

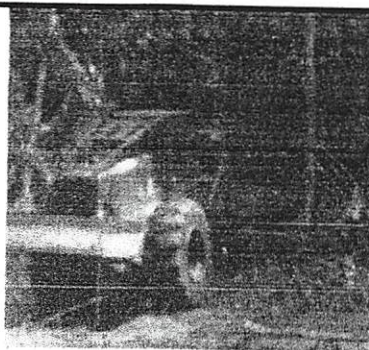
# UNIVERSITE DE KISANGANI

## FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

« FSA »  
B.P. 2012  
KISANGANI

DEPARTEMENT DE GESTION DES RESSOURCES  
NATURELLES.

ETUDE DE PRODUCTIVITE DE TIMBERJACK 545  
(SKIDDER A CABLE) AU DEBARDAGE  
Cas de la Société Forestière et Agricole  
de la M'BOLA (FORABOLA).



Par



**David BAMUHIGA KATAVARA**

*MEMOIRE :*

*Présenté en vue de l'obtention du Grade  
d'Ingénieur Agronome.*

*Option : Eaux et Forêts.*

*Directeur: Dr. Ir. LOKOMBE DIMANDJA  
Professeur Associé.*

Année Académique 2008-2009

*A mon papa Appolo BAKAVONA KATAVARA ;*

*A ma regrettée maman AROMBO RACH ;*

*A ma très chère et unique Jemima ASIBHU ;*

*Au couple Laurent MUTCHE ;*

*et à tous ceux qui me sont chers,*

*je dédie ce travail de fin d'études. ;*

## REMERCIEMENTS

« Et il me dit : C'est fait ! Je suis l'alpha et l'oméga, le commencement et la fin ».

(Apoc.21 : 6a).

Profitant de cette occasion, je voudrais bien remercier les personnes qui m'ont permis d'effectuer ce mémoire.

Notre profonde et sincère gratitude s'adresse particulièrement au professeur docteur ingénieur Jean Pierre LOKOMBE DIMANDJA, qui a dirigé ce travail et m'a beaucoup encouragé dans la réalisation de cette étude.

La contribution de Monsieur Jérôme CHABBERT (FRM), ancien responsable de la cellule d'aménagement de la CFT et celle de monsieur SANTIAGO MARTINEZ ont été pour nous de grande importance, notamment en ce qui concerne le choix du sujet, les démarches initiées au près de la société FORABOLA, la descente sur terrain pour la récolte des données et également dans le traitement des données.

Nous remercions aussi le directeur gérant de la société FORABOLA, le feu monsieur ELDER MATOS et toute son équipe pour l'accueil et la collaboration dont nous avons bénéficié durant notre séjour sur terrain, notamment dans la concession d'exploitation forestière de la dite société.

Nos remerciements s'adressent également à Ir. Bosa, Ir Ass. Assumani, Ir. Ass. Tshimpanga, Ir Mbandano, Ir. Ridja et au fervent compatriote de terrain et d'auditoire, Matthieu Kyanga Mutupeke pour leur aide précieuse apportée dans la rédaction de ce document.

A tous mes collègues de promotion : David Angbongi, Jean Bruno Utshudi, Robert Chedya, Jules Azigizo, Papy Longe, Richard Katusi, John Epekana, Daniel Mulunda, José Tshiani, Odon Lofofu, Germain Okangola, Osiingela K., Childéric Kambale M., Thincks Kambale Kavotha, Yousouf Opelele, Kayembe B., avec qui nous avons collaboré et passé des moments de joie et de souffrances ensemble à la Fac, trouvent ici notre profonde gratitude.

A toute la famille Appolo Katavara : Mère Bénédicte, grande sœur Jeanne, Viola, Annie, Célestine, Espérance, grands frères Meme, couple Djomo, Bingo, Salomon, Mateso, Gédéon, petites sœurs Florence, Solange, Novi, Georgine, Brigitte, Petits frères Thierry, Bahati, pauvre Tiba pour les soutiens morale, matériel et financier apporter tout au long de notre formation ; nous leur adressons nos remerciements les plus sincères.

Que nos frères et sœurs en Christ avec qui nous avons travaillé d'arrache-pied, puissent bien vouloir accepter notre sympathie et profond amour à ce jour mémorable. Enfin que Monsieur Etienne Akusi, Eric Bebe Bibi et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin ; frères et sœurs, amis et connaissances veillent bien accepter notre profonde gratitude.

## **LISTE DES TABLEAUX.**

Tableau 1 : Précipitations de l'année 2000 à 2007 de la région de Yangambi (en mm).

Tableau 2 : Température moyenne mensuelle de l'année 2000 à 2007 de Yangambi (en °C).

Tableau 3 : Calcul des volumes fût des arbres.

Tableau 4 : Distribution des grumes débardées en fonction de diamètre.

Tableau 5 : Distribution des grumes débardées en fonction de classe de longueur (m).

Tableau 6 : Distribution des voyages en fonction de classe de distance (m).

Tableau 7 : Temps alloué au débardage du Timberjack 545.

Tableau 8 : Productivité temps machine productif (TMP).

Tableau 9 : Productivité temps machine total ou effectif.

Tableau 10 : Productivité de la main-d'œuvre du Timberjack 545.

Tableau 11 : Distance moyenne de débardage du Timberjack 545.

Tableau 12 : Nombre de voyages et volumes débardés.

Tableau 13 : Répartition de l'emploi de temps du Timberjack 545.

Tableau 14 : Caractéristiques de la régression.

Tableau 15 : Caractéristiques de régression.

Tableau 16 : Caractéristiques de la régression.

Tableau 17 : Distance moyenne de débardage de quelques entreprises.

Tableau 18 : Productivité HMP de différentes entreprises.

Tableau 19 : Productivité HME des débardeurs.

Tableau 20 : Répartition du temps des engins au débardage à la FORABOLA, CFT et en Afrique tropicale.

## **LISTES DES FIGURES.**

Figure 1 : Régression puissance.

Figure 2 : Régression exponentielle.

## **LISTES DES ANNEXES.**

Annexe 1 : Fiche de terrain servant à relever les données de temps au débardage.

Annexe 2 : Distances, volumes débardés, temps (productif, improductif et total) et productivités (TMP et TME) de 90 voyages.

Annexe 3 : Temps productif.

Annexe 4 : Temps improductif.

Annexe 5 : Situation de la concession.

Annexe 6 : Situation de l'occupation du sol.

Annexe 7 : Paramètre de position et de régression.

Annexe 8 : coût d'opération par heure machine productive.

## **LISTES DES ABREVIATIONS.**

TMP : temps machine productif.

TME : temps machine effectif.

MO : main d'œuvre.

FORABOLA : société forestière et agricole de la MBOLA.

CFT : compagnie forestière et de transformation.

HMP : heure machine productive.

HME : heure machine effective.

SOFORMA : société forestière de MAYUMBE.

SOKINEX : société Kinoise d'expansion.

AGRIFOR : compagnie agricole et forestière.

FORESCOM : compagnie forestière et commerciale ;

SIFORZAL : société industrielle Zaïre Allemagne.

FRM : forêt ressources management.

CIFOR : centre internationale de recherche forestière.

$R^2$  : coefficient de détermination.

$r$  : coefficient de corrélation.

## **RESUME.**

La présente étude a porté sur la productivité de Timberjack 545 (skidder à câble) au débardage. Elle a été menée au sein de la société Forestière et Agricole de la M'bola « FORABOLA » en sigle, dans la concession 11/03, au chantier de Lileko, territoire de Basoko.

Pour réaliser l'étude, nous nous sommes servis de la méthode d'observation basée sur le chronométrage continu et l'analyse documentaire.

L'examen des résultats nous renseigne que :

1. La distance moyenne réalisée au débardage par le Timberjack 545 est de 1033,91m ;
2. Le temps de travail productif moyen est de 48,03 minutes par voyage alors que celui improductif moyen 3,49 minutes par voyage ;
3. La durée moyenne du cycle de débardage est de 51,52 minutes par voyage ;
4. La productivité temps machine productif est de 14,467m<sup>3</sup>/h ;
5. La productivité temps machine effectif ou total est de 13,458m<sup>3</sup>/h ;
6. La productivité moyenne de la main-d'œuvre de 24,802m<sup>3</sup>/ouvrier ;
7. Les modèles retenus pour exprimer la relation entre la productivité et la distance de débardage sont :

$$\text{➤ Productivité} = 5104,8173 x^{-0,8556}$$

$$R^2 = 79,7\%$$

$$\text{➤ Productivité} = 45,125.e^{-0,0010x}$$

$$R^2 = 83,7\%$$

**Mots clés :** Productivité, Timberjack 545, Débardage, Forabola, Basoko.



## SUMMARY.

The present survey was about the productivity of Timberjack 545 (skidder to cable) to the débardage. She/it has been led within the Forest and Agricultural society of the "FORABOLA" M'bola in acronym, in the concession 11/03, to the yard of Lileko, territory of Basoko.

To achieve the survey, we used the based observation method on the continuous timing and the documentary analysis.

The exam of the results informs us that:

1. the middle distance achieved to the débardage by the Timberjack 545 is of 1033,91m;
2. the time of middle productive work is of 48,03 by journey minutes whereas the one unproductive means 3,49 minutes by journey;
3. the middle length of the cycle of débardage is of 51,52 minutes by journey;
4. the productivity time plots productive is of 14,467m<sup>3</sup>/h;
5. the productivity time plots efficient or total is of 13,458m<sup>3</sup>/h;
6. the middle productivity of the hand - d'œuvre of 24,802m<sup>3</sup>/ouvrier;
7. the models kept to express the relation between the productivity and the distance of débardage are:

➤ Productivity =  $5104,8173 x - 0,8556$

$$R^2 = 79,7\%$$

➤ Productivity =  $45,125.e-0,0010x$

$$R^2 = 83,7\%$$

**Key words:** Productivity, Timberjack 545, Débardage, Forabola, Basoko,.



## **0. INTRODUCTION.**

### **0.1. PROBLEMATIQUE.**

Les forêts naturelles de la République Démocratique du Congo représentent près de 6% de l'ensemble des forêts du monde et plus de 47% de celles de l'Afrique et 58% de celle du bassin du Congo.

Elles couvrent environ 145 millions d'hectares, soit 62% du territoire national. C'est la deuxième plus vaste forêt tropicale du monde (CIFOR et al, 2007).

A elle seule, la cuvette centrale forme un bloc compact de 100 millions d'hectares de forêts dont la moitié économiquement exploitable, constitue un énorme potentiel de développement économique.

Le secteur forestier congolais est riche et diversifié. Cependant, il connaît actuellement une détérioration de l'ensemble des secteurs productifs. La production de bois est passée de 500.000 m<sup>3</sup> par an en temps normal à moins de 105.000 m<sup>3</sup> par an ces dernières années.

La faiblesse de la productivité s'explique partiellement par le bas niveau de vie et l'insuffisance de la formation technique. Le niveau de vie est bas parce que les salaires sont peu élevés. Dès lors, il ne faut pas attendre de ce salaire une vitalité extrême, une haute productivité, de grandes initiatives, une constance dans l'effort (Capet, 1958).

Les opérations de débardage par traînage en cas de pluie font chuter la rentabilité, augmentent les risques d'accidents et, souvent doublent ou triplent les coûts d'exploitations.

Pendant la dernière décennie, les facteurs limitant étaient très souvent les connaissances techniques et l'équipement mécanique. La foresterie n'obtient pas forcément les meilleurs résultats si l'exploitation, sans tenir compte du point de vue des biologistes, des industriels et des spécialistes des marchés, cherche à exploiter le bois aux moindres frais (Wellburun et Adamonich, 2007).

En outre, le fait d'un manque de formation du personnel et de coordination des activités et des recherches d'un bout à l'autre de la chaîne de station jusqu'aux marchés cause une baisse de productivité dans une entreprise.

Les principaux problèmes liés au transport des grumes sont les coûts élevés dûs aux longues distances et aux charges utiles non optimisées (Anonyme, 2008).

La FORABOLA, à l'instar d'autres entreprises forestières œuvrant dans le secteur formel, ne produit pas assez malgré d'importantes ressources forestières que regorge notre pays la R.D. Congo.

Elever la capacité productive des machines et de la main-d'œuvre démotivée constitue un cheval de bataille que se livrent bon nombre des dirigeants dans des entreprises aujourd'hui.

Notre étude se propose de calculer la répartition de l'emploi de temps du Timberjack 545 au débardage et de dégager la productivité moyenne TMP réalisée par l'entreprise FORABOLA.

## **0.2. HYPOTHESE.**

- 1) Il existe une corrélation entre la productivité et la distance de débardage ;
- 2) La productivité est fonction de l'état du débardeur.

## **03. OBJECTIF.**

Les objectifs poursuivis dans la présente étude sont les suivants :

### **• Objectifs généraux :**

- Etablir la proportion du temps qui est attribuée à chaque phase d'un cycle de débardage ;
- Déterminer la productivité par temps machine productif ;
- Déterminer la productivité par temps machine effectif ou total.

• **Objectifs spécifiques.**

- Déterminer la productivité de la main-d'œuvre ;
- Déterminer ou établir la distance moyenne du Timberjack 545 parcourue par voyage ;
- Déterminer le volume moyen de bois débardé de l'engin ;

**0.4. BUT.**

Cette étude vise à étudier la productivité du Timberjack 545 au débardage. Ce qui permettra aux chefs de chantier de prendre des stratégies nouvelles, plus rentables en vue d'améliorer la capacité productrice de l'engin au débardage.

**05. INTERET DU TRAVAIL.**

Cette étude revêt un double intérêt, à savoir pratique et scientifique ;

• *Sur le plan pratique*

- Détermination de la productivité du tracteur et de la main-d'œuvre ;
- Elaboration des normes.

• *Sur le plan scientifique*

- L'étude apporte une contribution à la problématique des tracteurs au débardage ;
- Détermination de la proportion de temps affecté à chaque étape d'un cycle de débardage.

## **0.6. SUBDIVISION.**

Hormis l'introduction, la présente étude comporte quatre chapitres :

- Le premier est consacré aux généralités ;
- Le deuxième traite du matériel et des méthodes utilisées ;
- Le troisième présente les résultats ;
- Le quatrième est réservé à la discussion des résultats ;
- Enfin, une conclusion et quelques suggestions clôturent ce travail.

## **CHAPITRE PREMIER : GENERALITES.**

### **1.1. PRODUCTIVITE.**

#### **1.1.1. Définition.**

Le concept traditionnel de la productivité se résume dans le rendement, c'est-à-dire le plus grand nombre d'unités qu'il est possible de produire au cours d'une période donnée. Par ailleurs, le nouveau concept de la productivité consiste à établir à tous les niveaux une meilleure utilisation de la ressource en vue de produire les biens devant satisfaire les besoins individuels et collectifs (Dunnigan, 2007).

Selon Timberlake (1985) cité par Bwama (2005), la productivité est le rapport entre la quantité de biens ou de services produits et les facteurs qui ont été mis en œuvre pour cette production.

De façon générale, la productivité est définie comme le rapport entre la production d'un ou d'un service et l'ensemble des intrants nécessaires pour le produire (Gamache, 2005).

La productivité est avant tout un concept basé sur des mesures en unités physiques. Ainsi, la productivité du travail se calcule en divisant le nombre d'unités produites par le nombre d'heures de travail nécessaire pour le fabriquer.

Il en est de même pour la productivité du capital qui peut être évaluée en nombre d'unités produites par machine ou par établissement (Gamache, op.cit.).

#### **1.1.2. Types de productivité.**

##### **1.1.2.1. Productivité par temps machine productif (TMP).**

C'est le temps passé à l'exécution des travaux productifs (C.T.F.T, 1990).

Selon Dunnigan (op.cit), le temps machine productifs (heures-machine productives) correspond au temps durant lequel la machine accomplit sa fonction première (HMP)

Nous entendons par heure productive, une période d'une heure où la machine, exécutant un travail compris dans la définition de sa tâche, est à travailler.

Le temps productif constitue la partie du cycle où la machine est considérée comme productive (Laberge, 1999).

Enfin le temps est productif, en autant que la machine est en fonction pour l'emploi qui lui a été attribué et que l'opérateur l'utilise réellement (Sewell, 1978).

- **Temps de travail improductif.**

Le temps improductif est le temps durant lequel la machine est momentanément en arrêt ou ne contribue pas à alimenter normalement le reste de système (débardage).

- **Temps hors travail.**

Le temps hors travail par contre est celui pour lequel l'engin ne travaille pas, son conducteur étant présent. Il comprend : entretiens, attentes, pannes, incidents mécaniques, mais non les immobilisations prolongées dues aux grosses réparations ou révisions (C.T.F.T, op.cit).

#### **1.1.2.2. Productivité par temps machine effectif ou temps total (TME).**

Le temps total correspond tout simplement en l'addition de l'ensemble des temps productifs et des temps improductifs (Laberge, Op.cit).

#### **1.1.2.3. Productivité du personnel.**

Dans le cadre de cette étude, la productivité du personnel est le rendement fourni par chaque ouvrier affecté au débardage. Ce rendement est évalué en mètre cube produit par ouvrier par jour.

La productivité du personnel est fonction de la performance du matériel utilisé et de la motivation du personnel, car un matériel moins performant fatigue ce dernier et diminue la production. Ainsi, la productivité est fonction du travail accompli.

Par travail, il faut entendre tout effort conscient et organisé, déployé par l'homme dans un but de production des biens agricoles. Par extension, il comprend les efforts des animaux ainsi que la participation des machines et du matériel à l'opération de production (Bulot, 1974) in (Bosa, 2008).

Comme le souligne Mulongo (1994) in Bosa, Op.cit, le travail est une activité humaine (par extension une activité animale ou mécanique) dont la finalité est la production ou la transformation des biens et services en vue d'obtenir d'autres biens et services destinés à satisfaire les besoins socio-économiques des groupements sociaux.

Dans les entreprises publiques et privées, en République Démocratique du Congo, la durée normale de travail journalier est de huit heures.

## **1.2. DEBARDAGE.**

### **1.2.1. Définition.**

Le débardage consiste à prendre en charge des arbres (entiers ou sous forme de billons) depuis le lieu de coupe jusqu'à l'aire de dépôt

D'une manière explicite, le débardage est l'opération qui consiste à transporter les arbres abattus ou les billes du lieu de coupe jusqu'au premier dépôt transitoire ou en billes ou regroupés en charges plus importantes en vue de leur transport jusqu'à l'usine de transformation

### **1.2.2. Techniques de débardage.**

Il existe plusieurs techniques de débardage. On peut citer :

- 1) La technique de traînage ;
- 2) La technique de portage ;
- 3) La technique de téléphérage ;
- 4) La technique de débardage aérien ;



## 6) Les autres techniques de débardage.

Le débardage par traînage est le système de débardage le plus couramment utilisé mais cause plus de dommage à l'environnement.

Le débardage au moyen de porteurs utilise des machines qui transportent des billes après les avoir soulevées du sol et placées sur leur propre châssis ou sur une remorque et qui endommagent par conséquent beaucoup moins les sols que les engins de débardage par traînage.

Pour le débardage par téléphérage, un ou plusieurs câbles suspendus servent à acheminer les billes du lieu d'abattage au premier dépôt transitoire.

Le débardage aérien se subdivise en débardage par ballon et par hélicoptère. Les hélicoptères, en particulier, s'il s'agit de gros porteurs, autorisent des taux de production qui dépassent de beaucoup ceux auxquels peuvent prétendre la plupart des autres systèmes de débardage.

Le débardage à l'aide d'animaux de trait, tels que les éléphants, des kérabous (variété de buffles), les bœufs, des chevaux ou mulets, permet de limiter considérablement le dérangement et le compactage du sol ainsi que les dommages causés aux arbres restants. Ce débardage est bien adapté aux éclaircies et à la récolte de bois de pâtes, quand il s'agit de débarder des billes relativement petites ou de transporter des produits de sciage de long ou de tout autre procédé de façonnage sur place.

Les autres techniques de débardage sont les suivantes :

- Débardage manuel ;
- Débardage par glissières ;
- Débardage au moyen de camions équipés d'un treuil.

Les opérations de débardage manuel s'effectuent dans des forêts où les arbres atteignent rarement de grandes dimensions, comme la plupart des mangroves. L'utilisation de crochets de levage, de leviers et d'autres outils manuels ainsi que des fardiers à bras pour déplacer les billes peut contribuer à améliorer l'efficacité et la sécurité.

Le débardage par glissière, surtout pratiqué en terrain accidenté où on peut tirer partie de la pesanteur pour faire rouler ou glisser les billes du lieu d'abattage jusqu'au chemin forestier.

Dans certaines régions tropicales, on effectue souvent le débardage à l'aide de petits camions munis d'un treuil afin de charger les billes en vue de leur transport. Les billes sont chargées sur le camion à l'aide du treuil, puis le camion se dirige vers le lieu d'abattage suivant. L'opération se poursuit jusqu'à ce qu'on obtienne un chargement complet.

### **1.3. SOCIETE FORESTIERE ET AGRICOLE DE LA M'BOLA (FORABOLA).**

#### **1.3.1. Historique.**

A l'époque coloniale, il existait une société commerciale des bois, SOCOBOIS en sigle, dans la Province du Bas Congo, précisément à BOMA. Elle fut dirigée par Monsieur Vrang. Peu après, Messieurs Joao, Pedro et Albano prirent la direction la société, en baptisant SOFORMA (Société Forestière de Mayumbe).

En 1959, Joao installe à Vanga la Société Forestière et Agricole de la M'bola (FORABOLA) au bord de la petite rivière M'bola.

La FORABOLA fonctionnait en deux principaux secteurs : le secteur agricole et le secteur forestier. Avec le premier, la société a ouvert les plantations de bananier, de caféier et cacaoyer. Tandis qu'avec le second, elle va s'occuper de l'exploitation forestière dans les forêts de Mayumbe.

En 1973 pendant la Zaïrianisation, la FORABOLA a dû perdre le secteur agricole (ses plantations) pour ne rester qu'avec le secteur forestier.

En 1989, ce dernier n'avait plus de succès, suite à l'épuisement des essences exploitables intéressant la société.

Eu égard à ce qui précède, son installation à Lileko est intervenue le 05 Septembre 2005, où le premier sondage a été fait à Bokondo-rive, puis à Bomboma en 2006. La FORABOLA s'installe dans l'ancienne concession de la Société d'Industrie Forestière en Afrique (SIFA) et commence l'exploitation en

Suite au pillage de 1993, la société a pu fermer ses portes. La société SIFA était sous le patronage de Monsieur Lu de la nationalité Chinoise.

Il a fallu attendre Avril 2006, avec l'arrivée des équipements techniques pour que la FORABOLA reprenne ses activités à Likeko, sur une superficie de 250.000 ha (service administratif, 2008).

### **1.3.2. Statut juridique.**

La « société forestière et agricole de la M'bola S.P.R.L » en sigle FORABOLA est une société privée à responsabilité limitée au capital social de 39 089 038 368Fc (Franc Congolais) soit 81 435 497 USD.

Elle a été constituée par acte sous seing privé le 1<sup>er</sup> Août 1955. La société est immatriculée au NRC de Boma sous le N°435. Le statut de la société, publié au bulletin administratif N°50 du 10 Décembre 1955, pages 2435 et 2436, a été modifié par divers actes présentés dans le document administratif de la société. Le siège social est à Kinshasa/Kingabwa, n°09 avenue Brasserie dans la commune de Limete.

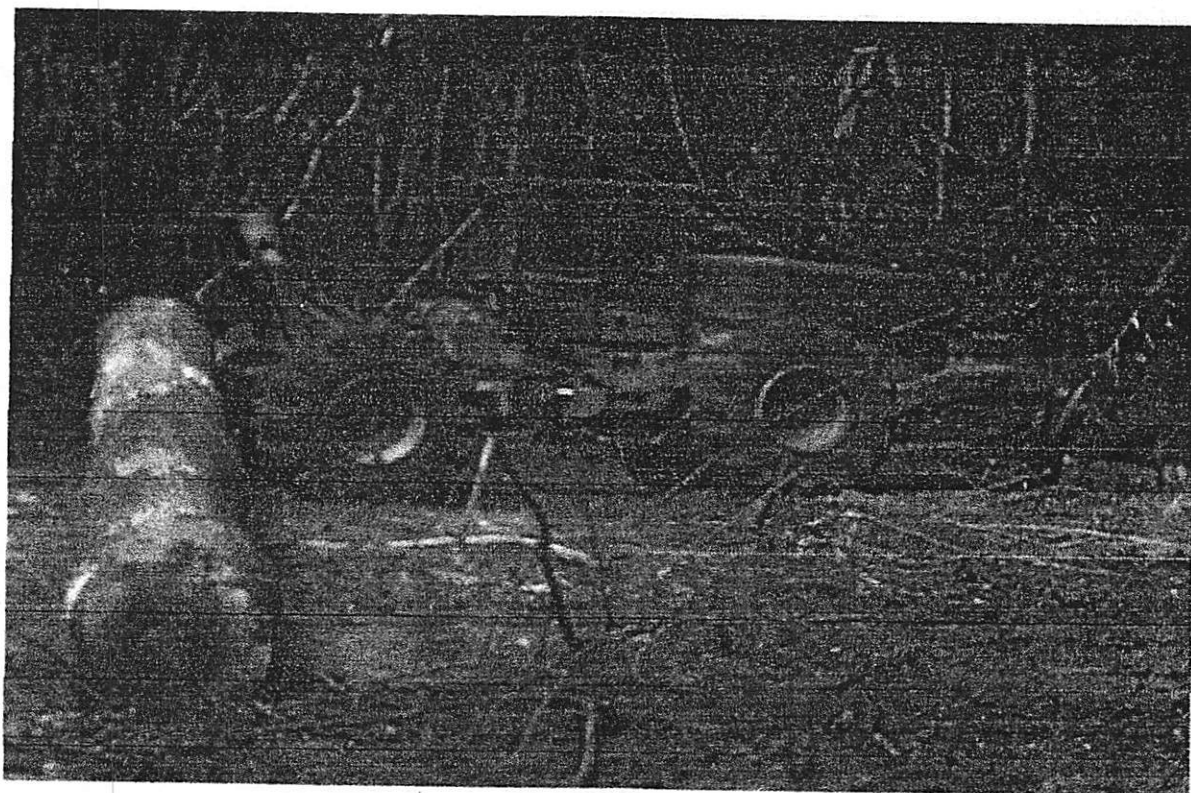
### **1.3.3. Objectifs de l'entreprise.**

La FORABOLA dispose d'important équipement et biens en RDC et qui lui garantissent un fort potentiel forestier et industriel. Pour atteindre ses objectifs, elle présente avec des bases permettant à des points stratégiques dans la chaîne d'évacuation des produits depuis le lieu de production jusqu'au centre de commercialisation et d'exploitation des bois. La société est implantée dans la contrée pour l'exploitation des essences à forte valeur économique qui s'y trouvent, comme : *Pericopsis elata* (Afrosciosia). *Entandrophrama cylindricum* (Sapelli),...

#### 1.3.4. Activités.

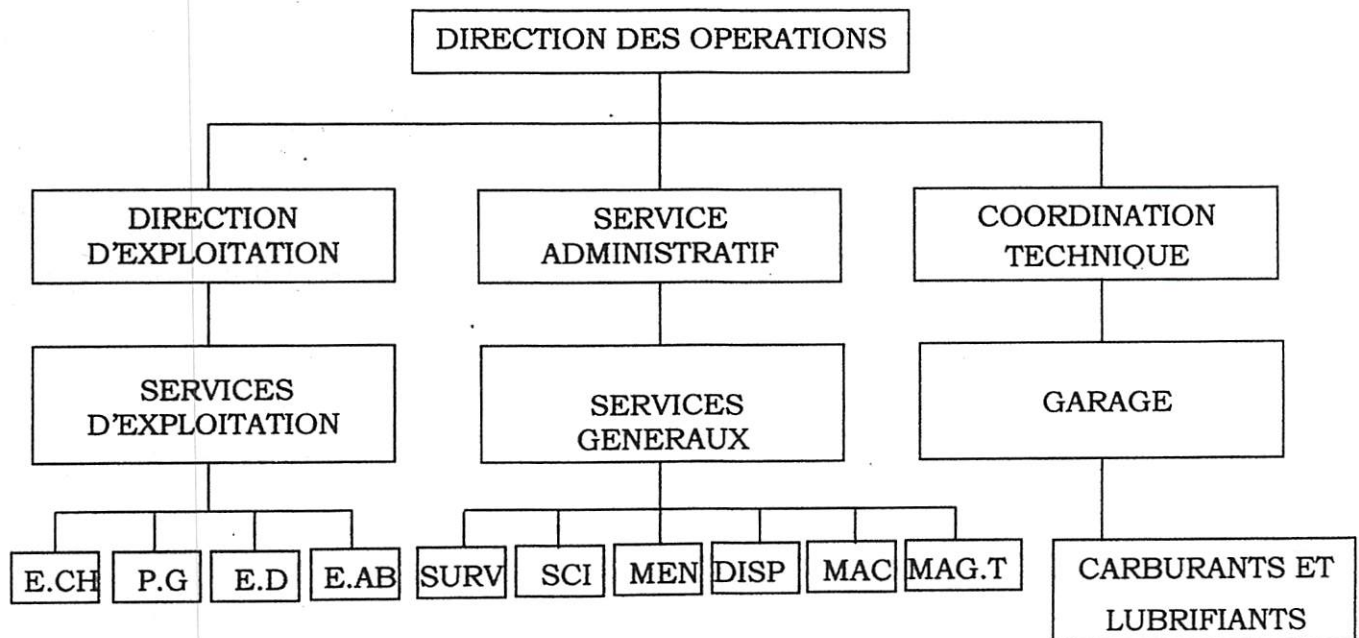
La société FORABOLA a raisonnablement orientée ses activités vers la transformation industrielle des ses productions forestières avec la production des sciages destinés au marché local et à l'exportation.

L'exploitation vise le marché du sciage. C'est dans un équilibre toujours très fluctuant de ces différents marchés que la société trouve son équilibre économique.



### 1.3.5. Organisation administrative et du personnel

La structure d'organisation de la société est représentée selon l'organigramme ci-dessous :



#### LEGENDE

- SCI : Sciage
- MEN : Menuiserie
- DISP : Dispensaire
- MAC : Maçonnerie
- MAG : TECH : Magasin technique
- SURN : Surveillance
- E.CH : Equipe chargement et transport
- P.G : Equipe Parc à grume
- E.D : Equipe Débardage
- E.AB : Equipe Abattage Tronçonnage

Source : (Service Administratif, 2008)



## **1.4. MILIEU D'ETUDE.**

### **1.4.1. Situation géographique.**

La Société Forestière et Agricole de la M'bola « FORABOLA » en sigle, est située dans la Province Orientale, District de la Tshopo, Territoire de Basoko, collectivité de Bangelema Mongandjo à 155 Km de Kisangani, précisément à Lileko, en aval du fleuve Congo.

La concession 11-03 est située à l'Est de la République Démocratique du Congo sur la rive droite du fleuve Congo. Ce massif forestier s'étend entre les latitudes 0°90' et 1°20' Nord et les longitudes 23°00' et 24°50' Est et est intégralement inclus dans la Province Orientale, à cheval entre les territoires de Basoko et de Banalia (carte 1).

Le massif est délimité par :

- Au Nord : la rivière Aruwimi, portion comprise entre le confluent de Aruwimi et le fleuve Congo (Beach du village Bomese) et la rivière Bulambe ;
- Au Sud : le fleuve Congo, de l'embouchure de la rivière Aruwimi jusqu'à Lileko, et ensuite la limite administrative entre les territoires de Basoko, Banalia et Isangi ;
- A l'Est : la rivière Bulambe ;
- A l'Ouest : le fleuve Congo, partie comprise entre les rivières Aruwimi et Lifindo en allant vers Basoko.

Notre site d'étude était à 40Km de Lileko près du village Pumuzika toujours dans la chefferie secteur Bangelema Mongandjo où se passe l'exploitation forestière dans la forêt de Bobaula, bloc 9 dont les coordonnées géographiques obtenues par GPS sont les suivantes :

- Superficie : 1 000 hectares ;
- Latitude : 0°59'34"04"

- Longitude : 24°07'32'01'''
- L'altitude : 470m

#### **1.4.2. Sols.**

Comme la plupart des sols des régions tropicales, les sols de LILEKO sont du type ferrallitique dénaturé et appauvris. Formés sous la forêt dense ombrophile, ils sont très profonds (Makana, 1986).

La majeure partie du paysage repose sur un sol sablo-argileux, ce qui cause plusieurs difficultés lors de transport grumiers, aussi bien pour le reste des opérations d'exploitation forestières après une pluie battante.

#### **1.4.3. Hydrographie.**

Le réseau hydrographique que regorge la concession forestière de la société FORABOLA se présente de la manière suivante :

- Au Nord : la rivière Aruwimi,
- Au Sud : le fleuve Congo ;
- A l'Est : la rivière Lombo ;
- A l'ouest : la rivière Longa.

La plupart des rivières de l'ensemble de la concession se versent dans la rivière Aruwimi, ce qui indique la présence d'une pente vers le Nord (carte 2 en annexe 5).

#### **1.4.5. Climat.**

Le chantier de Lileko, situé à 45 Km de Yangambi, pourrait avoir un microclimat approprié. Par manque d'un service météorologique approprié, nous lui attribuons les caractères climatiques de ce dernier.

Situé sur une altitude de 470m entre 0-2°N, Yangambi bénéficie d'un climat équatorial Nord de la RDC (D.Heizelin, 1952 et Vandenput, 1981), zone influencée par le climat du type Af de la classification de Köppen).

**A :** Climats tropicaux humides dont la température du mois le plus froid dépasse 18°C

**f :** La précipitation mensuelle du mois le plus sec dépasse 60mm de hauteur.

#### 1.4.5.1. Précipitations.

Le régime moyen des précipitations reproduit bien la double périodicité caractéristique aux régions équatoriales : deux maxima dont l'un en Mai et l'autre en Octobre, et deux minima pour chacun des maxima.

Ce régime se caractérise par une nette dissymétrie entre chacun des deux minima solsticiaux et deux maxima équatoriaux. Les grands maxima s'observent en Octobre avec une moyenne de 237,5mm et le petit maximum avec une moyenne annuelle de 190,4 mm en Août.

La période de Janvier en Février est nettement la plus sèche de l'année, la petite saison des pluies a lieu à la période d'Avril-mai ; tandis que la grande saison des pluies se produit d'Octobre à Novembre.

**Tableau 1 : Précipitations de l'année 2000 à 2007 de la région de Yangambi (en mm).**

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuel
2000	49	48	52	121	146	147	68	187	117	237	77	134	155,2
2001	53	106	136	148	186	60	49	253	174	237	268	87	146,4
2002	36	22	80	279	127	93	120	172	178	215	203	188	142,7
2003	113	49	188	260	153	132	163	206	197	223	236	120	170
2004	57	69	116	145	153	54	97	143	210	173	187	123	127,2
2005	42,6	75,6	122,5	119	119,8	103,9	84,2	307,3	109,3	352,8	213,5	107,6	146,5
2006	136	80	205,5	63,4	180	102,8	113,6	99,9	296,8	128,8	185,4	125,4	143
2007	14,7	79,1	80	71,2	215,9	189,5	83,2	155,1	167,7	333,7	244,4	59,2	141
TOTAL	501,3	528,7	980	1206	1280	882,2	778	1523	1450	1900	1614	994,2	1172
$\bar{X}_{mns}$	62,6	66	122,5	150,8	160	110,2	97,2	190	181,3	237,5	201,7	118	146,5

Source : Tableau climatologique de Yangambi (2008) in (Atchaotema, 2008)



### 1.4.5.2. Température.

La température de Yangambi varie fort peu au cours de l'année avec une moyenne annuelle se situant entre 24,7 et 26°C. La période la plus chaude de l'année s'étend de Février en Mars avec une température moyenne mensuelle de 26°C.

**Tableau 2 : Température moyenne mensuelle de l'année 2000 à 2007 de Yangambi (en °C).**

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuel
2000	24,4	25,4	26,4	25,4	25,5	24,4	24,2	24,6	24,6	24,6	24,2	24,6	24,9
2001	24,9	25,8	25,6	25,6	25,6	24,7	24,7	24,8	24,7	24,7	24,7	25,3	25,1
2002	24,8	26,3	26	25,8	25,9	25,1	25,1	24,7	25,7	24,4	24,8	24,1	25,1
2003	24,2	25,9	26	24,7	24,4	25,2	24,9	25,6	25,6	24,4	24,8	25	25
2004	25,7	25,7	26,9	25,8	25,5	24,8	24,7	24,8	24,8	24,9	24,6	24,9	25,3
2005	25,9	27,2	26,1	26,3	25,4	25	24,6	24,5	25,4	24,7	25,1	25,2	25,4
2006	25,4	25,9	25,5	26	25,4	25,1	25,1	24,4	24,4	25,3	24,6	24,8	25,1
2007	25,1	26,4	26	26,3	25,7	25,1	24,6	24,6	24,7	24,6	24,9	24,2	25,2
TOTAL	200,4	208,6	208,9	205,9	203,4	199,5	197,9	198	199,9	197,6	197,7	198,1	201,1
$\bar{x}$	25	26	26	25,7	25,4	24,9	24,7	24	24	24	24	24	25

Source : Tableau climatologique de Yangambi (2008) in (Atchaotema, op.cit).

### 1.4.5.3. Humidité relative.

L'humidité relative à Yangambi est élevée et oscille entre 58,2% et 72,5% pour la période de 3 ans ; soit de 2005 à 2007.

### 1.4.5.4. Insolation.

Selon Kombele (2004), Yangambi recevait 1972 heures de soleil en 1956, l'équivalent d'émission 45% de l'insolation astronomiquement possible. Entre 1986-1990, Yangambi a reçu 2131 heures par ans, l'équivalent de 49% de l'insolation effective, ce qui indique un certain allongement de la durée journalière de l'insolation du milieu.

Ces légères perturbations peuvent être dues aux changements climatiques (globaux) en général et, en particulier, à la profonde modification du couvert végétal dans la région de Yangambi.

#### **1.4.6. Végétation et faune.**

Les formations végétales du pays se conforment en général au relief et aux conditions climatiques. La subdivision phytogéographique de l'Afrique inscrit la RDC dans les quatre groupes floristiques : la région guinéo-congolaises, la région zambézienne ; la région montagnarde et la région soudanienne.

Cette formation forestière fait partie du massif guinéo-congolais. La concession forestière de Lileko se classe parmi les quatre catégories des forêts denses humides de basses altitudes avec comme formations :

- Forêt secondaire adulte ;
- Forêt dense mixte ;
- Forêt à Limbali pur ;
- Forêt à Limbali mixte ;
- Forêt secondaire périodiquement inondée ;
- Complexe culturel et forêt marécageuse.

La végétation est illustrée par la figure 3 en annexe 6, les zones d'activités humaines qui comprennent les zones d'habitat, les zones agricoles et les défrichements récents identifiés par analyse diachronique des images.

La zone d'exploitation forestière (forêt de production) est estimée à 246 304 ha selon SPIAF. Des postérieures analyses des images satellites LANDSAT révèlent une superficie exploitable de 206 168ha, soit 66% de l'ensemble de la concession. A l'intérieur, chaque année un certain nombre de permis de coupe sont demandés aux autorités de l'environnement. Chaque permis de coupe a une superficie de 1000 ha répartie sur 40 parcelles de 25 ha

chacune dans lesquelles on extrait un certain nombre d'essences, parmi lesquelles les plus importantes sont : Sapelli, sipo, khaya, bossé clair, iroko, afrormosia, et tiama. (FRM, 2008).

La forêt de Bobaula abrite d'importantes populations fauniques entre autres des grands et petits mammifères tels que : chimpanzé, antilope, porc-épic, rat de gambie et bien d'autres espèces de singes. A cela s'ajoutent également quelques reptiles comme les tortues, les pangolins et les serpents.

#### **1.4.7. Populations humaines.**

Nous mettons un accent particulier sur les populations riveraines, qu'elles soient autochtones ou locales. Ces populations, dont la majorité est constituée des originaires du groupement Mongandjo, vivant le long de la route à coté de cette forêt exploitée, vivent des produits provenant de la forêt et sont largement dépendantes de ressources forestières pour leur survie.

La population de cette forêt de Bobaula appartient à la tribu Ngelema, représentée par les sous-groupes des populations qui composent le territoire de Basoko.

Outre la tribu Ngelema, d'autres groupes ethniques habitent également la contrée.

## **CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODE.**

### **2.1. MATERIEL.**

#### **2.1.1. Matériel de chronométrage.**

Notre matériel de chronométrage est constitué essentiellement d'une montre chrono de marque Kenko KK-95, pour la prise de temps dans différentes opérations.

#### **2.1.2. Autres matériels utilisés.**

Constitués essentiellement de :

- Un ruban en toile de 50m de portée pour la mesure des diamètres et des longueurs des grumes débardées ;
- Une calculatrice scientifique de marque Kenko KK-570MS pour les calculs de volume des grumes débardées ;
- Un ordinateur portable pour différents calculs, tableaux, graphiques, etc.
- Un GPS ;
- Des grumes.

#### **2.1.3. Débardeur utilisé.**

##### **2.1.3.1. Caractéristiques.**

- Marque : Caterpillar ;
- Modèle : 545 ;
- Type : Diesel ;
- Monitor : 160-6567-01
- Power trait : 172-9389-00
- Capacité du réservoir : 360 litres

- Longueur de câble : 20m
- Nombre de pistons : 8
- Fabrication : Brésil.

### **2.1.3.2. Age et puissance.**

Le Timberjack 545 a été acheté pour une garantie de 11 ans. Il est utilisé depuis 5 ans. Il lui reste 6 ans de service. Sa puissance est de 230CV.

## **2.2. METHODE.**

La méthode d'observation utilisée pour déterminer la productivité du Timberjack 545 est celle du chronométrage continu.

La démarche consiste à diviser le cycle de débardage en plusieurs parties, appelées éléments de travail. Un cycle de débardage se définit comme étant un ensemble de temps élémentaires retrouvés lors de l'exécution d'un voyage aller-retour du débardeur, en vue de transporter du bois jusqu'au chemin de camionnage (Lussier et Tomlison, 1973).

L'ensemble de temps élémentaires se regroupent dans deux catégories de temps : le temps productif et le temps improductif.

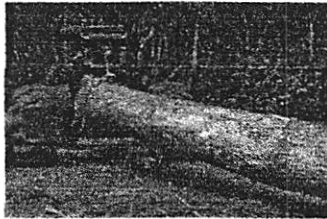
La présente étude a été réalisée dans la forêt de Bobaula de la concession 11-03 de FORABOLA et plus précisément dans le bloc 9 ayant une superficie de 1000 hectares.

Nos observations ont été réalisées durant une période de 10 jours de travail, excepté le 2<sup>e</sup> jour où nous avons travaillé seulement l'avant midi à cause de la pluie et au tirage des camions grumiers embourbés. Le 10<sup>e</sup> jour, nous avons arrêté le travail de chronométrage à 13 heures. Au total, 107 grumes ont été débardées pour un volume total de 1041,692m<sup>3</sup>.

### 2.2.1. Eléments de la rotation.

#### a. Temps productif ( $T_p$ ).

Neuf temps ou éléments de travail qui composent le temps productif sont considérés dans cette étude.



Il s'agit de :

- De trajet aller :
  - a) Sans ouverture de piste ( $t_{1, a}$ ) ;
  - b) Avec ouverture de piste ( $t_{1, b}$ ).
- De préparation de la machine dans la zone ( $t_2$ ) ;
- De débuscage ( $t_3$ ) ;
- D'élingage ( $t_4$ ) ;
- De trajet retour ou trajet avec charge ( $t_5$ ) ;
- D'élimination d'obstacles ( $t_6$ ) ;
- De manœuvre en cours de route ( $t_7$ ) ;
- De désélingage ( $t_8$ ) ;
- De l'arrangement des billes au parc ( $t_9$ ).

#### 1. Le temps de trajet allé ( $t_1$ )

- a) Sans ouverture de piste ( $t_{1,a}$ ) : c'est le temps qui correspond au déplacement de l'engin du parc à grumes à la souche du pied à débarder en empruntant une piste déjà ouverte.
- b) Avec ouverture de piste ( $t_{1,b}$ ) : c'est le temps pendant lequel le débardeur se frayer un passage pour atteindre le bois ou les grumes à tirer, en ouvrant lui-même la piste. Ce temps est proportionnel à la nature du sous bois.

## 2. Le temps de préparation de la machine dans la zone ( $t_2$ )

C'est le temps durant lequel la machine dégage les alentours de l'arbre abattu afin de pouvoir commencer le débusquage ou la mise en place.

## 3. Le temps de débusquage ( $t_3$ )

C'est le temps pendant lequel la grume est mise dans une bonne position pour permettre à l'aide conducteur de bien placer le câble à l'une des extrémités de la grume.

## 4. Le temps d'élingage ( $t_4$ )

C'est le temps que l'aide met pour amarrer la grume.

## 5. Le temps de trajet retour ou trajet avec charge ( $t_5$ )

C'est le temps qui correspond à la durée que le débardeur prend pour apporter le bois au parc, après l'opération d'élingage. Ce temps est relativement long dans le cycle. Il dépend aussi de la nature du sol, de la topographie du terrain et de la grosseur de la grume.

## 6. Le temps d'élimination des obstacles ( $t_6$ )

C'est le temps durant lequel la machine utilise sa lame en vue d'éliminer les obstacles comme les mottes de terre, les racines des arbres, les cordes des arbres se trouvant sur son passage ou empêchant l'avancement du débardeur à l'aller ou au retour.

## 7. Le temps de manœuvre en cours de route ( $t_7$ )

C'est le temps durant lequel l'engin laisse tomber la grume complètement par terre à cause de sa longueur qui l'empêche de bien avancer, surtout au niveau des courbures.

8. Le temps de désélingage ( $t_8$ )

C'est le temps durant lequel le débardeur dépose la grume sur le sol et avance pour se défaire de sa charge. Il se termine lorsque le débardeur a mis son câble en position de transport ou initiale.

9. Le temps de l'arrangement des billes au parc ( $t_9$ )

C'est le temps durant lequel l'engin arrange les billes avec sa lame au parc de stockage ou parc-forêt. La somme de ces neuf éléments constitue le temps productif ( $T_p$ ) d'un cycle de débardage et s'exprime comme suit :

$$Eq_1 = \boxed{T_p = t_{1a} + t_{1b} + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9}$$

**b. Temps improductif ( $t_i$ ).**

C'est le temps durant lequel la machine ne contribue pas à alimenter normalement le reste du système. En d'autres mots, c'est le temps que les opérateurs de la machine passent à faire autre chose que le débardage.

Ce temps comprend pour cette étude :

- 1) Le temps de recherche du pied ( $t_a$ ) ;
- 2) Le temps d'arrêt du conducteur ( $t_b$ ) ;
- 3) Le temps de besoins personnels ( $t_c$ ) ;
- 4) Le temps de recevoir les instruments ( $t_d$ ) ;
- 5) Le temps de déplacement d'un parc à un autre ( $t_e$ ) ;
- 6) Le temps de réparation de la machine ( $t_f$ ) ;
- 7) Le temps d'ouverture du parc ( $t_i$ ).



Le temps improductif s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Eq}_2 : T_i = t_a + t_b + t_c + t_d + t_e + t_f + t_i$$

**c. Temps total ( $T_t$ ) ou Temps effectif ( $T_E$ ).**

Le temps machine effectif au total correspond tout simplement à l'addition de l'ensemble des temps productifs et des temps improductifs.

L'équation s'exprime ainsi par :

$$\text{Eq}_3 : T_t = T_p + T_i \quad (\text{Laberge, op.cit})$$

**2.2.2. Chronométrage.**

Il s'agit de mesurer la durée de temps pour chaque élément d'une rotation. La technique de chronométrage consiste à noter l'heure du début et celle de la fin de chaque opération (Sewell, 1977).

**2.2.3. Mesure de distance.**

Elle est prise entre le parc à grumes de forêt et le pied de l'arbre abattu, qui doit être débardé, au moyen de GPS (Global Positionnement System) marque garni 60. Toutes les mesures de distance ont été prises en parcourant les pistes de débardage à pied, après que le skidder ait effectué tous les voyages.

**2.2.4. Mesure de volume.**

**a) Evaluation de volume**

Un arbre étant un objet physique complexe, il s'agit de bien identifier et définir la partie de cet objet dont on veut estimer la place qu'elle occupe dans l'espace à trois dimensions, autrement dit le volume (Lokombe, 2004).

**b) Calcul du volume d'un arbre**

D'après Caillez (1980) cité par Lokombe (Op.cit), le calcul du volume d'un arbre) à partir des mesures faites sur lui se résume de la manière présentée dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Calcul des volumes fût des arbres.**

La forme du tronc	Huber	Smalian	Smalian	Smalian	Newton - Simpson
Cylindre	Exacte	Exacte	Exacte	Exacte	Exacte
paraboloïde	Exacte	Exacte	Sous-estimée	Sous-estimée	Exacte
Cône	Sous-estimée	Surestimée	Sous-estimée	Exacte	Exacte
Néloïde	Sous-estimée	Surestimée	Sous-estimée	Surestimée	Exacte
Formule	$vf = \frac{c^2}{4\pi} L$	$vf = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{c_1^2 + c_2^2}{2} \right) L$	$vf = \frac{1}{4\pi} \left( \frac{c_1 + c_2}{2} \right)^2 L$	$vf = \frac{1}{12\pi} (C_1^2 + C_2^2 + C_1 C_2) L$	$vf = \frac{L}{24\pi} (C_1^2 + 4C^2m + C_2^2)$
	$vf = \frac{\pi}{4} D^2mL$	$vf = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D_1^2 + D_2^2}{2} \right) L$	$vf = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 L$	$vf = \frac{\pi}{12} (D_1^2 + D_1 D_2 + D_2^2) L$	$vf = \pi \frac{L}{24} (D_1^2 + 4D^2m + D_2^2)$

Source : Lokombe (2004)

**LEGENDE :**

**Vf** = volume fût en m<sup>3</sup> ; **L** = Longueur du fût en m ; **C<sub>1</sub>** et **C<sub>2</sub>** = circonférences en cm ; **C<sub>m</sub>** = circonférence médiane en cm ;

**D<sub>1</sub>**, **D<sub>2</sub>** et **D<sub>m</sub>** = diamètres correspondants en cm.

Pour notre étude, nous avons utilisé la formule de Huber, plus pratique et couramment utilisée par les exploitants forestiers. On prend les diamètres croisés au gros bout (DGB) et au fin bout (DFB) à l'aide de galon, y compris la longueur de la grume.

Le calcul de volume est effectué par la formule

$$vf = \frac{\pi}{4} D^2 mL$$

où       $vf$  = volume,  $DM$  = diamètre moyen en mètre,  
 $L$  = longueur de la grume en mètre

### **2.3. TRAITEMENT DES DONNEES.**

#### **a) Détermination des volumes**

Les différents volumes ont été calculés par l'application directe de la formule ci-haut indiquée.

#### **b) Détermination des paramètres de position et de dispersion**

La moyenne, l'écart-type, le coefficient de variation et la variance ont été calculé par les formules reprises en annexe 7.

#### **c) Equation de régression**

Les équations de régression testées : linéaire, logarithmique, exponentielle, puissance, inverse.

La détermination des coefficients de régression A et B, des coefficients de corrélation  $r$  et de détermination  $R^2$  est réalisée grâce à la calculatrice scientifique Kenko KK-570MS S.U.P.E.R et un ordinateur portable pour vérifier la relation entre la productivité HMP et les différents paramètres.

Les différentes formules de régression sont :

- Régression linéaire :  $y = A + BX$
- Régression logarithmique :  $y = A + B \cdot \log x$
- Régression exponentielle :  $y = A \cdot e^{Bx}$

- Régression puissance :  $y = A.X^B$

d) détermination de la productivité de la main-d'œuvre (M.O)

Le facteur humain joue énormément sur la productivité et sur le coût d'entretien et de réparation des machines forestières.

Le nombre de personnes travaillant au débardage varie d'une journée de travail à une autre. La productivité de la main-d'œuvre est déterminée en divisant la quantité produite par l'effectif du personnel affecté au débardage.

## CHAPITRE TROISIEME

### PRESENTATION DES RESULTATS

#### 3.1. DISTRIBUTION DES GRUMES DEBARDEES.

##### 3.1.1. Distribution des grumes débardées par classe de diamètre.

Le tableau 4 présente la distribution des grumes débardées en fonction de diamètre.

**Tableau 4 : Distribution des grumes débardées en fonction de diamètre.**

Classe de diamètre (cm)	Indices de classe	Fréq. Observées	Fréq. Relatives (%)	Fréq. Cumulées
60 - 70	65	5	4,67	5
70 - 80	75	11	10,28	16
80 - 90	85	26	24,3	42
90 - 100	95	25	23,36	67
100 - 110	105	20	18,69	87
110 - 120	115	14	13,08	101
120 - 130	125	2	1,87	103
130 - 140	135	2	1,87	105
140 - 150	145	2	1,87	107
<b>TOTAL</b>		<b>107</b>	<b>100</b>	
<b>MOYENNE</b>	<b>95,84</b>			
<b>ECAR-TYPE</b>	<b>16,47</b>			
<b>C.V%</b>	<b>17,18</b>			

Le diamètre moyen des grumes débardées est de 95,84 cm. La classe de 80-90 cm présente une fréquence relative la plus élevée, soit 24,30%. La classe de 100 – 110 cm prend la troisième place avec 18,69%.

De ce tableau, on note un coefficient de variation de 17,18%, inférieur à 30% ; ce qui montre qu'il n'y a pas une grande variabilité entre les diamètres des grumes.

### 3.1.2. Distribution des grumes par classe de longueur.

Le tableau 5 donne la distribution des grumes débardées en fonction de longueur.

**Tableau 5 : Distribution des grumes débardées en fonction de classe de longueur (m).**

Classe de longueur	Indices de classe	Fréquences observées	Fréquences relatives	Fréquence cumulée
5-6	5,5	1	0,93	1
6-7	6,5	1	0,93	2
7-8	7,5	1	0,93	3
8-9	8,5	8	7,48	11
9-10	9,5	13	12,15	24
10-11	10,5	14	13,08	38
11-12	11,5	8	7,48	46
12-13	12,5	8	7,48	54
13-14	13,5	10	9,35	64
14-15	14,5	8	7,48	72
15-16	15,5	10	9,35	82
16-17	16,5	10	9,35	92
17-18	17,5	7	6,54	99
18-19	18,5	7	6,54	106
19-20	19,5	1	0,93	107
<b>TOTAL</b>		<b>107</b>	<b>100,00</b>	
<b>MOYEN AR.</b>	<b>13,01</b>			
<b>ECART-TYPE</b>	<b>3,29</b>			
<b>C.V %</b>	<b>26,06</b>			

La longueur moyenne des grumes débardées est de 13,01m. la classe de 10-11m prend la première place avec 13,08% comme fréquence relative, suivie de la classe de 9-10 m ayant une fréquence relative 12,15%.

Il se dégage de ce tableau que l'écart-type est de 3,29 et que le coefficient de variation est de 26,06%, inférieur à 30% comme dans le tableau précédent, montrant également qu'il n'ya pas une grande variabilité entre les longueurs des grumes.

### 3.1.3. Distribution des voyages en fonction de classe de distance.

Le tableau 6 consigne la distribution des voyages en fonction de classe de distance.

**Tableau 6 : Distribution des voyages en fonction de classe de distance (m).**

Classe de distance (m)	Indices de la classe	Fréquences observées	Fréquences Relatives (%)	Fréquences Cumulées
100-400	250	08	8,88	08
400-700	550	18	20,00	26
700-1000	850	22	24,44	48
1000-1300	1150	13	14,44	61
1300-1600	1450	14	15,55	75
1600-1900	1750	08	8,88	83
1900-2200	2050	07	7,77	90
<b>TOTAL</b>		<b>90</b>	<b>100,00</b>	
<b>MOYENNE</b>	<b>1046,66</b>			
<b>ECART TYPE</b>	<b>278,21</b>			
<b>C.V%</b>	<b>26,58</b>			

La distance moyenne de voyages est de 1046,66 m, la classe de 700-1000m prends la première place à cause de sa fréquence relative plus élevée par rapport à d'autres classes ; soit 24,44%. La classe de 400-700m prend la seconde place.

L'analyse de ce tableau montre que l'écart-type est de 278,21 et le coefficient de variation 26,58%, inférieur à 30% ce qui montre qu'il n'ya pas une grande variabilité dans les distances de voyages.

### 3.2. TEMPS ALLOUE AU DEBARDAGE.

Le tableau 7 présente le Temps alloué au débardage du Timberjack 545.

**Tableau 7 : Temps alloué au débardage du Timberjack 545**

JOUR	NOMBRE DE VOYAGES	TEMPS PRODUCTIF (min)	TEMPS IMPRODUCTIF (min)	TEMPS TOTAL (min)
01	12	396,68	14,23	410,91
02	09	188,08	31,67	219,75
03	14	457,92	29,7	505,62
04	09	426	24,43	450,43
05	08	549,92	87,53	637,45
06	10	561,59	46,97	608,55
07	08	448,57	22,08	470,65
08	06	446	24,33	470,31
09	09	502,84	18,22	521,07
10	05	327,08	15,02	342,1
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>4322,68</b>	<b>314,18</b>	<b>4636,84</b>
$\bar{X}$	<b>09</b>	<b>48,03</b>	<b>3,49</b>	<b>51,52</b>
<b>%</b>		<b>93,23</b>	<b>6,77</b>	<b>100,00</b>

Le présent tableau nous montre que le temps productif est largement supérieur au temps improductif, c'est-à-dire que le temps productif est de 48,03min par voyage, soit 93,23% et le temps improductif 3,49min par voyage, soit 6,77%. Cependant le temps total alloué au débardage de Timberjack 545 est de 51,52min par voyage.



### 3.3. PRODUCTIVITE.

#### 3.3.1. Productivité temps machine productif (TMP).

Le tableau 8 donne la Productivité temps machine productif (TMP).

**Tableau 8 : Productivité temps machine productif (TMP).**

JOUR	NOMBRE DE VOYAGES	VOLUME DEBARDAGE (m <sup>3</sup> )	TEMPS DE TRAVAIL PRODUCTIF		PRODUCTIVITE TMP (m <sup>3</sup> /h)
			Minutes	Heures	
01	12	137,669	396,68	6,61	20,827
02	09	81,730	188,08	3,13	26,112
03	14	170,65	475,92	7,93	21,519
04	09	95,151	426	7,10	13,401
05	08	98,642	549,92	9,16	10,768
06	10	139,179	561,58	9,36	14,869
07	08	93,75	448,57	7,48	12,533
08	06	66,777	446	7,43	8,987
09	09	99,7	502,84	8,38	11,897
10	05	58,444	327,08	5,45	10,724
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>1041,692</b>	<b>4322,68</b>	<b>72,04</b>	<b>151,637</b>
<b>X</b>		<b>11,574</b>	<b>48,03</b>	<b>0,80</b>	<b>14,467</b>

La productivité temps machine productif moyen du Timberjack 545 est de 14,467 m<sup>3</sup>/h. elle varie entre 8,897 m<sup>3</sup>/h et 26,112 m<sup>3</sup>/h.

### 3.3.2. Productivité temps machine total ou effectif (TME).

Le tableau 9 consigne la Productivité temps machine total ou effectif.

**Tableau 9 : Productivité temps machine total ou effectif.**

JOUR	NOMBRE DE VOYAGES	VOLUME DEBARDE (m <sup>3</sup> )	TEMPS DE TRAVAIL EFFECTIF		PRODUCTIVITE TME (m <sup>3</sup> /h)
			(Minutes)	(Heures)	
01	12	137,669	410,91	6,85	20,097
02	09	81,730	219,75	3,66	22,331
03	14	170,65	505,62	8,43	20,243
04	09	95,151	450,43	7,51	12,669
05	08	98,642	637,45	10,62	9,288
06	10	139,179	608,55	10,14	13,726
07	08	93,75	470,65	7,64	12,271
08	06	66,777	470,31	7,84	8,517
09	09	99,7	521,07	8,68	11,486
10	05	58,444	342,1	5,70	10,253
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>1041,692</b>	<b>4636,84</b>	<b>77,07</b>	<b>140, 881</b>
		<b>11,574</b>	<b>51,52</b>	<b>0,86</b>	<b>13,458</b>

La productivité temps machine effectif ou total du Timberjack 545 est de 13,458 m<sup>3</sup>/h. Elle varie entre 8,517 m<sup>3</sup>/h et 22,331m<sup>3</sup>/h.

### 3.3.3. Productivité de la main-d'œuvre (M.O).

Le tableau 10 présente la Productivité de la main-d'œuvre du Timberjack 545.

**Tableau 10 : Productivité de la main-d'œuvre du Timberjack 545.**

<b>L</b>	<b>Jour</b>	<b>Nombre de voyages</b>	<b>Production (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Effectif main d'œuvre</b>	<b>Productivité M.O (m<sup>3</sup>/ouvrier)</b>
	1	12	137,669	4	34,417
	2	9	81,73	4	20,432
	3	14	170,65	5	34,13
	4	9	95,151	4	23,787
	5	8	98,642	4	24,66
	6	10	139,179	5	27,836
	7	8	93,75	4	23,437
	8	6	66,777	4	16,694
	9	9	99,7	4	24,925
	10	5	58,444	4	14,611
	<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>1041,692</b>	<b>42</b>	<b>244,929</b>
	$\bar{X}$	<b>9</b>	<b>104,162</b>	<b>4,2</b>	<b>24,802</b>

La lecture des résultats de ce tableau nous révèle que la productivité moyenne de la main-d'œuvre est de 24,802m<sup>3</sup>/ouvrier. Cependant, la productivité de la main-d'œuvre la plus élevée au débardage est de

34,417m<sup>3</sup>/ouvrier, suivie de celle du 34,13m<sup>3</sup>/ouvrier et de 27,836m<sup>3</sup>/ouvrier, ainsi de suite.

On note à ce sujet un problème de motivation des travailleurs, suite à une situation salariale moins bonne et aux primes souvent payées en retard.

### 3.4. DISTANCE DE DEBARDAGE.

Le tableau 11 donne la Distance moyenne de débardage du Timberjack 545.

**Tableau 11 : Distance moyenne de débardage du Timberjack 545.**

Jour	Nombre de voyages	Distances de débardages cumulées (m)	Distance journalière de débardage (m)
1	12	8780	731,66
2	9	5355	595
3	14	10197	728,36
4	9	11345	1260,55
5	8	10320	1290
6	10	11030	1103
7	8	9290	1161,25
8	6	9840	1640
9	9	9955	1106,11
10	5	6940	1388
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>93052</b>	
<b>Distance moyenne</b>	<b>1033,91</b>		
<b>Distance minimale</b>	<b>595</b>		
<b>Distance maximale</b>	<b>1640</b>		

De ce tableau, il ressort que la distance maximale du Timberjack est de 1640,00m et celle minimale de 595,00m. Cependant, la distance moyenne est de 1033,91m.

### 3.5. NOMBRE DES GRUMES ET VOLUMES DEBARDES.

Le tableau 12 consigne le Nombre de voyages et volumes débarqués.

**Tableau 12 : Nombre de voyages et volumes débarqués.**

Jour	Nombre de voyages	Nombre de grumes	Volumes débarqués
1	12	13	137,669
2	9	9	81,73
3	14	17	170,65
4	9	11	95,151
5	8	8	98,642
6	10	12	139,179
7	8	11	93,75
8	6	8	66,777
9	9	12	99,7
10	5	6	58,444
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>107</b>	<b>1041,692</b>
$\bar{X}$	<b>9</b>	<b>1,19</b>	<b>11,574</b>

Ce tableau nous indique que le traceur 545 effectue en moyenne 9 voyages par jour et débarde en moyenne 11,574m<sup>3</sup> par voyage.

### 3.6. REPARTITION DE L'EMPLOI DE TEMPS DE TIMBERJACK 545.

Le tableau 13 présente la Répartition de l'emploi de temps du Timberjack 545.

**Tableau 13 : Répartition de l'emploi de temps du Timberjack 545.**

Jour	Poste de travail		Temps travail effectif		Temps hors travail	
	Base (Heure)	%	Heure (H)	%	Heure (H)	%
1	8	100	6,85	85,625	1,15	14,37
2	8	100	3,66	45,75	4,34	54,25
3	8	100	8,43	105,375	—	—
4	8	100	7,51	93,875	0,49	6,125
5	8	100	10,62	132,75	—	—
6	8	100	10,14	126,75	—	—
7	8	100	7,64	95,5	0,36	4,5
8	8	100	7,84	98	0,16	2
9	8	100	8,68	108,5		
10	8	100	5,7	71,25	2,3	28,75
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	—	<b>77,7</b>	—	<b>8,8</b>	—
<b>X</b>		—	<b>7,71</b>	—	<b>0,88</b>	—
<b>%</b>		<b>100</b>	—	<b>96,34</b>	—	<b>11</b>

L'emploi de temps du Timberjack 545 est réparti de la manière suivante :

- Le temps travail effectif moyen est de 7,71h, soit 96,34%
- Le temps hors travail moyen est de 0,88h, soit 11%.

### 3.7. RELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LES DIFFERENTS PARAMETRES.

#### 3.7.1. Relation entre la distance et le volume débardé.

Les tableaux 14, 15 et 16 présentent les Caractéristiques de régression des différentes équations testées.

**Tableau 14 : Caractéristiques de la régression.**

	Linéaire	Logarithme	Exponentiel	Puissance	Inverse
<b>N</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>A</b>	1516,0945	2223,5082	1260,4868	2154,9604	610,3324
<b>B</b>	41,6596	499,2792	-0,03052	-0,3733	4238,7075
<b>r</b>	-0,3306	-0,3682	-0,2037	-0,2316	0,3817
<b>R<sup>2</sup>%</b>	<b>10,9</b>	<b>13,5</b>	<b>4,1</b>	<b>5,3</b>	<b>14,6</b>

Ce tableau indique que la relation entre la distance et le volume débardé par le Timberjack 545 est base, soit de -0,37 à 0,38.

#### 3.7.2. Relation entre la distance et la productivité caractéristiques de régression.

**Tableau 15 : Caractéristiques de régression.**

	Linéaire	Logarithme	Exponentiel	Puissance	Inverse
<b>N</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>A</b>	37,1553	136,2407	45,1251	5104,8173	6,7709
<b>B</b>	-0,0183	-17,3897	-0,0010	-0,8556	8080,8471
<b>r</b>	-0,7881	-0,8903	-0,9151	-0,8931	0,8618
<b>R<sup>2</sup>%</b>	<b>62,1</b>	<b>79,3</b>	<b>83,7</b>	<b>79,7</b>	<b>74,3</b>

Eu égard au coefficient de détermination ( $R^2$ ) élevé par rapport aux autres, nous avons retenu pour le Timberjack 545 deux types de régression, à savoir :

1)  $Y = 5104,8173 \cdot x^{-0,8556}$  où  $y$  = productivité HMP

2)  $Y = 45,1251 \cdot e^{-0,0010x}$   $x$  = distance de débardage

### 3.9.3. Relation entre le volume et la productivité.

**Tableau 16 : Caractéristiques de la régression.**

	Linéaire	Logarithme	Exponentiel	Puissance	Inverse
<b>N</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>A</b>	11,8895	2,1687	8,2218	3,1520	24,1845
<b>B</b>	0,5481	6,7422	0,0539	0,6647	-59,5560
<b>r</b>	0,1873	0,2141	0,3763	0,4304	-0,2309
<b>R²%</b>	<b>03,5</b>	<b>04,6</b>	<b>14,2</b>	<b>18,5</b>	<b>05,3</b>

L'analyse minutieuse de ces modèles révèle que la relation est basse entre le volume débardé et la productivité HMP. Le coefficient de corrélation se situe de -0,23 à 0,43 pour Timberjack 545.



Les figures 1 et 2 mettent à vue les productivités du Timberjack 545 en fonction de distances de débardage.

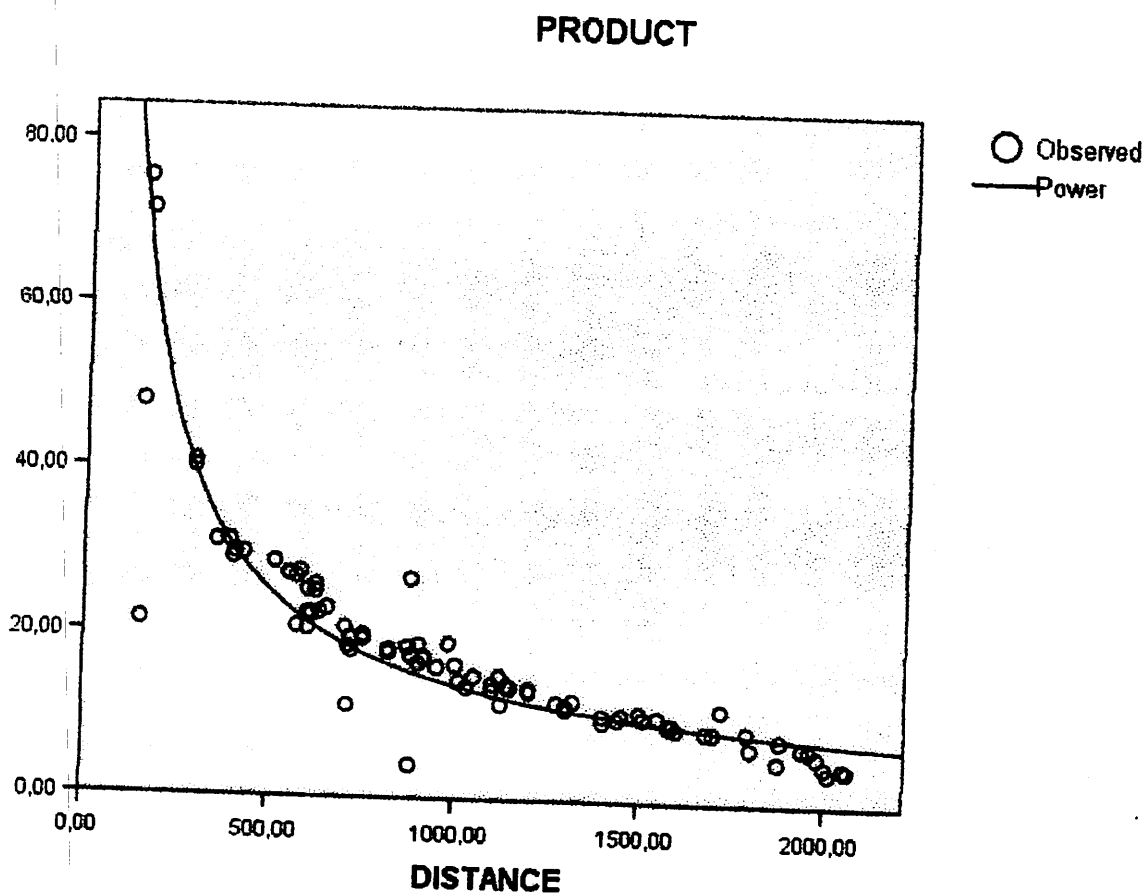


Fig. 1 : Régression puissance.

Equation :  $y = 5104,8173 \cdot x^{-0,8556}$

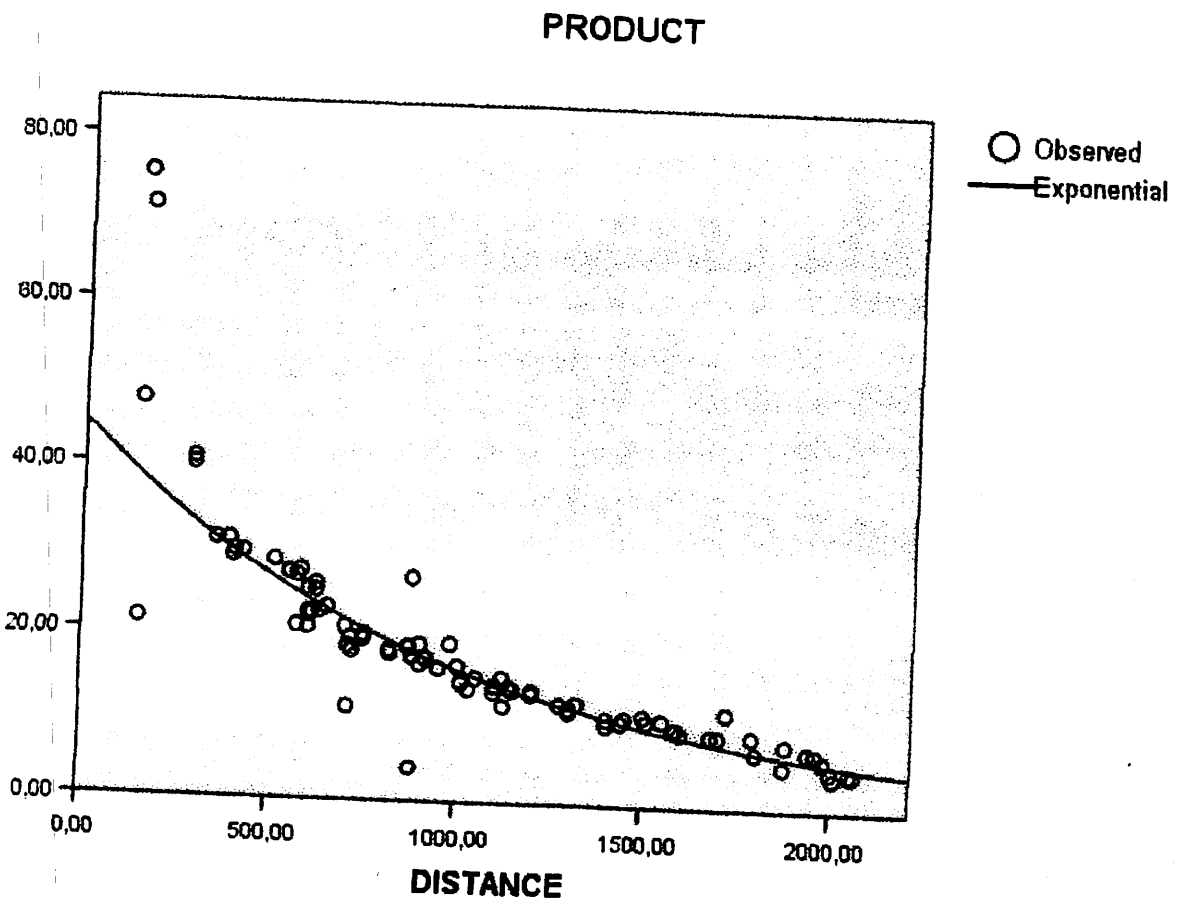


Fig. 2 : Régression exponentielle.

Equation :  $y = 45,1251 \cdot e^{-0,0010x}$

Il se dégage de ces figures une décroissance notable de la productivité avec l'augmentation la distance de débardage. Quand la distance de débardage augmente, la productivité par heure machine productive (HMP) diminue.

## CHAPITRE QUATRIEME

### DISCUSSION DES RESULTATS.

#### 4.1. DISTANCE MOYENNE DE DEBARDAGE.

Le tableau 17 présente les distances moyennes de débardage de quelques entreprises forestières.

**Tableau 17 : Distance moyenne de débardage de quelques entreprises forestières.**

Société	Distance moyenne de débardage (m)	source
<b>1.FORABOLA (Timberjack 545)</b>	<b>1033,91</b>	<b>Présent travail</b>
<b>2. C.F.T :</b> D6H D7G CAT528	491 1055 1316	Bosa (2008)
<b>3. SETRABO</b>	250	Lokombe et al (2006)
<b>4. ENRA</b>	300	Idem
<b>5. FORESTIERE</b>	600	Idem
<b>6. SOKINEX</b>	400	Idem
<b>7. AGRIFOR</b>	330	Idem
<b>8. FORESCOM</b>	300	Idem
<b>9. SIFORZAL</b>	500	Idem
<b>10.AFRIQUE TROPICALE</b>	425	Mémento du forestier

L'analyse de ce tableau révèle que la distance moyenne de débardage de l'entreprise FORABOLA est de loin supérieure à celle de la plupart des autres entreprises forestières étudiées. Cependant, cette distance est légèrement inférieure à celle de la machine D7G de l'entreprise CFT. L'absence d'un réseau routier secondaire suffisant est à la base de la baisse de la productivité à la FORABOLA car, dit-on qu'il n'y a pas de bonne exploitation s'il n'y pas de bonnes routes. Ceci confirme notre première hypothèse.

#### 4.2. PRODUCTIVITE HEURE MACHINE PRODUCTIVE (HMP).

Le tableau ci-après donne la productivité HMP de différentes entreprises

**Tableau 18 : Productivité HMP de différentes entreprises.**

Entreprises	Productivité HMP (m <sup>3</sup> /h)	Source
1. FORABOLA	14,467	Présent travail
2. CFT	8,438	Bosa (2008)
3. SETRABO	6,446	Lokombe et al (2006)
4. ENRA	15,555	Idem
5. FORESTIERE	21,154	Idem
6. SOKINEX	12,311	Idem
7. AGRIFOR	10	Idem
8. FORESCOM	11,81	Idem
9. SIFORZAL	29,132	Idem

La productivité HMP de l'entreprise FORABOLA occupe la 4<sup>e</sup> place parmi tant d'autre étudié, soit après celle des entreprises SIFORZAL, FORESTIERE et ENRA. Cette légère supériorité sur celles restantes est aussi due à l'état du débardeur qui est encore bon, car l'engin étant à sa cinquième année de service. Outre la distance de débordage d'autre facteur comme l'organisation du travail, la motivation du personnel...peuvent influencer la productivité. Lors de notre séjour sur terrain nous n'avons enregistré aucune panne, ce qui confirme encore une fois de plus notre seconde hypothèse.

#### 4.3. Productivité heure machine effective (HME).

Le tableau suivant donne la productivité HME de différents débardeurs.

**Tableau 19 : Productivité HME des débardeurs.**

Débardeurs	Productivité HME (m <sup>3</sup> /h)	Source
1. Timberjack 545	13,458	Présent travail
2. D6H	8,863	Bosa (2008)
3. D7G	3,902	Idem
4. Caterpillar	6,714	Idem
5. F4-Dion	4,3	Sewell (1978)

La productivité HME du Timberjack 545 utilisé par la société FORABOLA est de loin supérieure à celle des autres engins étudiés. Cette supériorité est due aux temps de travail effectif important par rapport à celui hors travail.

#### 4.4. REPARTITION DE L'EMPLOI DU TEMPS DES ENGINS AU DEBARDAGE.

Le tableau ci-après présente la répartition de l'emploi du temps des engins au débardage.

**Tableau 20 : Répartition du temps des engins au débardage à la FORABOLA, CFT et en Afrique tropicale.**

Machines	Poste de travail 100%	Temps de travail effectif (%)	Temps hors travail (%)	Temps de travail productif (%)	Source
1. Timberjack 545	100	45,75 - 132,75	0,16 - 4,34	39.125-117	Présent travail
2. D6H	100	13,75 - 103,75	20 - 86,25	13,75 - 76,25	Bosa (2008)
3. D7G	100	8,62 - 82,50	17,50 - 91,37	8,62 - 56,26	Idem
4. 528	100	6,25 - 93,75	33,75 - 91,25	6,25 - 93,75	Idem
5. AFRIQUE Tropicale	100	67 - 78	22 - 33	60 - 72	C.T.F.T (1990)

Le temps de travail effectif de toutes les machines citées varie de 6,25% à 132,75% soit en moyenne 69,5%, alors qu'en Afrique tropicale il varie de 67-78% soit en moyenne 72,5%.

Le temps hors travail de nos quatre machines varie de 0,16% à 91,25% soit en moyenne 45,71%, alors qu'en Afrique tropicale il varie de 22 à 33 % soit en moyenne 27,5%.

## CONCLUSION ET SUGGESTION

### A. CONCLUSION.

Notre étude a porté sur la productivité de Timberjack 545 (skidder à câble) au débardage. Elle a été menée au sein de la société Forestière et Agricole de la M'bola « FORABOLA » en sigle, dans la concession 11/03, au chantier de Lileko, territoire de Basoko, Province Orientale, en République démocratique du Congo.

La méthode d'observation basée sur le chronométrage continu et l'analyse documentaire nous ont servi pour bien mener nos investigations.

L'analyse des résultats obtenus se présente de la manière suivante :

1. La distance moyenne réalisée au débardage par le Timberjack 545 est de 1033,91m ;
2. Le temps de travail productif moyen est de 48,03 minutes par voyage alors que celui improductif moyen 3,49 minutes par voyage ;
3. La durée moyenne du cycle de débardage est de 51,52 minutes par voyage ;
4. La productivité temps machine productif est de 14,467m<sup>3</sup>/h ;
5. La productivité temps machine effectif ou total est de 13,458m<sup>3</sup>/h ;
6. La productivité moyenne de la main-d'œuvre de 24,802m<sup>3</sup>/ouvrier ;
7. Les modèles retenus pour exprimer la relation entre la productivité et la distance de débardage sont :

$$\text{Productivité} = 5104,8173 x^{-0,8556}$$

$$R^2 = 79,7\%$$

$$\text{Productivité} = 45,125.e^{-0,0010x}$$

$$R^2 = 83,7\%$$

## **B. SUGGESTIONS**

Etant donné que la productivité requiert une bonne organisation du travail de l'exploitation, aussi bien la motivation du personnel et eu égard aux résultats ci - hauts trouvés, nous suggérons à l'entreprise ce qui suit :

1. Optimiser le réseau routier secondaire, en vue de réduire les distances de débardage et de ce fait accroître la production ;
2. Planifier et coordonner les différentes opérations forestières ;
3. Améliorer les conditions de travail des agents et une bonne rémunération, ceci pour les motiver à la production.



## BIBLIOGRAPHIE

- Atchaotema, M., 2008 : Etude du comportement de *Pericopsis elata* (HARMS) en plantation à Yangambi sous la méthode Martineau. Mémoire inédit, I.F.A-Yangambi. 46 p.
- Anonyme, 2008 : Carte routière technologique pour les opérations forestières du Canada. 1-4p. éd. 1998.
- Bosa, L., 2008 : Etude de productivité des tracteurs D6H, D7G et 528 au débardage. Cas de la compagnie forestière et de transformation à Ubundu. Mémoire inédit, IFA – Yangambi. 57p.
- Bwama, M., 2005 : Etude socio-économique des stratégies du développement de la région d'Opala, DES, inédit, IFA-Yangambi. 90p.
- Capet, 1958 : Economie tropicale. Les économies d'AOF ?, Paris. 203 p.
- CIFOR, 2007 : La forêt en République Démocratique du Congo poste conflit. Analyse d'un agenda prioritaire, 81-83 p.
- C.T.F.T, 1990 : Mémento du forestier, ministère de coopération française, 1260p.
- Dunninga, J., 2007 : Récolte, transport et équipements. Université de Laval. 67 p.
- FRM, 2008 : Guide opérationnel. Norme d'inventaire d'aménagement forestier. 55 p.
- Gamache, R., 2005 : La productivité. Définition et engin en recherche et rédaction. 29p.
- Kombele, B., 2004 : Diagnostic de la fertilité des sols dans la cuvette centrale. Cas de séries Yangonde et Yangambi. Thèse inédit, F.S.A de Gembloux, 1-30 p.

- Laberge, H., 1999 : Etude de productivité du transporteur à pince portable TG-88B, Projet de fin d'études, Fac. de Foresterie et de géomantique, Université Laval, 41p.
- Lokombe, D., 2004 : Caractéristique dendrométrique et stratégies d'aménagement de la forêt dense humide à *Gilbertiodendron dewevrei* en région de Bengamisa. Thèse de doctorat, inédit, IFA-Yangambi, 223 p.
- Lussier, L.J et Tomlinson, J., 1973 : Productivité et coût de diverses méthodes de traitements sylvicoles. Fonds de recherche forestière, mémoire n°10, Faculté de Foresterie et géomantique, Université Laval, 129 p.
- Makana, J.R., 1994 : Contribution à l'étude floristique et écologique de la forêt à *Gilbertiodendron dewevrei* (DEUMLD) J. Léonard, de Masako (Kisangani) mém. Inédit, Fac. Sc./UNIKIS. 65 p.
- Sewell, C.D., 1978 : Exploitation forestière. Coût d'opération par heure machine productive, Université Laval. 43 p.
- Sewell, C.D., 1977 : Exploitation forestière. Caractéristique de la machine F4-Dion. Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval. 52 p.
- wellburn et Adamovich, 2007 : Commission W. Abattage et débardage. 25 p.

**WEBOGRAPHIE**

<http://www.geocities.com>

<http://www.proinvest-eu.org>

CIFOR : [www.cifor.cgiar.org](http://www.cifor.cgiar.org)

FOSA Document national de prospective-RDC

<http://www.fao.org/docrep/003>

FRM: [www.frm-france.com](http://www.frm-france.com)

[http://www.debusqueur .fr.st](http://www.debusqueur.fr.st)

<http://www.caterpillar.fr>

[fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

[http://www.déplianttechniquedel'afpq03.](http://www.déplianttechniquedel'afpq03)

## TABLE DE MATIERES.

DEDICACE.

REMERCIEMENTS.

LISTE DES TABLEAUX.

LISTE DES FIGURES.

LISTE DES ANNEXES.

0. INTRODUCTION. ....	1
0.1. PROBLEMATIQUE. ....	1
0.2. HYPOTHESE. ....	2
03. OBJECTIF. ....	2
0.4. BUT. ....	3
05. INTERET DU TRAVAIL. ....	3
0.6. SUBDIVISION.....	4
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES.....	5
1.1. PRODUCTIVITE. ....	5
1.1.1. Définition. ....	5
1.1.2. Types de productivité.....	5
1.1.2.1. <i>Productivité par temps machine productif (TMP).</i> ....	5
1.1.2.2. <i>Productivité par temps machine effectif ou temps total (TME).</i> ....	6
1.1.2.3. <i>Productivité du personnel.</i> ....	6
1.2. DEBARDAGE. ....	7
1.2.1. Définition. ....	7
1.2.2. Techniques de débardage. ....	7
1.3. SOCIETE FORESTIERE ET AGRICOLE DE LA MIBOLA (FORABOLA).....	9

1.3.1. Historique. ....	9
1.3.2. Statut juridique. ....	10
1.3.3. Objectifs de l'entreprise. ....	10
1.3.4. Activités. ....	10
1.3.5. Organisation administrative et du personnel. ....	12
1.4. MILIEU D'ETUDE. ....	12
1.4.1. Situation géographique.....	13
1.4.2. Sols. ....	14
1.4.3. Hydrographie. ....	14
1.4.5. Climat. ....	14
1.4.5.1. Précipitations.....	15
1.4.5.2. <i>Température</i> . ....	15
1.4.5.3. <i>Humidité relative</i> . ....	16
1.4.5.4. <i>Insolation</i> .....	16
1.4.6. Végétation et faune.....	17
1.4.7. Populations humaines. ....	18
<b>CHAPITRE DEUXIEME: MATERIELS ET METHODE.....</b>	<b>19</b>
2.1. MATERIELS.....	19
2.1.1. Matériel de chronométrage. ....	19
2.1.2. Autres matériels utilisés. ....	19
2.1.3. Débardeur utilisé.....	19
2.1.3.1. <i>Caractéristiques</i> .....	19
2.1.3.2. <i>Age et puissance</i> .....	20
2.2. METHODE. ....	20

2.2.2. Chronométrage. ....	24
2.2.3. Mesure de distance. ....	24
2.2.4. Mesure de volume. ....	24
2.3. TRAITEMENT DES DONNEES. ....	26
CHAPITRE TROISIEME: PRESENTATION DES RESULTATS .....	28
3.1. DISTRIBUTION DES GRUMES DEBARDEES. ....	28
3.1.1. Distribution des grumes débardées par classe de diamètre.....	28
3.1.2. Distribution des grumes par classe de longueur.....	29
3.1.3. Distribution des voyages en fonction de classe de distance.....	30
3.2. TEMPS ALLOUE AU DEBARDAGE.....	31
3.3. PRODUCTIVITE. ....	32
3.3.1. Productivité temps machine productif (TMP).....	32
3.3.2. Productivité temps machine total ou effectif (TME). ....	33
3.3.3. Productivité de la main-d'œuvre (M.O). ....	34
3.4. DISTANCE DE DEBARDAGE.....	35
3.5. NOMBRE DES GRUMES ET VOLUMES DEBARDES. ....	36
3.6. REPARTITION DE L'EMPLOIE DE TEMPS DE TIMBERJACK 545.....	37
3.7. RELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LES DIFFERENTS PARAMETRES.....	38
3.7.1. Relation entre la distance et le volume débardé.....	38
3.7.2. Relation entre la distance et la productivité caractéristiques de régression. ....	38
3.9.3. Relation entre le volume et la productivité. ....	39

<b>CHAPITRE QUATRIEME: DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>42</b>
4.1. DISTANCE MOYENNE DE DEBARDAGE.....	42
4.2. PRODUCTIVITE HEURE MACHINE PRODUCTIVE (HMP).....	43
4.3. Productivité heure machine effective (HME). ....	44
4.4. REPARTITION DE L'EMPLOI DU TEMPS DES ENGINS AU DEBARDAGE. ....	44
CONCLUSION ET SUGGESTION .....	46
BIBLIOGRAPHIE .....	48
WEBOGRAPHIE .....	50
TABLE DE MATIERES.....	51
<b>ANNEXES</b>	

# ANNEXES



## ANNEXE 1

### FICHE DE TERRAIN SERVANT A RELEVER LES DONNEES DE TEMPS AU DEBARDAGE

Marque de la machine : .....	Modèle : .....
Essence : .....	Puissance : .....
Diamètres gros bout : 1.....cm	Diamètres fin bout : 1.....cm
2.....cm	2.....cm
Diamètre moyen : .....	Longueur : .....
Volume : .....	Distance : .....

#### Opérations :

#### Durée

1. Trajet sans charge.....
2. Ouverture de piste.....
3. Recherche du pied.....
4. Débusquage.....
5. Elingage.....
6. Trajet avec charge.....
7. Deselingage.....
8. Arrangement au parc.....
9. Déplacement entre parc.....
10. Arrêt du conducteur.....
11. Besoins personnels.....
12. Imprévus
  - Recevoir les instructions du supérieur.....
  - Mise en place d'équipement sur terrain.....
  - Préparation de la machine dans la zone.....
  - Eliminer les obstacles sur la piste.....
  - Changement des pièces.....
  - Panne sèche.....

- Manœuvres en cours de route.....
- Dépannage de la machine.....
- Occupation de la machine.....

13. **Durée totale de toutes les opérations.....**
14. Consommation carburant en litre.....
15. Consommation lubrifiant en litre.....

## ANNEXE 2A

### DISTANCES, VOLUMES DEBARDES, TEMPS (Productif, improductif et total) et PRODUCTIVITES (TMP et TME) de 90 voyages

N°	Distance (m)	Volume débardé (m <sup>3</sup> )	Productivité TMP (m <sup>3</sup> /h)	Temps machine productif (TMP)		Temps machine improductif (TMI)	Temps machine effectif (TME)		Productivité TME (m <sup>3</sup> /h)
				(min)	(heure)	(min)	(min)	(heure)	
1	1550	9,184	10,436	52,95	0,88	8,25	61,2	1,02	9,004
2	600	10,7	22,292	28,85	0,48	1,75	30,6	0,51	20,98
3	570	9,677	26,88	21,67	0,36	0	21,67	0,36	26,88
4	915	12,957	17,276	45,05	0,75	1,32	46,37	0,77	16,837
5	400	12,227	29,112	25,17	0,42	0	25,17	0,42	29,112
6	290	12,256	40,853	18,15	0,3	0	18,15	0,3	40,853
7	720	11,208	18,077	37,05	0,62	0,92	37,97	0,63	17,79
8	1320	12,341	12,219	60,03	1,01	2	62,03	1,03	11,981
9	405	15,476	29,761	31,33	0,52	0	31,33	0,52	29,761
10	390	13,998	31,107	27,33	0,45	0	27,33	0,45	31,106
11	620	11,909	25,889	27,63	0,46	0	27,63	0,46	25,889
12	1000	5,734	16,383	21,2	0,35	0	21,2	0,35	16,383
13	1580	4,718	9,436	30,33	0,5	0	30,33	0,5	9,436
14	600	9,031	22,577	24,05	0,4	0,75	24,8	0,41	22,027
15	290	12,459	40,19	18,77	0,31	0,08	18,85	0,31	40,19
16	715	11,382	19,624	34,9	0,58	7,82	42,72	0,71	16,031
17	600	7,846	25,31	18,62	0,31	0,3	18,92	0,31	25,309
18	750	10,687	19,431	32,87	0,55	2,22	35,09	0,58	18,426
19	510	5,735	28,675	11,83	0,2	0	11,83	0,19	30,184
20	160	8,574	71,45	7,55	0,12	0	7,55	0,12	71,45
21	150	11,298	75,32	9,17	0,15	13,85	23,02	0,38	29,731
22	820	8,39	18,239	27,83	0,46	3,83	31,66	0,53	15,83
23	870	10,409	18,587	33,9	0,56	0	33,9	0,56	18,587
24	620	17,35	25,145	41,28	0,69	7,92	49,2	0,82	21,158
25	550	9,534	27,24	21,35	0,35	2,5	23,85	0,39	24,446
26	355	18,755	31,1	33,07	0,55	0	33,07	0,55	34,1
27	915	8,978	17,265	31,5	0,52	6,98	38,48	0,64	14,028
28	427	16,019	29,665	32,17	0,54	3,73	35,9	0,59	27,151
29	870	8,913	18,569	29,05	0,48	0	29,05	0,48	18,568
30	610	16,215	22,521	43,05	0,72	4,53	47,58	0,79	20,525

## ANNEXE 2B

31	700	11,69	20,875	33,52	0,56	0,2	33,72	0,56	20,875
32	550	7,621	27,218	16,9	0,28	0	16,9	0,28	27,217
33	1140	13,479	14,041	57,88	0,96	0	57,88	0,96	14,041
34	650	13,184	23,13	33,98	0,57	0	33,98	0,56	23,543
35	1120	10,113	15,094	40,43	0,67	0	40,43	0,67	15,094
36	1275	11,643	12,003	58,55	0,97	13,28	71,83	1,19	9,784
37	2060	4,33	4,464	58,2	0,97	0	52,2	0,97	4,464
38	630	13,822	22,659	36,53	0,61	0,8	37,33	0,62	22,293
39	750	12,829	19,737	38,8	0,65	0	38,8	0,65	19,737
40	2010	2,927	4,065	43,22	0,72	3,75	46,97	0,78	3,752
41	1875	4,076	5,293	46,22	0,77	0	46,22	0,77	5,293
42	875	16,064	26,773	35,92	0,6	0	35,92	0,59	27,227
43	1050	15,206	15,055	60,42	1,01	0	60,42	1,01	15,055
44	820	14,254	17,817	48,15	0,8	6,6	54,75	0,91	15,664
45	1590	15,684	9,448	99,48	1,66	10	109,48	1,82	8,617
46	1790	9,503	8,799	64,77	1,08	34,43	99,2	1,65	5,759
47	880	5,661	4,102	82,93	1,38	0	82,93	1,38	4,102
48	880	13,252	17,437	45,78	0,76	0,88	46,66	0,77	17,21
49	600	16,61	20,762	48	0,8	0	48	0,8	20,762
50	900	15,912	16,575	57,8	0,96	7,53	65,33	1,08	14,733
51	1720	11,942	11,483	62,33	1,04	2,96	65,29	1,08	11,057
52	1960	10,078	6,809	88,82	1,48	2,72	91,54	1,52	6,63
53	1500	8,516	10,918	47,22	0,78	6,5	53,72	0,89	9,568
54	580	28,902	27,526	63,02	1,05	23,86	86,88	1,45	19,932
55	1400	7,017	9,746	43,2	0,72	0,8	44	0,73	9,612
56	1030	10,571	13,728	46,18	0,77	5,56	51,74	0,86	12,292
57	1200	21,213	13,258	95,82	1,6	5,33	101,115	1,68	12,626
58	1100	12,341	14,185	52,18	0,87	0	52,18	0,87	14,185
59	1150	14,915	13,683	65,28	1,09	0,25	65,53	1,09	13,683
60	1200	14,248	13,569	63,35	1,05	4,15	67,5	1,12	12,721

## ANNEXE 2C

61	570	11,938	20,944	34,33	0,57	0,5	34,83	0,58	20,583
62	1300	9,518	11,198	51	0,85	0	51	0,85	11,197
63	710	13,167	18,545	42,8	0,71	0,5	43,3	0,72	18,287
64	710	7,005	11,298	37,3	0,62	0	37,3	0,62	11,298
65	1010	16,019	14,431	66,62	1,11	1,45	68,07	1,13	14,176
66	880	17,35	17,525	59,67	0,99	0	59,67	0,99	17,525
67	1680	9,148	8,712	63,3	1,05	0	63,3	1,05	8,712
68	1300	12,346	11,538	64,05	1,07	3	67,05	1,12	11,023
69	1600	7,649	8,999	52,28	0,85	0,83	52,11	0,87	8,792
70	1400	11,065	10,439	63,55	1,06	6,77	70,25	1,17	9,457
71	1940	11,011	6,969	94,93	1,58	0	94,93	1,58	6,968
72	1510	13,37	10,285	78,3	1,3	0	78,3	1,3	10,285
73	1440	11,252	10,137	66,6	1,11	0	66,6	1,11	10,137
74	1700	8,313	8,659	57,42	0,96	19,68	77,1	1,28	6,494
75	1800	6,484	6,898	56,25	0,94	4,65	60,9	1,01	6,419
76	1450	16,348	10,615	92,48	1,54	0	92,48	1,54	10,615
77	2050	5,898	4,681	75,62	1,26	0	75,72	1,26	4,681
78	950	14,028	16,124	52,1	0,87	0	52,1	0,87	16,124
79	1880	8,901	7,877	67,72	1,13	0	67,72	1,13	7,877
80	2000	8,568	4,813	106,8	1,78	1,66	108,46	1,81	4,734
81	150	10,296	21,45	29	0,48	7,8	36,8	0,61	16,878
82	150	6,238	47,985	8,1	0,13	0	8,1	0,13	47,985
83	900	18,3	18,866	58,47	0,97	0,42	58,89	0,98	18,673
84	750	16,798	19,998	50,55	0,84	0	50,55	0,84	19,997
85	1125	10,675	11,731	54,5	0,91	8,33	62,83	1,05	10,166
86	980	15,773	19,004	49,65	0,83	13,23	62,88	1,05	15,022
87	1300	9,823	11,556	51,23	0,85	0	51,23	0,85	11,556
88	1100	13,009	13,411	58,53	0,97	0	58,53	0,97	13,411
89	1980	11,472	6,006	114,43	1,91	1,78	116,21	1,94	5,913
90	1580	8,366	9,4	53,23	0,89	0	53,23	0,88	9,507

### ANNEXE 3 : TEMPS PRODUCTIF

Jour	Nombre de voyages	Trajet allé avec piste	Trajet allée sans piste	Trajet débusquage	Trajet élingage	Trajet retour	Trajet déselingage	Trajet arrangement parc	Trajet préparation machine	Trajet élimination obstacle	Trajet manœuvre	TOTAL
1	12	105,82	56,13	42,69	41,03	101,53	11,15	10,77	17,32	2,32	7,92	396,68
2	9	32,13	15,55	31,27	20,47	55,22	7,95	7,07	11,02	4,05	3,42	188,08
3	14	109,6	49,62	38,58	77,25	144,68	16,15	6,67	20,27	7,1	6	475,92
4	9	100,6	24,18	88,12	41,63	146,3	7,17	0,97	6,22	1,75	9,07	426
5	8	143,8	44,02	81,03	29,4	183,43	33,59	1,57	8,15	13,23	11,7	549,92
6	10	147,08	24,65	96,57	69,02	193,57	9,13	3,65	2,67	4	11,25	561,59
7	8	106,83	39,85	74,47	28,48	156,47	15,59	8	0	5	13,88	448,57
8	6	94,57	76,22	92,35	29,82	131,12	6,9	4,77	0	4,15	6,1	446
9	9	134,15	26,85	104,98	34,83	155,78	13,08	1,3	0	19,1	12,77	502,84
10	5	84,15	24,03	58,4	26,88	113,6	3,95	6,52	0	3	6,55	327,08
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>1058,73</b>	<b>381,1</b>	<b>708,46</b>	<b>398,81</b>	<b>1381,7</b>	<b>124,64</b>	<b>51,29</b>	<b>65,65</b>	<b>63,7</b>	<b>88,65</b>	<b>4322,6</b>
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>9</b>	<b>11,76</b>	<b>4,23</b>	<b>7,87</b>	<b>4,43</b>	<b>15,35</b>	<b>1,38</b>	<b>0,57</b>	<b>0,73</b>	<b>0,71</b>	<b>0,99</b>	<b>48,03</b>
<b>%</b>		<b>22,83</b>	<b>8,21</b>	<b>15,28</b>	<b>8,6</b>	<b>29,79</b>	<b>2,68</b>	<b>1,11</b>	<b>1,42</b>	<b>1,38</b>	<b>1,92</b>	<b>93,23</b>

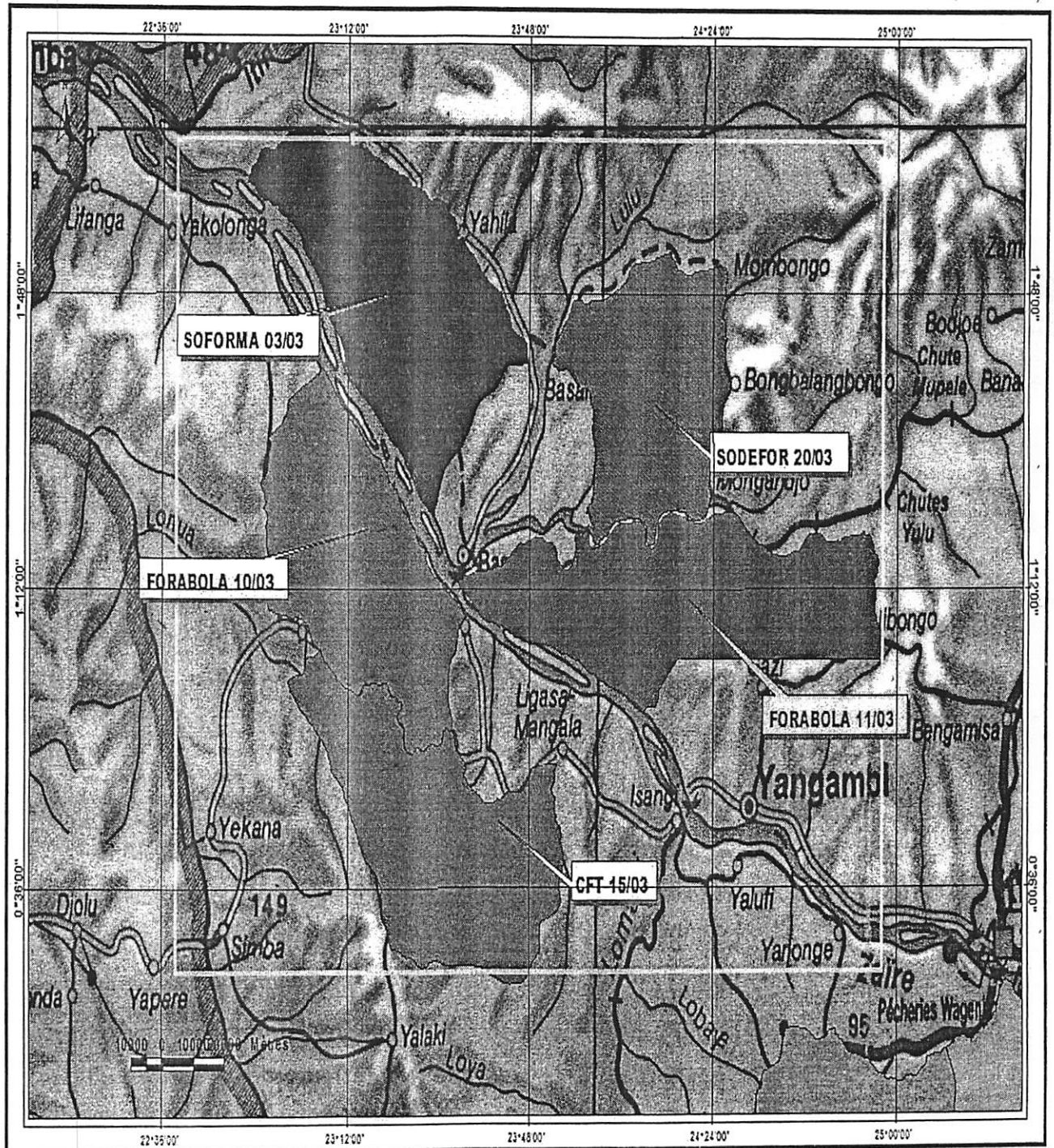
#### ANNEXE 4 : TEMPS IMPRODUCTIF

Jour	Nombre de voyages	Temps de recherche du pied	Temps d'arrêt du conducteur	Temps de besoins personnels	Temps de recevoir les instructions	Temps de déplacement parc	Temps d'ouverture parc	Temps de réparation machine	TOTAL
1	12	8,25	5,98	0	0	0	0	0	14,23
2	9	0	25,02	0	0	6,65	0	0	31,67
3	14	12,97	14,7	0	2,03	0	0	0	29,7
4	9	0	23,63	0	0,8	0	0	0	24,43
5	8	10,5	9,35	17,68	0	0	30,4	20	87,93
6	10	3	38,15	4,98	0,83	0	0	0	46,96
7	8	6	2,48	3,5	0,5	0	0	0	22,08
8	6	12	3,33	8	1	9,6	0	0	24,33
9	9	0	17,8	0	0,42	0	0	0	18,22
10	5	0	15,01	0	0	0	0	0	15,01
TOTAL	90	52,72	155,45	34,16	5,58	16,25	30,4	20	314,56
$\bar{X}$	9	0,58	1,73	0,38	0,06	0,17	0,33	0,22	3,49
%		1,13	3,36	0,74	0,12	0,33	0,64	0,43	6,77

## ANNEXE 5

FORABOLA

Carte 1: Situation de la concession 11/03

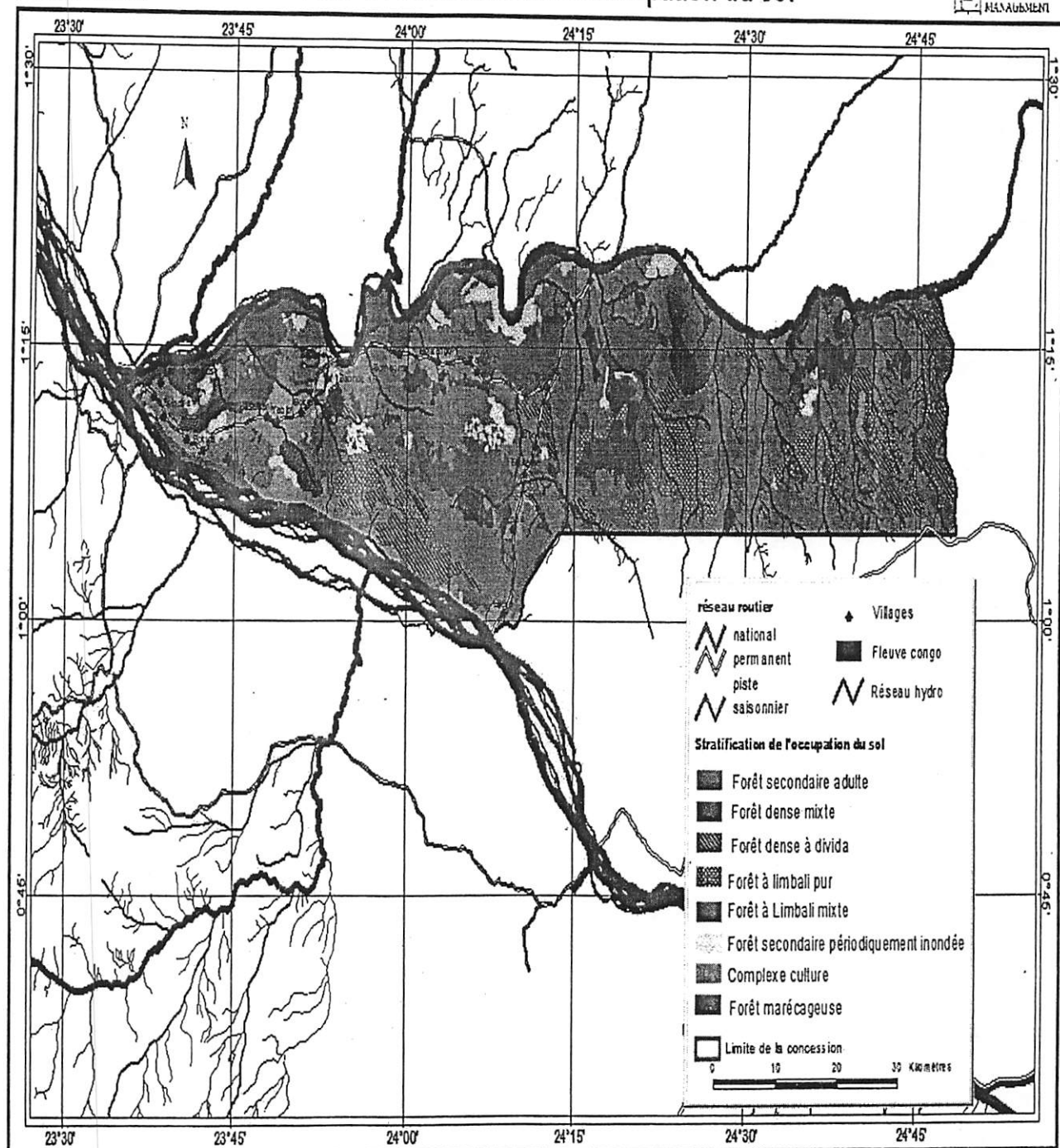




## ANNEXE 6

FORABOLA

Carte 3 : Stratification de l'occupation du sol



Cellule aménagement Kilangoni - février 2008

## ANNEXE 7 : PARAMETRES DE POSITION ET DE DISPERSION

Paramètres	Formules
Moyenne	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$
Ecart-type	$s = \sqrt{S^2}$
Coefficient de variation	$C.V(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$

Légende :

N = nombre des données

$n_i$  = fréquences observées

$x_i$  = indices des classées

## ANNEXE 8 : COUT D'OPERATION PAR HEURE MACHINE PRODUCTIVE (HMP)

Désignation	Quantité	Coût unitaire	Coût totaux
1. Câble	20 mètres	5\$ U.S	100\$ U.S
2. Carburant (mazout)	1663 litres	1,32\$ U.S	2196\$ U.S
3. Lubrifiant (SAE 40)	3,5 litres	5\$ U.S	17,5\$ U.S
4. Frais de la main d'œuvre	4 ouvriers pour 10 jrs	3\$/ouvrier/jour	120\$ U.S
5. Ration	4 ouvriers pour 10 jrs	0,46\$/ouvrier/jour	18,4\$ U.S
<b>TOTAL COUT</b>			<b>2.451,9\$ U.S</b>
Production Grumes débardées (bois export)	1041m <sup>3</sup>	250\$	260.250\$ U.S

- Bénéfice = Production – coût  
= (206.250 – 2451,9)\$  
= 257.798,1\$
- Coût estimé (\$/m<sup>3</sup>) = 2451,9\$/1041m<sup>3</sup>  
= 2,35\$/m<sup>3</sup>
- l/m<sup>3</sup> (carburant) = 1,60
- l/heure (carburant) = 21,52
- m<sup>3</sup>/heure (Productivité HMP) = 14,45

# Parcours de débardage - successivité des tronçons

