

UNIVERSITE DE KISANGANI
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

« F.S.A »

B.P.2012 KISANGANI

ETUDE DES COMPORTEMENTS DE
Terminalia superba Engl. et Diels
DANS LA BOUCLE DE LA TSHOPO
A KISANGANI (RDC)

PAR

Pappy ATYBASSAY BANAPYANENY

Mémoire

Présenté et défendu en vue de l'obtention
du grade d'INGÉNIEUR AGRONOME.

Option : Eaux et Forêts

Directeur : Pr. Dr. Ir. LOKOMBE DIMANDJA

ANNEE ACADEMIQUE : 2006-2007

Deuxième session



DEDICACE

« IL y a un temps pour tout, un temps pour toute chose » dit Ecclésiaste (Ec : 3,1).

A l'Eternel Dieu Tout -puissant ;

A vous chers parents : Jean AMBUWA, Agnès ASILA ;

A ma grand -mère : Julienne AUNUTUTU ;

A mes frères et sœurs : Cathérine ADJOLEA, TEWEMI, Félicien BORA, Yolande PALUKU, Michéline PALUKU etc...

A ma charmante épouse : Collette BISANGA pour autant de sacrifices consentis ;

A mes enfants Blaise AMBUWA, Kéren AMBUWA, Kevin AMBUWA.

Nous dédions ce travail.

REMERCIEMENT

L'honneur et Louange à l'éternel Jésus-christ pour nous avoir protégé tout au long de notre cursus universitaire.

Au terme de ce travail de fin d'études, nous nous faisons l'agréable devoir de remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, l'ont rendu effectif.

Nos remerciements s'adressent de prime abord au Professeur Docteur Ingénieur LOKOMBE DIMANDJA qui, malgré ses occupations a bien voulu assurer la direction de ce travail. Nous devons une sincère et profonde gratitude à tout le corps enseignant de la Faculté des Sciences particulièrement à ceux de la Faculté des sciences Agronomiques d'où nous ressortons pour leur souci ardent de nous voir devenir un jour ce que nous sommes aujourd'hui.

Nous exprimons également notre gratitude à nos enseignants du primaire et du secondaire pour les bases scientifiques solides qu'ils ont construites grâce auxquelles notre séjour à l'université n'a été que réussite.

IL nous est également agréable d'adresser notre déférence au chargé de l'enseignement SINDANI KENGO de l'I.S.E.A. Bengamisa pour nous avoir aidé à récolter les données sur terrain.

Nos remerciements s'adressent à l'Ir. Joseph OTOMABONGAA, Ir. Jean LOTIKA, Ir. BOHOLA pour leur participation aux travaux de terrain.

Nos sincères reconnaissances aux familles TAMBWE LUKONGO, N'SONDE OCHINGA, AMESILA, ASOMA, MASIMANGO, ISIAKA, MUSUNGAI, SUKULU, MASIKINI, LO BELA, ANUALITE, KELEKO, ALASO, ANOADITE.

Notre reconnaissance va tout droit à Djo BATOKO, Savarol LUNDA, Abedi PENE N'KOY, Tanguy LOPEMBE, Hémedi WALEMBA et Luc ABULU TAGWE qui se sont intéressés à ce travail et nous prodiguant des conseils et des encouragements.

Enfin, nos remerciements s'adressent à tout l'auditoire de deuxième grade Eaux et Forêts.

RESUME

Le présent travail avait pour but d'évaluer les accroissements annuels moyens et forme des arbres et évaluation de volume.

Les accroissements annuels moyens en hauteur totale, en Diamètre à Hauteur de poitrine, en volume cylindre et en volume individuel ont été obtenus en divisant leurs moyennes par l'âge de la réserve forestière boucle de la Tshopo.

La forme des arbres a été obtenue à partir d'un échantillon de 100 tiges de *terminalia superba* de la réserve forestière boucle de la Tshopo dont les paramètres dendrométrique tels que : le diamètre à hauteur de la poitrine (DHP), le diamètre au fin bout (Dfb), la hauteur fût (Hf) et la hauteur totale (Ht) ont fait l'objet du calcul des volumes.

Après les calculs du volume de SMALIAN (individuel) et du volume du cylindre, le rapport nous a donné un coefficient moyen des formes de 0,62 ce qui a confirmé notre hypothèse. L'évaluation du volume a été élaboré à partir d'un échantillon de 30 tiges dont les paramètres dendrométriques ont fait également l'objet des calculs du volume fut.

La relation du volume fût avec le diamètre à hauteur de poitrine a permis de trouver le volume des différents modèles de régressions :

Linéaire : $Y = a + b \text{ DHP}$;

Logarithmique : $Y = a + b \ln \text{ DHP}$;

Exponentielle : $Y = a \cdot e^{b \cdot \text{DHP}}$;

Puissance : $Y = a \cdot \text{DHP}^b$ et

Inverse $Y = a + b \cdot \frac{1}{\text{DHP}}$

Après analyse des équations de régressions et les tests statistiques nous avons retenu le modèle de régression puissance ($Y = 0,000144 \cdot \text{DHP}^{2,405087}$), comme l'équation du tarif de cubage. Cette équation vérifie notre hypothèse.

Il s'agit évidemment d'un tarif de cubage local à une entrée pour le *Terminalia superba* de la réserve forestière boucle de la Tshopo et n'est applicable que pour le DHP variant entre 25 – 120 cm.

SUMMARY

The present work had for goal to value the middle yearly growths and shape of the trees and the assessment of volume.

The middle yearly growths in height total, in diameter in height of chest, in volume presses and in individual volume have been gotten as dividing their averages by the age of the forest reserve curls the Tshopo.

The shape of the trees has been gotten from a sample of 100 stems of *Terminalia superba* of the forest reserve curls the Tshopo of which the parameters dendrometric as: the diameter to height of the chest (DHP), the diameter to the thin boils (Dfb), the height was (Hf) and the height total (Ht) made the object of the calculation.

After the calculations of the volume of SMALIAN (individual) and of the volume of the cylinder, the report gave us a middle coefficient of the shapes of 0.62 what confirmed our hypothesis.

The assessment of the volume has been elaborated from a sample of 30 stems whose parameters dendrometric was also the subject of the calculations of the volume was.

The relation of the volume was with the diameter in height of chest permitted to find the volume of the different models of regressions:

Linear: $Y = a + b \text{ DHP}$;

Logarithmic: $Y = a + b \text{ DHP} \ln$;

Exponential: $Y = a \cdot e^{b \cdot \text{DHP}}$;

Power: $Y = a \cdot \text{DHP}^b$ and

Inverse $Y = a + b \cdot \frac{1}{\text{DHP}}$

After analysis of the equations of regressions and the statistical tests we kept the model of regression power (OF IT = 0,000144. DHP, ⁴⁰⁵⁰⁸⁷), as the equation of the tariff of cubage. This equation verifies our hypothesis.

It is evidently about a local cubage tariff to an entry for the *Terminalia superba* of the forest reserve curls the Tshopo and is only applicable for the variable DHP enters 25 - 120 cm.

INTRODUCTION

1. PROBLEMATIQUE

Suivant les estimations des Nations Unies, la population mondiale était estimée à six milliards d'habitants à l'an 2000. Avec cette expansion démographique suivi du développement de la civilisation, l'écart entre la demande et l'offre en produit ligneux ne fera que s'accroître perpétuant ainsi l'aménagement des superficies boisées à leur entière disparition dans certaines régions du globe (NJOUKAN, 1995).

Les forêts de la RD CONGO couvrent une superficie d'environ 1.280.000 Km² représentant environ 52% de l'étendue nationale. A l'heure actuelle, il n'existe pas encore un inventaire exhaustif qui puisse permettre d'évaluer dans l'ensemble, le potentiel en bois de forêts.

En effet, la superficie des forêts denses d'Afrique tropical a été trouvée égale à 318 millions d'hectares. Elle est constamment menacée de disparition. (LOKOMBE, 2005).

Du fait que la forêt regorge d'énormes ressources (renouvelables, bois de chauffe, chenilles), les populations vivant à proximité en font la chasse, la cueillette, la pêche, coupe illicite des essences ligneuses, et pour leur survie, ne sachant pas qu'ils sont entrain de perturber les conditions climatiques et autres.

Pour faire face à ces processus continus de défrichement et d'appauvrissement de la végétation naturelle de l'Afrique tropical en général et celui de la RDC en particulier, les méthodes ou techniques sylvicoles ont été utilisées pour pouvoir reboiser certaines forêt artificielles (cas de réserve forestière boucle de la Tshopo) non seulement pour relever l'économie nationale, mais en y pérennisant ses ressources forestières pour enfin qu'ils puissent lutter contre les changements climatiques. (MATE, 2007).

L'état de cette forêt dense dont les profanes ne voient que les arbres debout poussant et croissant seuls, a retenu notre attention.

INTRODUCTION

1. PROBLEMATIQUE

Suivant les estimations des Nations Unies, la population mondiale était estimée à six milliards d'habitants à l'an 2000. Avec cette expansion démographique suivi du développement de la civilisation, l'écart entre la demande et l'offre en produit ligneux ne fera que s'accroître perpétuant ainsi l'aménagement des superficies boisées à leur entière disparition dans certaines régions du globe (NJOUKAN, 1995).

Les forêts de la RD CONGO couvrent une superficie d'environ 1.280.000 Km² représentant environ 52% de l'étendue nationale. A l'heure actuelle, il n'existe pas encore un inventaire exhaustif qui puisse permettre d'évaluer dans l'ensemble, le potentiel en bois de forêts.

En effet, la superficie des forêts denses d'Afrique tropical a été trouvée égale à 318 millions d'hectares. Elle est constamment menacée de disparition. (LOKOMBE, 2005).

Du fait que la forêt regorge d'énormes ressources (renouvelables, bois de chauffe, chenilles), les populations vivant à proximité en font la chasse, la cueillette, la pêche, coupe illicite des essences ligneuses, et pour leur survie, ne sachant pas qu'ils sont entrain de perturber les conditions climatiques et autres.

Pour faire face à ces processus continus de défrichement et d'appauvrissement de la végétation naturelle de l'Afrique tropical en général et celui de la RDC en particulier, les méthodes ou techniques sylvicoles ont été utilisées pour pouvoir reboiser certaines forêt artificielles (cas de réserve forestière boucle de la Tshopo) non seulement pour relever l'économie nationale, mais en y pérennisant ses ressources forestières pour enfin qu'ils puissent lutter contre les changements climatiques. (MATE, 2007).

L'état de cette forêt dense dont les profanes ne voient que les arbres debout poussant et croissant seuls, a retenu notre attention.

Nous nous sommes posé la question de connaître la hauteur et le diamètre de l'arbre moyen de ce peuplement, d'évaluer la croissance en hauteur et diamètre, ainsi que le volume de cette réserve depuis la transplantation jusqu'à nos jours.

De cette curiosité scientifique, découle le souci majeur qui incite le choix de ce sujet « Etude de comportement de *Terminalia superba* dans la boucle de la Tshopo à Kisangani » afin d'apprécier la réussite des travaux et méthodes sylvicoles réalisées dans cette forêt artificielle de la ville de Kisangani.

2. HYPOTHÈSES

Dans le cadre de ce travail, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- L'accroissement annuel moyen en diamètre et en hauteur serait satisfaisant ;
- Le coefficient moyen de forme de *Terminalia superba* de la boucle tend vers la forme Paraboloïde ;
- Le tarif de cubage de cette essence serait de la forme puissance.

3. BUT DU TRAVAIL

Le présent travail vise à étudier le comportement de *Terminalia superba* de réserve forestière boucle de la Tshopo de Kisangani en déterminant :

- L'accroissement annuel moyen ;
- Forme des arbres ;
- L'évaluation des volumes.

4. INTÉRÊT DU TRAVAIL

Ce travail revêt un double intérêt à savoir :

- a) Intérêt pratique : cette étude trouve son intérêt auprès des utilisateurs qui peuvent être des exploitants forestiers, les industriels, les gestionnaires, les aménagistes, les sylviculteurs ainsi que dans la commercialisation de grumes dont ces derniers auront à

leur disposition un outil approprié pour lire le volume d'un arbre connaissant son DHP.

- b) Intérêt scientifique : Cette étude apporte une contribution scientifique sur les relations entre les principaux paramètres dendrométriques.

5. SUBDIVISION

Ce travail est subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre se rapporte aux généralités ;
- Le deuxième chapitre présente une brève méthodologie du travail ;
- Le troisième est basé sur les résultats obtenus ;
- Le quatrième est consacré à la discussion de ces résultats.

Enfin, une conclusion et quelques suggestions clôturent ce modeste travail.



6. ETAT DE LA CONNAISSANCE SUR LE SUJET

Le *Terminalia superba* introduit dans la réserve forestière boucle de la Tshopo de Kisangani, a déjà fait l'objet de quelques études. IL s'agit de :

- 1) La monographie de MABANZA, (1973) sur les modalités d'exploitation et du reboisement de Limba au Mayumbe ;
- 2) La monographie de KISALIMA, (1976) sur le calcul de volume de Limba dans la plantation de la boucle de la Tshopo à Kisangani ;
- 3) La monographie de KONDJO, (1978) qui a travaillé sur la photo -identification et cartographie des formations végétales de la boucle de la Tshopo ;
- 4) La monographie de KAPIAMBA, (1978) sur l'évolution de la plantation de Limba dans la boucle de la Tshopo à Kisangani ;
- 5) Le mémoire de NYAKABWA, (1982 in MATE, 1984) qui a fait une étude sur quelques relevés phytosociologies dans cette plantation ;
- 6) La monographie de BAYUBASHIRE, (1980 in MATE 1984) qui a établi une relation entre les volumes et les diamètres de la couronne de la chaîne de Limba.

- 7) La monographie de ILOKO et KEMBE, (1983 in MATE, 1984) qui ont fait une étude comparative de la télé relascope et du relascope à partir des volumes de l'essence en question ;
- 8) La monographie de YENGA et DJEKE, (1983 in MATE, 1984) ont fait une étude sur la variation de coefficient de forme par classe de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et classes des hauteurs totales de Limba toujours dans la boucle de la Tshopo ;
- 9) Le mémoire de MATE, (1984) sur l'étude floristique et reforestation de la population à *Terminalia superba* Engl. et Diels dans la boucle de la Tshopo à Kisangani ;
- 10) Autres travaux de recherche engagés sur *Terminalia superba*.

Au-delà des essais de provenances et utilisant les possibilités offertes par les collections des semences réunies, un ensemble des travaux concernant la variabilité naturelle et la reproduction de Limba sont menés en zone tropicale et en France. Citons parmi les travaux en cours ceux concernant :

- La biologie florale, la phénologie du *Terminalia superba*, la sexualisation des bourgeons, la possibilité de réaliser des croisements contrôlés font également l'objet de recherche ;
- Les études sur la morphogénèse et la croissance en condition strictement contrôlées menées aux phytotrons du C.N.R.S. ont des objectifs divers :
 - Comprendre les modalités et le déterminisme de la croissance de *Terminalia superba* ;
 - Etudier les phénomènes de corrélation susceptibles d'intervenir au niveau du développement ;
 - Explorer les possibilités de détermination d'éventuels critères de solution précoce.

Si certains de ces études ont un caractère prospectif, d'autres conduisent à des applications déjà importantes. (CORBASSON et SOUVANNA VONG, 2006).

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

I.1.ETUDE DU MILIEU

I.1.1.SITUATION GEOGRAPHIQUE

Située sur la rive droite de la rivière Tshopo, la plantation artificielle de Limba est installée dans la grande courbure que forme ce cours d'eau côte à côte avec la ville de Kisangani, s'étale de l'amont en aval du barrage de la Tshopo (rivière) à quelques mètres de celui-ci sur la route Kisangani-Buta. La partie Est de la route Kisangani -Bengamisa se limite au Nord par la cité Masindula .A l'Ouest de la route, la boucle est limitée sur le Nord par la route qui mène au cimetière de Lubuya-Bera (KISALIMA,1976).

A zéro Kilomètre de la ville de Kisangani, il se trouverait comme ce dernier à 25°11' de longitude Est et 0°30' de latitude Nord. Elle a une altitude variant de 370 à 427 mètres (KADANGE, 1996).

I.1.2.BREF APPERCU HISTORIQUE

C'est entre 1922 et 1924 que la politique de réserver la forêt en bordure de la rivière Tshopo fut préconisée .En 1945, la dégradation de cette réserve par des coupes illicites et l'établissement des cultures indigènes sont constatés. Ceci pousse au cours de la même année, Monsieur LIEGEOIS a proposé l'enrichissement de ce qui restait de la réserve en plantant en layon le *Terminalia superba*. D'où l'abattage des essences forestières de la réserve jusqu'au ras du sol. (ILOKO et KEMBE 1983 in MATE, 1984).

Le 05 mars 1946 ,il existait en pépinières des plates bandes capables de produire 18000 plants, .Monsieur-VAN DAMMES , agent agricole temporaire de Stanley Ville (actuellement Kisangani),écrit dans son rapport du mois d'avril 1946 qu'il avait en tout 7 hectares 15 ares à 5 mètres de distance sur des layons distants de 10 mètres et orientés vers l'Est -Ouest (200 plants à l'hectare).Le programme à réaliser visait l'exploitation future de 75 ha.(BAYUBASHIRE,1983 ;DJEKE et YENGA 1983 in MATE , 1984).

Selon les informations de (KISALIMA, 1976) auprès de la scierie de Mangobo, la plantation de boucle de la Tshopo a fourni juste après la rébellion jusqu'au 30 décembre 1965, 27,401994m³ de *Terminalia superba* ayant une circonférence comprise entre 0,80 et 2,10 m pour subvenir aux besoins de deux brasseries de l'UNIBRA et BRALIMA de Kisangani pour la fabrication des caisses.

Mais actuellement, cette boucle de la Tshopo dominée par l'espèce *Terminalia superba* n'est plus exploitable pour des raisons d'ordre écologiques y compris d'autres espèces caractérisant cette boucle.

I.1.3. CLIMAT

La réserve forestière de boucle de la Tshopo par sa position au sein de la périphérie de Kisangani de son couvert végétal pourrait avoir un micro climat approprié. Le climat du milieu est du type AF d'après la classification KÖPPEN : climat chaud et humide.

D'après le service météo - ville, la moyenne des précipitations est élevée pendant toute l'année 1728,4 mm (minimal = 1.417,5 mm et maximal = 1.915,4 mm) avec 2 minimaux au mois de décembre : Janvier - février et juin -juillet -Août correspondant à deux petites saisons de faible pluviosité, l'humidité relative moyenne étant également élevée soit 82 % (minimal 81 et maximal 83 %) et les températures mensuelles oscillent entre 23,7 et 26,2° C. (MANGAMBU, 2002 in EBUYI, 2006).

Le climat de Kisangani connaît ces dernières années d'énormes fluctuations dont les causes ne sont pas encore bien élucidées, la pluviosité en est plus affectée et varie d'une à une autre (IYONGO, 2007).

I.1.4. GEOLOGIE

D'après (CAHEN, 1956 in KONDJJO, 1978), Kisangani se situe dans la zone de terrain de couvertures subhorizontales et continentales dont l'âge va du Paléozoïque récent au pléistocène. Les formations récentes ont des extensions régionales qui sont des sables et de limons souvent associées à des cuirasses ferrugineux et des graviers.

I.1.5. VEGETATION

La végétation de la concession de la réserve forestière boucle de la Tshopo de Kisangani est signalée par (KANGOMA, 1980 in IYONGO, 2007) est l'exemple typique d'une forêt artificielle à *Terminalia superba* (limba).

Elle est divisée en trois strates bien distinctes :

- Strate arborescent : en plus de Limba, on peut observer également la présence de, *Musanga cecropioides*, *Pycnathus angolensis*, *Myrianthus arboreus*, *Millettia laurentii*, *Entandrophragma condolei*, *Periscopsis eleta*, *Chlorofora excelesa*, *Triculia africana*, *Ceiba pentandra*, *Klaneidoxa gabonensis*, *Alstonia bonei*, etc.
- Strate arbustive : nous avons par exemple *Rauwolfia vomitoria*, *Alchroonia cordifolia*, *Alchroonia florubunda*, *Macaranga spinosa*, etc.
- Strate herbeuse et plantes : on peut avoir : *Costus lucanosianuis*, *Afromanum laurenti*, *Panicum maximum*, *Paspalum paniculatum*, etc.

I.1.7. SOL

Le secteur est couvert d'un sol forestier. Celui-ci comme tout autre sol, est né des modifications physiques, chimiques et biologiques subies par la « roche - mère » sous l'action des facteurs écologiques. Le sol est sablo-argileux, perméable. IL fut cultivé de 1930 à 1939. (LIEGEOIS et PETIT, 1950 in KONDJJO, 1978).

I.2. *TERMINALIA SUPERBA* (Limba)

I.2.1. DENOMINATION

- Commercial : Limba (A.T.I.B.T.- Congo Brazza, R.D.Congo), Fraké (Côte d'Ivoire, Cameroun); Afara (Grande -Bretagne, Nigeria) ;
- Scientifique : *Terminalia superba* Engl. et Diels (Combrétacée) ;
- Locales : Sierra Leone et Liberia : kɔjagɛi (Mendi) Côte d'Ivoire : fraké (Agui) ;
- Ghana : offram (twi) ;
- Nigeria : afara (Yoruba) ;
- Cameroun : akom (Yaoundé) ;
- R.C.A. : Nganga (lissongo) ;
- Congo Brazza : Limba (kiyombe) ;
- Kabinda , R.D.Congo, Angola : Limba ,N'dimba.

Selon CORBASSON et SOUVANNA VONG (2006), la partie Sud qui intéresse le Congo, Kabinda en Angola et R.D.Congo se trouve séparée du reste de l'aire par le massif forestier du Gabon et les zones de savanes des plateaux Batéké au Congo.

On rencontre le *Terminalia superba* depuis le niveau de la mer jusqu'à une altitude d'environ 1000 m .IL est une espèce grégaire héliophile de forêt sémi-décidue à climat présentant une pluviométrie moyenne annuelle de 1500 mm et une saison sèche inférieur à 4 mois, cependant on peut le trouver également dans des zones plus sèche. Mais il se trouve alors cantonnée dans les galeries forestières. On le rencontre également parfois sous des climats à saisons sèches de durée inférieure à deux mois.

En R.D.Congo, le Limba s'étend généralement sur la partie Ouest au Mayumbe et se rétrécit plus au Sud pour se disloquer finalement en îlot jusqu'à une limite méridionale correspondant à 12° de latitude Sud .A part le Mayumbe dans le Bas - Congo et l'Ubangi dans l'équateur où il pousse à l'état spontané, le Limba s'est installé dans la Province Orientale où, il fut introduit en plantation en but d'enrichissement de la forêt dense équatoriale ; actuellement ,il est trouvable à Yanganbi, à Lokombe , à Masako et dans la réserve forestière de la Tshopo ,etc.(KAPIAMBA , 1978).

1.2.2. DESCRIPTION BOTANIQUE

La systématique des plantes classe le *Terminalia superba* dans la Règne Plantae, Division Magnoliophyte, Classe Magnoliopsida, Sous classe des Dillémididae appartenant à l'ordre de Myrtales, la famille de Combrétaceae, Genre Terminalis espèce *Terminalia superba*. (N'TAHU BAVUKA, 2003).

Base : généralement quatre grands contreforts minces ailés triangulaires montant jusqu'à 4 -5 mètres et s'étendant à plusieurs mètres de la base.

Fût : Droit cylindrique, longueur 35 mètres, diamètre 1,3mètre.

Houppier : Blanche, étagée et étalée horizontalement.

Ecorse : grisâtre lisse chez les jeunes arbres, peu épaisse (1m) fendillée longitudinalement et s'enlevant par plaques rectangulaires minces, d'où un aspect tacheté de blanc et rougeâtre chez les vieux arbres, tranche brunâtre.

Aubier : non différencié.

Bois : couleurs variables, les provenances :

- Limba blanc : blanc à jaune pâle ;
- Limba noir : gris, olive à brun noir ;
- Limba Bariolé : veine, claire et foncé ;
- Fraké : tache noire disséminée.

Feuille : caduques alternes, simple (8 – 18 x – 10 cm), en petites touffes dressés à l'extrémité des rameaux , à long pétiole (8 – 7 cm) avec souvent deux glandes.

Fruits : samares à deux ailes, transversalement oblongues (2 – 3 x 5 – 6 cm) (VIVIEN et FAURE, 1985).

I.2.2. HABITAT, PROVENANCE ET AIRE DE DISTRIBUTION

Arbre caractéristique des forêts denses tropicales à saison sèche accusée, le Limba ou fraké occupe une aire vaste depuis la Sierra-Léone jusqu'au nord du Congo vers l'Est et vers le Sud, jusqu'au Nord – Est de l'Angola. Essence de lumière, il gagne du terrain en forêt dense sempervirente, à la faveur de défrichement. IL est surtout loin de la côte, dans la forêt semi-décidue de part et d'autre de l'équateur, avec une coupure entre les deux zones un peu au Sud de l'équateur, dans la partie centrale du Gabon.

Tous les pays riverains du golfe de Guinée ainsi que ceux du bassin du Congo sont plus ou moins producteurs de Limba ou fraké.

Commercialement, le fraké est produit par le Cameroun et la Côte d'Ivoire, le Congo Brazzaville, le Sud du Gabon et Kabinda. En RD Congo, la provenance de Limba correspond donc à la région de Mayumbe.

C'est cette dernière origine qui fait le succès de l'essence par la qualité des grumes qui y sont produites. IL faut noter aussi que cette qualité a été obtenue au prix d'une sélection sévère des grumes exploitées.

I.2.4. EXIGENCES ECOLOGIQUES

Le Limba est cependant une essence exigeante en eau qui supporte mal les périodes de grande sécheresse mais tolère une gamme assez variée de sol. (CORBASSON et SOUVANNAYONG, 2005).

Espèces grégaires, Héliophile s'installant dans les trouées forestières des forêts denses semi-décidues (LOKOMBE, 2005).

I.2.4. ENNEMIES NATURELS

Selon (C.T.F.T., 1988), les ennemies sont nombreux seuls peuvent présenter de la gravité sont : bostryches foreurs de tronc, cérambycides foreurs de tronc, platypes des piqûres noires internes.

Selon un article EKOPEDIA, (2001), les insectes ci-après peuvent attaquer ou sont ennemis à Limba .Il s'agit :

- Les élytres de capricornes sont typiquement pourvus des petites taches grises blanches du poils très fin .Ils attaquent surtout l'aubier ;
- Germeiner annobium punctatum : brun foncé à noir .Ils attaquent les résineux et feuillus de préférence l'aubier .Le bois du cœur n'et attaqué qu'en cas d'attaque préalable d'humidité ou par les champignons ;
- Comptonus herculeanus (L) : attaque surtout les résineux mais certaines feuilles aussi ;
- Clohermis flavicollis : attaque presque toutes les parties du bois seul le bois de cœur de *Tectonia grandis* semble ne pas être attaqué. Dommage causé ; ce sont essentiellement les couches tendre de bois initial qui sont rongées alors que les parties en bois final sont laissées intactes pour subir d'armature. Ce sont les insectes des bois frais, Bostryche lisère ;
- Bostryche chalcographe : cause des dégâts de surface.

I.2.6. PROPRIETES

I.2.6.1. CARACTERES PHYSIQUES

Le Limba ou fraké apparaît comme un bois léger et tendre .La masse volumique à 12 % d'humidité est égale en moyenne à 550 Kg / m³ les valeurs extrêmes trouvées ont été de 370 à 750 Kg / m³ mais elles sont les plus souvent comprises entre 430 et 650.

La durée est également très variable, mais il n'existe aucun rapport entre sa valeur et la couleur du bois (Sauf s'il s'agit de «cœur mou »).

Le retrait volumétrique total est moyen ou faible, de même que le retrait linéaire dans le sens tangentiel et radial, qui également sont très proches l'un de l'autre .Le coefficient de rétractibilité volumétrique est moyen .IL s'agit donc d'un bois à retrait moyen à faible et retrait régulier.

L'hygroscopicité à l'air du Limba ou fraké est normale .IL se présente par suite comme un bois relativement stable dans des conditions normales lorsque les variations de

température et d'humidité ne sont pas excessives. IL se stabilise à un humidité voisine de 12 % dans des conditions correspondant à un climat tempéré (B.F.T., 1974).

I.2.6.2. CARACTERES MECANIQUES

Les résistances unitaires lors des essais sont en valeur absolue moyenne. Toutefois, si on apporte ces valeurs à la densité, les résultats apparaissent nettement meilleurs. Et le Limba se présente souvent comme un bois ayant un bon comportement. Sa cohésion transversale est assez bonne, en particulier, il est peu fendif.

Les résistances unitaires en en cohésion axiale sont très variables, mais rapportées à la densité, les résultats sont bons ou parfois très bons. C'est ainsi qu'il se range dans la catégorie supérieure des bois légers très légers. La valeur moyenne de module d'élasticité est sensiblement égale à 100×10^8 Pa. Les résistances en flexion statiques sont honorables. IL résiste toute fois mal au choc et il est cassant. (BFT, 1974).

I.2.7. USAGE

Le Limba est un bois généralement tendre et tendre et léger à retrait faible ou moyen de sciage et d'usinage généralement facile. IL convient par conséquent à des nombreux usages. IL est actuellement utilisé pour la fabrication de contreplaqué et la menuiserie intérieure de bâtiment : Plinthes, Moulures, aménagements intérieurs divers, porte planche. Les feuilles tranchées sont employées en décoration.

IL est trop tendre pour être utilisé en parquets. Après avoir subi les traitements de préservations appropriées, le Limba a été employé avec succès pour les menuiseries extérieures en particulier volet roulant. Dans cet usage, il est conseillé de le peindre.

IL convient également bien à la fabrication des membres peints et laqués qui sont en faveur dans le mobilier contemporain.

Ses caractéristiques permettent son emploi en charpente : charpente assemblés classiques et charpentes lamellées collées.

Le Limba blanc est recherché pour la fabrication de contreplaqués et de placages tranchés. Ceux-ci sont dans leur couleur naturelle ou après teinture.

Les rondis de Limba noir ou bariolé sont parfois tranchés et destinés à la décoration.

En résumé, dans la mesure où il s'agit du Limba, cette espèce semble devoir être surtout employé en déroulage et contreplaqué, le Limba paraît convenir plutôt au sciage : en effet la présence de piqûres internes, parfois d'un cœur noir étroite irrégulière donnant au déroulage des feuilles irrégulièrement bariolées empêchent souvent son utilisation en face de panneaux tandis que les sciages sont généralement retournés à être peints. (BFT, 1974).

Selon VIVIEN et FAUVE, (1985), l'espèce est révisée pour le placage, le contreplaqué, menuiserie inférieure et extérieure, membres peints et lanqués ainsi que charpente lamellée collée.

Selon CIFT (1988), le Limba est surtout utilisé pour la fabrication du contreplaqué, mais convient pour des multiples autres emplois : charpente, menuiserie intérieure, ameublement décoration en massif et en placage.

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODE

I.1. MATERIEL

Le matériel utilisé au cours de nos travaux est de deux sortes à savoir :

- Le matériel biologique ;
- Le matériel technique.

I.1.1. MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique est constitué d'une espèce qui est le *Terminalia superba*. L'échantillon de 100 tiges de DHP \geq à 20 cm.

I.1.1.1. TYPE DE PEPINIERE

Selon KISALIMA (1976), il existe en pépinière de plates-bandes capable de produire 18000 plants et cela en 1946.

I.1.1.2. MISE EN PLACE

Selon VAN DAMMES (1946 in KISALIMA, 1976) il y avait 430 plants mis en place sur 2ha 15 ares, à 5m de distance sur de layons distants de 10m et orientés Est -Ouest (200 plants à l'hectare) sur 7 ha 88 ares de terrain qui était préparé.

II.1.1.3 Méthode sylvicole

C'est par la méthode de plantation en layon que les travaux d'enrichissement de la forêt hétérogène de la réserve forestière de boucle de tshopo étaient réalisés. Les layons sont distants de 10m et orientés de l'Est à l'Ouest.

Dans les layons les arbres sont plantés à 5m d'écartement, ce que présente un enrichissement de 200 arbres par hectare (KAPIAMBA, 1978).

La raison de cette orientation est de donner le maximum de lumière aux jeunes arbres la journée, de les rendre plus résistants à l'action des vents dominant et les tornades venant généralement de l'Est à l'Ouest.

II.1.2. Matériel technique

Pour réaliser tous ces travaux, nous avons utilisé :

- Un ruban de 20m pour les mesurages des distances horizontales lors de la prise de mesures des hauteurs ;
- Une machette pour couper les lianes et les arbustes ;
- Une perche pour indiquer le niveau de 1,30m du sol ;
- Un couteau marqueur ou craie pour numérotter les arbres mesurés ;
- Un rélascope de BITTERLICH à bande large pour déterminer le diamètre à hauteur de la poitrine (DHP), diamètre au fin bout (Dfb), la hauteur fût (Hf) et la hauteur totale (Ht) ;
- La calculatrice casio Fx-350 Ms nous a permis à déterminer les coefficients a, b et r de régression.

II.2. Méthode du travail

J'avais effectué un inventaire aléatoire simple (non stratifié) à un degré. Les unités de sondage sont les pieds du *Terminalia superba*.

II.2.1. Paramètres dendrométriques

Les paramètres suivants ont été pris en compte :

- diamètre à hauteur de la poitrine (DHP) ;
- le diamètre au fin bout (Dfb) ;
- la hauteur fût (Hf) ;
- la distance horizontale (DH) (LOKOMB, 1996)



II.3. TRAITEMENT DES DONNEES

Les données recueillies nous ont permis de sélectionner les tiges par leurs classes de DHP et de hauteur en vue de la construction de tarif de cubage.

En effet, nous avons utilisé la formule de STURGE (DANIELI, 1973) $K=1+3.3 \log N$ où K est le nombre de classe et N l'effectif.

L'intervalle de classe est déterminé par la formule ci-après : $I = \frac{Ls - Li}{K}$

Où I = intervalle de classe ;

Li : Limite inférieure ;

Ls : limite supérieure.

Les différentes étapes du traitement concernent le calcul du volume individuel des arbres à partir des données récoltées sur terrain. (THIBAUT, 1998 in LIANDA, 2006).

II. 3.1. CALCUL DE VOLUME DES ARBRES

Avec deux diamètres (DHP et Dfb), on peut utiliser la formule de SMALIAN (LOKOMBE, 2006).

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{2} \right) H_f$$

Avec : V : volume en m³

D₁ : DHP en cm

D₂ : Dfb en cm

H_f : hauteur fût en m

II.3.2. CALCUL DE COEFFICIENT DE FORME

La relation utilisée pour calculer le coefficient de forme est la suivante :

$$f = \frac{V_s}{V_c}$$

Où : V_s : Volume SMALIAN

V_c : Volume cylindrique (LOKOMBE, 2005)

II.3.3. EQUATION DE REGRESSION

Pour bien mener cette étude, cinq modèles ont été proposés pour l'analyse en vue de choisir ceux ou celui qui donnerait le résultat souhaité. (JAFFARD, 1986 ; FOU COURT, 1983 in KAMBALE, 2006). Ces équations sont les suivantes :

- Linéaire : $Y = a + bx$
- Logarithmique : $Y = a + b \ln x$
- Exponentiel : $Y = a \cdot e^{xb}$
- Puissance : $Y = a \cdot x^b$
- Inverse : $Y = a + b \cdot 1/x$

Où Y est le volume estimé à partir de chaque équation de régression, a et b sont les coefficients de régression et x est égal aux DHP.

II.3.4. SELECTION DES EQUATIONS DE REGRESSION

Le choix des équations de régression est basé sur les équations qui ont les coefficients de détermination supérieure ou égale à 80 % (MABILALA, 1981).

Le coefficient de détermination R est donné par la relation suivante $R = r^2 \cdot 100$ où R est le coefficient de détermination et r le coefficient de corrélation.

De tous les modèles proposés, il nous a fallu retenir celui ou ceux qui ne donnent pas les valeurs en volume significativement différentes des celles obtenues par la formule de SMALIAN au seuil de signification de 95 % ($\alpha = 0,05$) ; cette sélection sera basée aussi au

coefficient des corrélation r supérieur à 0,85 et le coefficient de détermination R^2 aussi élevé (DANIELIE, 1985 in KAMBALE ,2006).

II.3.5.AJUSTEMENT DES EQUATIONS PAR DES TESTS STATISTIQUES

Pour retenir une équation de régression, il nous a fallu d'analyser certains paramètres suivants : (HALD, 1952).

- ❖ Test d'ajustement avec le test chi - carré de Bravais PEARSON

$$x^2 = \frac{\sum (y_{obs} - y_{calc})^2}{y_{cal}} \quad \text{Où } y_{cal} : \text{Volume calculé avec l'équation de régression}$$

Y_{obs} : Volume calculé avec l'équation de SMALIAN.

- ❖ Ecart - type résiduel

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum (y_{obs} - y_{cal})^2}{y_{cal}}} \quad \text{Où } y_{obs} : \text{Volume calculé individuellement}$$

Y_{cal} : Volume calculé avec l'équation de régression

- ❖ Coefficient de variation résiduelle (CVR)

$$CVR = \frac{S_{yx}}{Y_{cal}} \times 100 \quad \text{Où } S_{yx} = \text{écart - type}$$

Y_{cal} = volume moyen calculé

- ❖ Pression tarif de cubage

$E \cong S_m \cdot t$ où E = erreur à craindre ou erreur due à l'application du tarif.

S_m = Ecart - type de l'échantillon

$P = 100\% - E$ t = Valeur tabulaire de student

P = Pression du tarif

❖ Intervalle de régression

$$y_{cal} \pm 2 \sqrt{\frac{SCEe}{N(N-1)}}$$

Où SCEe = somme des carrés des écarts du volume estimé

N = effectif

II.3.6. Construction d'une table ou graphique de cubage

- a. Table : la construction d'une table sera effectuée à l'aide de l'équation retenue. (DAGNELIE, 1985).
- b. Graphique : le graphique sera construit en fonction de volume porté sur l'ordonné et le DHP en abscisse.

CHAPITRE TROISIEME : RÉSULTATS

III. 1. Paramètres dendrométriques

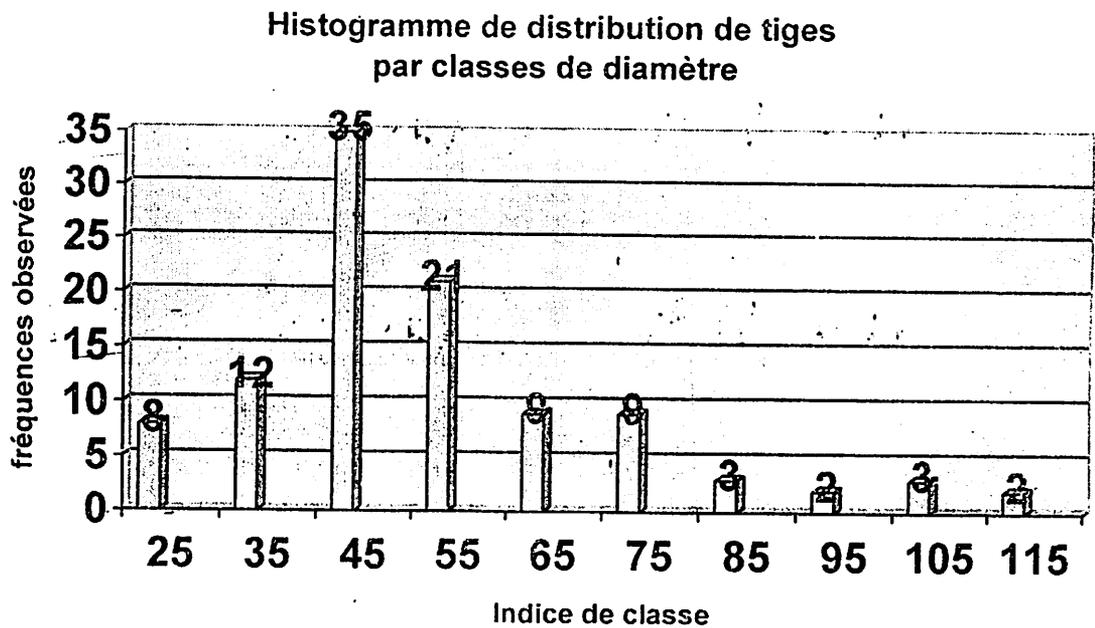
Les mesures et les calculs dendrométriques ont été effectués sur 100 individus de l'espèce *Terminalia superba*. Ces résultats dendrométriques calculés seront représentés dans les différents tableaux, figures et annexes.

III.1.1. Diamètres

III.1.1.1. Diamètres à hauteur de poitrine (DHP)

La répartition des arbres en classes de diamètres à hauteur de poitrine est représentée dans le tableau n°1 (annexe1) et ci-dessous dans la figure n°1.

Figure n°1 : Histogramme de distribution des tiges par classe de diamètres



D'après les données du tableau n° 1(annexé 1) nous remarquons que les individus de la classe 3(40-50) présente une fréquence relativement élevée, soit 35% suivi de

la classe 4 (50-60) qui présente 21%. Les classe 8 et 10 (90-100 et 110-120) représente les fréquences relativement inférieures soit 1%.

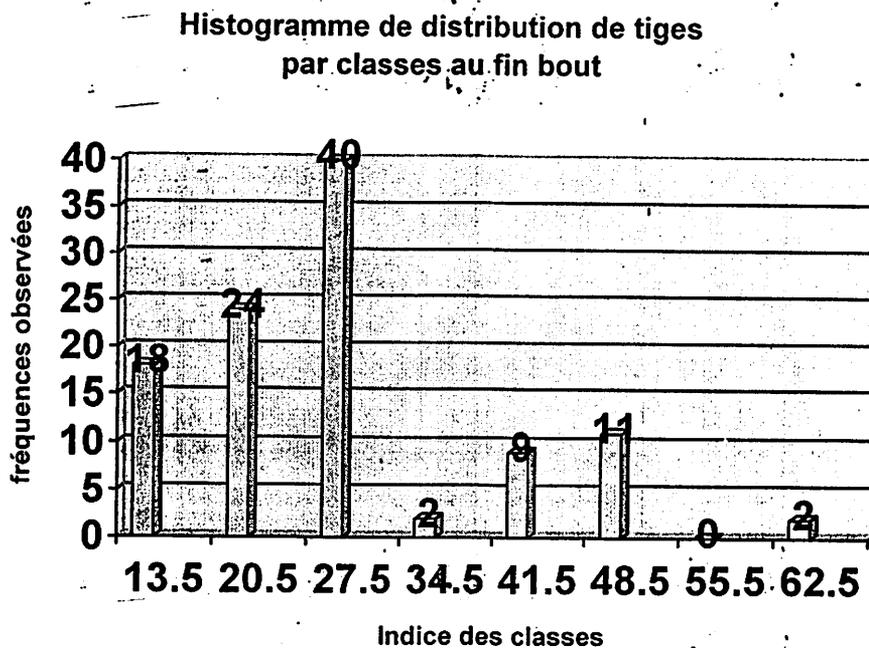
Il ressort de ce même tableau que le diamètre moyen est de 55,57 cm ; l'écart type est de 18,22 cm et le coefficient de variation est de 32,6%. Ce coefficient de variation montre qu'il y a une hétérogénéité des individus en classe de diamètre. (ROLLET 1974)

D'après la figure n° 1 nous remarquons que les histogrammes forment une cloche où ces derniers sont en forme d'une courbe GAUSS (SINDANI, 2005). La courbe croit dans la classe 1 (20-25 cm), elle atteint son pic dans classe 3 (40-50 cm) et décroît régulièrement jusqu'à la classe 8 (90-100 cm)

III.1.2 Diamètre au fin bout (Dfb)

La répartition des arbres en fonction de diamètre au fin bout est représentée dans le tableau n° 2 (annexe 2) et ci-dessous dans la figure n° II.

Figure n° II : Histogramme de distribution des tiges par classes de diamètre au fin bout



D'après les données du tableau n° 2 (annexe) nous constatons que les individus de la classe 3 (24-31 cm) présente une fréquence élevée soit 40% suivi de la classe 2 qui

présente 24% des individus. Les fréquences inférieures sont représentées par les classes 4 et 8 (38-45 et 52-59 cm) soit 2%.

Il ressort de ce même tableau que le diamètre moyen au fin bout est de 26,825 cm, écart-type 11,725 cm et un coefficient de variation de 43,7%. Ce coefficient de corrélation montre qu'il y a une hétérogénéité des individus par classe de diamètre au fin bout (ROLLET, 1974).

Dans la figure n° II les histogrammes sont en forme d'une cloche ou sous forme d'une courbe de GAUSS. (SINDANI, 2005).

La courbe croit dans classe 1 (10-17 cm), atteint son pic dans classe 3 (24-31 cm) et la décroissance de la courbe est élevée dans la classe 4 (31-38 cm).

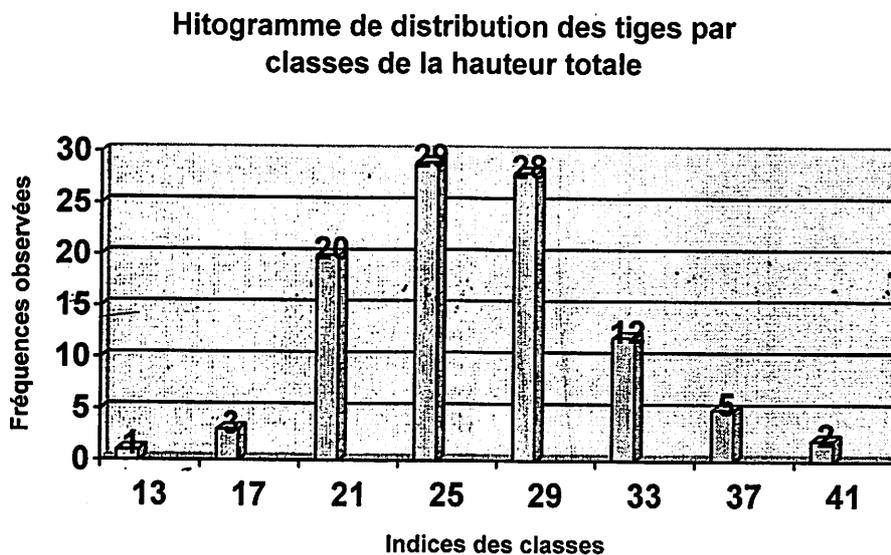
III.2. Hauteur

III.2.1. Hauteur total (Ht)

La hauteur total indique la strate de développement de chaque forêt. (PARDE, 1961).

Le tableau n°3 (annexe 3) et la figure n° III mettent en évidence la distribution des tiges par classe de la hauteur totale.

Figure n°III : Histogramme de distribution des tiges par classes de la hauteur totale



D'après les données du tableau n°3 (annexe3), les individus de classe 4 (23 – 27 cm) représentent une fréquence élevée soit 29 % suivi de celle de la classe 4 (27 – 31 cm) soit 28 % .La fréquence inférieure est observée dans la classe 1 (11 – 15 cm) soit 1 %.

La hauteur totale moyenne est de 27,105 m, avec un écart –type de 5,50 m et le coefficient de variation de 20,36 %.Ce coefficient de variation montre qu'il y a une certaine homogénéité des individus par classe de hauteur totale.

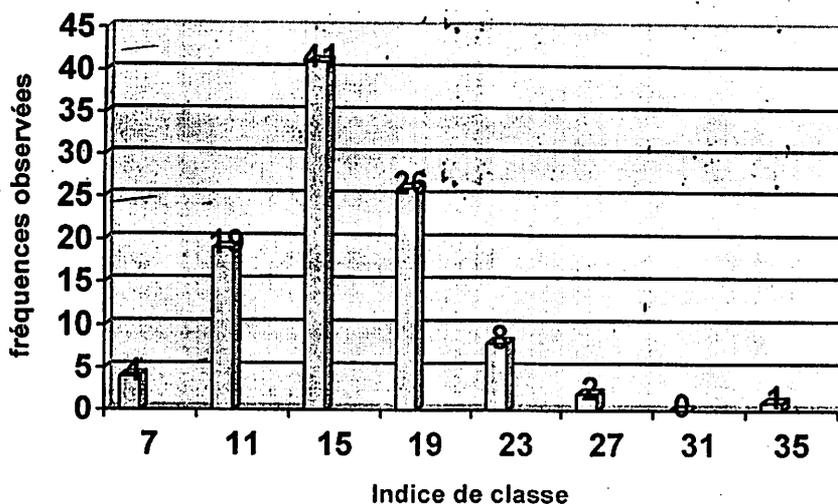
IL ressort dans la figure n°3 que les histogrammes forment une courbe en forme de cloché ou de GAUSS (SINDANI, 2005).Elle croit dans la classe 1 (11 – 15 m) atteint son pic dans la classe 4 (23 – 27 m) et décroît respectivement dans la classe 8(39-43m).

III. 1.2.2. HAUTEUR FÛT. (Ht)

La répartition des tiges par classe de hauteur fût est représentée dans le tableau n° 4 (annexe 4) et ci-dessous dans la figure n° IV.

Figure IV :

Histogramme des tiges par classe de hauteur fût



D'après les données du tableau n°4 (annexe 4), la classe 3(13- 17 m) représente des individus ayant une fréquence élevée soit 41 % suivi de la classe 4 (17- 21m) soit 25% des individus. La fréquence inférieure est représentée dans la classe 7 (33- 37 m) soit 1 %. IL ressort de ce tableau que la hauteur fût moyen est de 16,095 m avec un écart –type de 4,238 m et un coefficient de variation de 26,33 %.

La figure 4 montre que les histogrammes sont en forme d'une cloche ou courbe de GAUSS (SINDANI, 2005), cette courbe croît dans la classe 1 (5 – 9 m) elle atteint son pic dans la classe 3 (13 – 17 m) et elle décroît respectivement dans la classe 7 (33 – 37 m).

III. 2. Formes des arbres

III.2.1. Volume de SMALIAN (Vs).

Le volume calculé par la forme de SMALIAN est représenté dans le tableau n° 5 voir annexe n° 6.

Tableau n°5 : Distribution de volume de SMALIAN en fonction des classes de diamètres à hauteur de la poitrine.

| DHP (cm) | indice de classe | fréquences observées | volume de SMALIAN m ³ |
|--------------|------------------|----------------------|----------------------------------|
| 20 - 30 | 25 | 8 | 3,8043 |
| 30 - 40 | 35 | 12 | 11,2431 |
| 40 - 50 | 45 | 35 | 56,2336 |
| 50 - 60 | 55 | 21 | 54,9559 |
| 60 - 70 | 65 | 9 | 34,1996 |
| 70 - 80 | 75 | 9 | 46,197 |
| 80 - 90 | 85 | 2 | 14,9425 |
| 90 - 100 | 95 | 1 | 4,9239 |
| 100 - 110 | 105 | 2 | 21,4207 |
| 110 - 120 | 115 | 1 | 8,8331 |
| TOTAL | | 100 | 259,7537 |

III.2.2. Volume du cylindre (Vc)

Le volume du cylindre est représenté dans le tableau n° 6.

Tableau n°6 : Distribution du volume du cylindre en fonction des classes de diamètre à hauteur de la poitrine.

| DHP (cm) | indice de classe | fréquences observées | volume cylindrique (m) |
|--------------|------------------|----------------------|------------------------|
| 20 - 30 | 25 | 8 | 3.38922375 |
| 30 - 40 | 35 | 12 | 16.9545355 |
| 40 - 50 | 45 | 35 | 109.005669 |
| 50 - 60 | 55 | 21 | 104.4806368 |
| 60 - 70 | 65 | 9 | 54.3494475 |
| 70 - 80 | 75 | 9 | 73.30816875 |
| 80 - 90 | 85 | 2 | 16.9325 |
| 90 - 100 | 95 | 1 | 9.2100125 |
| 100 - 110 | 105 | 2 | 34.575325 |
| 110 - 120 | 115 | 1 | 14.13 |
| TOTAL | | 100 | 436.3355188 |

III.2.3. Coefficient de forme (f)

Les résultats du coefficient de forme sont représentés en fonction de diamètre à hauteur de poitrine dans le tableau n° 7 voir annexe 5.

Tableau n°7 : Distribution de coefficient de forme (f) en fonction des classes de diamètres à hauteur de poitrine (DHP)

| DHP (cm) | indice de classe | fréquences observées | volume de coefficient de forme (f) |
|-----------|------------------|----------------------|------------------------------------|
| 20 - 30 | 25 | 8 | 0.623425315 |
| 30 - 40 | 35 | 12 | 0.626547282 |
| 40 - 50 | 45 | 35 | 0.625729558 |
| 50 - 60 | 55 | 21 | 0.552893446 |
| 60 - 70 | 65 | 9 | 0.636540126 |
| 70 - 80 | 75 | 9 | 0.678905892 |
| 80 - 90 | 85 | 2 | 0.674284566 |
| 90 - 100 | 95 | 1 | 0.534624681 |
| 100 - 110 | 105 | 2 | 0.623472041 |
| 110 - 120 | 115 | 1 | 0.625130927 |
| TOTAL | | 100 | 6.201553834 |
| MOYENNE | | | 0.620155383 |

Le coefficient moyen de forme varie en fonction du DHP. IL ressort de ce tableau que le coefficient de forme de *Terminalia superba* de la boucle de la Tshopo est de 0,62.

III.3. Accroissement annuel moyen

Les accroissements des différents paramètres dendrométriques seront représentés dans le tableau n° 8.

Présentation des accroissements annuels moyens.

| Accroissements Annuel moyens/ (m/an) | Accroissements Annuel moyens/ en DHP (cm/an) | Accroissement annuel moyens/ Vc (m ³ /an) | Accroissement annuel moyens Vc (m ³ /an) |
|--|--|--|---|
| 0.4 | 1 | 0.08 | 0.05 |

Il ressort de ce tableau que l'accroissement annuel moyen en (HT) hauteur totale de poitrine est de 0.4m/an, celui de DHP est de 1 cm/an.

III.4. Calcul de tarif de cubage

La technique forestière en matière de tarif de cubage estime de ce fait qu'un échantillon d'environ 30 à 40 arbres suffit largement (BIGUMA, 2006).

Pour établir un échantillonnage satisfaisant et pour éviter des cubages en sur nombre dans certaines catégories, il est recommandé ce qui suit (MABIALA, 1981 ; C.T.F.T., 1989 in BIGUMA, 2006) :

- De subdiviser quand cela est possible, le peuplement en catégorie de classe de D.H.P.
- Au sein de chaque classe, prendre dans un premier temps le même nombre d'arbres échantillonné pour chaque catégorie des valeurs ;
- Le choix doit porter sur les arbres lesquels les mesures de DHP et de hauteur fût ne posent pas d'ambiguïté (sans arbres tordus, étranglés)

C'est la raison pour la quelle, nous avons retenu 30 arbres pour le calcul de volume individuel (Annexe).

III.4.1. Présentation de modèle des équations de régression.

La relation du DHP avec celui du volume nous a permis de trouver les cinq équations de régression proposée dans le tableau ci-dessous.

Le tableau n°9 : caractéristique des équations des régression

| Equations | Linéaire | Logarithme | Exponentielle | Puissance | Inverse |
|-----------|----------|------------|---------------|-----------|-----------|
| N | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| a | -3,3506 | -22,3457 | 0,214537 | 0,000144 | 9,4259 |
| b | 0,1151 | 6,4733 | 0,038831 | 2,405087 | -289,7162 |
| π | 0,9222 | 0,8815 | 0,9110 | 0,9587 | 0,7993 |
| R | 85,06% | 77,71 % | 83% | 92,00% | 63,89% |

III.4.2.Choix de modèle de régression

Il convient de rappeler que la corrélation est parfaite lorsque le coefficient est égal à 1. Mais pour ce tarif de cubage ça n'a jamais été le cas. Toutefois, un coefficient de corrélation d'une valeur supérieure ou égale à 80 % dénote une bonne régression (MABIALA, 1981 in OTOMABONGAA, 2007).

Les équations de régressions des différents modèles proposés sont illustrées dans le tableau n°10 (voir annexe 9).

Tableau n°10 : Tarif des cubages des différents modèles proposés

| Equations | R (%) | Volumes total (m ³) |
|--|-------|---------------------------------|
| Y Linéaire : $-3,3506 + 0,1151.x$ | 85,06 | 115,0039 |
| Y Logarithme : $-22,3457 + 6,4733.Ln.x$ | 77,71 | 114,9785 |
| Y Exponentielle : $0,214537.e^{0,03883.x}$ | 83,00 | 122,91065 |
| Y Puissance : $0,000144.x^{2,405087}$ | 92,00 | 115,710896 |
| Y Inverse : $9,4259 - 289,7162/x$ | 63,89 | -146,3337 |

Parmi les cinq équations de régressions proposées, nous rejetons les équations ci-après : linéaire, logarithmique et inverse du fait qu'ils ont données des valeurs négatives.

Dans le tableau n°10, nous retenons en premier lieu l'équation de régression exponentielle et de puissance pour avoir dénoté les relevés.

Pour retenir en définitif une des équations qui fera l'objet de cubage, il est recommandé de se baser sur le choix de l'équation qui présente les valeurs de variation résiduelle faible (NJOUKAN, 1995 ; THYBAUT et al, 1998).

III. Analyses statistiques :

A partir des transformations (annexe10) nous avons obtenu les valeurs numériques pour faire le teste de x^2 , de calculer l'écart-type résiduel et des coefficient de variation résiduelle des équations exponentielles et de puissance. Ces données sont présentées dans le tableau 11 et12.

Tableau n°11 : Appréciation de la qualité d'ajustement par le teste de x^2

| Equations | Paramètres |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| $Y_{Exp} : 0,214537. e^{0,0383831.x}$ | KHI – carré table : 14,9535 |
| | KHI – carré calculé : 22,748016 |
| $Y_{Puis} : 0,000144. x^{2,405087}$ | KHI – carré table : 14,9535 |
| | KHI - carré table : 9,706911 |

$$V = k - 2 = 30 - 2 = 28$$

Le tableau ci-dessous montre ce qui suit :

1. Pour l'équation exponentielle : La valeur de x^2 calculé est largement supérieur à celle de la table au seuil de 0,01. donc la différence entre le volume observé et le volume calculé est significatif, d'où on la rejette ;
2. Pour l'équation puissance : la valeur de x^2 est supérieur à celle de la table, au seuil de 0,01 donc la différence entre le volume observé et volume calculé est non significative. Notre équation est acceptable.

Tableau 12 : Ecart-type résiduel, coefficient de variation résiduelle et intervalle de confiance.

| Equations | Paramètres |
|--|---|
| $Y_{\text{exp}} : 0,214537.e^{0,038831.x}$ | Ecart-type lié (s_{yx}) = 0,09761452 (m ³) |
| | Coefficient de variation résiduelle (C.V.R.) = 75,60 % |
| | Intervalle de confiance = 147,0874 ± 0,715435 |
| $Y_{\text{puis}} : 0,000144.x^{2,405087}$ | Ecart – type lié (s_{yx}) = 1,582022711 (m ³) |
| | Coefficient de variation résiduelle (CVR) = 41,01% |
| | Intervalle de confiance = 115,71083 ± 0,21125895 |

Les résultats du tableau ci haut montre que l'équation exponentielle donne un grand écart avec le volume calculé (3,09761452 m³) et un CVR de 75,60 % donc , cette équation ne respecte pas la condition posée (NJOUKAN , 1995 ; THIBAUT et al. 1998) précédemment.

Néanmoins, l'équation de puissance respecte la condition posée précédemment. C'est- à- dire d'un ecart-type résiduel (1,582022711 m³) et un CVR (41,01%) faibles. Cela nous conduit à retenir l'équation de régression puissance et rejeter cela de l'exponentielle.

III.4.4. Précision de tarif de cubage

A partir des données dispersion de DHP, nous pouvons directement trouver la précision de tarif de cubage.

Donc nous avons : $S_m = 25,09\text{cm}$ (COPIN, 1961 ; in BIGUMA, 2006).

$\alpha = 0,05$ et $n \text{ dl} = 30, t = 1,697$.

$E = 25,09 \times 1,697 = 42,57773$

$P = 100 - 42,57773 = 57,42\%$

III.4.5. Calcul d'erreur- type de coefficient de corrélation

Avec $r = 0,9587$, nous ramène à calculer l'erreur de coefficient de corrélation.

(LANLY ,1967 in BIGUMA, 2006).

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - (0,9587)^2}{30 - 2}} = 0,053750$$

Ce résultat nous permet de dire que le coefficient de corrélation a une erreur de 0,53%.

II.4.6. Tarif de cubage

Le tarif de cubage local sera construit à partir de l'équation de régression retenue (Puissance). Donc nous aurons à construire un barème de cubage dans le tableau n°13.

III.4.6. 1. Equation de régression

Cette équation de sera construite de la manière suivante :

| Equation | R | ECTR | CVR |
|------------------------------|-----|----------|---------|
| $Y = 0.000144DHP^{2,405087}$ | 92% | 1,582022 | 41,01 % |

CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION

IV.1. Comparaison des caractéristiques dendrométriques de *Terminalia superba* dans les différentes localités.

Le tableau n° 14 compare la croissance de *Terminalia superba* dans les différentes localités.

Tableau n° 14 : Comparaison de la croissance de *Terminalia superba* dans les différentes localités.

| Age | Localisation | Méthode | Ecartement | N/Ha | DHP \bar{x} (cm) | HT \bar{x} (cm) |
|-----|--------------|---------|------------|-------|--------------------|-------------------|
| 61 | B.T. | Layons | 5x10 | 200 | 55,57 | 27.105 |
| 19 | Lok B2 | Layons | 5x20 | 63±11 | 23,0 ± 1,5 | 17,1 ± 0,7 |
| 19 | Lok B7 | Layons | 5x20 | 8±3 | 1,0±2,5 | 9,8±1,1 |
| 19 | Lok B1 | Layons | 5x10 | 91±28 | 18,7±1,0 | 13,6±0,7 |
| 19 | Lok ARB | BE | 5x5 | 655 | 20,0±1,3 | 17,1±0,4 |

Légende : Lok : Parcelle LOKOMBE

: Lok_{ARB} : Parcelle d'Arboretum

: B.T. : Bouche de la Tshopo

Il ressort de ce tableau que l'accroissement annuel moyen en diamètre de *Terminalia superba* dans la bouche de la Tshopo est de 0,44 cm. Cet accroissement est inférieur à ceux de *Terminalia superba* les plantations Lok B₁, Lok B₂, Lok B₇ et les plantations Lok_{ARB} de Yangambi.

Le *Terminalia superba* dans les plantations LOKOMBE sur la méthode bloc et étoc a donné les accroissements les plus élevés. Cela est dû au fait que le *Terminalia superba* qui est une espèce de lumière à bénéficier suffisamment de la lumière ; la différence proviendrait aussi des différents écartements utilisés.

Les accroissements en hauteur totale à la bouche de la Tshopo est de 0,44 m. Cet accroissement est aussi inférieur à ceux de *Terminalia superba* dans les différentes localités.

IV.2. Tableau n°15 : Comparaison des caractéristiques dendrométrique de *Terminalia superba* avec celles des autres espèces.

| ESSENCE | Référence | Age | Méthode | Ecartement | N/Ha | DHP \bar{x} (cm) | H.T \bar{x} (m) |
|---------------------------------|-----------|-----|---------|------------|------|--------------------|-------------------|
| <i>Terminalia superba</i> | 3 | 61 | Layon | 5x10 | 200 | 55,57 | 27,105 |
| <i>Acacia auriculiformis</i> | 1 | 6 | BE | 1.5x1.5 | 676 | 28,3 | 13,1 |
| <i>Aucoumea klainmeana</i> | 2 | 22 | BE | 1.5 x 1.5 | 536 | 28,3 | 21,1 |
| <i>Cleistopholis glauca</i> | 2 | 18 | BE | 3x3 | 322 | 34,8 | 27,7 |
| <i>Eucalyptus deglupta</i> | 2 | 21 | BE | 2x2 | 472 | 19,2 | 15,8 |
| <i>Gmelina arborea</i> | 2 | 21 | BE | 2x2 | 583 | 19,2 | 15,8 |
| <i>Pinus hondirensis</i> | 2 | 21 | BE | 2x2 | 935 | 19,6 | 20,0 |
| <i>Triplochiton scleroxylon</i> | 2 | 26 | BE | 1x2 | 169 | 20,9 | 13,5 |

IL ressort de ce tableau que l'accroissement annuel de *Terminalia superba* dans la boucle de la Tshopo est de 0,44 cm .Cet accroissement est inférieur à ceux : *Acacia auriculiformis* de Bengamisa (LOKOMBE, 2006) ; *Aucoumea klaneana* ; *Cleistopholis glauca* ; *Eucluptus deglupta* ; *Gmelia arborea* ; *Pinus hondirensis* et *Triplochiton scleroxylon* (SINDANI ,1987).

L'accacia auriculiformis et *Cleistopholis glauca* ont des accroissements annuels moyens en diamètre très élevé car ils sont encore dans les jeunes âges respectivement (6 et 18 ans).L'accroissement annuel moyen en diamètre de boucle de la Tshopo est faible ,cela se justifierait dans le sens que la plantation se trouve à un age très avancé (61 ans). Ces différences proviendraient aussi des différents écartements et différentes méthodes sylvicoles utilisées.

Le *Terminalia superba* en layon n'a pas profité suffisamment de la lumière pour déclencher une grande croissance étant donné que le *Terminalia superba* est une espèce de lumière.

On remarque les mêmes tendances en ce qui concerne les accroissements annuels moyens.

IV. Comparaison de coefficient de forme de *Terminalia superba* avec ceux des autres essences

Le tableau n° 16 compare le coefficient de forme de *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo avec ceux de la réserve floristique de LOWEO, de l'arboretum de Kisangani, de la forêt-d'ABOU, d'AZOLO, de YOKO, forêt naturelle de BAWOMBI.

Tableau n°16 : Comparaison de coefficient moyen de forme de *Terminalia superba* avec ceux d'Abou, de Yoko, de l'arboretum d'Azolo, de la forêt naturelle de BAWOMBI

| Forêt | Essence | Milieu | Coefficient de forme | Source |
|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | | Boucle de la | | |
| 1. Forêt à | | Tshopo | 0,62 | Présent travail |
| <i>Terminalia</i> | <i>Terminalia superba</i> | Arboretum | 0,71 | LUMINGU, 2007 |
| 2. Forêt à | | Yangambi | | |
| Scorodophleous | Scorodophleous zenkeri | LOWEO | 0,70 | KATEMBO, 2006 |
| 3. Forêt à | Gilbertodendron | | | |
| Gilbertodendron dewevrei | | Abou | 0,700 | |
| | | Azolo | 0,729 | |
| | | Bawombi | 0,820 | LOKOMBE, 1996 |
| 4. Forêt à | Gilbertodendro | | | |
| Gilbertodendro | Kisantuense | | 0,8341 | |
| | Funtumia africana | Yoko | 0,7489 | ABEBO, 2006 |
| 5. Forêt à | Gilbertodendro | | | |
| Gilbertodendro dewevrei | | Abou | 0,644 | NZAKALA, 1994 |
| 6. Forêt à | Entendrophragma | | | |
| Entendrophragma condolei | | Forêt naturelle | 0,82 | NDABARIZE, 1984 |
| 7. Plantation à | Gilbertodendron | | | |
| Layon | dewevrei | Yangambi | 0,69 | SHOSO, 1994 |

IL ressort de ce tableau que le coefficient moyen de forme de boucle de la Tshopo est inférieur à celui de l'arboretum de Kisangani .En plus ce coefficient est inférieur à tous les coefficients des autres espèces.

Nous remarquons que le coefficient moyen de forme de *Gilbertodendron kisanuense* de YOKO est supérieur à celui de *Gilbertodendron dewevrei* d'Abou et de Yangambi:

Les coefficients moyens de forme *Gilbertodendron kisanuense* de YOKO et de *Gilbertodendron dewevrei* d'Abou et celui de *Scorodophleous zenkeri* sont tous égaux c'est-à-dire 0,70 ; et presque approximativement supérieur au coefficient de *Gilbertodendron dewevrei* de Yangambi soit 0.69.

En outre, la forme trouvée dépend de l'espèce, de l'origine, de l'aire écologique de la conduite, de l'âge, de l'essence, de la réaction individuelle de la nature, de leur traitement ainsi que leur dimension (Katembo, 2006).

IV Comparaison de tarif de cubage de *Terminalia superba* de Boucle de la Tshopo avec ceux des autres provinces.

Le tableau n° 17 compare le tarif de boucle de la Tshopo avec ceux des autres Provinces (Equateur, Bandundu, Bas Congo et celui de la Province orientale).

Tableau n°17 : comparaison du tarif de *Terminalia superba* boucle de la Tshopo avec ceux des autres provinces.

| Provinces | Tarif de cubage |
|---------------------|-----------------------------------|
| Boucle de la Tshopo | $Y=0,000144.DHP^{2,405087}$ |
| Bandundu | $Y=0,00018242.DHP^{2,27505}$ |
| Bas Congo | $Y=0,000412870.DHP^{2,380751450}$ |
| Equateur | $Y=0,000412870.DHP^{2,15260045}$ |
| Province Orientale | $Y=0,0004658.DHP^{2,1340008}$ |

Les cinq équations de régressions utilisent les modèles puissances.

IV. Comparaison des barèmes de cubage de *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo avec ceux de Bas Congo (B.c), Bandundu (B.D.D.), Equateur.

L'annexe 12 donne la comparaison des barèmes de *Terminalia superba* boucle de la Tshopo avec ceux de Bas Congo, de Bandundu, Equateur et celui de la Province Orientale.

IL ressort de ce tableau que les barèmes de cubage de Bas Congo donne une valeur (en m³) supérieur par rapport aux barèmes des autres Provinces. IL sera suivi de barème de la Province Orientale, Equateur et celui de Bandundu.

Le barème de cubage boucle de la Tshopo donne une valeur (en m³) inférieur aux autres Provinces.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

A. CONCLUSION

Le travail avait pour but de déterminer le comportement de *Terminalia superba* dans la boucle de la Tshopo. Les éléments du comportement ont porté sur l'accroissement annuel et moyen en diamètre et en hauteur, le coefficient de forme et des arbres ainsi que le tarif de cubage.

Un inventaire aléatoire a été réalisé à cet effet, nous avons utilisé un échantillon de cent tige *Terminalia superba* ayant un diamètre à hauteur de poitrine supérieur ou égale à 20 centimètres. Les diamètres et les hauteurs ont été mesurés à l'aide relascope de Bitterlich à bande large ;

Les résultats obtenus après l'analyse révèlent que :

- L'accroissement annuel moyen de *Terminalia superba* est de 0,44 cm. Cet accroissement est inférieur à ceux de *Terminalia superba* dans les plantations LOKOMBE de YANGAMBI sous la méthode layon et bloc étoc (tableau n°14) ;
- L'accroissement annuel moyen en hauteur de *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo est de 0,44 m. Cet accroissement est inférieur à ceux d'*Accacia auriculiformis* de Bengamisa, *Aucoumea hlaneana*, *Cleistopholus glauca*, *eulcaluptus deglupta*, *Gmelina arborea*, *Pinus hondurensis* et *Triplochiton sceleroxylon* (tableau 15). Les faibles accroissements annuel moyen en hauteur se justifierait par le fait que la plantation de *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo se trouve dans un âge avancé (61 ans) alors que les autres espèces citées ci haut sont dans leur jeune âge.
- Le coefficient moyen de *Terminalia superba* est de 0,62 ; ce coefficient est inférieur à celui de *Terminalia superba* de l'arboretum de Kisangani, néanmoins la forme de tige tend vers le parabolode.
- Le tarif de cubage a une entrée de *Terminalia superba* dans la boucle de la Tshopo retenue est de $V = 0,000144 \text{ DHP}^{2,405087}$. Le tarif de cubage est local et est applicable dans la boucle de la Tshopo allant de 20 à 120 cm.

Par rapport aux autres hypothèses de départ, on peut conclure que l'hypothèse concernant le coefficient moyen de forme de tige et l'équation de régression sont vérifiées.

Quant à la première hypothèse concernant les accroissements annuels moyens, on peut dire que ces accroissements sont faibles comptes tenus de l'âge avancé de la plantation.

B.RECOMMANDATION

Le présent travail n'étant qu'une contribution nécessite de amélioration .A cet égard, nous recommandons d'autres études sur les comportements de *Terminalia superba* dans les différents sites de la Province Orientale et d'autres Provinces de la République Démocratique du Congo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAYUBACHIRE, M., 1998 : *Relation entre le volume et le diamètre de Terminalia Superba*. Engl. et Diels (Boucle de la THOPO à Kis). monographie polyculture inédite, ISEA Bengamisa 61 p.
- BIGUMA, A., 2006 : *Contribution à l'élaboration d'un tarif de cubage de Staudtia Kamerunensis (=s. stipitata) dans la réserve floristique de LOWEO Yangambi, RDC*, mémoire inédite, F.S.A/ UNIKIS.
- C.T.F.T., 1956 : *Mémento du forestier*, 1^e éd. Ministère de coopération.
- C.T.F.T., 1989 : *Mémento du forestier*, 3^e éd. Ministère de coopération. 1266 p.
- COPIN, A., 1969 : *Utilisation de la régression dans la précision et l'exactitude en analyse quantitative*. Annales de Gembloux. 75^e année n° 2 75 p.
- DJEKE, B et YENGA, L., 1983 : *Etude sur la variation du coefficient de forme par classe de DHP et par classe de hauteurs totales de « Limba » dans la boucle de la TSHOPO*, monographie I.S.E.A/ Bengamisa.
- DAGNELIE, P., 1976 : *Théorie et méthode statistique*, volume I et II. Presse Agronomique de Gembloux, ASBL avenue de la faculté, 22-5800 Gembloux (Belgique) 179 et 204 p.
- DAGNELIE, P. et al., 1985 : *Tables des cubages des arbres et des peuplements forestiers* Gembloux. Presses Agronomiques des Gembloux. 149 p.
- EBUYI, A., 2006 : *Contribution à l'étude structurale de la forêt mixte de la réserve forestière de YOKO (RDC) Kisangani-Ubundu 25 Km*, Mémoire F.S.A. / UNIKIS.
- F.R.M. : *FOREST RESSOURCES MANAGEMENT 2006 : Formation de forestiers aménagistes et gestionnaires forestiers*. Module 1. Notion introductive 323 p.

FOUCOURT., 1983 : *Régression linéaire sur microordinateur*, 3^e éd Paris France 248 p.

HALD, A., 1952: *statistique tables and formulars*, Willy. New-York. 184 p.

IYONGO, B., 2007: *Contribution à l'étude de l'impact d'une forêt classée sur le développement socio-économique de la population riveraine : cas de la concession du jardin zoologique de Kisangani P.O/ Kisangani*, monographie inédite I.S.E.A / Bengamisa.

ILOKO, I et KEMBE, M., 1983 : *Etude comparative du télerelespe et du relascope à partir des volumes du Terminalia superba Engl. Et Diels (Boucle de la TSHOPO Kisangani)*, monographie Inédite, ISEA Bengamisa 78 p.

JAFFARD, 1986 : *Initiation aux méthodes de la statistique et du calcul des problématiques*, 2^e édition Masson, Paris. 329 p.

KADANGE, N., 1996 : *Distribution écologique et essaie de capture-recapture de petits Mammifère (Rongeurs et Insectivores) de la concession du jardin zoologique de Kisangani (RDC)*, mémoire inédit, UNIKIS, F.S. Kisangani, 41 p.

KAMBALE, M., 2006: *Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de Gibertiodendron kisantueuse (VERMOESEN ex DEWILD). J. LEONARD dans la réserve forestière de YOKO (bloc nord) Ubundu. P.O / R.D.C*, mémoire inédit F.S.A. / UNIKIS.

KANDARA, S. M., 1967 : *Tarif de cubage de Pterocarptus, sayauxii de la forêt d'aménagement UNAZA*, mémoire Inédit Yangambi.

KAPIAMBA. I. M., 1978 : *Evolution de la plantation de limba dans la boucle de la TSHOPO*, monographie inédite I.S.E.A. / Bengamisa.

KISALIMA. K. 1976 : *Calcul du volume des limba dans la plantation de la boucle de la TSHOPO-Kisangani*, monographie inédite I.S.E.A. / Bengamisa.

KONDJO, K, P., 1978 : *Photo Identification et cartographie des formations végétales de la boucle de la TSHOPO-Kis*, monographie inédite I.S.E.A./ Bengamisa.

- KATEMBO. K., 2007 : *Détermination de coefficient moyen de forme des fût de scorodophloeus zenkeri HAMS dans la réserve forestière de LOWEO à Yangambi RDC*, mémoire inédit F.S.A. / UNIKIS.
- LANLY., 1966 : *Inventaire forestier en R.C.A bois et forêts de tropiques*, n° 105 CTFT 56 p.
- LIANDJA. A., 2006 : *Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de scorodophloeus zenkeri HAMS dans la réserve floristique de LOWEO à Yangambi*, mémoire Inédit F.S.A / UNIKIS
- LOKOMBE. D., 1996 : *Etude dendrométrique dewevrei dans la collectivité de Bengamisa*, mémoire D.E.S. IFA /Yangambi.
- LOKOMBE. D., 2005 : *Science du bois*, Cours Inédit FSA / UNIKIS.
- LIEGEOIS et PETIT : *Arboretum de Stanleyville*, Bulletin agricole du Congo belge vol : XLI N° 1 Mars 1950
- LUMINGU, M., 2007 : *Etude de comportement de Terminalia superba de l'arboretum de Kisangani*, mémoire inédit F.S.A / UNIKIS.
- MABIALA et all ; 1981 : *Normes d'inventaire forestiers n°1,3 et 4.Tarif de cubage*. SPIAF kin. 50, 48. 58 p.
- MATE. M., 1984 : *Etude floristique et reforestation de la plantation à terminalia supuba Engl: Et Diels dans la boucle de la Tshopo à kisangani*, mémoire Inédit. Fac. Des sciences/ UNIKIS.
- NDJOUKAM. R.. :1995 : *Contribution à l'étude des interactions « essences forestières à croissance rapide et sol des savanes tropicales humides » cas de la réserve de MELAP (foumban) au Cameroun*. Thèse de doctorat. F.U.S.A de gembloux. 196 p

OTOMABONGAA.B., 2007 : *Contribution à l'élaboration de tarif de cubage de Petersiathus macrocarpus P.Beauw 1968 dans la réserve forestière de Masako kis RDC.*
T.F.C I.S.E.A/Bengamisa

PARDE, 1961 : *Dendrométrie, Edition de l'école nationale des eaux et forêts de Nancy, Nancy 350 p*

ROLLET, 1974 : *Architecture des forêts humides sempervirentes des plaines CTFT.*
Nogent-sun-marnr fracen. 63 p.

S.P.I.A.F, 2002 : *Nomenclature de la carte éco floristique de la R.D.C,* centre d'en charge d'information de la R.D.C. 18 p.

SINDANI. K. T., 1987: *Phytomase et produits de quelques peuplements forestiers des alpes de haut province (France) et Yangambi (zaïre).* Thèse 179 p.

SINDANI, K, T, 2005 : *Biométrie et méthodes statistiques,* Note du cours. F.S.A / UNIKIS.

THIBAUT, A., ROPNDEUX, J. CLAESSNS, H., 1998, *Construction de tarif de cubage d'arbre pour l'analyse glutineux,* Base 2 (3) 213p.

VIVEN, T., et FAUVE, JJ., 1985, *Arbre des forêt dense d'Afrique centrale.* Ministère relation, coopération et développement – Agence de coopération culturelle et technique, 13.Quai Anohi Cihohên, 75015.

WEBOGRAPHIE

Ecopedia 2001: http://WWW.Fondation_ekopedia.org. (Article)

M.CORBASSON et O. SOUVANNAVONG, 2006 : *Etude sur la morphogènes et la croissance en condition strictement contrôlée menées au phytotron du C.N.S.R.*

http://WWW.FAO.ORG/docrip/006/S_9280_F/S9280_F_13.htm Revue bois et forêts des tropiques, nov-dec, 1974) http://bft.cirad.fr/BFT_158_38-49.pdf

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| DEDICACE | |
| REMERCIEMENTS | |
| 0. INTRODUCTION | 1 |
| 0.1. PROBLEMATIQUE | 1 |
| 0.2. Hypothèses | 2 |
| 0.3. But du travail | 2 |
| 0.4. Intérêt du travail | 2 |
| 0.5. Subdivision | 3 |
| 0.6. Etat de la connaissance sur le sujet..... | 3 |
| CHAPITRE PREMIER : GENERALITES | 5 |
| I.1. Etude du milieu | 5 |
| I.1.1. Situation géographique..... | 5 |
| I.1.2. Bref aperçu historique | 5 |
| I.1.3. Climat..... | 6 |
| I.1.4. Géologie | 7 |
| I.1.5. Végétation | 7 |
| I.1.7. Sol | 7 |
| I.2. Terminalia superba (Limba) | 8 |
| I.2.1. Dénomination..... | 8 |
| I.2.2. Description botanique | 9 |
| I.2.2. Habitat, provenance et aire de distribution | 10 |
| I.2.4. Exigences écologiques | 10 |
| I.2.4. Ennemies naturels | 10 |
| I.2.6. Propriétés..... | 11 |
| I.2.6.1. Caractères physiques..... | 11 |
| I.2.6.2. Caractères mécaniques | 12 |
| I.2.7. Usage..... | 12 |
| CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODE | 14 |
| I.1.MATERIEL | 14 |
| I.1.1. Matériel biologique | 14 |
| I.1.1.1 Type de pépinière..... | 14 |
| I.1.1.2. Mise en place..... | 14 |

| | |
|--|-----------|
| II.1.1.3 Méthode sylvicole..... | 14 |
| II.1.2. Matériel technique | 15 |
| II.2. Méthode du travail | 15 |
| II.2.1. Paramètres dendrométriques..... | 15 |
| II.3. Traitement des données | 16 |
| II.3.1. Calcul de volume individuel des arbres..... | 16 |
| II.3.2. Calcul de coefficient de forme..... | 17 |
| II.3.3. Equations de régression | 17 |
| II.3.4. Sélection des équations de régression..... | 17 |
| II.3.5. Ajustement des équations par des tests statistiques | 18 |
| II.3.6. Construction d'une table ou graphique de cubage..... | 19 |
| CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS..... | 20 |
| III.1. Paramètres dendrométriques | 20 |
| III.1.1. Diamètres..... | 20 |
| III.1.1.1. Diamètres à hauteur de poitrine (DHP)..... | 20 |
| III.1.1.2 Diamètre au fin bout (Dfb)..... | 21 |
| III.1.2. Hauteur | 22 |
| III.1.2.1. Hauteur totale (Ht)..... | 22 |
| III. 1.2.2. Hauteur fût. (Hf)..... | 23 |
| III.2. Formes des arbres | 24 |
| III.2.1. Volume de SMALIAN (Vs)..... | 24 |
| III.2.2. Volume du cylindre (V_c) | 25 |
| III.2.3. Coefficient de forme (f)..... | 26 |
| III.3. Accroissement annuel moyen..... | 26 |
| III.4. Calcul de tarif de cubage..... | 27 |
| III.4.1. Présentation de modèle des équations de régression. | 27 |
| III.4.2. Choix de modèle de régression..... | 28 |
| III.4.3. Analyses statistiques..... | 29 |
| III.4.4. Précision de tarif de cubage..... | 30 |
| III.4.5. Calcul d'erreur – type de coefficient de corrélation..... | 30 |
| III.4.6. Tarif de cubage | 31 |
| III.4.6.1. Equation de régression | 31 |
| III.4.6.3. Barème de cubage à une entrée locale..... | 32 |
| CHAPITRE QUATRIEME : DISCUSSION | 33 |

| | |
|---|-----------|
| IV.1. Comparaison des caractéristiques dendrométriques de <i>Terminalia superba</i> dans les différentes localités..... | 33 |
| IV.2. Comparaison des caractéristiques dendrométriques de <i>Terminalia superba</i> avec celles des autres espèces..... | 34 |
| IV. Comparaison de coefficient de forme de <i>Terminalia superba</i> avec ces deux autres essences | 35 |
| IV. Comparaison de tarif de cubage de <i>Terminalia superba</i> de Boucle de la Tshopo avec ceux des autres provinces..... | 36 |
| IV. Comparaison des Barèmes de cubage de <i>Terminalia superba</i> de boucle de la Tshopo avec ceux de Bas – Congo (B.C), Bandundu (B.D.D), Equateur..... | 37 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS..... | 38 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 40 |
| TABLE DES MATIRES | 44 |
| LISTE DES FIGURES | 47 |
| LISTE DES TABLEAUX | 48 |

LISTE DES FIGURES

1. Histogramme de distribution de tiges par classe de diamètres
2. Histogramme de distribution de tiges par classe de diamètre au fin bout (D_{fes})
3. Histogramme de distribution de tiges par classe de la hauteur totale (H_t)
4. Histogramme de distribution de tiges par classe de hauteur fût (H_f)

LISTE DES TABLEAUX

1. Distribution de volume de SMALIAN en fonction des classes de diamètre à hauteur de poitrine (DHP)
2. Distribution de volume du cylindre en fonction des classes de diamètre à hauteur de poitrine diamètre à hauteur de poitrine (DHP)
3. Distribution de coefficient de forme (f) en fonction des classes à diamètre à hauteur de poitrine (DHP)
4. Présentation des accroissements annuels moyens (A.A.M)
5. Caractéristique des équations de régressio
6. Tarif de cubage des différents modèles proposés
7. Appréciation de la qualité d'ajustement par le Test de Chi-carré
8. Ecart-type résiduel, coefficient de variation résiduelle et intervalle de confiance
9. Barème de cubage spécifique *Terminalia superba*.
10. Comparaison de la croissance *Terminalia superba* dans les différentes localités
11. Comparaison des caractéristiques dendrométriques *Terminalia superba* avec celle des autres espèces.
12. Comparaison des coefficient moyens de forme *Terminalia superba* avec ceux : d'Abou, Yoko, Arboretum, Azolo, Forêt naturelle et de Bawombu.
13. Comparaison du tarif de cubage *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo avec ceux des autres provinces
14. Comparaison de barème de cubage *Terminalia superba* de boucle de la Tshopo avec ceux de Bas-Congo, Bandundu, Equateur et de la Province Orientale.

ANNEXE 1. DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSE DE DHP.

| CLASSE DE DHP (cm) | INDICE DE CLASSE | FREQ.OBSERVEE | FREQUENCE RELATIVE | FREQUENCE CUMULEE |
|--------------------|------------------|---------------|--------------------|-------------------|
| 20 - 25 | 25 | 8 | 8 | 8 |
| 25 - 30 | 30 | 12 | 12 | 20 |
| 30 - 35 | 35 | 35 | 35 | 55 |
| 35 - 40 | 40 | 21 | 21 | 76 |
| 40 - 45 | 45 | 9 | 9 | 85 |
| 45 - 50 | 50 | 9 | 9 | 94 |
| 50 - 55 | 55 | 2 | 2 | 96 |
| 55 - 60 | 60 | 1 | 1 | 97 |
| 60 - 65 | 65 | 2 | 2 | 99 |
| 65 - 70 | 70 | 1 | 1 | 100 |
| 70 - 75 | 75 | 1 | 1 | 100 |
| 75 - 80 | 80 | 1 | 1 | 100 |
| 80 - 85 | 85 | 1 | 1 | 100 |
| 85 - 90 | 90 | 1 | 1 | 100 |
| 90 - 95 | 95 | 1 | 1 | 100 |
| 95 - 100 | 100 | 1 | 1 | 100 |
| 100 - 105 | 105 | 1 | 1 | 100 |
| 105 - 110 | 110 | 1 | 1 | 100 |
| 110 - 115 | 115 | 1 | 1 | 100 |
| TOTAL | | 100 | | |
| MOYENNE | | 55,57 | | |
| Ecart-type | | 18,22 | | |
| | | 32% | | |

ANNEXE 2. DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSES DE HAUTEUR

| INDICE DE CLASSE | FREQ.OBSERVEE | FREQ.RELATIV E | F.CUMULEE |
|------------------|---------------|----------------|-----------|
| 33 | 1 | 1 | 1 |
| 17 | 3 | 3 | 4 |
| 21 | 20 | 20 | 24 |
| 25 | 29 | 29 | 53 |
| 29 | 28 | 28 | 81 |
| 33 | 12 | 12 | 93 |
| 37 | 5 | 5 | 98 |
| 41 | 2 | 2 | 100 |
| TOTAL | 100 | | |
| MOYENNE | 27,105 m | | |
| Ecart-type | 5,52 m | | |
| | 20,36 % | | |

ANNEXE 3. DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSE DE DFB

| INDICE DE CLASSE | FREQ.OBSERVEE | FREQ.RELATIV E | FREQ CUMULEE |
|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 13,5 | 18 | 18 | 18 |
| 20,5 | 24 | 24 | 42 |
| 27,5 | 40 | 40 | 82 |
| 34,5 | 2 | 2 | 84 |
| 41,5 | 3 | 3 | 87 |
| 48,5 | 11 | 11 | 98 |
| 55,5 | 0 | 0 | 98 |
| 62,5 | 2 | 2 | 100 |
| TOTAL | 100 | | |
| MOYENNE | 11,725cm | | |
| Ecart-type | 11,725cm | | |
| | 43,70% | | |

ANNEXE 4. DISTRIBUTION DES TIGES PAR CLASSE DE HAUTEUR

| H. F (m) | INDICE DE CLASSE | FREQ.OBSERVEE | FREQ.RELATIVE | FREQ.CUMULEE |
|------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| 5 - 9 | 7 | 4 | 4 | 04 |
| 9 - 13 | 11 | 19 | 19 | 23 |
| 13 - 17 | 15 | 41 | 41 | 64 |
| 17 - 21 | 19 | 25 | 25 | 97 |
| 21 - 25 | 23 | 8 | 8 | 97 |
| 25 - 29 | 27 | 2 | 2 | 99 |
| 29 - 33 | 31 | 0 | 0 | 99 |
| 33 - 37 | 35 | 1 | 1 | 99 |
| TOTAL | | 100 | | 100 |
| MOYENNE | | 16,095m | | |
| ECART-TYPE | | 4,238m | | |
| C : V | | 26,33% | | |

**ANNEXE 5 : VOLUME INDIVIDUEL POUR LE CALCUL
DE COEFFICIENT DE FORME**

| CODE | DHP cm | DFB (cm) | H.F. (m) | VOL. (m ³) | CODE | DHP (cm) | DFB (cm) | H.F. (m) | VOL. (m ³) |
|------|-----------|-------------|-------------|---------------------------|------|-------------|-------------|----------|---------------------------|
| 1 | 120 | 60 | 12,5 | 8,8313 | 51 | 90 | 50 | 25 | 10,4013 |
| 2 | 20 | 50 | 13 | 4,5412 | 52 | 60 | 20 | 18 | 2,826 |
| 3 | 50 | 30 | 14 | 1,8683 | 53 | 70 | 30 | 20 | 4,553 |
| 4 | 25 | 10 | 10 | 0,2846 | 54 | 50 | 20 | 20 | 2,2756 |
| 5 | 50 | 50 | 18 | 3,5325 | 55 | 75 | 30 | 18 | 9,2198 |
| 6 | 50 | 50 | 14 | 0,3434 | 56 | 80 | 35 | 24 | 7,1828 |
| 7 | 70 | 50 | 13,5 | 3,9211 | 57 | 50 | 20 | 15 | 1,7074 |
| 8 | 70 | 50 | 16 | 4,6472 | 58 | 50 | 30 | 19 | 2,5356 |
| 9 | 25 | 15 | 5 | 0,1668 | 59 | 60 | 20 | 18 | 2,826 |
| 10 | 70 | 50 | 12,5 | 3,6306 | 60 | 110 | 45 | 20 | 11,0881 |
| 11 | 35 | 25 | 7 | 0,5083 | 61 | 50 | 20 | 15 | 1,7074 |
| 12 | 60 | 30 | 17 | 3,0026 | 62 | 80 | 45 | 17 | 5,6216 |
| 13 | 80 | 30 | 13 | 3,7248 | 63 | 50 | 25 | 18 | 2,2078 |
| 14 | 50 | 20 | 14 | 1,5936 | 64 | 80 | 45 | 11 | 4,7061 |
| 15 | 37,5 | 22,5 | 6 | 0,4504 | 65 | 50 | 35 | 12 | 1,7545 |
| 16 | 60 | 40 | 9 | 1,8269 | 66 | 105 | 60 | 18 | 10,3326 |
| 17 | 45 | 15 | 22 | 1,9429 | 67 | 60 | 20 | 17 | 2,669 |
| 18 | 70 | 30 | 15 | 3,4148 | 68 | 60 | 25 | 21 | 3,4825 |
| 19 | 75 | 20 | 34,5 | 3,5472 | 69 | 75 | 50 | 19 | 6,0592 |
| 20 | 35 | 15 | 19 | 1,0813 | 70 | 90 | 50 | 16,5 | 6,8648 |
| 21 | 50 | 20 | 22 | 2,5042 | 71 | 50 | 20 | 17 | 1,9350 |
| 22 | 50 | 20 | 22,5 | 2,5611 | 72 | 50 | 20 | 20 | 2,2765 |
| 23 | 60 | 20 | 22,5 | 3,5325 | 73 | 50 | 30 | 12 | 1,6014 |
| 24 | 60 | 30 | 22 | 3,8858 | 74 | 40 | 25 | 15,5 | 1,3536 |
| 25 | 45 | 30 | 11 | 1,2629 | 75 | 50 | 25 | 12 | 1,4719 |
| 26 | 60 | 30 | 13,5 | 2,3844 | 76 | 50 | 20 | 12 | 1,3659 |
| 27 | 60 | 20 | 27,5 | 4,3175 | 77 | 60 | 30 | 16,5 | 2,9143 |
| 28 | 55 | 30 | 15,5 | 2,3819 | 78 | 55 | 20 | 22 | 2,9575 |
| 29 | 50 | 20 | 13,5 | 1,5356 | 79 | 50 | 25 | 10 | 1,2266 |
| 30 | 40 | 20 | 18 | 1,413 | 80 | 55 | 15 | 17,5 | 2,2323 |
| 31 | 50 | 15 | 25,5 | 2,7274 | 81 | 50 | 20 | 13,5 | 1,5366 |
| 32 | 80 | 10 | 17,5 | 4,4647 | 82 | 45 | 15 | 15 | 1,3247 |
| 33 | 50 | 30 | 14 | 1,6683 | 83 | 35 | 15 | 16 | 0,9106 |
| 34 | 50 | 25 | 13 | 1,5915 | 84 | 40 | 10 | 19,5 | 1,3011 |
| 35 | 30 | 10 | 15 | 0,5888 | 85 | 35 | 10 | 16 | 0,8321 |
| 36 | 25 | 10 | 15 | 0,4268 | 86 | 45 | 20 | 19,5 | 1,8560 |
| 37 | 60 | 25 | 17,5 | 2,9020 | 87 | 60 | 25 | 12,5 | 2,0729 |
| 38 | 60 | 30 | 15,5 | 2,7377 | 88 | 25 | 20 | 10 | 0,4023 |
| 39 | 50 | 25 | 15,5 | 1,9011 | 89 | 70 | 25 | 17 | 3,6866 |
| 40 | 50 | 25 | 15,5 | 1,9011 | 90 | 35 | 10 | 17,5 | 0,9101 |
| 41 | 60 | 30 | 18 | 3,1793 | 91 | 30 | 15 | 19 | 0,8390 |
| 42 | 50 | 25 | 15 | 1,8398 | 92 | 35 | 15 | 13 | 0,7399 |
| 43 | 30 | 15 | 15 | 0,6623 | 93 | 95 | 25 | 13 | 4,9239 |
| 44 | 60 | 25 | 17 | 2,8191 | 94 | 25 | 15 | 13 | 0,4337 |
| 45 | 45 | 25 | 18,5 | 1,9242 | 95 | 35 | 25 | 24 | 1,7427 |
| 46 | 40 | 25 | 13,5 | 1,1790 | 96 | 50 | 20 | 17,5 | 1,9919 |
| 47 | 60 | 30 | 15 | 2,6494 | 97 | 70 | 50 | 12 | 3,4854 |
| 48 | 65 | 30 | 16 | 3,2185 | 98 | 50 | 30 | 14 | 1,8683 |
| 49 | 45 | 20 | 16 | 1,5229 | 99 | 70 | 30 | 16 | 3,6424 |
| 50 | 45 | 20 | 16,5 | 1,5705 | 100 | 60 | 25 | 17 | 2,8191 |

ANNEXE 6: DONNEES DU TERRAIN

| NO | DHP (cm) | DFB (m) | HF (cm) | H.T (cm) |
|----|----------|---------|---------|----------|
| 1 | 120 | 60 | 12,5 | 19,5 |
| 2 | 80 | 50 | 13 | 28 |
| 3 | 50 | 30 | 14 | 21 |
| 4 | 25 | 10 | 10 | 16,5 |
| 5 | 50 | 50 | 18 | 28 |
| 6 | 50 | 50 | 14 | 29 |
| 7 | 70 | 50 | 13,5 | 27,5 |
| 8 | 70 | 50 | 16 | 28 |
| 9 | 25 | 15 | 5 | 22,5 |
| 10 | 70 | 50 | 12,5 | 30,5 |
| 11 | 35 | 25 | 7 | 26 |
| 12 | 60 | 30 | 17 | 34 |
| 13 | 80 | 30 | 13 | 33 |
| 14 | 50 | 20 | 14 | 28 |
| 15 | 37,5 | 22,5 | 6 | 16,5 |
| 16 | 60 | 40 | 9 | 18 |
| 17 | 45 | 15 | 22 | 29 |
| 18 | 70 | 30 | 15 | 28 |
| 19 | 75 | 20 | 34,5 | 40,5 |
| 20 | 35 | 15 | 19 | 35 |
| 21 | 50 | 20 | 22 | 37 |
| 22 | 50 | 20 | 22,5 | 34,5 |
| 23 | 60 | 20 | 22,5 | 36,5 |
| 24 | 60 | 30 | 22 | 33 |
| 25 | 45 | 30 | 11 | 24 |
| 26 | 60 | 30 | 13,5 | 27,5 |
| 27 | 60 | 20 | 27,5 | 41,5 |
| 28 | 55 | 30 | 15,5 | 30,5 |
| 29 | 50 | 25 | 13,5 | 34,5 |
| 30 | 40 | 20 | 18 | 23 |
| 31 | 50 | 15 | 25,5 | 23,5 |
| 32 | 80 | 10 | 17,5 | 32,5 |
| 33 | 50 | 30 | 14 | 21 |
| 34 | 50 | 25 | 13 | 31 |
| 35 | 30 | 10 | 15 | 24 |
| 36 | 25 | 10 | 15 | 23 |
| 37 | 60 | 25 | 17,5 | 27,5 |
| 38 | 60 | 30 | 15,5 | 29,5 |
| 39 | 50 | 25 | 15,5 | 30,5 |
| 40 | 50 | 25 | 15,5 | 26,5 |
| 41 | 60 | 30 | 18 | 30 |
| 42 | 50 | 25 | 15 | 24 |
| 43 | 30 | 15 | 15 | 23 |
| 44 | 60 | 27 | 17 | 29 |
| 45 | 45 | 25 | 18,5 | 31 |
| 46 | 40 | 25 | 13,5 | 26,5 |
| 47 | 60 | 30 | 15 | 26 |
| 48 | 65 | 30 | 16 | 27 |
| 49 | 45 | 20 | 16 | 22,5 |
| 50 | 45 | 20 | 16 | 23,5 |
| 51 | 90 | 50 | 25 | 39 |
| 52 | 60 | 20 | 18 | 25 |
| 53 | 70 | 30 | 20 | 31 |
| 54 | 50 | 20 | 20 | 31 |
| 55 | 75 | 30 | 18 | 24 |
| 56 | 80 | 35 | 24 | 35 |
| 57 | 50 | 20 | 15 | 25 |
| 58 | 50 | 30 | 19 | 36 |
| 59 | 60 | 20 | 18 | 26 |
| 60 | 110 | 45 | 20 | 29 |
| 61 | 50 | 20 | 15 | 27 |
| 62 | 80 | 45 | 17 | 37 |

| | | | | |
|-----|-----|----|------|------|
| 63 | 50 | 25 | 18 | 31 |
| 64 | 80 | 45 | 11 | 23 |
| 65 | 50 | 35 | 12 | 24 |
| 66 | 105 | 60 | 18 | 36 |
| 67 | 60 | 20 | 17 | 21 |
| 68 | 60 | 25 | 21 | 31 |
| 69 | 75 | 50 | 19 | 31 |
| 70 | 90 | 50 | 16,5 | 28,5 |
| 71 | 50 | 20 | 17 | 25 |
| 72 | 50 | 20 | 20 | 34 |
| 73 | 50 | 30 | 12 | 21 |
| 74 | 40 | 25 | 15,5 | 21,5 |
| 75 | 50 | 25 | 12 | 26 |
| 76 | 50 | 20 | 12 | 20 |
| 77 | 60 | 30 | 16,5 | 29 |
| 78 | 55 | 20 | 22 | 35 |
| 79 | 50 | 25 | 10 | 21 |
| 80 | 55 | 15 | 17,5 | 20,5 |
| 81 | 50 | 20 | 13,5 | 25 |
| 82 | 45 | 15 | 15 | 26,5 |
| 83 | 35 | 15 | 16 | 24,5 |
| 84 | 40 | 10 | 19,5 | 33,5 |
| 85 | 35 | 10 | 16 | 23,5 |
| 86 | 45 | 20 | 19,5 | 28,5 |
| 87 | 60 | 25 | 12,5 | 24 |
| 88 | 25 | 20 | 10 | 11 |
| 89 | 70 | 25 | 17 | 24 |
| 90 | 35 | 10 | 17,5 | 23,5 |
| 91 | 30 | 15 | 19 | 22,5 |
| 92 | 35 | 15 | 13 | 18 |
| 93 | 95 | 25 | 13 | 23 |
| 94 | 25 | 15 | 13 | 20 |
| 95 | 35 | 25 | 13 | 24 |
| 96 | 50 | 20 | 15 | 26,5 |
| 97 | 70 | 50 | 17,5 | 24 |
| 98 | 50 | 30 | 14 | 27 |
| 99 | 70 | 30 | 16 | 23 |
| 100 | 60 | 25 | 17 | 32 |

ANNEXE 7 : VOLUME CYLINDRE POUR LE CALCUL DE COEFFICIENT MOYEN DE FORME.

| CODE | DH (cm) | H. F | VOLUME CYLINDRE | CODE | DHP | H. F | VOL. C4 |
|------|----------|------|-----------------|------|-----|------|------------|
| 1 | 120 | 12,5 | 14,13 | 51 | 90 | 25 | 15,89625 |
| 2 | 80 | 13 | 6,5312 | 52 | 60 | 18 | 5,0868 |
| 3 | 50 | 14 | 2,7475 | 53 | 70 | 20 | 7,693 |
| 4 | 25 | 10 | 0,9490625 | 54 | 75 | 18 | 7,948125 |
| 5 | 50 | 18 | 3,6325 | 55 | 75 | 18 | 7,948125 |
| 6 | 50 | 14 | 2,7475 | 56 | 80 | 24 | 12,0576 |
| 7 | 70 | 13,5 | 5,122775 | 57 | 50 | 15 | 2,94375 |
| 8 | 70 | 16 | 6,1544 | 58 | 50 | 19 | 3,72875 |
| 9 | 25 | 5 | 0,2453125 | 59 | 60 | 18 | 5,0868 |
| 10 | 70 | 12,5 | 4,808125 | 60 | 110 | 20 | 18,997 |
| 11 | 35 | 7 | 0,6431375 | 61 | 50 | 15 | 2,94376 |
| 12 | 60 | 17 | 4,8042 | 62 | 80 | 17 | 8,5400 |
| 13 | 80 | 13 | 6,5312 | 63 | 50 | 18 | 3,5325 |
| 14 | 50 | 14 | 2,7475 | 64 | 80 | 11 | 5,5264 |
| 15 | 37,3 | 6 | 0,662343 | 65 | 50 | 12 | 2,355 |
| 16 | 60 | 18 | 5,868 | 66 | 105 | 18 | 15,578325 |
| 17 | 45 | 22 | 3,497175 | 67 | 60 | 17 | 4,8042 |
| 18 | 70 | 15 | 5,76975 | 68 | 60 | 21 | 5,9346 |
| 19 | 75 | 34,5 | 15,21390625 | 69 | 75 | 19 | 8,3896875 |
| 20 | 35 | 19 | 1,8270876 | 70 | 90 | 16,5 | 10,491525 |
| 21 | 50 | 22 | 4,3175 | 71 | 50 | 17 | 3,33625 |
| 22 | 50 | 22,5 | 4,415625 | 72 | 50 | 20 | 3,995 |
| 23 | 60 | 22,5 | 6,3585 | 73 | 50 | 12 | 2,355 |
| 24 | 60 | 22 | 6,2172 | 74 | 40 | 15,5 | 1,9468 |
| 25 | 45 | 11 | 1,748587 | 75 | 50 | 12 | 2,3595 |
| 26 | 60 | 13,5 | 3,8151 | 76 | 50 | 12 | 2,3595 |
| 27 | 60 | 27,5 | 7,7715 | 77 | 60 | 16,5 | 4,6629 |
| 28 | 55 | 15,5 | 3,680668 | 78 | 55 | 22 | 5,224175 |
| 29 | 50 | 13,5 | 2,649375 | 79 | 50 | 10 | 1,9625 |
| 30 | 40 | 18 | 2,2608 | 80 | 55 | 17,5 | 4,15559375 |
| 31 | 50 | 25 | 4,90625 | 81 | 50 | 13,5 | 2,3844375 |
| 32 | 80 | 17,5 | 8,792 | 82 | 45 | 15 | 2,3844375 |
| 33 | 50 | 14 | 2,7475 | 83 | 35 | 16 | 1,5386 |
| 34 | 50 | 13 | 2,55125 | 84 | 40 | 19,5 | 2,4492 |
| 35 | 30 | 15 | 1,0125 | 85 | 35 | 16 | 1,5386 |
| 36 | 25 | 15 | 0,7359375 | 86 | 45 | 19,5 | 3,09976875 |
| 37 | 60 | 17,5 | 4,9454 | 87 | 60 | 12,5 | 3,5325 |
| 38 | 60 | 15,5 | 4,3803 | 88 | 25 | 10 | 0,490625 |
| 39 | 50 | 15,5 | 3,041875 | 89 | 70 | 17 | 6,53905 |
| 40 | 50 | 15,5 | 3,041875 | 90 | 35 | 17,5 | 1,34235 |
| 41 | 60 | 18 | 5,0860 | 91 | 30 | 19 | 1,34235 |
| 42 | 50 | 15 | 2,94375 | 92 | 35 | 13 | 1,2501125 |
| 43 | 30 | 15 | 0,91845 | 93 | 95 | 13 | 9,2100125 |
| 44 | 60 | 17 | 4,8042 | 94 | 25 | 13 | 0,6378125 |
| 45 | 45 | 18,5 | 2,94080625 | 95 | 35 | 13 | 1,2501125 |
| 46 | 40 | 13,5 | 1,6956 | 96 | 50 | 15 | 2,94375 |
| 47 | 60 | 15 | 4,239 | 97 | 70 | 17,5 | 6,731375 |
| 48 | 65 | 16 | 5,3066 | 98 | 50 | 14 | 2,7475 |
| 49 | 45 | 16 | 2,5434 | 99 | 70 | 16 | 6,1544 |
| 50 | 45 | 16 | 2,5434 | 100 | 60 | 17 | 4,8042 |

ANNEXE 8 : CALCUL DE COEFFICIENT DE FORME

| DONNEES CALCULEES | | | DONNEES PRELEVEES | | | | |
|-------------------|-------------|------------|-------------------|--------|-----------|------------|--------|
| f | $V_c(m^3)$ | $V_s(m^3)$ | H.T(m) | H.T(m) | D.FB (cm) | D.H.P (cm) | (CODE) |
| 0,625130927 | 14,13 | 8,8331 | 19,5 | 12,5 | 60 | 120 | 1 |
| 0,694245 | 6,5312 | 4,5412 | 28 | 18 | 50 | 80 | 2 |
| 0,68 | 2,7475 | 1,8683 | 21 | 14 | 30 | 50 | 3 |
| 0,2999874876 | 0,9490625 | 0,2846 | 16,5 | 10 | 10 | 25 | 4 |
| 1 | 3,5325 | 3,5325 | 28 | 18 | 50 | 50 | 5 |
| 0,124986351 | 2,7475 | 0,3434 | 29 | 14 | 50 | 50 | 6 |
| 0,755106855 | 5,192775 | 3,9211 | 27,5 | 13,5 | 50 | 70 | 7 |
| 0,75510204 | 6,1544 | 4,6472 | 28 | 16 | 50 | 70 | 8 |
| 0,679949044 | 0,2453125 | 0,1668 | 22,5 | 5 | 15 | 25 | 9 |
| 0,755096841 | 4,808125 | 3,6306 | 30,5 | 12,5 | 50 | 70 | 10 |
| 0,75512061 | 0,6731375 | 0,5083 | 26 | 7 | 25 | 35 | 11 |
| 0,624994796 | 4,8042 | 3,0026 | 34 | 17 | 30 | 60 | 12 |
| 0,570308672 | 6,5312 | 3,7248 | 33 | 13 | 30 | 80 | 13 |
| 0,5800181198 | 2,7475 | 1,5936 | 28 | 14 | 20 | 50 | 14 |
| 0,680010206 | 0,662343 | 0,4504 | 16,5 | 6 | 22,5 | 37,5 | 15 |
| 0,3611111111 | 5,0868 | 1,8369 | 18 | 9 | 40 | 60 | 16 |
| 0,555562704 | 3,497175 | 1,9429 | 29 | 22 | 15 | 45 | 17 |
| 0,5918454 | 5,76975 | 3,4148 | 28 | 15 | 30 | 70 | 18 |
| 0,23284901 | 15,23390625 | 3,5472 | 40,5 | 34,5 | 20 | 75 | 19 |
| 0,59181621 | 1,8270875 | 1,0813 | 35 | 19 | 15 | 35 | 20 |
| 0,58001158 | 4,3175 | 2,5042 | 37 | 22 | 20 | 50 | 21 |
| 0,580008492 | 4,415625 | 2,5611 | 34,5 | 22,5 | 20 | 50 | 22 |
| 0,5555555555 | 6,3585 | 3,5325 | 36,5 | 22,5 | 20 | 60 | 23 |
| 0,625008042 | 6,2172 | 3,8858 | 33 | 22 | 30 | 60 | 24 |
| 0,7222403 | 1,748587 | 1,2629 | 24 | 11 | 30 | 45 | 25 |
| 0,62499017 | 3,8151 | 2,3844 | 27,5 | 13,5 | 30 | 60 | 26 |
| 0,5555555555 | 7,7715 | 4,3175 | 41,5 | 27,5 | 20 | 60 | 27 |
| 0,648768101 | 3,680668 | 2,3879 | 30,5 | 15,5 | 30 | 55 | 28 |
| 0,579985845 | 2,649375 | 1,5366 | 34,5 | 13,5 | 25 | 50 | 29 |
| 0,625 | 2,2608 | 1,413 | 23 | 18 | 20 | 40 | 30 |
| 0,555903184 | 4,90625 | 2,7274 | 23,5 | 25,5 | 15 | 50 | 31 |
| 0,507813921 | 8,792 | 4,4647 | 32,5 | 17,5 | 10 | 80 | 32 |
| 0,68 | 2,7475 | 1,8683 | 21 | 14 | 30 | 50 | 33 |
| 0,624987751 | 2,55125 | 1,5945 | 31 | 13 | 25 | 50 | 34 |
| 0,581530864 | 1,0125 | 0,5888 | 24 | 15 | 10 | 30 | 35 |
| 0,579940552 | 0,7359375 | 0,4268 | 23 | 15 | 10 | 25 | 36 |
| 0,586807942 | 4,9454 | 2,9020 | 27,5 | 17,5 | 25 | 60 | 37 |
| 0,624934365 | 4,3803 | 2,7374 | 29,5 | 15,5 | 30 | 60 | 38 |
| 0,624976371 | 3,041875 | 1,9011 | 30,5 | 15,5 | 25 | 50 | 39 |
| 0,624976371 | 3,041875 | 1,9011 | 26,5 | 15,5 | 25 | 50 | 40 |
| 0,62510814 | 5,0860 | 3,1793 | 30 | 18 | 30 | 60 | 41 |
| 0,624985138 | 2,94375 | 1,8398 | 24 | 15 | 30 | 60 | 42 |
| 0,721106211 | 0,91845 | 0,6623 | 23 | 15 | 15 | 30 | 43 |
| 0,58679905 | 4,8042 | 2,8191 | 29 | 17 | 27 | 60 | 44 |
| 0,994353164 | 2,94080625 | 1,9242 | 31 | 18,5 | 25 | 45 | 45 |
| 0,695329087 | 1,6956 | 1,1790 | 26,5 | 19,5 | 25 | 40 | 46 |
| 0,625005897 | 4,239 | 2,6494 | 26 | 15 | 30 | 60 | 47 |
| 0,606508875 | 5,3066 | 3,2185 | 27 | 16 | 30 | 65 | 48 |
| 0,598765432 | 2,5434 | 1,5229 | 22,5 | 16 | 20 | 45 | 49 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----|------|------|---------|------------|--------------|
| 51 | 90 | 50 | 25 | 39 | 10,4013 | 15,89625 | 0,65432413 |
| 52 | 60 | 20 | 18 | 25 | 2,826 | 5,0868 | 0,5555555 |
| 53 | 70 | 30 | 20 | 31 | 4,553 | 7,693 | 0,591836734 |
| 54 | 50 | 20 | 20 | 31 | 2,2756 | 3,925 | 0,5797707 |
| 55 | 75 | 30 | 18 | 24 | 9,2196 | 7,948125 | 1,159971691 |
| 56 | 80 | 35 | 24 | 35 | 7,1828 | 12,0576 | 0,595736916 |
| 57 | 50 | 20 | 15 | 25 | 1,7074 | 2,94375 | 0,580008492 |
| 58 | 50 | 30 | 19 | 36 | 2,5356 | 3,72875 | 0,680013409 |
| 59 | 60 | 20 | 18 | 26 | 2,826 | 5,0868 | 0,555555555 |
| 60 | 110 | 45 | 20 | 29 | 11,0881 | 18,997 | 0,58367637 |
| 61 | 50 | 20 | 15 | 27 | 1,7074 | 2,94375 | 0,580008492 |
| 62 | 80 | 45 | 17 | 37 | 5,6216 | 8,5400 | 0,658266978 |
| 63 | 50 | 25 | 18 | 31 | 2,2078 | 3,5325 | 0,624996461 |
| 64 | 80 | 45 | 11 | 23 | 4,7061 | 5,5264 | 0,851567023 |
| 65 | 50 | 35 | 12 | 24 | 1,7545 | 2,355 | 0,745010615 |
| 66 | 105 | 60 | 18 | 36 | 10,3326 | 15,578325 | 0,663267713 |
| 67 | 60 | 20 | 17 | 21 | 2,669 | 4,8042 | 0,555555555 |
| 68 | 60 | 25 | 21 | 31 | 3,4825 | 5,9346 | 0,586812927 |
| 69 | 75 | 50 | 19 | 31 | 6,0592 | 8,3896875 | 0,722219987 |
| 70 | 90 | 50 | 16,5 | 28,5 | 6,8648 | 10,491525 | 0,654318604 |
| 71 | 50 | 20 | 17 | 25 | 1,9350 | 3,33625 | 0,579992506 |
| 72 | 50 | 20 | 20 | 34 | 2,2765 | 3,925 | 0,58 |
| 73 | 50 | 30 | 12 | 21 | 1,6014 | 2,355 | 0,68 |
| 74 | 40 | 25 | 15,5 | 21,5 | 1,3536 | 1,9468 | 0,695294848 |
| 75 | 50 | 25 | 12 | 26 | 1,4719 | 2,355 | 0,625010615 |
| 76 | 50 | 20 | 12 | 20 | 1,3659 | 2,355 | 0,58 |
| 77 | 60 | 30 | 16,5 | 29 | 2,9143 | 4,6629 | 0,624997319 |
| 78 | 55 | 20 | 22 | 35 | 2,9575 | 5,224175 | 0,566118095 |
| 79 | 50 | 25 | 10 | 21 | 1,2266 | 1,9625 | 0,625019108 |
| 80 | 55 | 15 | 17,5 | 20,5 | 2,2223 | 4,15559375 | 0,534728927 |
| 81 | 50 | 20 | 13,5 | 25 | 1,5366 | 2,649375 | 0,5779985845 |
| 82 | 45 | 15 | 15 | 26,5 | 1,3247 | 2,3844375 | 0,555560797 |
| 83 | 35 | 15 | 16 | 24,5 | 0,9106 | 1,5386 | 0,591836734 |
| 84 | 40 | 10 | 19,5 | 33,5 | 1,3011 | 2,4492 | 0,531234688 |
| 85 | 35 | 10 | 16 | 23,5 | 0,8321 | 1,5386 | 0,540816320 |
| 86 | 45 | 20 | 19,5 | 28,5 | 1,8560 | 3,09976875 | 0,599156628 |
| 87 | 60 | 25 | 12,5 | 24 | 2,0729 | 3,5325 | 0,587223796 |
| 88 | 25 | 20 | 10 | 11 | 0,4023 | 0,490625 | 0,819974522 |
| 89 | 70 | 25 | 17 | 24 | 3,6866 | 6,53905 | 0,563743405 |
| 90 | 35 | 10 | 17,5 | 23,5 | 0,9101 | 1,68284375 | 0,540810833 |
| 91 | 30 | 15 | 19 | 22,5 | 0,8390 | 1,34235 | 0,624953445 |
| 92 | 35 | 15 | 13 | 18 | 0,7399 | 1,2501125 | 0,591387751 |
| 93 | 95 | 25 | 13 | 23 | 4,9239 | 9,2100125 | 0,534624681 |
| 94 | 25 | 15 | 13 | 20 | 0,4337 | 0,6378125 | 0,679980401 |
| 95 | 35 | 25 | 13 | 24 | 1,7427 | 1,2501125 | 1,392906384 |
| 96 | 50 | 20 | 15 | 26,5 | 1,9919 | 2,94375 | 0,676711398 |
| 97 | 70 | 50 | 17,5 | 24 | 3,4854 | 6,731375 | 0,517784256 |
| 98 | 50 | 30 | 14 | 27 | 1,8683 | 2,7475 | 0,68 |
| 99 | 70 | 30 | 16 | 23 | 3,6424 | 6,1544 | 0,591836734 |
| 100 | 60 | 25 | 17 | 32 | 2,8191 | 4,8042 | 0,58679905 |

ANNEXE 9 : COMPARAISON DE DIFFERENTS VOLUMES

| CODE | DHP(cure) | Y obs (m ³) | Y cal EXPONENT | Y cal INVERSE | Y cal LOGATHMIQ | Y cal PUISSANCE | Y cal LINEAIRE |
|----------|-----------|----------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 25 | 0,2846 | 0,566132 | -11,2116 | -1,5094 | 0,331535 | -0,4731 |
| 2 | 25 | 0,1668 | 0,566132 | -11,2116 | -1,5094 | 0,331535 | -0,4731 |
| 3 | 30 | 0,5876 | 0,687746 | -9,3430 | -0,3287 | 0,511501 | 0,1024 |
| 4 | 30 | 0,8390 | 0,687746 | -9,3430 | -0,3287 | 0,511501 | 0,1024 |
| 5 | 35 | 0,5083 | 0,835120 | -8,0083 | 0,6688 | 0,744698 | 0,6779 |
| 6 | 35 | 1,081 | 0,835120 | -8,0083 | 0,6688 | 0,744698 | 0,6779 |
| 7 | 37,5 | 0,4504 | 0,920228 | -7,4744 | 1,1154 | 0,879113 | 0,9656 |
| 8 | 40 | 1,4130 | 1,014075 | -7,0073 | 1,5330 | 1,026729 | 1,2534 |
| 9 | 45 | 1,5229 | 1,231337 | -6,2287 | 2,3085 | 1,362958 | 1,8289 |
| 10 | 45 | 1,5705 | 1,231337 | -6,2287 | 2,3085 | 1,362958 | 1,8289 |
| 11 | 50 | 1,6559 | 1,495244 | -5,6058 | 2,9778 | 1,756035 | 2,4044 |
| 12 | 50 | 2,2765 | 1,495244 | -5,6058 | 2,9778 | 1,756035 | 2,4044 |
| 13 | 55 | 2,3879 | 1,814466 | -5,0962 | 3,5947 | 2,208443 | 2,9799 |
| 14 | 55 | 2,9575 | 1,814466 | -5,0962 | 3,5947 | 2,208443 | 2,9799 |
| 15 | 60 | 2,9020 | 2,204724 | -4,6715 | 4,1579 | 2,722519 | 3,554 |
| 16 | 60 | 2,6494 | 2,204724 | -4,6715 | 4,1579 | 2,722519 | 3,554 |
| 17 | 65 | 3,2185 | 2,677166 | -4,3122 | 4,6757 | 3,300478 | 4,1309 |
| 18 | 70 | 3,6306 | 3,250845 | -4,0041 | 5,1554 | 3,944426 | 4,7064 |
| 19 | 70 | 4,553 | 3,250845 | -4,0041 | 5,1554 | 3,944426 | 4,7064 |
| 20 | 70 | 3,4854 | 3,250845 | -4,0041 | 5,1554 | 3,944426 | 4,7064 |
| 21 | 75 | 8,1586 | 3,947456 | -3,7372 | 5,6021 | 4,656375 | 5,2819 |
| 22 | 75 | 6,0592 | 3,947456 | -3,7372 | 5,6021 | 4,656375 | 5,2819 |
| 23 | 80 | 5,6216 | 4,793341 | -3,5036 | 6,0203 | 5,438254 | 5,8574 |
| 24 | 80 | 4,5412 | 4,793341 | -3,5036 | 6,0203 | 5,438254 | 5,8574 |
| 25 | 90 | 10,4013 | 7,067736 | -3,1143 | 6,7828 | 7,219145 | 7,0084 |
| 26 | 90 | 6,8643 | 7,067736 | -3,1143 | 6,7828 | 7,219145 | 7,0084 |
| 27 | 95 | 4,9239 | 8,582254 | -2,9504 | 7,1324 | 8,221666 | 7,5839 |
| 28 | 105 | 10,3326 | 12,654453 | -2,6694 | 7,7804 | 10,459203 | 8,7349 |
| 29 | 110 | 11,0881 | 15,366126 | -2,5481 | 8,0813 | 11,667404 | 9,3104 |
| 30 | 120 | 8,8331 | 22,657209 | -2,3358 | 8,6445 | 14,420299 | 10,4614 |
| Σ | | | 122,91065 | -146,3337 | 115,9785 | 115,710896 | 115,0039 |

ANNEXE 10 : DONNEE DE CALCUL DE KHI-CARRE ET D'ECART TYPE

RESIDUEL POUR LA REGRESSION-PUISSANCE.

| CODE | DHP | y obs | y cal | y obs - y cal | (y obs - y cal) ² | (y obs - y cal) ² |
|------|------|---------|-----------|---------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | | | y cal |
| 1 | 25 | 0,2846 | 0,331535 | 0,046935 | 0,002208 | 0,006644 |
| 2 | 25 | 0,1668 | 0,331535 | 0,164735 | 0,027137 | 0,081854 |
| 3 | 30 | 0,5876 | 0,511401 | 0,076199 | 0,005806 | 0,011353 |
| 4 | 30 | 0,8390 | 0,511401 | 0,327599 | 0,107321 | 0,209857 |
| 5 | 35 | 0,5083 | 0,744698 | 0,236390 | 0,055884 | 0,075042 |
| 6 | 35 | 1,081 | 0,744698 | 0,336902 | 0,113099 | 0,151872 |
| 7 | 37,5 | 0,4504 | 0,879113 | 0,428713 | 0,183794 | 0,209068 |
| 8 | 40 | 1,4130 | 1,026729 | 0,386271 | 0,149205 | 0,145321 |
| 9 | 45 | 1,5229 | 1,362958 | 0,159942 | 0,025581 | 0,018769 |
| 10 | 45 | 1,5705 | 1,362958 | 0,207441 | 0,043031 | 0,031572 |
| 11 | 50 | 1,6559 | 1,756035 | 0,100123 | 0,010024 | 0,005708 |
| 12 | 50 | 2,2765 | 1,756035 | 0,520477 | 0,270896 | 0,154265 |
| 13 | 55 | 2,3879 | 2,208443 | 0,179457 | 0,032204 | 0,014582 |
| 14 | 55 | 2,9575 | 2,208443 | 0,749057 | 0,561086 | 0,254064 |
| 15 | 60 | 2,9020 | 2,722519 | 0,79481 | 0,032213 | 0,011832 |
| 16 | 60 | 2,6494 | 2,722519 | -0,073119 | 0,005346 | 0,001963 |
| 17 | 65 | 3,2185 | 3,300478 | -0,081978 | 0,006720 | 0,002036 |
| 18 | 70 | 3,6306 | 3,944426 | -0,313826 | 0,098486 | 0,024968 |
| 19 | 70 | 4,553 | 3,944426 | -0,608574 | 0,370362 | 0,093895 |
| 20 | 70 | 3,4854 | 3,944426 | -0,459026 | 0,210704 | 0,053418 |
| 21 | 75 | 8,1586 | 4,656375 | 3,502225 | 12,265579 | 2,634147 |
| 22 | 75 | 6,0592 | 4,656375 | 1,40283 | 1,967932 | 0,122631 |
| 23 | 80 | 5,6216 | 5,438254 | 0,183346 | 0,033615 | 0,006181 |
| 24 | 80 | 4,5412 | 5,438254 | -0,897054 | 0,804705 | 0,147971 |
| 25 | 90 | 10,4013 | 7,219145 | 3,182155 | 10,126110 | 1,402674 |
| 26 | 90 | 6,8643 | 7,219145 | -0,354345 | 0,125560 | 0,017392 |
| 27 | 95 | 4,9239 | 8,221666 | -3,297766 | 10,875260 | 1,322756 |
| 28 | 105 | 10,3326 | 10,459203 | -0,126603 | 0,016028 | 0,001532 |
| 29 | 110 | 11,0881 | 11,667407 | -0,579307 | 0,335596 | 0,028763 |
| 30 | 120 | 8,8331 | 14,420299 | -5,587199 | 31,216792 | 2,164781 |
| S | | | 115,71089 | -0,130034 | 70,078284 | 9,706911 |
| | | | 3,8570 | | | |

ANNEXE 11 : DONNEE DE CALCUL DE KHI-CARRE ET D'ECART TYPE

RESIDUEL POUR LA REGRESSION-EXPONENTIEL

| CODE | DHP | y obs | y cal | y obs - y cal | (y obs - y cal) ² | (y obs - y cal) ² |
|------|------|---------|-----------|---------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | | | y cal |
| .1 | 25 | 0,2846 | 0,566132 | -0,281532 | 0,079260 | 0,140003 |
| 2 | 25 | 0,1668 | 0,566132 | -0,39932 | 0,159466 | 0,281676 |
| 3 | 30 | 0,5876 | 0,687746 | -0,100146 | 0,010029 | 0,014583 |
| 4 | 30 | 0,8390 | 0,687746 | 0,151254 | 0,022878 | 0,033265 |
| 5 | 35 | 0,5083 | 0,835120 | -0,32682 | 0,106811 | 0,124899 |
| 6 | 35 | 1,081 | 0,835120 | 0,24488 | 0,059966 | 0,071806 |
| 7 | 37,5 | 0,4504 | 0,920228 | -0,469828 | 0,220738 | 0,239874 |
| 8 | 40 | 1,4130 | 1,014075 | 0,398925 | 0,384652 | 0,379313 |
| 9 | 45 | 1,5229 | 1,231337 | 0,291563 | 0,085008 | 0,69038 |
| 10 | 45 | 1,5705 | 1,231337 | 0,339163 | 0,115032 | 0,093420 |
| 11 | 50 | 1,6559 | 1,495244 | 0,1606556 | 0,025810 | 0,017261 |
| 12 | 50 | 2,2765 | 1,495244 | 0,781256 | 0,610361 | 0,408202 |
| 13 | 55 | 2,3879 | 1,814466 | 0,573434 | 0,328826 | 0,181225 |
| 14 | 55 | 2,9575 | 1,814466 | 1,143034 | 1,306526 | 0,720061 |
| 15 | 60 | 2,9020 | 2,204724 | -0,697276 | 0,486193 | 0,220523 |
| 16 | 60 | 2,6494 | 2,204724 | -0,444676 | 0,197736 | 0,089687 |
| 17 | 65 | 3,2185 | 2,677166 | -0,541334 | 0,293042 | 0,109459 |
| 18 | 70 | 3,6306 | 3,250845 | -0,379755 | 0,144214 | 0,044361 |
| 19 | 70 | 4,553 | 3,250845 | 1,302155 | 1,695607 | 0,521589 |
| 20 | 70 | 3,4854 | 3,250845 | 0,243555 | 0,055016 | 0,016923 |
| 21 | 75 | 8,1586 | 3,947456 | 4,211144 | 17,733734 | 4,492446 |
| 22 | 75 | 6,0592 | 3,947456 | 2,111744 | 4,459463 | 1,129705 |
| 23 | 80 | 5,6216 | 4,793341 | 0,828259 | 0,686013 | 0,143117 |
| 24 | 80 | 4,5412 | 4,793341 | -0,252141 | 0,063575 | 0,013263 |
| 25 | 90 | 10,4013 | 7,067736 | 3,333564 | 11,112648 | 1,572306 |
| 26 | 90 | 6,8643 | 7,067736 | -0,203436 | 0,041386 | 0,005856 |
| 27 | 95 | 4,9239 | 8,582254 | -3,658354 | 13,383554 | 1,559445 |
| 28 | 105 | 10,3326 | 12,654453 | -2,321853 | 5,3910014 | 0,426016 |
| 29 | 110 | 11,0881 | 15,366126 | -4,278026 | 18,301506 | 1,191029 |
| 30 | 120 | 8,8331 | 22,657209 | -13,824109 | 191,105989 | 8,434668 |
| S | | | 122,91065 | -7,944695 | 268,66604 | 22,748016 |

4,0970

TABLEAU N° 12 COMPARAISON DES VOLUMES DES ARBRES OBTENU AU MOYEN DE DIFFERENTS TARIFS DE CUBAGE SPECIFIQUE (BT : Boucle de la Tshopo ; BC : Bas-Congo ; BDD : Bas-Ndundu ; Eq : équateur et P.O : Province Orientale).

| DHP | TARIF | 0,10844 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 20 | BT | 0,193844 | 0,217979 | 0,243784 | 0,271291 | 0,300531 | 0,331535 | 0,364331 | 0,398948 | 0,435415 | 0,4731 |
| | BC | 0,262813 | 0,295184 | 0,32975 | 0,366567 | 0,405656 | 0,447060 | 0,490815 | 0,536957 | 0,585520 | 0,6361 |
| | Bdd | 0,165950 | 0,185432 | 0,206134 | 0,228071 | 0,251258 | 0,275711 | 0,301443 | 0,328469 | 0,356802 | 0,3861 |
| | EQ | 0,260312 | 0,289138 | 0,319592 | 0,351683 | 0,385425 | 0,420826 | 0,457898 | 0,496650 | 0,537093 | 0,5791 |
| | P.O | 0,277875 | 0,308367 | 0,340551 | 0,374438 | 0,410037 | 0,447359 | 0,486414 | 0,527209 | 0,569755 | 0,6141 |
| 30 | BT | 0,514005 | 0,556182 | 0,600314 | 0,646428 | 0,694548 | 0,744698 | 0,796902 | 0,851185 | 0,907568 | 0,9661 |
| | BC | 0,690044 | 0,746070 | 0,804649 | 0,865810 | 0,929585 | 0,996003 | 1,065094 | 1,136886 | 1,211408 | 1,2881 |
| | Bdd | 0,417441 | 0,449773 | 0,483462 | 0,518521 | 0,554961 | 0,592793 | 0,632029 | 0,672680 | 0,714756 | 0,7581 |
| | EQ | 0,623086 | 0,668655 | 0,715950 | 0,764980 | 0,8157253 | 0,868276 | 0,922558 | 0,978608 | 1,036428 | 1,0961 |
| | P.O | 0,660130 | 0,707976 | 0,757605 | 0,809024 | 0,862241 | 0,917263 | 0,974097 | 1,032750 | 1,093229 | 1,1551 |
| 40 | BT | 1,026729 | 1,089552 | 1,154564 | 1,221789 | 1,291246 | 1,362957 | 1,436943 | 1,513224 | 1,591819 | 1,6721 |
| | BC | 1,368753 | 1,451630 | 1,537346 | 1,625926 | 1,717397 | 1,811784 | 1,909113 | 2,009407 | 2,112691 | 2,2181 |
| | Bdd | 0,803229 | 0,849643 | 0,897524 | 0,946881 | 0,997723 | 1,050060 | 1,103901 | 1,159255 | 1,216132 | 1,2741 |
| | EQ | 1,157421 | 1,220606 | 1,285593 | 1,352388 | 1,420997 | 1,491428 | 1,563686 | 1,637778 | 1,713709 | 1,7911 |
| | P.O | 1,219688 | 1,285682 | 1,353527 | 1,423228 | 1,494792 | 1,568225 | 1,643532 | 1,720718 | 1,799789 | 1,8801 |
| 50 | BT | 1,756034 | 1,841693 | 1,929744 | 2,020207 | 2,113100 | 2,208442 | 2,306252 | 2,406546 | 2,509344 | 2,6141 |
| | BC | 2,328326 | 2,440724 | 2,556206 | 2,674796 | 2,796517 | 2,921389 | 3,049437 | 3,180680 | 3,315142 | 3,4521 |
| | Bdd | 1,334483 | 1,395979 | 1,459031 | 1,523649 | 1,589841 | 1,657614 | 1,726977 | 1,797937 | 1,870502 | 1,9441 |
| | EQ | 1,871113 | 1,952597 | 2,035944 | 2,121160 | 2,208248 | 2,297219 | 2,388068 | 2,480809 | 2,575445 | 2,6711 |
| | P.O | 1,963608 | 2,048366 | 2,135030 | 2,223605 | 2,314095 | 2,406506 | 2,500841 | 2,597107 | 2,695307 | 2,7951 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|----|------|------|---------|------------|--------------|
| 51 | 90 | 50 | 25 | 39 | 10,4013 | 15,89625 | 0,654324133 |
| 52 | 60 | 20 | 18 | 25 | 2,826 | 5,0868 | 0,5555555 |
| 53 | 70 | 30 | 20 | 31 | 4,553 | 7,693 | 0,591836734 |
| 54 | 50 | 20 | 20 | 31 | 2,2756 | 3,925 | 0,5797707 |
| 55 | 75 | 30 | 18 | 24 | 9,2196 | 7,948125 | 1,159971691 |
| 56 | 80 | 35 | 24 | 35 | 7,1828 | 12,0576 | 0,595736916 |
| 57 | 50 | 20 | 15 | 25 | 1,7074 | 2,94375 | 0,580008492 |
| 58 | 50 | 30 | 19 | 36 | 2,5356 | 3,72875 | 0,680013409 |
| 59 | 60 | 20 | 18 | 26 | 2,826 | 5,0868 | 0,55555555 |
| 60 | 110 | 45 | 20 | 29 | 11,0881 | 18,997 | 0,58367637 |
| 61 | 50 | 20 | 15 | 27 | 1,7074 | 2,94375 | 0,580008492 |
| 62 | 80 | 45 | 17 | 37 | 5,6216 | 8,5400 | 0,658266978 |
| 63 | 50 | 25 | 18 | 31 | 2,2078 | 3,5325 | 0,624996461 |
| 64 | 80 | 45 | 11 | 23 | 4,7061 | 5,5264 | 0,851567023 |
| 65 | 50 | 35 | 12 | 24 | 1,7545 | 2,355 | 0,745010615 |
| 66 | 105 | 60 | 18 | 36 | 10,3326 | 15,578325 | 0,663267713 |
| 67 | 60 | 20 | 17 | 21 | 2,669 | 4,8042 | 0,55555555 |
| 68 | 60 | 25 | 21 | 31 | 3,4825 | 5,9346 | 0,586812927 |
| 69 | 75 | 50 | 19 | 31 | 6,0592 | 8,3896875 | 0,722219987 |
| 70 | 90 | 50 | 16,5 | 28,5 | 6,8648 | 10,491525 | 0,654318604 |
| 71 | 50 | 20 | 17 | 25 | 1,9350 | 3,33625 | 0,579992506 |
| 72 | 50 | 20 | 20 | 34 | 2,2765 | 3,925 | 0,58 |
| 73 | 50 | 30 | 12 | 21 | 1,6014 | 2,355 | 0,68 |
| 74 | 40 | 25 | 15,5 | 21,5 | 1,3536 | 1,9468 | 0,695294848 |
| 75 | 50 | 25 | 12 | 26 | 1,4719 | 2,355 | 0,625010615 |
| 76 | 50 | 20 | 12 | 20 | 1,3659 | 2,355 | 0,58 |
| 77 | 60 | 30 | 16,5 | 29 | 2,9143 | 4,6629 | 0,624997319 |
| 78 | 55 | 20 | 22 | 35 | 2,9575 | 5,224175 | 0,566118095 |
| 79 | 50 | 25 | 10 | 21 | 1,2266 | 1,9625 | 0,625019108 |
| 80 | 55 | 15 | 17,5 | 20,5 | 2,2223 | 4,15559375 | 0,534728927 |
| 81 | 50 | 20 | 13,5 | 25 | 1,5366 | 2,649375 | 0,5779985845 |
| 82 | 45 | 15 | 15 | 26,5 | 1,3247 | 2,3844375 | 0,555560797 |
| 83 | 35 | 15 | 16 | 24,5 | 0,9106 | 1,5386 | 0,591836734 |
| 84 | 40 | 10 | 19,5 | 33,5 | 1,3011 | 2,4492 | 0,531234688 |
| 85 | 35 | 10 | 16 | 23,5 | 0,8321 | 1,5386 | 0,540816326 |
| 86 | 45 | 20 | 19,5 | 28,5 | 1,8560 | 3,09976875 | 0,599156628 |
| 87 | 60 | 25 | 12,5 | 24 | 2,0729 | 3,5325 | 0,587223796 |
| 88 | 25 | 20 | 10 | 11 | 0,4023 | 0,490625 | 0,819974522 |
| 89 | 70 | 25 | 17 | 24 | 3,6866 | 6,53905 | 0,563743405 |
| 90 | 35 | 10 | 17,5 | 23,5 | 0,9101 | 1,68284375 | 0,540810835 |
| 91 | 30 | 15 | 19 | 22,5 | 0,8390 | 1,34235 | 0,624953445 |
| 92 | 35 | 15 | 13 | 18 | 0,7399 | 1,2501125 | 0,591387751 |
| 93 | 95 | 25 | 13 | 23 | 4,9239 | 9,2100125 | 0,534624681 |
| 94 | 25 | 15 | 13 | 20 | 0,4337 | 0,6378125 | 0,679980401 |
| 95 | 35 | 25 | 13 | 24 | 1,7427 | 1,2501125 | 1,392906384 |
| 96 | 50 | 20 | 15 | 26,5 | 1,9919 | 2,94375 | 0,676711398 |
| 97 | 70 | 50 | 17,5 | 24 | 3,4854 | 6,731375 | 0,517784256 |
| 98 | 50 | 30 | 14 | 27 | 1,8683 | 2,7475 | 0,68 |
| 99 | 70 | 30 | 16 | 23 | 3,6424 | 6,1544 | 0,591836734 |
| 100 | 60 | 25 | 17 | 32 | 2,8191 | 4,8042 | 0,58679905 |
| X | | | | | | | |
| Σ | | | | | | | |