0,982 et 0,936.
- Exponentielle : r respectivement 0,888 ; 0,945 ; 0,819 et 0,922.

Outre le coefficient de corrélation nous avons recouru aussi aux autres paramètres statistiques que voici pour apprécier les équations retenues :

- test d'ajustement de chi-carré : χ^2
- écart-type résiduel : ECTR
- coefficient de variation résiduelle : CVR
- intervalle de confiance : IC

3.4.3. Test d'ajustement de chi-carré.

Les valeurs individuelles de chi-carré calculées figurent en annexe 3. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de chi-carré tabulaire et chi-carré calculé pour les équations retenues.

Tableau XIII : Appréciation des volumes par le chi-carré

Essence	Equation	Chi-carré tabulaire	Chi-carré calculé
Acajou d'Afrique	Puissance ($V = 12,94973 Dm^{2,03569}$)	45,58	44,2973
	Exponentielle ($V = 2,33034e^{1,63585Dm}$)	45,58	64,2301
Iroko	Puissance ($V = 16,78406 Dm^{2,19629}$)	42,35	20,4601
	Exponentielle ($V = 1,65057e^{2,24469Dm}$)	42,35	63,0504
Sapelli	Puissance ($V = 15,20442 Dm^{2,25392}$)	42,35	21,8318
	Exponentielle ($V = 1,27446e^{2,36016Dm}$)	42,35	43,7325
Tiama	Puissance ($V = 13,55795 Dm^{2,05643}$)	45,58	43,3914
	Exponentielle ($V = 2,11844e^{1,80111Dm}$)	45,58	61,3598

Les chi-carrés d'Acajou d'Afrique et de Tiama montrent des valeurs inférieures aux valeurs tabulaires ($ddl = 59$ et $\alpha = 0,1$) pour les régressions en puissance. Par contre, l'Iroko et le Sapelli ont des valeurs inférieures pour les régressions en puissance et supérieures en régressions exponentielles ($ddl = 59$ et $\alpha = 0,05$) comme les deux premiers.

Parmi ces équations, les formes en puissance sont acceptables à cause de leurs valeurs inférieures.

3.4.4. Calcul de l'Ecart-type résiduel, coefficient de variation résiduelle et intervalle de confiance.

Tableau XIV : Ecart-type résiduel, coefficient de variation résiduelle et intervalle de confiance.

Essence	Equation	Paramètre
Acajou d'Afrique	Puissance	ECTR : $3,943\text{m}^3$
		CVR : 18,72%
		IC : $21,058 \pm 1,027$
	Exponentielle	ECTR : $4,668\text{m}^3$
		CVR : 22,93%
		IC : $20,357 \pm 1,215$
Iroko	Puissance	ECTR : $2,178\text{m}^3$
		CVR : 15,49%
		IC : $14,063 \pm 0,567$
	Exponentielle	ECTR : $3,862\text{m}^3$
		CVR : 27,20%
		IC : $14,196 \pm 1,006$
Sapelli	Puissance	ECTR : $2,226\text{m}^3$
		CVR : 16,34%
		IC : $13,623 \pm 0,579$
	Exponentielle	ECTR : $3,106\text{m}^3$
		CVR : 23,47%
		IC : $13,223 \pm 0,809$
Tiama	Puissance	ECTR : $3,334\text{m}^3$
		CVR : 21,69%
		IC : $15,374 \pm 0,868$
	Exponentielle	ECTR : $3,844\text{m}^3$
		CVR : 26,59%
		IC : $14,455 \pm 1,00$

Rappelons que les écarts-types résiduels très faibles et les coefficients de détermination élevés indiquent des bons ajustements. Ainsi, à l'analyse du tableau ci-haut, les régressions en puissance ont des écarts-types résiduels faibles et leurs coefficients de détermination sont élevés (voir tableau XII).

Sur cette base, nous choisissons les modèles de puissance.

3.4.5. Calcul de l'erreur-type sur le coefficient de corrélation r

Nous avons utilisé la relation suivante (LANLY, 1967 ; cité par KAHINDO, 2006) :

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \quad \text{Avec } Sr = \text{erreur-type}$$

r = coefficient de corrélation
 n = effectif de l'échantillon

a. Cas d'Acajou d'Afrique

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - (0,95930)^2}{60 - 2}} = \sqrt{0,00137} = 0,037 \text{ soit } 3,7\%$$

b. Cas d'Iroko

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - (0,96251)^2}{60 - 2}} = \sqrt{0,0127} = 0,36 \text{ soit } 3,6\%$$

c. Cas de Sapelli

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - (0,98152)^2}{60 - 2}} = \sqrt{0,00063} = 0,025 \text{ soit } 2,5\%$$

d. Cas de Tiama

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - (0,93551)^2}{60 - 2}} = \sqrt{0,00215} = 0,046 \text{ soit } 4,6\%$$

L'erreur-type sur les coefficients de corrélation varie entre 2,5 et 4,6% pour nos échantillons.

3.4.6. Précision des tarifs de cubage

Nous avons utilisé la relation suivante pour déterminer la précision de nos tarifs de cubage (COPIN, 1961 ; cité par BIGUMA, 2006) :

$$P = 100 - E \quad \text{avec} \quad E = S_m \times t$$

Où E = erreur due à l'application du tarif

S_m = écart-type de l'échantillon

t = valeur tabulaire de Student correspondant au degré de liberté

- **Cas d'Acajou d'Afrique**

$$E = 0,29 \times 1,30 = 0,3770 \text{ soit } 37,70\%$$

$$P = 100 - 37,70 = 62,30\%$$

- **Cas d'Iroko**

$$E = 0,17 \times 1,67 = 0,2839 \text{ soit } 28,39\%$$

$$P = 100 - 28,39 = 71,61\%$$

- **Cas de Sapelli**

$$E = 0,20 \times 1,67 = 0,3340 \text{ soit } 33,40\%$$

$$P = 100 - 33,40 = 66,60\%$$

- **Cas de Tiama**

$$E = 0,26 \times 1,30 = 0,3380 \text{ soit } 33,80\%$$

$$P = 100 - 33,80 = 66,20\%$$

Le tarif d'Iroko a une précision de 71,61% alors qu'elle est de 66% pour les *Entandrophragma* et de 62% pour l'Acajou d'Afrique.

3.5. CONSTRUCTION DES TARIFS DE CUBAGE

3.5.1. Equations retenues

Nous présentons dans le tableau qui suit les équations que nous avons retenues.

Tableau XV : Formes des équations définitives

Essence	Tarif de cubage	R ²	ECTR (m ³)	CVR (%)
Acajou d'Afrique	$V=12,94973Dm^{2,03569}$	92,03	3,943	18,73
Iroko	$V=16,78466Dm^{2,19629}$	92,64	2,178	15,42
Sapelli	$V=15,20442Dm^{2,25392}$	96,34	2,226	16,34
Tiama	$V=13,55795Dm^{2,03643}$	87,52	3,334	21,69

Ce sont des tarifs de cubage locaux à une entrée (Dm).

3.5.2. Tables de cubage

Les tables ou barèmes de cubage correspondant aux équations retenues se présentent de la manière suivante :

Tableau XVI : Tables de cubage de *K. anthotheca*

Essence : <i>Khaya anthotheca</i> Territoire d'application : concession forestière de l'ENRA-BENI Equation : $V = 12,949773 Dm^{2,03569}$										
Dm(m)	Volume brut avec écore (m ³)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,6					5,220	3,388	5,558	5,731	5,906	6,084
0,7	6,265	6,449	6,635	6,824	7,015	7,210	7,407	7,607	7,809	8,014
0,8	8,222	8,433	8,646	8,862	9,081	9,302	9,526	9,753	9,983	10,215
0,9	10,450	10,688	10,928	11,181	11,417	11,666	11,917	12,171	12,428	12,687
1,0	12,950	13,215	13,482	13,753	14,026	14,302	14,581	14,862	15,146	15,433
1,1	15,723	16,015	16,310	16,608	16,908	17,212	17,518	17,826	18,138	18,452
1,2	18,769	19,089	19,412	19,737	20,065	20,369	20,729	21,066	21,405	21,746
1,3	22,091	22,438	22,788	23,141	23,497	23,855	24,216	24,580	24,947	25,316
1,4	25,688	26,063	26,441	26,821	27,204	27,590	27,979	28,370	28,765	29,162
1,5	29,561	29,964	30,380	30,778	31,189	31,602	32,019	32,438	32,860	33,285
1,6	33,712	34,142	34,575	35,011	35,450	35,891	36,336	36,783	37,232	37,685
1,7	38,140	38,598	39,059	39,523	39,989	40,459	40,931	41,405	41,883	42,363
1,8	42,847	43,333	43,821	43,821	44,807	45,304	45,804	46,307	46,815	47,321
1,9	47,832	48,346	48,821	48,862	49,904	50,429	50,957	51,488	52,021	52,557
2,0	53,096	53,638	54,183	54,730	55,280	55,834	56,389	56,948		

Tableau XVII : Tables de cubage de *C. excelsa*

Essence : <i>Chlorophora excelsa</i> Territoire d'application : concession forestière de l'ENRA-BENI Equation : $V = 16,78466 Dm^{2,19629}$										
Dm(m)	Volume brut avec écore (m ³)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,6		5,668	5,874	6,084	6,298	6,517	6,739	6,965	7,195	7,430
0,7	7,668	7,911	8,158	8,409	8,664	8,923	9,186	9,454	9,726	10,002
0,8	10,282	10,566	10,855	11,148	11,445	11,746	12,052	12,362	12,676	12,994
0,9	13,317	13,644	13,976	14,312	14,652	14,996	15,345	15,699	16,056	16,418
1,0	16,785	17,156	17,531	17,910	18,295	18,683	19,076	19,474	19,876	20,282
1,1	20,693	21,108	21,528	21,953	22,382	22,815	23,253	23,696	24,143	24,594
1,2	25,051	25,511	25,977	26,447	26,921	27,400	27,884	28,372	28,865	29,363
1,3	29,865	30,372	30,884	31,400	31,921	32,446	32,976	33,511	34,051	34,595
1,4	35,144	35,698	36,256	36,819	37,387	37,960	38,537	39,119	39,706	40,298
1,5	40,894	41,495	42,101	42,712	43,327	43,948	44,573	45,203	45,838	46,477
1,6	47,122	47,771	48,424	49,084	49,748	50,416	51,090			

Tableau XVIII : Tables de cubage de *E. cylindricum*

Essence : <i>Entandrophragma cylindricum</i> Territoire d'application : concession forestière de l'ENRA-BENI Equation : $V = 15,20442 Dm^{2,25392}$										
Dm(m)	Volume brut avec écore (m ³)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5								4,283	4,454	4,629
0,6	4,808	4,990	5,177	5,367	5,561	5,758	5,960	6,165	6,375	6,588
0,7	6,805	7,026	7,251	7,480	7,713	7,950	8,191	8,436	8,685	8,938
0,8	9,196	9,456	9,721	9,990	10,264	10,541	10,823	11,108	11,398	11,692
0,9	11,990	12,293	12,599	12,910	13,225	13,544	13,867	14,196	14,528	14,864
1,0	15,204	15,549	15,898	16,252	16,610	16,972	17,338	17,709	18,084	18,464
1,1	18,848	19,263	19,629	20,026	20,428	20,834	21,245	21,660	22,079	22,503
1,2	22,932	23,365	23,802	24,244	24,691	25,142	25,597	26,058	26,522	26,992
1,3	27,466	27,944	28,427	28,915	29,407	29,904	30,406	30,912	31,423	31,938
1,4	32,459	32,984	33,513	34,047	34,586	35,130	35,679	36,232	36,790	37,352
1,5	37,920	38,492	39,069	39,651	40,237	40,828	41,424	42,025	42,631	

Tableau XIX : Tables de cubage de *E. angolense*

Essence : <i>Entandrophragma angolense</i> Territoire d'application : concession forestière de l'ENRA-BENI Equation : $V = 13,55795 Dm^{2,05643}$										
Dm(m)	Volume brut avec écore (m ³)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,6										6,321
0,7	6,511	6,704	6,899	7,098	7,299	7,504	7,711	7,921	8,134	8,350
0,8	8,569	8,790	9,015	9,242	9,473	9,706	9,942	10,182	10,424	10,669
0,9	10,917	11,168	11,422	11,678	11,938	12,201	12,462	12,735	13,006	13,281
1,0	13,558	13,838	14,121	14,408	14,697	14,989	15,284	15,582	15,883	16,187
1,1	16,494	16,803	17,116	17,432	17,751	18,072	18,397	18,725	19,055	19,389
1,2	19,725	20,065	20,407	20,753	21,101	21,453	21,807	22,165	22,525	22,888
1,3	23,255	23,624	23,996	24,372	24,750	25,131	25,516	25,903	26,293	26,687
1,4	27,083	27,482	27,885	28,290	28,698	29,110	29,524	29,941	30,362	30,785
1,5	31,211	31,641	32,073	32,509	32,947	33,389	33,833	34,281	34,731	35,185
1,6	35,641	36,101	36,563	37,029	37,498	37,969	38,444	38,922	39,403	39,887
1,7	40,373	40,863	41,356							

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION

Dans le présent chapitre nous comparons les structures de diamètre des essences qui font l'objet du présent travail, leurs rendements et leurs coefficients que nous avons déterminés ainsi que leurs tarifs de cubage.

4.1. STRUCTURES DE DIAMETRE.

Les structures de diamètre médian, qui est le paramètre considéré pour l'élaboration de nos tarifs de cubage, sont comparées dans le tableau XX.

Tableau XX : Comparaison des structures de diamètre.

Classe	Indices	Fréquences observées				Fréquences relatives(%)			
		KA	CE	EC	EA	KA	CE	EC	EA
0,50 – 0,64	0,57	1	11	20	0	0,79	6,32	5,88	0
0,65 – 0,79	0,72	9	73	102	8	7,09	41,95	30,00	12,70
0,80 – 0,94	0,87	30	49	102	20	23,62	28,16	30,00	31,75
0,95 – 1,09	1,02	34	26	68	18	26,77	14,94	20,00	28,57
1,10 – 1,24	1,17	17	10	29	7	13,39	5,75	8,53	11,11
1,25 – 1,39	1,32	12	3	10	2	9,45	1,72	2,94	3,18
1,40 – 1,54	1,47	11	1	8	3	8,66	0,58	2,35	4,76
1,55 – 1,69	1,62	5	1	1	4	3,94	0,58	0,29	6,35
1,70 – 1,84	1,77	5	0	0	1	3,94	0	0	1,59
1,85 – 1,99	1,92	2	0	0	0	1,58	0	0	0
2,00 – 2,14	2,07	1	0	0	0	0,79	0	0	0
Minimum		0,64	0,61	0,57	0,69				
Maximum		2,07	1,66	1,58	1,72				
Total		127	174	3,40	63				
Moyenne		1,13	0,84	0,89	1,02				
Coefficient de variation		25,92	20,49	22,10	25,74				

Légende : KA = *Khaya anthotheca*
 CE = *Chlorophora excelsa*
 EC = *Entandrophragma cylindricum*
 EA = *Entandrophragma angolense*

La plus grande moyenne est celle de *K. anthotheca* (1,13m) et la plus petite, celle de *C. excelsa* (0,84m) avec un coefficient de variation aussi faible par rapport aux autres essences (CV = 20,49%).

Il ressort également de ce tableau qu'environ 50% (50,39%) de *K. anthotheca* ont un diamètre variant entre 0,80 et 1,09m ; chez le *C. excelsa*, par contre, le diamètre médian varie entre 0,65 et 0,94m pour près de 70%. Dans ce même intervalle de 0,65 à 0,94m nous trouvons 60% d'*E. cylindricum*. Enfin, l'*E. angolense* a 60,32% de ses pieds dont l'intervalle de 0,80 à 1,09m.

4.2. RENDEMENT

Le rapport entre le cubage de produit fini et le cubage de grumes passées à la scierie donne le rendement de la scierie. En général le rendement de nos scieries se situe entre 45 et 50% (LOKOMBE, 2007).

Le tableau XXI compare les rendements de ces essences que nous étudions au sciage et au rabotage.

Tableau XXI : Comparaison des rendements

Essences	Rendement au sciage	Rendement au rabotage	
		1 ^{er} choix	2 ^e choix
<i>K. anthotheca</i>	52,02	27,23	47,48
<i>C. excelsa</i>	41,15	57,89	9,37
<i>E. cylindricum</i>	48,48	23,92	34,08
<i>E. angolense</i>	42,71	8,05	27,55

Le rendement est influencé en grande partie par l'épaisseur d'aubier. A partir des résultats ci-haut nous voyons que l'épaisseur d'aubier est plus faible chez le *K. anthotheca* et elle est plus grande pour le *C. excelsa* dont le rendement est le plus bas, mais envoisinant celui d'*E. angolense*.

Le rendement au rabotage (en 1^{er} choix ou 2^e choix) est le résultat d'un classement sur base de défauts. Le *C. excelsa* a un rendement de 57,89% en 1^{er} choix, ce qui montre que les planches de cette essence présentent moins de défauts. Par contre, le *K. anthotheca* l'emporte en second choix (47,48%), ce qui signifie que les planches de cette dernière essence ont plus de défauts non tolérables en 1^{er} choix que les autres.

Bref, le *K. anthotheca* a un rendement quantitatif supérieur aux autres essences, alors que le *C. excelsa* a un rendement qualitatif supérieur.

4.3. COEFFICIENTS

Les différents coefficients que nous avons déterminés sont comparés dans le tableau suivant :

Tableau XXII : comparaison des différents coefficients.

Essence	k(%)	r(%)	f
<i>K. anthotheca</i>	77,79	22,21	0,61
<i>C. excelsa</i>	65,83	34,17	0,44
<i>E. cylindricum</i>	70,14	29,86	0,50
<i>E. angolense</i>	69,89	30,11	0,49

Le tableau XXII indique que le coefficient de décroissance de *K. anthotheca* est plus élevé et par conséquent le coefficient de forme l'est aussi, ce qui signifie que le fût de ce dernier tant plus vers un cylindre par rapport aux autres. Par contre, le coefficient de décroissance de *C. excelsa* est le plus petit de tous, ce qui traduit que le rétrécissement en hauteur de diamètre est plus prononcé pour cette essence.

4.4. COMPARAISON DE NOS TARIFS AVEC CEUX DES AUTRES PROVINCES.

Nous comparons dans le tableau qui suit nos tarifs de cubage à ceux des provinces de Bas-Congo, de Bandundu, Orientale et de la C.F.T. (Compagnie Forestière de Transformation).

Tableau XXIII : Comparaison des tarifs de cubage

Provinces Essence	ENRA	Bas-Congo	Bandundu	P. Orientale	C.F.T.
<i>K. anthotheca</i>	12,94973Dm ^{2,03569}	0,00032Dhp ^{2,24632}	0,00018Dhp ^{2,27505}	0,00024Dhp ^{2,31505}	
<i>C. excelsa</i>	16,78466Dm ^{2,16929}	0,00040Dhp ^{2,19365}	0,00015Dhp ^{2,40427}	0,00022Dhp ^{2,32584}	9,0017Dhp ^{1,8928}
<i>E. cylindricum</i>	15,20442Dm ^{2,25392}	0,00032Dhp ^{2,24632}	0,00039Dhp ^{2,72912}	0,00030Dhp ^{2,13401}	9,4910Dhp ^{1,9900}
<i>E. angolense</i>	13,55795Dm ^{2,05643}	0,00024Dhp ^{2,30370}	0,00021Dhp ^{2,21356}	0,00047Dhp ^{2,13401}	8,9036Dhp ^{2,0130}

Tous ces tarifs sont du modèle de puissance à une entrée. Notons aussi que dans les tarifs de l'ENRA et de la C.F.T. le diamètre est exprimé en mètre alors qu'il est en centimètre pour les trois autres.

Tableau XXIV : Comparaison des barèmes de cubage pour Dhp allant de 0,90 à 0,99 m.

Essence	Prov	Volume brut (m3)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACAJOU	ENRA	6,267	6,410	6,554	6,700	6,847	6,996	7,147	7,299	7,453	7,609
	BCO	7,768	7,963	8,161	8,362	8,565	8,771	8,980	9,191	9,405	9,622
	Bdu	5,094	5,224	5,355	5,489	5,624	5,861	5,900	6,041	6,183	6,328
	P.O	7,983	8,190	8,400	8,613	8,829	9,048	9,270	9,495	9,723	9,953
	C.F.T.										
IROKO	ENRA	5,316	5,447	5,579	5,713	5,849	5,987	6,126	6,267	6,410	6,554
	BCO	7,704	7,893	8,085	8,279	8,475	8,684	8,876	9,080	9,286	9,495
	Bdu	7,542	7,745	7,951	8,160	8,373	8,589	8,808	9,255	9,255	9,484
	P.O	7,696	7,897	8,100	8,306	8,516	8,728	8,943	9,382	9,382	9,606
	C.F.T.	7,374	7,530	7,687	7,846	8,007	8,169	8,332	8,497	8,664	8,832
SAPELLI	ENRA	5,391	5,527	5,665	5,804	5,946	6,089	6,235	6,382	6,532	6,683
	BCO	7,768	7,963	8,161	8,362	8,362	8,771	8,980	9,191	9,405	9,622
	Bdu	6,063	6,249	6,431	6,631	6,631	7,027	7,231	7,438	7,649	8,864
	P.O	4,447	4,553	4,661	4,769	4,769	4,991	5,104	5,218	5,333	5,450
	C.F.T.	7,696	7,867	8,040	8,215	8,391	8,570	8,750	8,750	9,117	9,303
TIAMA	ENRA	5,226	5,346	5,467	5,715	5,715	5,840	5,967	6,096	6,226	6,357
	BCO	7,750	7,950	8,153	8,567	8,567	8,992	8,992	9,210	9,430	9,653
	Bdu	4,484	4,595	4,708	4,937	4,937	5,173	5,173	5,293	5,414	5,537
	P.O	6,895	7,060	7,227	7,566	7,566	7,739	7,914	8,091	8,270	8,451
	C.F.T.	7,202	7,364	7,528	7,861	7,861	8,030	8,201	8,374	8,549	8,725

Légende : ENRA : les tarifs du présent travail
 Bco : Bas-Congo
 Bdu : Bandundu
 C.F.T. : Compagnie Forestière de Transformation
 P.O. Province orientale

Les valeurs des tables de l'ENRA s'approchent par des valeurs supérieures à celles de Bandundu pour l'Acajou d'Afrique et le Tiama, alors qu'elles s'y approchent par des valeurs inférieures pour l'Iroko et le Sapelli.

CONCLUSION

Le présent travail avait pour but d'étudier les rendements de *Khaya anthotheca* (Acajou d'Afrique), de *Chlorophora excelsa* (Iroko), d'*Entandrophragma cylindricum* (Sapelli) et d'*E. angolense* (Tiama) et de contribuer à l'élaboration de leurs tarifs de cubage applicables dans la concession forestière de l'ENRA-BENI.

Nous avons utilisé un échantillon de 704 pieds, soit 127 Acajou d'Afrique, 174 Iroko, 340 Sapelli et 63 Tiama que nous avons ramené à 240 pour l'élaboration des tarifs de cubage (60 Acajou, 60 Iroko, 60 Sapelli et 60 Tiama).

Les résultats que nous avons obtenus au sciage montrent après analyse que l'Acajou d'Afrique a un rendement supérieur aux autres (52%). Il est suivi par le Sapelli (48%), le Tiama (42%) et enfin l'Iroko (41%). Au rabotage l'Acajou d'Afrique (75%) est suivi d'Iroko (67%), ensuite vient le Sapelli (58%) et enfin le Tiama (36%).

Nous avons aussi déterminé les coefficients de décroissance, de réduction et de forme. En ce qui concerne le coefficient de décroissance, l'Acajou d'Afrique l'emporte sur les autres avec $k = 77,89\%$, tandis que l'Iroko ferme la liste avec $k = 65,83\%$.

Après analyse statistique, à partir de différents modèles de régression, les résultats donnent des tarifs de cubage à une entrée :

➤ Acajou d'Afrique :	$V = 12,94973Dm^{2,03569}$	ECTR = $3,943m^3$
➤ Iroko :	$V = 16,78466Dm^{2,19629}$	ECTR = $2,188m^3$
➤ Sapelli :	$V = 15,20442Dm^{2,25392}$	ECTR = $2,226m^3$
➤ Tiama :	$V = 13,55795Dm^{2,05643}$	ECTR = $3,344m^3$

Ce sont des tarifs de cubage locaux applicables dans la concession forestière de l'ENRA-BENI pour les diamètres médians allant de 0,64 à 2,07m pour l'Acajou d'Afrique ; de 0,61 à 1,66m pour l'Iroko ; de 0,57 à 1,58m pour le Sapelli et de 0,69 à 1,72m pour le Tiama.

SUGGESTION

Notre travail n'étant qu'une contribution, il mérite des améliorations. A cet effet, nous recommandons que d'autres études soient faites avec un échantillonnage plus large, surtout en ce qui concerne l'*Entandrophragma utile* et l'*E. candollei*, pour la construction de tarif de cubage. Nous demandons également que des études de rendements soient effectuées sur des périodes d'observation plus longues pour l'*Entandrophragma angolense*.

A la société ENRA-BENI, nous demandons que le triage à la déligneuse et à l'ébouteuse soit revu pour récupérer le maximum possible de chutes en vue d'augmenter le rendement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1976, *Mémento du forestier*, Ministère de la coopération et du développement, France.
- ANONYME, 1981, *Mémento du forestier*, 2^e éd., Ministère de la coopération et du développement, France.
- BIGUMA, J., 2006, *Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de **Staudtia stipitaba** (=S. kamerunensis) Warb dans la réserve floristique de LOWEO (Yangambi, R.D.C)*, Mémoire, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- BOSA, L. (1987), *Organisation et contrôle de la production des bois sciés (cas de la scierie AUXELTRA BETON)*, TFC, inédit, ISEA/BENGAMISA, 55p.
- C.T.F.T., 1989, *Mémento du forestier*, 3^e éd. Ministère de coopération, 1266p.
- CHISHWEKA, G., 2006, *Fiches techniques des essences exploitables par la société ENRA-BENI*, 74p.
- DUPRE, M., 2002, *Correction de 100 causes de défauts de sciage avec les rubans de scierie*, Dormmartin Les Remiremont, Vaubexy, Belgique, 194p.
- FAO, 1975, *Catalogue des graines forestières*, 273p.
- JUDD et al., 2002, *Botanique systématique : une vue perspective phylogénétique*, De Boeck Université. Paris, 467p.
- KAHINDO, T., 2006, *Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de **Funtunia africana** (Benth) dans la réserve floristique de Yoko bloc Nord (Ubundu, Province Orientale, R.D.C)*, Mémoire inédit, F.S.A. l'UNIKIS.
- KATEHERO, J., 2006, *Détermination de coefficient moyen de forme des fûts de **Scorodophloeus zenkeri** HARMS dans la réserve floristique de LOWEO à Yangambi/R.D. Congo*, Mémoire, inédit, F.S.A/UNIKIS.
- LOKOMBE, D., 2006, *Estimation forestière*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- LOKOMBE, D., 2006, *Sciences du bois*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- LOKOMBE, D., 2006, *Industrie du bois*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.

- MABIALA et al, 1981, *Normes d'inventaire forestier. Tarifs de cubage*, cahier n°3, n°4 SPIAF, Kinshasa.
- MICHELSON, A., sd., *Liste des essences forestières du domaine identifiées au 3 juin 1944 dans le Kivu*, 97p.
- NSOO, L. (1978), *Rendement des grumes en bois sciés par rapport à leurs volumes respectifs : cas d'Afrormosia elata dans la scierie Van Hee Frères*, TFC, inédit, ISEA/BENGAMISA, 44p.
- NTAHOBAVUKA, H., 2006, *Systématique des arbres forestiers*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- ROLLET, 1974, *Architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine*, C.T.F.T., Nogent-Sun-Marnr, France, 63p.
- SINDANI, K., 2005, *Dendrométrie et Inventaire*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- SINDANI, K., 2007, *Biométrie, Statistiques et Principe d'expérimentation*, notes de cours, inédit, F.S.A./UNIKIS.
- TAILFER, Y., 1989, *La forêt dense d'Afrique centrale : Identification pratique des principaux arbres*, Tome II, C.T.A., Pays-Bas, 805p.
- TSITUNDU, K., 1977, *Etude comparative de quelques méthodes de plantation de l'Entandrophragma utile (DAWE et SPRAGUE) Sprague à Yangambi*, Mémoire, inédit, I.F.A. Yangambi.
- TUNGUNI, A., 1977, *Tarif de cubage de Scorodophoeus zenkeri dans la réserve de la LOWEO (Yangambi)*, Mémoire, inédit, I.F.A. Yangambi.
- VIVIEN, J. et FAURE, J., 1985, *Arbres des forêts denses d'Afrique centrale*, Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement, Paris, 565p.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
DEDICACE	
AVANT PROPOS	
RESUME	
INTRODUCTION	1
1. Problématique	1
2. Hypothèses	1
3. Choix et intérêt du sujet	2
4. Division du travail	2
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES	3
1.1. Généralités sur les essences	3
1.1.1. <i>Khaya anthotheca</i>	3
1.1.2. <i>Chlorophora excelsa</i>	5
1.1.3. <i>Entandrophragma</i>	7
A. <i>Entandrophragma cylindricum</i>	7
B. <i>Entandrophragma angolense</i>	9
1.2. Calcul de rendement	10
1.2.1. Mode de débit	10
1.2.2. Calcul de volume des bois ouvrés	11
1.2.3. Calcul de rendement	11
1.3. Les coefficients de décroissance, de réduction et de forme	11
1.3.1. Coefficient de décroissance	12
1.3.2. Coefficient de réduction	12
1.3.3. Coefficient de forme	12
1.4. Tarif de cubage	13
1.4.1. Définition	13
1.4.2. Types de tarif de cubage	13
1.4.3. Zone de validité d'un tarif de cubage	13
1.5. Travaux antérieurs	13
CHAPITRE DEUXIEME : MATERIELS ET METHODES	15
2.1. Milieu	15
2.2. Matériels	15
2.3. Méthode de travail	15
2.3.1. Récolte des données	15
2.3.2. Traitement des données	16
A. Diamètre (D) : à hauteur de poitrine (Dhp) et médian (Dm)	16
B. Calcul de volume	16
C. Répartition par classe	16

D. Calcul de rendement	16
E. Calcul des coefficients	17
F. Estimation de volume	17
G. Sélection des équations de régression	17
H. Construction des tables de cubage	18
CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS	19
3.1. Caractéristiques dendrométriques	19
3.1.1. Répartition des tiges de <i>Khaya anthotheca</i>	19
3.1.2. Répartition des pieds de <i>Chlorophora excelsa</i>	21
3.1.3. Répartition des fûts d' <i>Entandrophragma cylindricum</i>	23
3.1.4. Répartition des pieds d' <i>Entandrophragma angolense</i>	26
3.2. Calcul de rendement	28
3.2.1. Rendement au sciage	28
3.2.2. Rendement au rabotage	28
3.3. Calcul de quelques coefficients	29
3.4. Calcul de tarif de cubage	29
3.4.1. Présentation des modèles d'équations de régression	30
3.4.2. Choix du modèle de régression	31
3.4.3. Test d'ajustement de chi-carré	31
3.4.4. Calcul de l'Ecart-type résiduel, coefficient de variation résiduelle et intervalle de confiance	32
3.4.5. Calcul de l'erreur-type sur le coefficient de corrélation r	33
3.4.6. Précision des tarifs de cubage	33
3.5. Construction des tarifs de cubage	34
3.5.1. Equations retenues	34
3.5.2. Tableau de cubage	34
CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION	37
4.1. Structures de diamètre	37
4.2. Rendement	38
4.3. Coefficients	39
4.4. Comparaison de nos tarifs avec ceux des autres provinces	39
CONCLUSION	41
SUGGESTION	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
TABLE DES MATIERES	45
ANNEXES	

Annexe I : LES COEFFICIENTS

I. Acajou d'Afrique

N°	Dhp	Dm	k	r	f
1	1.31	0.80	61.07	38.93	0.3729
2	1.75	1.31	74.86	25.14	0.5604
3	0.96	0.70	72.29	27.08	0.5317
4	1.11	0.73	65.77	34.23	0.4325
5	1.15	0.83	72.17	27.83	0.5209
6	1.34	0.68	50.75	49.25	0.2575
7	1.88	1.46	77.66	22.34	0.6031
8	1.97	1.75	88.83	11.17	0.7891
9	1.24	0.94	75.81	24.19	0.5747
10	1.39	0.92	66.19	33.81	0.4381
11	1.56	1.08	69.23	30.77	0.4793
12	1.15	0.92	80.00	20.00	0.6400
13	1.08	0.91	84.26	15.74	0.7100
14	1.46	1.13	77.40	22.60	0.5990
15	1.69	1.40	82.84	17.16	0.6863
16	1.01	0.87	86.14	13.86	0.7420
17	2.13	1.61	75.59	24.41	0.5713
18	0.96	0.74	77.08	22.92	0.5942
19	1.58	1.05	66.46	33.54	0.4416
20	1.80	1.74	83.33	16.67	0.6944
21	1.72	1.37	79.65	20.35	0.6544
22	1.19	0.86	63.87	36.13	0.4079
23	1.42	1.33	93.66	6.34	0.8772
24	1.72	1.34	77.91	22.09	0.6069
25	2.48	2.07	83.47	16.53	0.6967
26	1.46	1.15	78.77	21.23	0.6204
27	1.97	1.53	77.66	22.34	0.6032
28	1.59	1.27	79.89	20.13	0.6380
29	1.59	1.32	83.02	16.98	0.6892
30	1.27	0.99	77.95	22.05	0.6077
31	1.80	1.73	96.11	3.89	0.9237
32	2.07	1.73	83.57	16.43	0.6985
33	1.10	0.84	76.36	23.64	0.5831
34	2.10	1.74	82.86	17.14	0.6865
35	1.50	1.11	74.00	26.00	0.5476
36	1.59	1.21	76.10	23.90	0.5791
37	1.27	1.03	81.10	19.66	0.6455
38	2.34	1.88	80.34	19.66	0.6455
39	2.17	1.85	85.25	14.75	0.7268
40	1.91	1.78	93.19	6.81	0.8685
41	1.75	1.54	88.00	12.00	0.7744
42	2.01	1.58	78.61	21.39	0.6179
43	2.00	1.59	79.50	20.50	0.6320
44	1.08	0.86	79.63	20.37	0.6341
45	1.91	1.69	88.48	11.52	0.7829
46	0.99	0.78	78.79	21.21	0.6208
47	0.96	0.64	66.67	33.33	0.4444
48	1.46	1.09	74.66	25.34	0.5574
49	1.62	1.56	96.30	3.70	0.9273
50	1.27	0.88	69.29	30.71	0.4801
51	1.53	1.08	70.59	29.41	0.4983
52	1.36	1.04	76.47	23.53	0.5848
53	1.34	1.17	87.31	12.69	0.7624
54	1.49	0.99	66.44	33.56	0.4415
55	1.54	0.97	62.99	37.01	0.3967
56	1.56	1.00	64.10	35.90	0.4109
57	1.41	1.12	79.43	20.57	0.6310
58	1.82	1.50	82.42	17.58	0.6793
59	1.63	1.34	82.21	17.79	0.6758
60	1.50	1.24	82.67	17.33	0.6834
X	1.55	1.22	77.79	22.21	0.6129
σ	0.36	0.35	8.77	8.77	0.1341
C.V.	23.23	28.69	11.27	39.49	21.88
ΣX	93.01	73.02	4667.40	1332.60	36.7730
ΣX²	152.02	96.47	367642.45	34206.20	23.6170

Annexe III : Test de Chi-carré : $\chi^2 = \sum \frac{(V_o - V_c)^2}{V_c}$

N°	Acajou d'Afrique		Iroko		Sapelli		Tiama	
	Puissance	Exponentielle	Puissance	Exponentielle	Puissance	Exponentielle	Puissance	Exponentielle
1	0,0050	0,0003	0,0275	0,1134	0,1237	0,0011	0,1246	0,1865
2	5,7325	9,0325	0,1311	0,2038	0,2018	0,0377	0,0097	0,0004
3	0,0432	0,1991	0,4096	0,9109	0,0046	0,0122	1,3883	0,7570
4	0,0083	0,0100	0,3448	0,8321	0,0855	0,3840	0,7550	0,8446
5	0,0601	0,0859	0,1432	0,2033	0,1360	0,3448	0,0042	0,0002
6	0,0795	0,3009	0,0709	0,2461	0,0003	0,0267	0,0773	0,0155
7	0,0878	0,0742	0,5464	1,1418	0,0542	0,0254	0,3528	0,4038
8	0,4793	0,6090	0,3006	0,2844	0,1643	0,5608	0,0001	0,0670
9	0,0253	0,0012	0,3318	0,0887	0,0110	0,1723	0,0167	0,1216
10	0,0004	0,0057	0,0916	0,2043	0,0046	0,0210	0,0941	0,3207
11	0,0001	0,1074	0,2109	0,2490	0,2094	0,8431	0,0111	0,0497
12	0,0891	0,1595	0,0673	0,0717	1,6472	0,9433	0,0626	0,0250
13	0,0472	0,0198	0,0677	0,0234	0,0051	0,0009	0,0001	0,0043
14	1,1184	2,1809	0,1142	0,0390	0,0001	0,1596	0,0501	0,1095
15	0,3203	0,0003	0,0271	0,0001	0,0026	0,1473	0,1741	0,4626
16	0,6257	0,6187	0,5346	0,7718	0,0020	0,0028	0,6892	0,3031
17	1,6891	2,8786	1,1872	1,5614	0,0903	0,2683	0,2984	0,0804
18	0,0694	0,1991	0,5667	0,7569	0,0002	0,0119	0,0106	0,0046
19	0,1132	0,4027	0,3065	0,3710	0,0685	0,1877	0,0862	0,1162
20	0,9332	0,1922	1,9007	2,9016	0,0198	0,0620	0,8590	0,3892
21	3,3229	1,5955	0,2529	0,2762	0,0741	0,2559	0,1686	0,0139
22	0,0835	0,0210	0,0744	0,0983	0,0592	0,0230	3,8685	8,9780
23	0,0380	0,6049	0,0002	0,0083	0,0024	0,0017	0,2241	3,8160
24	3,2196	5,8004	0,0489	0,0677	0,0022	0,0030	0,0935	0,1734
25	0,0080	7,4706	0,2668	0,0734	0,0202	0,0233	6,6247	13,1136
26	0,1046	0,5694	0,5311	0,1941	0,0010	0,2626	0,0564	0,0210
27	0,4863	0,0391	0,1811	0,0597	0,6405	0,3176	0,0098	0,0024
28	1,0040	0,2264	0,0001	0,0829	0,1350	0,0991	0,3614	0,6974
29	0,2731	0,0019	0,3874	0,0845	0,1647	0,7249	0,2726	0,6268
30	0,0022	0,0241	0,0033	0,0371	2,0916	0,0814	0,0841	0,0184
31	0,1738	0,1734	0,0902	0,1385	0,0071	0,0089	0,0402	0,0154
32	3,3739	3,5183	0,1315	0,0202	0,0398	0,0825	0,5611	0,7312
33	0,0425	0,0566	0,0348	0,1634	0,0913	0,0117	0,0603	0,0190
34	0,8866	0,9828	0,2873	0,0778	0,0818	0,8215	0,0991	0,1431
35	0,0931	0,0042	0,0942	0,2272	0,0029	0,0258	0,9059	0,5354
36	0,0006	0,2678	0,3275	0,7258	0,1627	0,0033	0,0915	0,0034
37	0,4027	0,8258	0,0975	0,0183	0,0044	0,0455	0,4279	1,0399
38	0,9797	0,0382	0,1329	0,0016	0,0978	0,6501	0,1432	0,0843
39	1,1796	2,9390	0,5180	0,4769	0,0157	0,1221	0,0242	0,0009
40	0,0050	0,0828	0,0235	0,0263	0,0011	0,0058	3,5091	4,2881
41	6,8428	4,6746	0,0102	0,0739	0,0660	0,0023	0,1756	0,1675
42	2,2885	3,8954	0,1226	0,3877	0,0266	0,4124	0,1332	0,2655
43	0,9366	1,9615	0,0614	0,1826	0,0308	0,0184	0,1356	0,2612
44	0,0079	0,0086	0,0189	0,2202	0,0040	0,1067	0,2430	0,0027
45	0,0860	0,0207	0,8781	0,3121	0,4658	1,3142	9,4980	9,5057
46	0,0765	0,0262	0,4498	0,1913	0,0398	0,0678	0,1956	0,0769
47	0,0378	0,0136	0,1814	0,2638	0,0013	0,0205	0,3988	0,8842
48	0,4027	0,9877	0,0449	0,1111	0,2642	0,5887	0,0507	0,1690
49	0,0737	0,0373	0,0489	0,1531	0,0002	0,0938	3,3514	4,5703
50	0,0030	0,0005	4,3318	44,9007	1,4464	1,0503	0,0206	0,0823
51	0,0373	0,2820	0,0000	0,0005	0,7191	1,1524	0,4609	0,5002
52	0,0760	0,3115	0,0200	0,0026	0,0549	0,1884	2,4482	3,6023
53	0,3213	1,0521	0,0013	0,0000	0,2737	0,3167	0,6182	0,5734
54	0,3482	0,6459	0,0595	0,0082	0,1924	0,3289	0,1269	0,1773
55	0,0058	0,0092	0,0449	0,0110	2,6136	20,3364	0,0095	0,0780
56	0,0077	0,0946	0,2581	0,4880	0,0621	0,0558	0,6075	0,4421
57	2,5550	4,0563	0,0003	0,0005	0,4654	0,6888	1,6112	0,0114
58	1,5870	3,3321	0,2765	0,2140	0,0094	0,3371	0,0002	0,0027
59	1,3791	0,3734	2,1269	1,4056	8,5636	8,7173	0,1926	0,3499
60	0,0262	0,1267	0,4491	0,2706	0,0058	0,1530	0,4233	0,9537
\bar{X}	0,7383	1,0705	0,3410	1,0508	0,3637	0,7289	0,7232	1,0227
σ	1,3396	1,8878	0,6520	5,7286	1,1778	2,7914	1,6176	2,4318
$\sum X$	44,2973	64,2301	20,4601	63,0504	21,8318	43,7325	43,3914	61,3598
$\sum X^2$	140,3729	282,5965	32,4808	2035,2513	91,1803	499,3930	188,3864	417,5620

Nº	Dhp	Dm	k	r	f
1	2,05	1,20	58,54	41,46	0,3427
2	2,10	1,23	58,57	41,43	0,3431
3	1,72	1,10	63,95	36,05	0,4090
4	1,85	1,08	58,38	41,62	0,3408
5	1,39	0,79	56,83	43,17	0,3230
6	1,37	0,90	65,69	34,31	0,4316
7	1,69	1,04	61,54	38,46	0,3783
8	1,36	0,79	58,09	41,91	0,3374
9	1,82	0,94	51,65	48,35	0,2668
10	1,66	0,84	50,60	49,40	0,2561
11	1,68	0,77	45,83	54,17	0,2101
12	1,67	0,75	44,91	55,09	0,2017
13	1,39	0,68	48,92	51,08	0,2393
14	1,39	0,66	47,48	52,52	0,2255
15	1,37	0,65	47,45	52,55	0,2251
16	1,38	0,84	60,87	39,13	0,3705
17	1,37	0,85	62,04	37,96	0,3849
18	1,37	0,82	59,85	40,15	0,3583
19	1,34	0,78	58,21	41,79	0,3388
20	1,64	1,03	62,80	37,20	0,3944
21	1,31	0,76	58,02	41,98	0,3366
22	1,34	0,77	57,46	42,54	0,3302
23	1,69	0,81	47,93	52,07	0,2297
24	0,96	0,72	75,00	25,00	0,5625
25	1,27	0,91	71,65	28,35	0,5134
26	1,27	0,95	74,80	25,20	0,5596
27	1,26	0,86	68,25	31,75	0,4659
28	0,99	0,57	57,58	42,42	0,3315
29	1,53	1,02	66,67	33,33	0,4444
30	1,27	0,83	65,35	34,65	0,4271
31	0,99	0,70	70,71	29,29	0,4999
32	1,18	0,89	75,42	24,58	0,5689
33	1,02	0,61	59,80	40,20	0,3577
34	1,11	0,92	82,88	17,12	0,6870
35	0,88	0,64	72,73	27,27	0,5289
36	1,75	1,32	75,43	24,57	0,5689
37	0,92	0,64	69,57	30,43	0,4839
38	1,41	1,09	77,30	22,70	0,5976
39	1,02	0,76	74,51	25,49	0,5517
40	1,27	0,75	59,06	40,98	0,3488
41	1,00	0,64	64,00	36,00	0,4096
42	1,27	0,88	69,29	30,71	0,4801
43	1,64	1,30	79,27	20,73	0,6283
44	1,31	1,06	80,92	19,08	0,6547
45	1,66	1,47	88,55	11,45	0,7842
46	1,62	1,31	80,86	19,14	0,6339
47	0,92	0,69	75,00	25,00	0,5625
48	1,05	0,67	63,81	36,19	0,4072
49	0,98	0,64	65,31	34,69	0,4265
50	2,07	1,66	80,19	19,81	0,6451
51	1,09	0,76	69,72	30,28	0,4862
52	1,19	0,80	67,23	32,77	0,4519
53	1,07	0,72	67,29	32,71	0,4528
54	1,40	1,05	75,00	25,00	0,5825
55	0,92	0,68	73,91	26,09	0,5463
56	1,21	0,87	71,90	28,10	0,5170
57	1,18	0,74	62,71	37,29	0,3933
58	1,11	0,70	63,06	36,94	0,3977
59	1,52	1,15	75,66	24,34	0,5724
60	1,29	1,21	93,80	6,20	0,8798
\bar{X}	1,36	0,89	65,83	34,17	0,4144
σ	0,30	0,23	10,67	10,67	0,1421
C.V.	22,06	25,84	16,21	31,23	31,98
ΣX	81,55	53,26	3949,80	2050,20	26,6624
ΣX^2	116,29	50,41	266848,98	76888,98	13,0600

III. Sapelli

Nº	Dhp	Dm	k	r	f
1	1.43	0.92	64.34	35.66	0.4139
2	1.19	0.83	69.75	30.25	0.4865
3	0.98	0.65	66.33	33.67	0.4399
4	1.27	0.87	68.50	31.50	0.4693
5	1.27	0.80	62.99	37.01	0.3968
6	1.31	0.76	58.02	41.98	0.3366
7	1.18	0.72	61.02	38.98	0.3723
8	1.38	0.88	63.77	36.23	0.4066
9	1.27	0.86	67.72	32.28	0.4586
10	1.11	0.80	72.07	27.93	0.5194
11	1.53	0.98	64.05	35.95	0.4103
12	1.46	1.21	82.88	17.12	0.6869
13	1.11	0.70	63.06	36.94	0.3977
14	1.56	0.92	58.97	41.03	0.3478
15	1.40	0.96	68.57	31.43	0.4702
16	1.21	0.68	56.20	43.80	0.3158
17	1.15	0.80	69.57	30.43	0.4839
18	1.34	0.73	54.48	45.52	0.2968
19	0.89	0.57	64.04	35.95	0.4102
20	0.89	0.61	68.54	31.46	0.4698
21	1.24	0.81	65.32	34.68	0.4267
22	0.96	0.73	76.04	23.96	0.5782
23	1.05	0.67	63.81	36.19	0.4072
24	0.98	0.67	68.37	31.63	0.4674
25	0.98	0.67	68.37	31.63	0.4674
26	1.37	1.02	74.45	25.55	0.5543
27	1.59	1.24	77.99	22.01	0.6082
28	1.11	0.64	57.66	42.34	0.3324
29	1.46	1.15	78.77	21.23	0.6204
30	1.52	1.46	96.05	3.95	0.9226
31	1.02	0.67	65.69	34.31	0.4315
32	1.39	1.05	75.54	24.46	0.5706
33	1.37	0.94	68.61	31.39	0.4708
34	1.62	1.40	86.42	13.58	0.7468
35	1.02	0.61	59.80	40.20	0.3577
36	0.98	0.89	90.82	9.18	0.8248
37	1.15	0.76	66.09	33.91	0.4367
38	1.27	1.08	85.04	14.96	0.7232
39	1.32	1.11	84.09	15.91	0.7071
40	1.08	0.70	64.81	35.19	0.4201
41	1.21	0.86	71.07	28.93	0.5052
42	1.56	1.11	71.15	28.85	0.5063
43	1.18	0.70	59.32	40.68	0.3519
44	1.34	0.92	68.66	31.34	0.4714
45	1.40	0.98	70.00	30.00	0.4900
46	1.05	0.64	60.95	39.05	0.3715
47	1.10	0.78	70.91	29.09	0.5028
48	1.15	0.82	71.30	28.70	0.5084
49	1.08	0.85	78.70	21.30	0.6194
50	1.91	1.30	70.16	29.84	0.4922
51	1.05	0.80	76.19	23.81	0.5805
52	1.22	0.79	64.75	35.25	0.4193
53	1.63	1.31	80.35	19.65	0.6459
54	1.07	0.75	70.09	29.91	0.4913
55	1.93	1.58	81.87	18.13	0.6702
56	1.62	1.30	80.25	19.70	0.6440
57	1.27	1.33	79.64	20.36	0.6343
58	1.57	1.10	73.33	26.67	0.5378
59	1.49	1.30	69.13	30.87	0.4779
60	1.61	1.00	62.11	37.89	0.3858
\bar{X}	1.29	0.91	7014	29.86	0.4995
σ	0.24	0.23	8.65	8.65	0.1270
C.V.	18.60	25.27	12.33	28.97	25.43
$\sum X$	77.18	54.51	4208.40	1791.60	29.9695
$\sum X^2$	102.74	52.87	299693.73	57981.01	15.9373

Nº	Dhp	Dm	k	r	f
1	1.43	0.91	63.64	36.36	0.4050
2	1.40	0.92	65.71	34.29	0.4318
3	1.59	1.18	74.21	25.79	0.5508
4	1.27	0.85	66.93	33.07	0.4480
5	1.34	0.92	68.66	31.34	0.4714
6	1.32	0.76	57.58	42.42	0.3315
7	1.27	0.85	66.93	33.07	0.4480
8	0.99	0.69	69.70	30.30	0.4858
9	1.53	1.02	66.67	33.33	0.4444
10	1.40	1.05	75.00	25.00	0.5625
11	1.37	1.15	83.94	16.06	0.7046
12	1.24	0.80	64.52	35.48	0.4162
13	1.34	0.83	61.94	38.06	0.3837
14	1.31	0.80	61.07	38.93	0.3729
15	1.34	1.05	78.36	21.64	0.6140
16	1.50	1.11	74.00	26.00	0.5476
17	1.46	1.08	73.97	26.03	0.5472
18	1.27	0.89	70.08	29.92	0.4911
19	1.43	0.89	62.24	37.76	0.3874
20	1.50	1.15	76.67	23.36	0.5878
21	1.75	1.11	63.43	36.57	0.4023
22	1.97	1.66	84.26	15.74	0.7100
23	2.13	1.72	80.78	19.25	0.6521
24	1.02	0.73	71.57	28.43	0.5122
25	2.17	1.66	76.50	23.50	0.5852
26	1.24	0.80	64.52	35.48	0.4162
27	1.31	0.83	63.36	36.64	0.4014
28	2.04	1.53	75.00	25.00	0.5625
29	1.24	0.70	56.45	43.55	0.3187
30	1.75	1.27	72.57	27.43	0.5267
31	1.50	0.92	61.33	38.68	0.3762
32	1.46	0.92	63.01	36.99	0.3971
33	1.27	0.79	62.20	37.80	0.3869
34	1.26	0.83	65.87	34.13	0.4339
35	1.53	1.05	68.63	31.37	0.4710
36	1.02	0.70	68.63	31.37	0.4710
37	1.77	1.18	66.67	33.33	0.4444
38	1.24	0.80	64.52	35.48	0.4162
39	1.11	0.78	70.27	29.73	0.4938
40	1.37	0.96	70.07	29.93	0.4910
41	1.37	0.85	62.04	37.96	0.3849
42	1.18	0.96	81.36	18.64	0.6619
43	1.13	0.78	69.03	30.97	0.4765
44	1.93	1.56	81.87	18.13	0.6702
45	2.32	1.50	64.66	35.34	0.4180
46	1.27	0.99	77.95	22.05	0.6077
47	1.46	1.09	74.66	25.34	0.5574
48	1.36	0.99	72.79	27.21	0.5399
49	1.43	1.05	73.43	26.57	0.5391
50	1.48	0.96	64.86	35.14	0.4207
51	1.82	1.47	80.77	19.23	0.6524
52	1.91	1.34	70.16	29.84	0.4922
53	1.31	0.83	63.36	36.64	0.4014
54	1.13	0.83	73.45	26.55	0.5395
55	1.43	0.99	69.23	30.77	0.4793
56	1.21	0.96	79.34	20.66	0.6295
57	2.35	1.69	71.91	28.09	0.5172
58	1.53	0.84	54.90	45.10	0.3014
59	1.31	0.96	73.28	26.72	0.5370
60	1.34	1.11	82.84	17.16	0.6862
X	1.46	1.03	69.89	30.11	0.4935
σ	0.31	0.27	7.03	7.03	0.0994
C.V.	21.23	26.21	10.06	23.35	20.14
X̄	87.72	61.61	4193.32	1806.68	29.6029
X̄²	133.90	67.54	296031.65	57367.65	15.1978

Annexe II : VOLUMES INDIVIDUELS

I. Acajou d'Afrique

N°	Dm	V. observé	V. linéaire	V. log	V. expon	V. puissance	V. inverse	V. quad
1	0,80	8,545	7,240	6,499	8,625	8,222	6,656	8,396
2	1,31	33,425	24,447	25,918	19,865	22,43	26,84	23,31
3	0,70	5,311	3,866	1,241	7,324	6,265	-0,751	6,098
4	0,73	7,241	4,878	2,893	7,692	6,824	1,824	6,766
5	0,83	7,737	8,252	7,948	9,059	8,862	8,531	6,125
6	0,68	4,612	3,191	0,099	7,087	5,906	-2,494	5,663
7	1,46	26,616	29,508	30,186	25,390	27,979	30,096	28,716
8	1,75	37,282	39,293	37,320	40,803	40,459	34,805	40,472
9	0,94	10,687	11,963	12,849	10,845	11,417	14,379	11,959
10	0,92	10,836	11,963	12,002	10,496	10,928	13,420	11,426
11	1,08	15,115	16,687	18,315	13,636	15,146	20,100	15,925
12	0,92	12,298	16,288	12,849	10,496	10,928	13,420	11,426
13	0,91	9,691	10,951	11,571	10,326	10,688	12,924	11,162
14	1,13	21,461	18,374	20,097	14,798	16,608	21,799	17,438
15	1,40	23,091	27,84	28,534	23,016	25,68	28,879	26,49
16	0,87	6,123	9,601	9,801	9,672	9,853	10,828	10,128
17	1,61	40,106	34,569	34,037	32,451	34,142	32,743	34,81
18	0,74	5,806	5,215	3,429	7,819	7,015	2,452	6,993
19	1,05	15,846	15,675	17,206	12988	14,302	19,002	15,041
20	1,74	25,129	30,858	31,251	27,107	29,562	30,854	30,235
21	1,37	16,215	26,471	25,918	21,914	24,580	28,230	25,419
22	0,86	8,733	5,890	4,479	8,089	7,407	3,927	7,452
23	1,33	24,035	25,122	26,514	20,526	23,141	27,319	24,06
24	1,34	31,831	25,459	26,809	20,865	23,497	27,552	24,356
25	2,07	56,538	50,090	43,933	68,870	56,948	38,469	55,448
26	1,15	13,696	19,049	20,788	15,291	17,212	22,437	18,058
27	1,53	27,578	31,870	32,030	28,480	30,778	31,396	31,396
28	1,27	16,468	23,097	24,697	18,607	21,066	25,846	21,950
29	1,32	20,390	24,784	26,217	20,193	22,788	27,083	23,659
30	0,99	12,470	13,650	14,889	11,769	12,687	16,608	13,329
31	1,73	37,610	38,618	36,868	39,489	39,523	34,531	39,606
32	1,73	47,952	38,618	36,868	39,489	39,523	34,531	39,606
33	0,84	8,135	8,589	8,420	9,209	9,081	9,125	9,373
34	1,74	35,668	38,955	37,095	40,141	39,989	34,668	40,038
35	1,11	14,615	17,699	19,394	14,32	16,015	21,138	16,827
36	1,21	19,203	21,073	22,791	16,868	19,089	24,226	19,967
37	1,03	16,665	15,000	16,449	12,565	13,753	18,255	14,462
38	1,88	51,354	43,679	40,142	50,472	46,812	36,444	46,303
39	1,85	40,320	42,667	39,509	48,055	45,304	36,086	44,926
40	1,78	41,557	40,305	37,990	24,855	41,883	35,204	41,787
41	1,54	19,185	32,207	32,287	28,940	31,189	31,572	31,787
42	1,58	39,802	33,57	33,297	30,897	32,860	32,254	33,787
43	1,59	37,726	33,894	33,545	31,407	33,285	32,419	33,773
44	0,86	9,933	9,264	9,346	9,515	9,526	10,274	9,874
45	1,69	36,339	37,268	35,947	36,988	37,685	33,963	37,898
46	0,78	9,088	6,565	5,502	8,348	7,809	5,327	7,920
47	0,64	6,112	1,841	-2,289	6,639	5,220	-6,307	4,817
48	1,09	18,345	17,024	18,678	13,861	11,543	20,452	16,223
49	1,56	30,773	32,882	32,795	29,902	32,019	31,918	32,575
50	0,88	9,731	9,939	10,252	9,831	9,983	11,380	10,383
51	1,08	16,032	16,687	18,315	13,636	15,146	20,100	15,925
52	1,04	15,291	15,337	16,829	12,873	14,026	18,622	14,751
53	1,17	20,427	19,723	21,467	15,799	17,826	23,034	18,686
54	0,99	15,395	13,650	14,889	11,769	12,687	16,608	13,329
55	0,97	11,823	12,975	14,086	11,391	12,171	15,744	12,775
56	1,00	13,352	13,988	15,285	11,964	12,950	17,027	13,680
57	1,12	23,645	18,036	19,747	14,558	16,310	21,471	17,132
58	1,50	35,343	30,858	31,251	27,107	29,562	30,854	30,235
59	1,34	18,108	25,459	26,809	20,865	23,497	27,552	24,356
60	1,24	19,322	22,085	23,755	17,716	20,065	25,056	20,949
\bar{X}	1,22	21,311	21,309	21,294	20,357	21,058	21,309	21,196
σ	0,35	12,717	12,009	11,660	12,991	12,268	11,122	12,365
$\sum X$	73,02	1278,656	1278,552	1277,638	1221,45	1263,457	1278,556	1271,760
$\sum X^2$	96,47	36952,204	35898,416	35363,231	34991,601	35636,022	34667,360	36129,603

N°	Dm	V. observé	V. linéaire	V. log	V. expon	V. puissance	V. inverse	V. quad
1	1.20	25.673	25.480	25.406	24.404	25.051	24.666	25.008
2	1.23	27.805	26.571	26.242	26.104	26.447	25.263	26.462
3	1.10	23.093	21.846	22.442	19.497	20.690	22.440	21.045
4	1.08	22.078	21.119	21.817	18.641	19.876	21.945	20.283
5	0.79	11.421	10.579	11.168	9.722	10.002	11.959	10.336
6	0.90	14.314	14.577	15.608	12.445	13.317	16.505	13.877
7	1.04	21.067	19.665	20.532	17.041	18.295	20.899	18.789
8	0.79	12.058	10.579	11.168	9.722	10.002	11.959	10.336
9	0.94	12.492	16.031	13.260	10.877	11.445	14.173	11.924
10	0.84	12.580	12.396	13.260	10.877	11.445	14.173	11.924
11	0.77	11.176	9.852	10.294	9.296	9.474	10.993	9.760
12	0.75	9.896	9.125	9.398	8.887	8.923	9.976	9.165
13	0.68	8.171	6.581	6.061	7.595	7.195	5.943	7.160
14	0.66	8.006	5.854	5.044	7.262	6.739	4.634	6.610
15	0.65	7.134	5.490	4.524	7.101	6.517	3.949	6.339
16	0.84	14.187	12.396	13.260	10.877	11.445	14.173	11.924
17	0.85	15.832	12.760	13.661	11.124	11.746	14.584	12.243
18	0.82	13.678	11.669	12.437	10.400	10.855	13.320	11.290
19	0.78	11.802	10.215	10.734	9.507	9.726	11.483	10.062
20	1.03	23.080	19.302	20.203	16.662	17.910	20.625	18.421
21	0.76	11.069	9.488	9.849	9.089	9.183	10.491	9.461
22	0.77	10.477	9.852	10.294	9.296	9.474	10.993	9.760
23	0.81	10.512	11.306	12.019	10.169	10.566	12.878	10.981
24	0.72	7.329	8.035	8.008	8.309	8.158	8.344	8.290
25	0.91	11.707	14.940	15.984	12.728	13.644	16.863	14.212
26	0.95	12.263	16.394	17.449	13.923	14.996	18.223	15.574
27	0.86	10.456	13.125	14.059	11.377	12.052	14.986	12.565
28	0.57	4.848	2.583	0.051	5.933	4.884	-2.394	4.260
29	1.02	15.197	18.938	19.871	16.292	17.531	20.345	18.057
30	0.83	11.362	12.033	12.850	10.635	11.144	13.52	11.607
31	0.70	6.542	7.308	7.408	7.944	7.668	7.178	7.720
32	0.89	11.634	14.213	15.227	12.169	12.994	16.138	13.545
33	0.61	4.968	4.037	2.361	6.491	5.668	0.985	5.280
34	0.92	11.966	15.304	16.356	13.017	13.976	17.214	14.548
35	0.64	5.147	5.127	3.996	6.943	6.298	3.243	6.070
36	1.32	28.738	29.842	28.672	31.948	30.884	26.891	30.098
37	0.64	6.434	5.127	3.996	6.943	6.298	3.243	6.070
38	1.09	18.915	21.82	22.131	19.065	20.282	22.195	20.663
39	0.76	6.487	9.488	9.849	9.089	9.183	10.491	9.461
40	0.75	9.498	9.125	9.398	8.887	8.923	9.976	9.165
41	0.64	5.919	5.127	3.996	6.943	6.298	3.243	6.070
42	0.88	13.989	13.850	14.802	11.899	12.676	15.763	13.216
43	1.30	28.936	29.115	28.132	30.546	29.865	26.549	29.224
44	1.06	19.591	20.392	21.181	17.823	19.076	21.432	19.531
45	1.47	42.633	35.294	32.318	44.738	39.119	29.162	36.971
46	1.31	32.887	29.479	28.393	31.239	30.372	26.721	29.660
47	0.69	5.833	6.444	6.556	7.426	6.965	5.299	6.884
48	0.67	6.170	6.217	5.556	7.426	6.965	5.299	6.884
49	0.64	5.469	5.127	3.996	6.943	6.298	3.243	6.070
50	1.66	43.285	42.199	36.458	68.532	51.090	31.450	46.494
51	0.76	9.177	9.488	9.849	9.089	9.183	10.491	9.461
52	0.80	9.752	10.942	11.596	9.943	10.282	12.424	10.672
53	0.72	8.294	8.035	8.008	8.309	8.158	8.344	8.290
54	1.05	17.768	20.029	20.858	17.427	18.683	21.168	19.158
55	0.68	7.990	6.581	6.061	7.595	7.195	5.943	7.160
56	0.87	14.267	13.486	14.433	11.635	12.362	15.379	12.889
57	0.74	8.602	8.761	8.941	8.690	8.664	9.447	8.871
58	0.70	5.696	7.308	7.408	7.944	7.668	7.178	7.720
59	1.15	17.346	23.663	23.956	21.813	22.815	23.601	22.995
60	1.21	22.998	25.844	25.689	24.958	25.511	24.868	25.418
X	0.89	14.129	14.129	14.129	14.196	14.063	14.123	14.130
σ	0.23	8.594	8.306	8.098	10.372	8.811	7.763	8.356
ΣX	53.26	847.712	847.716	847.690	851.781	843.796	847.352	847.817
ΣX²	50.41	16408.632	16116.365	15911.328	18547.474	16524.095	15582.391	16169.111

N°	Dm	V. observé	V. linéaire	V. log	V. expon	V. puissance	V. inverse	V. quad
1	0,92	11,301	13,836	14,839	11,177	12,599	15,706	12,754
2	0,83	8,332	10,779	11,566	9,052	9,990	12,464	10,187
3	0,65	5,508	4,665	3,793	5,910	5,758	3,288	5,806
4	0,87	12,187	12,138	13,062	9,933	11,108	13,988	11,297
5	0,80	10,556	9,760	10,395	8,420	9,195	11,221	9,387
6	0,76	8,256	8,402	8,764	7,662	8,191	9,412	8,364
7	0,72	6,392	7,043	7,045	6,972	7,251	7,402	7,329
8	0,88	12,894	12,478	13,426	10,170	11,398	14,347	11,582
9	0,86	11,211	11,798	12,695	9,701	10,823	13,620	1,015
10	0,80	8,947	9,760	10,395	8,420	9,195	11,221	9,387
11	0,98	16,217	15,874	16,848	12,877	14,528	17,536	14,605
12	1,21	18,628	23,687	23,551	22,161	23,365	22,870	22,735
13	0,70	6,542	6,364	6,150	6,650	6,805	6,310	6,922
14	0,92	12,630	13,836	14,839	11,177	12,599	15,706	12,754
15	0,96	13,680	15,195	16,192	12,284	13,868	16,951	13,976
16	0,68	6,537	5,684	5,228	6,344	6,375	6,156	6,466
17	0,80	10,304	9,760	10,395	8,420	9,195	11,221	9,387
18	0,73	7,534	7,383	7,484	7,138	7,480	7,925	7,629
19	0,57	3,317	1,948	-0,382	4,893	4,283	-2,651	4,181
20	0,61	4,471	3,307	1,774	5,377	4,990	0,513	4,969
21	0,81	10,461	10,100	10,790	8,621	9,456	11,646	9,651
22	0,73	8,036	7,383	7,484	7,138	7,480	7,925	7,629
23	0,67	5,994	5,345	4,757	6,196	6,165	4,551	6,243
24	0,67	5,994	5,345	4,757	6,196	6,165	4,551	6,243
25	0,67	5,345	5,345	4,757	6,196	6,165	4,551	6,243
26	1,02	16,016	17,233	18,120	14,152	15,898	18,636	15,901
27	1,24	21,737	24,706	24,329	23,787	24,691	23,420	23,917
28	0,64	6,917	4,326	3,300	5,572	5,561	2,627	5,592
29	1,15	22,332	21,649	21,934	19,235	20,834	21,85	20,456
30	1,46	41,017	32,178	29,522	39,979	35,679	26,763	3,132
31	0,67	5,853	5,345	4,757	6,196	6,165	4,551	6,243
32	1,05	16,236	18,252	19,041	15,191	16,972	19,407	17,906
33	0,94	12,110	14,516	15,523	11,717	13,225	16,342	13,359
34	1,40	31,403	30,140	28,168	34,700	32,459	25,955	30,688
35	0,61	4,793	3,307	1,774	5,377	4,990	0,513	4,969
36	0,89	10,203	12,817	13,785	10,413	11,692	14,698	11,871
37	0,76	8,438	8,402	8,764	7,662	8,191	9,412	8,364
38	1,08	19,238	19,271	19,937	16,305	18,084	20,134	17,939
39	1,11	18,773	20,290	20,808	17,502	19,236	20,823	18,999
40	0,70	6,927	6,364	6,150	6,650	6,805	6,310	6,922
41	0,86	9,875	11,798	12,695	9,701	10,823	13,620	1,015
42	1,11	19,838	20,290	20,808	17,502	19,236	20,833	18,999
43	0,70	6,157	6,150	6,150	6,650	6,805	6,310	6,922
44	0,92	12,365	13,836	14,839	11,177	12,599	15,706	12,754
45	0,98	17,047	15,874	16,848	12,877	14,528	17,536	14,605
46	0,64	4,825	4,326	3,300	5,572	5,561	2,627	5,592
47	0,78	8,553	9,081	9,590	8,032	8,685	10,340	8,869
48	0,82	11,618	10,440	11,180	8,827	9,721	12,060	9,917
49	0,85	10,589	11,459	12,323	9,175	10,541	13,244	10,736
50	1,30	33,846	28,102	26,795	30,118	29,407	25,076	28,056
51	0,80	12,325	9,760	10,395	8,420	9,195	11,221	9,387
52	0,79	9,803	9,421	9,995	8,224	8,938	10,786	9,127
53	1,31	26,013	27,083	26,075	28,060	27,944	24,606	26,782
54	0,75	9,569	8,062	8,343	7,483	7,950	8,929	8,116
55	1,58	36,664	36,254	32,034	53,068	42,631	28,193	39,256
56	1,30	26,546	28,102	26,795	30,118	29,407	25,076	28,056
57	1,33	26,397	27,763	26,557	29,416	28,915	24,921	27,628
58	1,10	19,206	19,950	20,520	17,094	18,848	20,597	18,642
59	1,30	16,665	28,102	26,795	30,118	29,407	25,076	28,056
60	1,00	14,923	16,554	17,490	13,500	15,204	18,097	15,247
X	0,91	13,446	13,599	13,569	13,232	13,623	13,538	13,446
σ	0,23	8,256	8,184	7,955	9,533	8,584	7,598	7,980
X̄	54,51	806,739	815,915	814,137	739,915	817,372	812,286	806,736
X̄²	52,87	14936,821	15113,767	14843,571	15957,849	15637,733	14460,182	14668,010

IV. Tiana

N°	Dm	V. observé	V. linéaire	V. log	V. expon	V. puissance	V. inverse	V. quad
1	0,91	12,552	11,746	12,282	10,910	11,168	13,044	11,581
2	0,92	11,035	12,075	12,779	11,108	11,422	13,486	11,867
3	1,18	14,435	20,628	21,728	17,747	19,055	22,364	19,852
4	0,85	6,299	9,772	9,802	9,793	9,706	10,169	9,902
5	0,92	11,168	12,075	12,779	11,108	11,422	13,486	11,867
6	0,76	8,801	6,812	5,733	8,327	7,711	5,005	7,429
7	0,85	7,377	9,772	9,802	9,793	9,706	10,169	9,902
8	0,69	6,357	4,509	2,220	7,341	6,321	0,057	5,708
9	1,02	14,627	15,364	16,430	13,301	14,121	17,436	14,809
10	1,05	16,192	16,351	17,484	14,039	14,989	18,475	15,723
11	1,15	17,658	19,641	20,791	16,810	18,072	21,548	18,875
12	0,80	9,550	8,128	7,598	8,949	8,569	7,443	8,547
13	0,83	9,198	9,114	8,936	9,446	9,242	9,118	9,355
14	0,80	7,691	8,128	7,598	8,949	8,569	7,443	8,547
15	1,05	16,625	16,351	17,484	14,039	14,989	18,475	15,723
16	1,11	13,548	18,325	19,508	15,641	16,803	20,383	17,595
17	1,08	13,741	17,338	18,508	14,819	15,883	19,455	16,652
18	0,89	10,265	11,088	11,478	10,524	10,669	12,128	11,015
19	0,89	11,820	11,088	11,478	10,524	10,669	12,128	11,015
20	1,15	14,438	19,641	20,791	16,810	18,072	21,548	18,875
21	1,11	15,193	18,325	19,508	15,641	16,803	20,383	17,595
22	1,66	30,732	36,417	34,135	42,120	38,444	31,447	37,445
23	1,72	39,500	38,391	35,425	46,297	41,356	32,225	39,904
24	0,73	5,901	5,285	4,270	7,889	7,098	3,000	6,718
25	1,66	28,352	36,417	34,135	42,120	38,444	31,447	37,445
26	0,80	9,500	8,128	7,598	8,949	8,569	7,443	8,547
27	0,83	9,631	9,114	8,936	9,446	9,242	9,118	9,355
28	1,53	30,152	32,141	31,174	33,327	32,509	29,549	32,315
29	0,70	4,464	4,838	2,748	7,474	6,511	0,824	5,958
30	1,27	21,028	23,588	24,400	20,865	22,165	24,590	22,869
31	0,92	10,636	12,075	12,779	11,108	11,422	13,486	11,867
32	0,92	14,359	12,075	12,779	11,108	11,422	13,486	11,867
33	0,79	9,313	7,799	7,141	8,788	8,350	6,857	8,281
34	0,83	8,008	9,114	8,936	9,446	9,242	9,118	9,355
35	1,05	11,257	16,351	17,484	14,039	14,989	18,475	15,723
36	0,70	7,697	4,838	2,748	7,474	6,511	0,824	5,958
37	1,18	21,620	20,628	21,728	17,743	19,055	22,364	19,852
38	0,80	10,053	8,128	7,598	8,949	8,569	7,443	8,547
39	0,78	8,744	7,470	6,678	8,633	8,134	6,255	8,017
40	0,96	19,811	13,391	14,226	11,938	12,466	15,165	13,024
41	0,85	11,349	9,772	9,802	9,793	9,706	10,169	9,902
42	0,96	13,897	13,391	14,226	11,938	12,466	15,165	13,024
43	0,78	6,690	7,470	6,678	8,633	8,134	6,255	8,017
44	1,56	36,664	33,785	32,340	36,368	34,731	29,065	31,169
45	1,50	43,295	31,154	30,434	31,573	31,211	16,335	13,910
46	0,99	11,547	14,378	15,345	12,601	13,281	16,335	13,910
47	1,09	18,663	17,667	18,845	15,088	16,187	19,770	16,965
48	0,99	14,164	14,378	15,345	12,601	13,281	16,335	13,910
49	1,05	22,167	16,351	17,484	14,039	14,989	18,475	15,723
50	0,96	13,029	13,391	14,226	11,938	12,466	15,165	13,024
51	1,47	32,603	30,167	29,716	29,914	29,941	28,561	30,039
52	1,34	30,885	25,891	26,330	23,669	24,750	26,114	25,305
53	0,83	12,325	9,114	8,936	9,446	9,242	9,118	9,355
54	0,83	7,845	9,114	8,936	9,446	9,242	9,118	9,355
55	0,99	13,663	14,378	15,345	12,601	13,281	16,335	13,910
56	0,96	9,410	13,391	14,226	11,938	12,466	15,165	13,024
57	1,69	44,864	37,404	34,787	44,458	39,887	31,843	38,667
58	0,84	9,421	9,443	9,372	9,618	9,473	9,649	9,628
59	0,96	14,187	13,391	14,226	11,938	12,466	15,165	13,024
60	1,11	19,354	18,325	19,508	15,641	16,803	20,383	17,595
X	1,03	15,589	15,589	15,589	15,455	15,374	15,589	15,589
o	0,27	9,400	8,787	8,709	9,796	9,001	8,312	8,809
X	61,61	935,350	935,354	935,110	927,300	922,462	935,352	935,346
X	67,54	19883,237	19214,323	19042,998	20089,166	19043,624	18726,709	19236,642