

11cm

- E.E.S.S.A. -  
- - Eaux & Forêts - -



Sur la réussite des premières  
plantations au Moyen-Ouest  
du  
*Khaya madagascariensis*

- Randrianarison J. Richard -

-UNIVERSITE DE MADAGASCAR-

Mem

- E.E.S.S.A. -

- Eaux & Forêts -



Sur la réussite des premières  
plantations au Moyen-Ouest  
du  
Khaya madagascariensis



- Randrianarison J. Richard -

" La crainte de l'ETERNEL est le commencement de la Science ..."

Proverbes : 1 : 7a ;

" La crainte de l' ETERNEL est le commencement de la sagesse..."

Proverbes : Psaumes 111 : 10 a

" Heureux l'homme qui a trouvé la sagesse, et l'homme qui possède l'intelligence ! "

Proverbes : 3 : 13

" Donne-moi l'intelligence, pour que je garde Ta loi, et que je l'observe de tout mon coeur ! "

Psaumes : 119 : 34

" Que les cieux se réjouissent !

Et que la terre soit dans l'allégresse !

Que la mer se retentisse avec tout ce qu'elle contient !

Que la campagne s'égaie avec tout ce qu'elle renferme !

Que tous les arbres des forêts poussent des cris de joie,

Devant l' ETERNEL ! "

Psaumes 96 : 11-13 a.

S O M M A I R E

	<u>PAGE</u>
REMERCIEMENTS	
INTRODUCTION .....	1
<u>CHAPITRE 1. QUELQUES INDICATIONS SUR LE <i>Khaya madagascari-</i></u> <u><i>ensis</i></u> .....	3
1.0. <u>GENERALITES</u> .....	3
1.1. <u>NOMS VERNACULAIRES</u> .....	3
1.2. <u>AIRES DE REPARTITION</u> .....	3
1.3. <u>CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET BOTANIQUES DE L'ESPECE.</u>	4
1.3.1. PORT .....	4
1.3.2. ECORCE .....	4
1.3.3. FEUILLES .....	4
133.1. Pétiole .....	5
133.2. Folioles .....	5
133.3. Nervations .....	5
1.3.4. APPAREIL REPRODUCTEUR .....	6
134.1. Fleurs .....	6
134.2. Fruits .....	7
134.3. Graines .....	7
1.3.5. POSITION SYSTEMATIQUE .....	7
1.4. <u>OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES</u> .....	8
1.4.1. ANALYSE DES DONNEES .....	8
141.1. Feuillaison .....	9
141.2. Floraison .....	9
141.3. Fructification .....	9
1.4.2. INDICATIONS CONCERNANT LA CROISSANCE RYTHMIQUE	9

...

	<u>PAGE</u>
142.1. Matériel végétal utilisé .....	9
142.2. Description de la croissance .....	10
142.3. Les différents stades du cycle morphogéné- tique .....	16
142.4. Durée d'un cycle .....	17
142.5. Comparaison avec d'autres rythmes de crois- sance rythmique chez d'autres espèces ...	18
<u>CHAPITRE 2. LE BOIS ET SES UTILISATIONS</u> .....	20
2.1. <u>ASPECT ET STRUCTURE DU BOIS</u> .....	20
2.2. <u>UTILISATIONS TRADITIONNELLES</u> .....	21
2.3. <u>CARACTERES PHYSIQUES ET MECANIQUES</u> .....	31
2.3.1. CARACTERES PHYSIQUES .....	21
231.1. Tableau I : résultats obtenus .....	21
231.2. Définitions et interprétations .....	22
2.3.2. CARACTERISTIQUES MECANIQUES .....	24
232.1. Tableau II : résultats obtenus .....	24
232.2. Définitions et interprétations .....	24
2.3.3. QUALITES TECHNOLOGIQUES .....	26
2.3.4. CONSERVATION .....	26
2.4. <u>UTILISATIONS RATIONNELLES DU BOIS</u> .....	26
2.5. <u>AGE D'EXPLOITABILITE</u> .....	27
<u>CHAPITRE 3. ESSAI D'UNE MISE AU POINT POUR LA MAITRISE DE LA REGENERATION DU <u>Khaya madagascariensis</u>, OPTION PLANTATION</u> .....	28
3.0. <u>GENERALITES</u> .....	28
3.1. <u>REGENERATION NATURELLE</u> .....	30

...

	<u>PAGE</u>
3.1.1. PEUPELEMENTS EXISTANTS .....	30
3.1.2. NOS SUGGESTIONS SUR LA REGENERATION NATURELLE.	31
3.2. <u>DONNEES SUR L'ECOLOGIE DE L'ESPECE</u> .....	31
3.2.1. AIRE DE REPARTITION .....	31
3.2.2. LES FACTEURS CLIMATIQUES DE CETTE ECOLOGIE ...	32
322.1. Pluviométrie et thermométrie .....	32
322.2. Lumière .....	34
322.3. Vents .....	35
3.2.3. FACTEURS PEDOLOGIQUES .....	36
3.3. <u>LA STATION EXPERIMENTALE DE KIANJASOA</u> .....	36
3.3.1. PRESENTATION DE LA STATION .....	36
3.3.2. SITUATION ET HISTORIQUE .....	36
3.3.3. GEOLOGIE .....	37
3.3.4. CLIMAT .....	37
334.1. Pluviométrie .....	37
334.2. Température .....	38
3.3.5. SOLS .....	38
335.1. Caractéristiques .....	38
335.2. Profils typiques .....	39
335.3. Différents types de sols .....	39
335.4. Valeur agricole .....	40
3.4. ETUDE DES POSSIBILITES POUR LA REGENERATION ARTIFICIELLE	41
3.4.1. REGENERATION SEXUEE: PLANTATION EN SAVANE ....	41
341.1. Données techniques concernant la plantation	41
341.2. Conduite des jeunes plants .....	46
341.3. Facteur limitant - parasites - ennemis...	51

...

	<u>PAGE</u>
3.4.2. UNE AUTRE METHODE DE REGENERATION SEXUEE : LES ENRICHISSEMENTS EN FORET NATURELLE (BORA).	52
3.4.3. LA MULTIPLICATION PAR VOIE ASSEXUEE : BOUTURAGE	56
343.1. Objectif et opportunité du bouturage ....	56
343.2. Mécanisme du bouturage .....	56
343.3. Méthodes pour favoriser l'aptitude à l'enracinement .....	57
343.4. Conditions de culture .....	58
343.5. Essai-test d'Ambatobe .....	58
<b><u>CHAPITRE 4.</u></b> POTENTIALITE ACTUELLE DES PREMIERS PEUPELEMENTS DE L'ACAJOU MALGACHE INSTALLES EN PLANTATION CLASSIQUE-RESULTATS D'ETUDES DENDROMETRIQUES	70
<b>4.1. <u>CROISSANCE COMPAREE SUIVANT LA NATURE DU SOL</u></b> .....	70
4.1.1. ETUDE DES PEUPELEMENTS DE BAS DE PENTE .....	70
411.1. Sur bon sol .....	71
411.2. Sur sol caillouteux .....	71
4.1.2. ETUDE DES PEUPELEMENTS DE SOMMET .....	71
4.1.3. COMPARAISON DES MOYENNES DES PARCELLES .....	71
413.1. Test de signification .....	71
413.2. Estimation pondérée de la variance .....	72
413.3. Remarques .....	76
4.1.4. ANALYSE 2 A 2 DES PEUPELEMENTS .....	76
414.1. Bas de pente sur bon sol/ sommet .....	76
414.2. Peuplements sur bon sol de bas de pente / sol caillouteux de bas de pente .....	78
4.1.5. COEFFICIENT DE VARIATION .....	78

...

	<u>PAGE</u>
415.1. Généralités .....	79
415.2. Tableau des résultats .....	79
415.3. Interprétations .....	80
4.1.6. CONCLUSIONS .....	80
<u>4.2. MESURES DIRECTES DU VOLUME DE LA TIGE</u> .....	81
4.2.1. MESURE DES ARBRES SUR PIED .....	81
421.1. Mesure de diamètres (ou circonférences) ..	81
421.2. Mesure des hauteurs .....	82
4.2.2. CALCUL DIRECT DU VOLUME D'UNE TIGE .....	82
4.2.3. COEFFICIENT DE FORME .....	84
423.1. Définition .....	84
423.2. Calculs .....	84
423.3. Tableau de calcul .....	85
<u>4.3. MESURE INDIRECTE DE VOLUMES</u> .....	85
4.3.1. TARIF DE CUBAGE .....	85
431.1. Rappels des définitions et caractéristiques	86
431.2. Tarif à 1 entrée .....	86
431.3. Tarif à 2 entrées .....	89
4.3.2. PREMIERES ESTIMATIONS DE VOLUME BOIS-FORT DES JEUNES ACAJOUS EN PLANTATION .....	90
432.1. Récapitulation : table de cubage - graphes et nomogramme (abaque) de cubage .....	91
432.2. Utilisation des tarifs pour la généralisa- tion des chiffres de production .....	98
CONCLUSIONS .....	103
BIBLIOGRAPHIE .....	105
ANNEXES .....	107.



= R E M E R C I E M E N T S =

Avant d'aborder et de présenter ce Mémoire de Fin d'Etudes, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui, par leur sollicitude, leurs conseils et leur gentillesse, ont permis à ce Mémoire de voir le jour.

Qu'il nous soit donc permis de mentionner plus particulièrement les personnes suivantes qui, malgré leurs multiples charges et occupations, n'ont pas ménagé ni leur temps, ni leurs conseils pour nous aider !

A notre professeur et Président du Jury,

Monsieur ANDRIAMAMPINANINA Joseph, Ingénieur en Chef des Eaux et Forêts de classe exceptionnelle, Chef du Département des Eaux et Forêts de l'E.E.S.S.A.,

Pour la compréhension envers vos étudiants qui a été toujours exceptionnelle, nous vous prions de trouver ici l'expression de nos profonds respects et remerciements infinis.

Aux membres du Jury :

Monsieur RABEVOHITRA Andrianasolo Raymond, Ingénieur Principal des Eaux et Forêts, Chef de la Division "Botanique" du D.R.F.P.

Pour les aides multiples que vous nous avez dispensées et l'intérêt que vous portez au sujet de ce Mémoire, permettez-nous de vous exprimer nos profonds respects et toute notre reconnaissance ;

Monsieur ANDRIANIRINA Gervais, Ingénieur des Eaux et Forêts de classe exceptionnelle, Chef de la Division "Forêts" du D.R.F.P., qui nous a inspiré le sujet de ce Mémoire et nous a guidé tout au long de son élaboration avec compétence, patience et compréhension.

...

Pour l'honneur que nous nous avez fait d'être notre Tuteur, veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance et nos vifs remerciements !

A nos professeurs et enseignants de l'E.E.S.S.A. qui n'ont manqué de faire preuve de compréhension à notre égard, Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde gratitude !

Nos remerciements s'adressent aussi à :

- Monsieur RAKOTOVAO Georges, Ingénieur des Eaux et Forêts, Chef de la Division "Technologie" du D.R.F.P., pour nos entrevues toujours plus riches d'éducation et de conseils pour le présent travail ;

- Monsieur RABIBIZAKA Norbert, Agent technique Principal des Eaux et Forêts, responsable de la pépinière et de la Documentation au D.R.F.P., pour la bienveillance de nous accueillir pour parfaire notre étude sur le bouturage à la pépinière expérimentale d'Ambatobe ;

- Messieurs RANDRIANJOHANY Byriam et RAKOTOARIVONY Edmond, responsables des suivis des Essais sylvicoles à la Station expérimentale de Kianjasoa, pour leur accueil chaleureux (véritable collaboration !) qu'ils nous ont fait lors de nos tournées .

Nous nous en voudrions de ne pas citer notre camarade et aîné RANDRIANJAFY Honoré, Ingénieur des Eaux et Forêts, Responsable de la Section "Sylviculture et Biométrie" de la Division Forêts du D.R.F.P. qui, n'en déplaise à sa modestie, a très obligeamment accepté de se sacrifier et de nous partager son savoir et ses expériences dans les longs périple exigés par les longs calculs fastidieux ayant abouti aux tarifs de cubage et au nomogramme de cubage, et qui a l'amabilité de nous sou-

...

tenir tout au long de l'élaboration de cet ouvrage.

• A papa et maman,

qui n'ont pas ménagé leur peine et  
leurs conseils pour nous faire parvenir à ce que nous sommes ;

• A ma famille,

pour les précieux réconforts et aides  
durant les travaux ;

• A nos camarades de promotion ;

• A tous les amis ;

• A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué  
à la réalisation de ce travail ;

A TOUS, NOUS ADRESSONS UN GRAND MERCI !

= I N T R O D U C T I O N =

Le système d'exploitation forestière par "écrémage" qui a cours à Madagascar depuis bientôt un siècle a inéluctablement abouti à l'appauvrissement de nos ressources forestières et à la raréfaction des bois de valeur sur pied. Par exemple, le HAZOMENA : Khaya madagascariensis, espèce de très grande valeur du Nord-Ouest est devenu assez rare. Pouvant généralement pousser sur bon sol de "baiboho", il fait le frais de la concurrence entre la forêt et l'Agriculture.

Depuis quelques temps déjà, et notamment vers 1965, la Direction des Eaux et Forêts avait fait état de son inquiétude quant à la destruction des formations à Hazomena des domaines forestiers de l'Ouest et du Nord-Ouest. Cette inquiétude venait sans doute de l'échec total des essais d'introduction à Madagascar de l'espèce africaine voisine: le Khaya senegalensis ou Caïlcedrat qui, ne supportant absolument pas les attaques du Borer, n'arrivait à donner que des "pommiers".

La possibilité d'introduire artificiellement le vrai Acajou sous forêt ne venait donc pas compenser la surexploitation des coupes illicites et les défrichements dont le Hazomena, entre autres, fit et continue d'ailleurs à faire les frais.

Le lecteur comprendra donc facilement notre satisfaction d'apprendre du D.R.F.P. qu'une lueur d'espoir est née car la sylviculture du Khaya madagascariensis semble pouvoir être mise au point assez facilement.

Nous avons donc dès lors accepté la proposition qui nous fut faite de suivre et d'étudier dans le cadre de notre Mémoire de Fin d'Etudes les quelques plantations tests qui ont été faites à Kianjasoa.

...

Nous en étions à la fois heureux et gêné :  
Heureux parce que la possibilité nous fut ainsi offerte de contribuer à la conservation d'une espèce menacée mais pourtant très utile ; gêné aussi parce que la disposition des plantations tests dont on nous proposa l'étude ne nous permettrait pas de recourir aux analyses classiques en dispositifs statistiques auxquelles nous nous sommes attendu et préparé.

Le sujet nous tenait cependant à coeur et c'est dans le souci de sortir quelque chose de sûr et d'utile que nous avons décidé de recourir, concernant la sylviculture c'est-à-dire la connaissance de la croissance de l'espèce, aux méthodes d'échantillonnage, qu'il s'agisse de l'établissement de tarifs de cubage, ou qu'il s'agisse tout simplement de la comparaison des peuplements. Nous avons même poussé le souci du pragmatisme en essayant de construire un abaque permettant d'exprimer graphiquement le volume sans avoir à utiliser la table de cubage à 2 entrées qu'il n'est pas toujours pratique de "transporter" ou de consulter.

Notre objectif était cependant aussi, si comme on dit " le jeu en vaut la chandelle " d'intéresser le plus de monde possible à la culture du Hazomena. C'est la raison pour laquelle nous avons jugé nécessaire de pousser l'étude de l'espèce, non seulement sur le plan cultural - car le bouturage que nous avons essayé peut constituer un très bon moyen pour réaliser des plantations clonales - mais aussi au plan botanique et technologique d'où nos approches botaniques, phénologiques et technologiques.

1. QUELQUES INDICATIONS SUR LE Khaya madagascariensis.

1.0. GENERALITES.

L'acajou vrai d'Afrique est produit par le Khaya, genre endémique à espèces vicariantes de la région tropicale africano-malgache. Il produit un bois très recherché pour ses colorations, ses dessins très appréciés et sa durabilité.

(Qui ne souhaiterait avoir un meuble en acajou ? ...).

A Madagascar, nous avons l'espèce Khaya madagascariensis qui est assez mal connue et mal utilisée.

1.1. NOMS VERNACULAIRES.

Du fait de la coloration rougeâtre de son écorce, le Khaya madagascariensis reçut la dénomination de " Hazomena ".

Dans la région de Mananara Nord, on le dénomme " Manitrolatra " à cause de l'odeur de son écorce.

Les feuilles qui en tombant laissent des cicatrices sur la tige lui ont, dans la région d'Antsiranana, valu l'appellation de " Hazomahogo " (hazo = arbre, mahogo = manioc, soit " arbre-manioc ").

1.2. AIRES DE REPARTITION.

Le Khaya madagascariensis, espèce localisée dans la partie nord-ouest de l'île est assez peu fréquente dans son aire d'origine. On l'y trouve en effet, en épars, notamment dans les "baibo" et dans les galeries forestières qui longent les

...

cours d'eau. Il semble bien en tout cas qu'il préfère les sols alluvionnaires.

### 1.3. CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET BOTANIQUES DE L'ESPECE.

#### 1.3.1. PORT.

*K. madagascariensis* est un grand arbre pouvant atteindre 40 mètres de hauteur avec un fût libre variant de 15 à 20 mètres. Le diamètre peut facilement dépasser le mètre.

Le fût assez rectiligne est, à l'état adulte, muni de contreforts.

#### 1.3.2. ECORCE.

L'écorce lisse, blanche à l'extérieur et rouge à l'intérieur est épaisse de 1 centimètre environ.

Sur l'arbre adulte, le rhytidome caduc qui peut se détacher par plaques, présente de crevasses.

L'écorce a une odeur caractéristique, d'où l'appellation " Manitrolatra " (écorce odorante) donnée à l'arbre.

#### 1.3.3. FEUILLES.

Les jeunes pousses ont une pigmentation rouge à rouge-clair caractéristique. Les feuilles adultes acquièrent la coloration verte à vert-clair.

Les feuilles sont composées, paripennées, pouvant mesurer de 50 à 80 centimètres de longueur et de 20 à 30 centimètres de largeur. Elles sont persistantes.

...

Leur disposition est alterne en suivant des verticilles. Elles ne présentent pas de stipules.

133.1. Pétiole.

Le pétiole permet l'insertion des feuilles à la tige. Il a une forme cylindrique et mesure 4 à 7 centimètres de long sur 2 à 3 centimètres de circonférence. Il présente un renflement à la base.

133.2. Folioles.

Elles sont entières et de forme elliptique.

Chaque foliole mesure 8 à 15 centimètres de long sur 4 à 8 centimètres de large.

Une feuille est composée en moyenne de 5 à 14 paires de folioles à disposition opposée.

Un court pétiolule de 2 à 3 centimètres porte le foliole à l'axe principal de la feuille.

Chaque foliole acumminée au sommet présente une asymétrie à la base.

133.3. Nervations.

La nervure principale, saillante à la face inférieure et imprimée à sa face supérieure, partage le limbe en deux parties inégales. Le limbe est donc asymétrique.

Les nervures secondaires des folioles au nombre de 10 à 15 paires, forment une nervation brochidodrome en arche.

...



#### 1.3.4. APPAREIL REPRODUCTEUR.

Les inflorescences sont terminales, en panicules ou en grappes ramifiées de 10 à 15 centimètres de long (cf. figure 2).

##### 134.1. Fleurs.

Ce sont des fleurs blanches multiflores, glabres et portées par de pédicelles articulées de 1 à 2 millimètres de long.

Ces fleurs sont actinomorphes et tétramères (cf. Figure 3).

##### 1341.1. Corolle.

Le corolle est composé de 4 sépales soudées à préfloraison valvaire.

##### 1341.2. Calice.

Le calice est formé de 4 pétales libres à préfloraison imbriquée (cf. Figure 4).

##### 1341.3. Androcée.

Les étamines, au nombre de 8, sont soudées en une couronne staminale entourant l'ovaire.

Les anthères sont dorsifixes et introrses, c'est-à-dire, ils sont fixés à la partie dorsale et tournés vers l'intérieur.

Les grains de pollen sont évacués par des fentes de

...

déhiscence longitudinales.

1341.4. Gynécée.

L'ovaire à style court est supère et est germiné par un stigmate plus ou moins aplati.

Il est par ailleurs formé de 4 loges carpellaires renfermant chacune 8 à 11 ovules à placentation axile.

134.2. Fruits.

Les fruits sont des capsules globuleuses de 5 à 13 centimètres de diamètre, s'ouvrant par 4 valves.

A maturité, les fruits sont déhiscents (cf. Figure 6).

134.3. Graines.

La graine est une samare. On en compte 8 à 12 par capsule, de forme aplatie et munie d'une aile subcirculaire (cf. Figure 7). Elle mesure 3 à 8 centimètres de diamètre sur 0.8 à 1 centimètre d'épaisseur.

Ces graines perdent leur pouvoir germinatif après quelques mois de stockage.

Ces descriptions botaniques nous montrent qu'il s'agit d'une espèce à fleurs hermaphrodites et hypogynes.

1.3.5. POSITION SYSTEMATIQUE.

Les études botaniques faites sur l'espèce ont amené

...

les systématiciens à lui donner la classification botanique suivante.

Règne .....	Végétal
Embranchement .....	Spermaphytes
Sous-Embranchement ...	Angiospermes
Classe .....	Dicotylédones
Sous-classe .....	Dyalipétales
	Superovariés
Ordre .....	Térébenthales
Famille .....	Méliciées
Genre .....	Khaya
Espèce .....	<u>K. madagascariensis</u>

1.4. OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES.

Les observations phénologiques des essences forestières doivent s'étaler sur plusieurs années. Compte tenu du temps et des documents dont nous avons disposé pour la réalisation de ce Mémoire, une telle étude ne fut pas à notre portée. Nous nous sommes alors basé sur les indications portées sur les échantillons botaniques de l'Herbier du Département de Recherches Forestières et Piscicoles d'Ambatobe.

1.4.1. ANALYSE DES DONNEES.

...

141.1. Feuillaison.

Nous avons signalé que (cf. § 1.3.3.), Khaya madagascariensis est une espèce à feuillage persistant. La formation de feuilles se fait périodiquement (du moins chez les jeunes sujets). (voir § 1422.2.).

141.2. Floraison.

La période de floraison est assez étalée et est très irrégulière. Nous pouvons enregistrer avec une grande fréquence un épanouissement presque général aux mois d'Octobre à Janvier. Cette floraison pourrait s'expliquer par une élévation relative de la température.

141.3. Fructification.

La fructification suit la floraison. Elle est faible. La période de cette fructification est assez étalée mais l'époque principale où il convient de récolter les graines correspond aux mois de Septembre, Octobre et Novembre.

1.4.2. INDICATIONS CONCERNANT LA CROISSANCE RYTHMIQUE

CHEZ Khaya madagascariensis.

142.1. Matériel végétal utilisé pour mener l'étude.

L'analyse des résultats des mensurations effectuées à une périodicité de 15 jours à la Station expérimentale du D.R.F.P. à Kianjasoa (Moyen-Ouest), nous a permis de dessiner des courbes de croissance assez spécifiques pour Khaya madagascariensis .

...

L'observation de quelques pieds à la pépinière expérimentale (toujours du D.R.F.P.) d'Ambatobe, nous a permis de confirmer et d'illustrer ces résultats (cf. Photo n° 1).

Malgré l'étendue assez courte et assez limitée de la période d'observations et de suivis, nous avons pu tirer de ces matériels, quelques conclusions sur la croissance.

#### 142.2. Description de la croissance.

Une des caractéristiques la plus frappante observée chez *Khaya madagascariensis* est la variation périodique de sa phénologie de croissance.

##### 1422.1. Périodicité de la croissance.

A l'éclatement du bourgeon terminal, les jeunes feuilles apparaissent au sommet de l'axe. Ces jeunes feuilles ont une coloration rouge très caractéristique. On observe ainsi une différenciation très nette de la coloration entre les feuilles âgées préexistantes et ces jeunes pousses (cf. toujours photo n° 1).

Cette coloration rouge ne dure que 2 à 3 semaines au plus, juste pendant la période de la formation des pousses. Progressivement, ces jeunes feuilles s'agrandissent et deviennent vertes.

##### 1422.2. Variations de la morphologie foliaire.

Nous pouvons distinguer trois types de feuilles.

###### a - Feuilles bloquées:

Pendant la période assez prolongée de dormance, les

...

---

Photo. I : (Prise de vue : 19.10.83)

Khaya madagascariensis

(Pépinière D.R.F.P. Ambatoba)

- Age : 3 ans.

- Stade " Croissance " : élongation des pousses  
feuillées rouges.

Cliché de l'auteur.

...

-----  
• Photo II : Khaya madagascariensis. (Pépinière  
du D.R.F.P. Ambatobe). Age 3 ans.

- Séparation de 2 unités de croissance : On voit  
-----  
nettement les cicatrices en couronne des " feuilles  
bloquées " (la flèche).

Cliché de l'auteur.

19 . 10 . 83

bourgeons terminaux sont protégés par des feuilles de forme réduite.

En moyenne, nous avons pu dénombrer 10 à 12 de ces " feuilles protectrices ".

b - Les feuilles assimilatrices :

Les feuilles assimilatrices sont de deux sortes :

- les jeunes feuilles :

Elles sont édifiées lors de la période de végétation. Elles sont de petite taille et de couleur rouge à rouge-clair;

- les feuilles adultes :

Elles ont une dimension plus importante que les feuilles juvéniles. Elles assurent la fonction assimilatrice.

Nous avons pu compter en moyenne 20 à 24 feuilles par variation phénologique.

1422.3. Variations d'accroissement ,

Grâce à ces observations périodiques, nous avons pu découvrir que la croissance du Khaya est discontinue. Des périodes de croissance rapide s'alternent avec des périodes de croissance faible voire nulle, de telle sorte que l'axe aérien peut être considéré comme formé d'une succession linéaire d' "unités de croissance " (cf. Photo n° 2).

14223.1. Courbes de croissance.

Pour préciser et illustrer à la fois cette observa-

...



• TABLEAU DE MENSURATIONS EN HAUTEUR (cm) ET CIRCONFERENCE (cm) CONCERNANT LES DEUX INDIVIDUS PRIS AU HASARD ET DECRITS DANS LE TEXTE DU § 1422.3.1.

Dates	H 1	H 2	Dates	H 1	C1	H2	C2
05.05.81	165	182	01.07.82	335		368	
18.05.81	166	201	20.07.82	335		368	
01.06.81	170	214	03.08.82	335		368	
16.06.81	180	216	18.08.82	335		368	
01.07.81	187	218	01.09.82	335	19.5	368	21.7
16.07.81	187	218	16.09.82	342		368	
03.08.81	187	218	02.10.82	342		370	
16.08.81	187	218	18.10.82	342		373	
07.09.81	191	219	02.11.82	342		373	
22.09.81	196	224	17.11.82	343		373	
01.10.81	197	226	02.12.82	362		385	
16.10.81	198	226	16.10.82	380	23.5	434	25.7
02.11.81	198	226	03.01.83	380		436	
16.11.81	215	229	.....	...		.....	
01.12.81	236	274	04.02.83	380		436	
16.12.81	236	274	.....	...		.....	
06.01.82	236	274	02.03.83	444		490	
16.01.82	236	274	17.03.83	445		490	
01.02.82	257	298	02.04.83	445	26.1	490	29.3
16.02.82	280	305	.....	...		.....	
01.03.82	285	305	.....	...		.....	
16.03.82	285	305	.....	...		.....	
01.04.82	285	305	05.06.83	486		490	
03.05.82	313	357	04.07.83	486	28.5	490	31.9

...

tion sur l'alternance périodique de l'accroissement chez Khaya, nous avons dessiné, à partir des résultats de mensurations périodiques de 15 jours réalisées par le D.R.F.P., les courbes de croissance de 2 individus choisis au hasard (par tirage au sort) dans la population dite " bas de pente ", près de la pépinière de Kianjasoa.

Le repérage des plants a été facilité par le fait que tous les individus sont déjà identifiés par numérotation. Nous aurions certainement pu obtenir la même allure de courbe en utilisant les hauteurs moyennes de toute la plantation, mais nous avons voulu faire apparaître la légère variabilité inter-individuelle qui se manifeste déjà sur les 2 individus choisis.

#### 14223.2. Interprétation des courbes.

L'allure de chaque courbe est, avons-nous laissé entendre, variable suivant les individus. Mais d'une manière générale, elle comprend des périodes de croissance (sigmoïdes) et des périodes de repos (paliers).

Ainsi, nous pouvons dire que la croissance du *Khaya madagascariensis* est cyclique.

Le long palier correspond, à Kianjasoa, à la période de Mai à Novembre, à la saison sèche où il n'y a pratiquement pas de pluie. La croissance est presque nulle durant cette période.

Durant ces mois, l'action de la température s'ajoute au manque de pluie et l'évaporation devient de plus en plus intense. La nappe phréatique baisse aussi pendant cette période.

La croissance ne reprend que dans le courant de

...

Novembre à Décembre. Elle est sensiblement nulle deux mois après et ne reprend qu'en mi-Février - Mars et ainsi de suite.

La courbe est pratiquement composée d'une succession de parties sigmoïdes et de paliers. La croissance du Khaya est donc bel et bien rythmique.

L'accroissement par bond varie suivant les conditions et le sujet ; en général, nous avons enregistré des accroissements annuels cumulés de 60 à 140 cm.

### 142.3. Les différents stades du cycle morphogénétique.

Nous avons pu distinguer 4 stades :

#### \* Stade A : Débourrement :

Les feuilles protectrices des bourgeons terminaux s'ouvrent, puis tombent en laissant des cicatrices sur l'axe. Ainsi, une unité de croissance va commencer.

#### \* Stade B : croissance :

Progressivement, les jeunes feuilles apparaissent au bout de l'axe. Parallèlement à cette formation, nous pouvons apprécier l'élongation des entre-noeuds.

Cette période correspond à la partie montante de la courbe de croissance (cf. Figure 8 ).

#### \* Stade C : mâturation ;

Les feuilles s'agrandissent et deviennent vertes.

...

L'axe nouvellement formé s'accroît petit à petit. Les bourgeons sont entourés par les feuilles protectrices.

\* Stade D : Dormance :

Elle correspond à l'état de repos de la végétation et à la partie plate de la courbe de croissance.

La connaissance de ces différents stades revêt une importance capitale pour l'établissement du calendrier de plantation et de bouturage.

142.4. Durée d'un cycle.

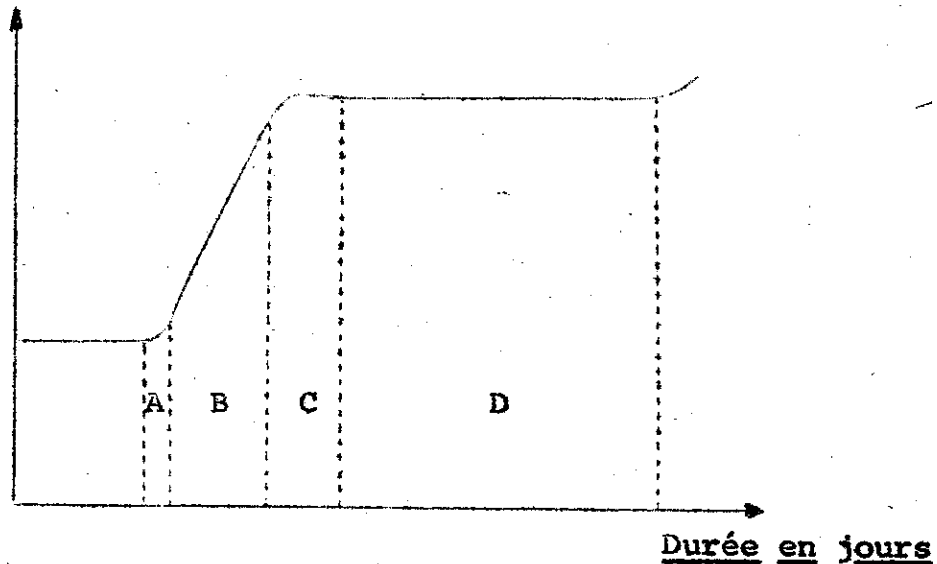
L'ensemble des 4 stades forme un cycle dont la durée varie suivant la saison et suivant les individus (2 à 4 mois).

Dans l'année, nous pouvons relever plusieurs cycles.

Voici un tableau représentant la durée moyenne des différents stades du cycle.

Stade	Durée en jours
A. Débourrement	1 à 3
B. Croissance	10 à 20
C. Mâturation	4 à 8
D. Dormance	40 à 70

...



142.5. Comparaison avec d'autres rythmes de croissance observés chez d'autres espèces.

De nombreuses études ont déjà été faites sur la croissance rythmique de certains arbres, notamment :

- Chez les Gymnospermes : Podocarpus, Cycas ;
- Chez les Monocotylédones : Dracaena sp ;
- et chez de très nombreuses Dicotylédones appartenant à des familles variées :
  - . Méliacées : Khaya ivorensis ;
  - . Euphorbiacées : Hevea brasiliensis ;
  - . Sterculiacées : Chlamydocola chlamydanta.

De cette étude préliminaire qui est en quelque sorte un bref essai de présentation de la monographie du Khaya madagascariensis, nous avons pu découvrir des éléments très utiles

et surtout pratiques pour la suite de nos travaux.

En effet, nous verrons que les multiples qualités technologiques nobles qui seront décrites dans le chapitre suivant, pourront assez vite - et contrairement à certaines espèces de valeur comme le Hintsy, l'ébène ou le palissandre - être assurées en quantité grâce à une certaine plasticité du Khaya madagascariensis.

Les 4 stades de croissance exactement définis faciliteront la tâche du reboiseur en lui indiquant " in visu " (et entre autres conséquences pratiques) la limite de cette plasticité suscitée. Plus précisément, les premières années de végétation pourront déjà être considérées comme un indice de l'adaptation dans le milieu nouveau où on aura projeté l'extension. En d'autres termes, une quelconque perturbation dans le cycle traduirait donc l'inadaptation.

Enfin, comme nous le verrons plus loin, la découverte de ces stades nous a permis de situer la période favorable à la multiplication végétative de l'espèce. Serait-il encore besoin de rappeler dans ce Mémoire l'utilité du bouturage pour le Sylviculteur ?

## 2. LE BOIS ET SES UTILISATIONS

### 2.1. ASPECT ET STRUCTURE DU BOIS.

Le bois de Khaya madagascariensis est blanchâtre pendant la période de jeunesse (période de croissance) et la coloration rouge clair ne se manifeste qu'à un certain âge (mâturation).

Cette couleur rouge clair, violacée à l'abattage et au sciage au frais, vire au brun rouge au contact de l'air. Elle garde cette coloration tout au long de la vie de son utilisation. La couleur du bois est donc plus claire chez les sujets jeunes .

L'aubier est distinct du bois parfait.

Le grain est fin.

La beauté et l'esthétique du bois sont liées à son organisation tissulaire et à sa couleur.

Un débit sur dosse révèle les veines colorées, coloration due à l'accumulation de dépôts d'oléorésines dans les petites cavités des vaisseaux.

Un débit sur quartier montre des alternances de bandes claires et foncées.

Le bois d'acajou est très recherché et très apprécié

...

à cause de ses veines favorables à divers usages, surtout dans la menuiserie fine.

## 2.2. UTILISATIONS TRADITIONNELLES.

Le Khaya madagascariensis, pas très fréquent même dans son aire d'origine, est utilisé pour divers usages. C'est un bois tendre qui se travaille assez facilement avec les outils classiques.

On peut l'utiliser pour la fabrication de pirogues mais il est surtout employé en menuiserie fine.

## 2.3. CARACTERES PHYSIQUES ET MECANIQUES.

Les essais ont été réalisés à la Division Technologie du Bois du D.R.F.P. à Ambatobe avec des échantillons récoltés dans la région d'Antsiranana.

Ces essais de qualifications physique et mécanique ont été effectués suivant les prescriptions de la norme française AFNOR (Association Française de la Normalisation).

### 2.3.1. CARACTERES PHYSIQUES.

#### 231.1. Tableau I : Résultats obtenus.



Caractéristiques	Valeurs	Catégories
Densité : $D \times 100$ .....	58.9	Mi-lourd
Hygroscopicité : $dx10^4$ ...	39.0	Forte
Humidité : H % .....	9.5	
<u>Rétractibilité</u>		
Point de saturation: S%.	23.27	Bas
Rétractibilité volume : $D\% \times 10$ ....	117.6	Moyen retrait
Coefficient de rétracti- bilité : $V\% \times 100$ .....	42.0	Moyenne
Rétractibilité tan- gentielle : $T\% \times 10$ .....	75.8	Moyenne
Rétractibilité radiale : $R\% \times 10$ .....	39.1	Faible
( T + R ) x 10 .....	114.9	

231.2. Définitions et interprétations des résultats.

1° Densité : Catégorie "mi-lourd" :

La densité renseigne sur le poids spécifique du bois à peu près sec à l'air sous le climat des Hauts-Plateaux, c'est-à-dire au taux d'humidité de 12%.

2° Rétractibilité : "moyenne" :

La rétractibilité renseigne sur la façon de jouer de chaque bois selon la variation de l'humidité. Ainsi, le bois de Khaya madagascariensis, moyennement rétractible fait une très bonne pièce pour la menuiserie fine.

...

3° Nervosité : Coefficient de retrait moyen : 0.42.

La nervosité rend compte des variations relatives de volumes dues à une variation du taux de l'humidité interne lorsque le bois est sec à l'air. Le niveau moyen de notre essence pour cette caractéristique lui confère également une qualité estimable.

4° Point de saturation : bas : 23.27.

Quand le bois sèche pendant un certain temps, en partant de l'état saturé, il perd de l'eau, donc du poids sans que ses dimensions ni son volume ne varient. Puis à partir d'un certain degré d'humidité, on voit diminuer outre son poids, ses dimensions et son volume. Le point de saturation est la valeur de cette humidité limite au-dessus de laquelle les dimensions ne varient plus.

Un point de saturation bas favorise l'emploi dans un milieu d'utilisation constamment humide. De ce fait, le bois ne se déforme absolument pas. On comprend alors pourquoi on utilise traditionnellement le bois de K. madagascariensis pour la fabrication de pirogues.

...

2.3.2. CARACTERISTIQUES MECANIQUES.

232.1. Tableau II : Résultats obtenus.

Caractéristiques	Valeurs	Catégories
• Dureté : N x 10 .....	40.70	Mi-dur
• <u>Cohésion axiale</u>		
- Compression du fil : C ....	504.00	Moyenne
- Côte statique: C/100 D ....	7.30	Moyenne
- Côte dynamique: C/100D <sup>2</sup> ....	10.60	-
• <u>Flexion statique</u>		
- Résistance moyenne: F .....	1 368.00	Moyenne
- Côte de flexion: F/100D....	19.80	-
- Côte de raideur: L/F .....	48.30	Raide
- Côte de tenacité: F/C .....	2.70	
- Module d'élasticité: E x 10 <sup>-3</sup> .	172.70	Bonne
• <u>Flexion dynamique</u>		
- Coefficient de résistance K x 100 .....	35.00	Peu résistant
- Côte dynamique: K/D <sup>2</sup> .....	0.84	Moyen

232.2. Définitions et interprétations.

1° Dureté : "mi-dur" : 40.7.

La dureté exprime assez directement la résistance du bois à la pénétration des outils et à l'usure.

2° Cohésion transversale : fissilité faible.

La fissilité mesure la force à exercer pour fendre

...

une éprouvette. Elle est qualifiée de forte lorsque l'effort à exercer est minime. Disons tout de suite que le K. madagascariensis se fend assez difficilement.

3° Cohésion axiale.

Pour un bois léger, d'après la résistance à la compression de fil, la cohésion axiale de notre espèce est normale.

Pour sa catégorie, le K. madagascariensis peut en effet résister aux efforts dans le sens de la compression longitudinale des fibres. On peut autrement dit l'utiliser pour les emplois en position verticale (dans les constructions par exemple : piliers, etc...).

4° Flexion statique: côte de flexion statique moyenne.

La côte de flexion statique mesure la résistance du bois aux efforts de flexion pour les emplois en position horizontale (solives, etc...).

5° Elasticité: bonne; Module d'élasticité: 172.7.

L'élasticité caractérise la flèche (courbure) plus ou moins prononcée que prend une pièce de bois au moment de la rupture sous les efforts de flexion statique citée plus haut.

6° Résilience : faible : coefficient : 35.

La résilience mesure la résistance au choc perpendiculaire à la fibre et donne une assez bonne synthèse de la notion de solidité du bois. Notre essence résiste peu aux chocs provoqués perpendiculairement à ses fibres.

...

### 2.3.3. QUALITES TECHNOLOGIQUES.

Le bois du K. madagascariensis se travaille facilement avec les différents outils de menuiserie.

Le bois se tient bien au clouage et au vissage.

Il se prête très bien à l'usinage et à la finition, donnant en particulier un très beau poli.

Il s'apprête bien aux différents types de colles, vernis et peintures.

### 2.3.4. CONSERVATION.

L'essence a une bonne durabilité naturelle.

### 2.4. UTILISATIONS RATIONNELLES DU BOIS DE Khaya madagascariensis.

Le K. madagascariensis a toutes les qualités requises pour être utilisé en feuilles de tranchage à usage décoratif. C'est un bois noble et son utilisation en placage est une possibilité qui la valorise le plus. Au reste, il est déjà utilisé en tranchage et placage.

Mais il se peut qu'il soit moins apprécié que les feuilles des Khaya d'Afrique à cause de ses veines moins accentuées.

Les qualités technologiques le destinent aussi à l'ébénisterie.

...

2.5. AGE D'EXPLOITABILITE.

Nous n'avons pas pu recueillir de renseignements sur l'âge d'exploitabilité du Khaya. Nous faisons néanmoins l'estimation que s'agissant d'une essence à croissance rapide, l'âge d'exploitation pourrait être atteint entre 60 et 80 ans. A cet âge en effet, on devrait obtenir un arbre de 60 à 80 centimètres de diamètre. C'est remarquablement vite pour une essence autochtone de valeur à destination bois d'oeuvre de haut rendement.

Mais comment le produire ? C'est un peu l'objet du chapitre qui suit.



3. ESSAI D'UNE MISE AU POINT POUR LA MAITRISE DE  
LA REGENERATION DU Khaya madagascariensis :  
OPTION PLANTATION.

3.0. GENERALITES.

Depuis notre premier voyage d'études au Moyen-Ouest (Kianjasoa), nous avons été fasciné par la réussite de la plantation en savane du K. madagascariensis. En effet, très rares sont les essences de la forêt naturelle qui aient pu être sorties de leur milieu ambiant pour réussir dans des conditions très écartées de celles de leurs stations.

Jusqu'alors, notre " acajou " a seulement été essayé en enrichissement. Citons en l'occurrence les expériences de Bora (Antsohihy) qui ont été dans le temps menées conjointement par la Direction des Eaux et Forêts et l'Organisme International F.A.O. et dont, dix ans plus tard (1981), les Chercheurs du D.R.F.P. ont pu estimer la réussite relativement satisfaisante.

A notre avis, cette réussite à la plantation (du moins à Kianjasoa), que nous pouvons maintenant qualifier de totale, est indubitablement la conséquence du tempérament de plasticité dont fait preuve le K. madagascariensis.

Pour pouvoir illustrer ce comportement de l'espèce, asseoir nos conclusions sur des études comparatives et effacer par la même occasion certains doutes et méfiances (qui sont

...

d'ailleurs normales et raisonnables) sur l'assurance dont nous sommes mû pour nos suggestions qui pourraient alors sembler trop prématurées, nous avons tenu à rassembler dans ce paragraphe les observations et les expériences vécues par des Sylviculteurs en Afrique (Côte d'Ivoire).

A. AUBREVILLE (C.T.F.T., 1959) affirme que les acajous, tous du genre *Khaya*, sont des essences de lumière qui supportent néanmoins bien l'ombre dans le jeune âge. Ils ont une croissance très rapide et se régénèrent à la fois dans la forêt secondaire vieillie, éclaircie, et dans la forêt primaire très sombre.

De plus, dans une situation où le sol dérive de schistes argileux décomposés et est recouvert d'une couche superficielle compacte de cailloux, l'auteur avait compté 13 petits acajous de moins de 10 centimètres de diamètre. Ces jeunes plants se développaient ainsi lentement, attendant l'occasion de percer la voûte qui les enserme, puis ils s'élançaient, pointant au-dessus du sous-bois.

L'auteur a en outre signalé que les pépinières peuvent être établies en plein soleil ou de préférence sous un léger abri.

La rapidité de croissance des acajous est très grande dans le jeune âge. En Avril 1925, à la station du Banco (Côte d'Ivoire), dans un terrain alluvionnaire très frais, 4 années après germination, des plants issus de graines avaient déjà 7.5 à 13 mètres de hauteur et 25 à 38 centimètres de circonférence mesurée à 1 m. du sol. 32 ans plus tard (1957), quelques-uns de ces arbres demeurés sur place, avaient 0.60m de diamètre et 30 m. de haut.

...



Très récemment, nous avons encore eu l'occasion d'être informé par un Forestier du C.T.F.T. qui a travaillé en Afrique avant d'être à Madagascar (actuellement) sur le fait que les acajous réussissent bien en plantation mais leur principal ennemi est le Borer. Pour lutter contre ce fléau, les Forestiers auraient trouvé une formule <sup>n</sup>conseillant la plantation du Khaya à 1 pied sur 3 (ou sur 4) d'Azadiracta indica (Neem), le feuillage de cette espèce paraissant indésirable pour l'insecte qui protège ainsi les Khaya.

Heureusement, notre Khaya madagascariensis semble ne pas être attaqué par le Borer alors que d'autres espèces du même genre introduites dans la région d'Antsiranana auraient déjà été infestées quelques temps après la plantation.

### REGENERATION DU Khaya madagascariensis.

Pour la régénération d'une essence forestière, on peut être partagé entre deux conceptions :

- la régénération naturelle ;
- et la régénération artificielle.

#### 3.1. REGENERATION NATURELLE.

##### 3.1.1. PEUPELEMENTS EXISTANTS.

Les semis naturels du K. madagascariensis existent en forêt, mais comme pour la plupart des essences autochtones, ils sont plutôt rares. La régénération naturelle reste inféodée

...

au problème général de la régénération des essences forestières existant dans son milieu naturel.

" La forêt malgache dans l'ensemble, se régénère mal ou pas du tout naturellement " selon N. R. BROUARD.

Dans la région de Bora pourtant, on avait signalé la présence de régénération assez abondante du K. madagascariensis dans certaines parcelles exploitées.

### 3.1.2. NOS SUGGESTIONS SUR LA REGENERATION NATURELLE.

Les observations nous montrent que la régénération naturelle du Khaya n'est pas suffisante pour assurer la relève. Aussi, par suite des pratiques néfastes utilisées par certains exploitants, favorisant ainsi un écrémage pour l'exploitation des essences de valeur comme le Khaya, nous pensons que cette régénération naturelle ne pourra pas valablement se développer; et si on veut sauver l'espèce, il faut recourir à la méthode de la régénération artificielle telle qu'elle a été commencée, à bon escient à Kianjasoa par les chercheurs de la Division Forêts du D.R.F.P.

Mais avant d'aborder ce paragraphe, et pour mieux connaître le comportement de l'espèce, nous allons voir quelques données écologiques la concernant.

## 3.2. DONNEES SUR L'ECOLOGIE DE L'ESPECE.

### 3.2.1. AIRE DE REPARTITION.

Nous avons eu l'occasion de préciser l'aire naturelle de répartition du K. madagascariensis dans le paragraphe 1.2.

...

au problème général de la régénération des essences forestières existant dans son milieu naturel.

" La forêt malgache dans l'ensemble, se régénère mal ou pas du tout naturellement " selon N. R. BROUARD.

Dans la région de Bora pourtant, on avait signalé la présence de régénération assez abondante du K. madagascariensis dans certaines parcelles exploitées.

### 3.1.2. NOS SUGGESTIONS SUR LA REGENERATION NATURELLE.

Les observations nous montrent que la régénération naturelle du Khaya n'est pas suffisante pour assurer la relève. Aussi, par suite des pratiques néfastes utilisées par certains exploitants, favorisant ainsi un écremage pour l'exploitation des essences de valeur comme le Khaya, nous pensons que cette régénération naturelle ne pourra pas valablement se développer, et si on veut sauver l'espèce, il faut recourir à la méthode de la régénération artificielle telle qu'elle a été commencée, à bon escient à Kianjasoa par les chercheurs de la Division Forêts du D.R.F.P.

Mais avant d'aborder ce paragraphe, et pour mieux connaître le comportement de l'espèce, nous allons voir quelques données écologiques la concernant.

## 3.2. DONNEES SUR L'ECOLOGIE DE L'ESPECE.

### 3.2.1. AIRE DE REPARTITION.

Nous avons eu l'occasion de préciser l'aire naturelle de répartition du K. madagascariensis dans le paragraphe 1.2.

...

On peut voir des arbres atteignant de dimensions appréciables et pas trop écartés, laissant ainsi supposer qu'il s'agit d'une formation spontanée, à Betsiaka, sur la route de Vohémar.

Dans la Station forestière d'Antanimiavotra qui se trouve au coeur même de l'aire naturelle d'origine de l'espèce (Ambilobe : Sambirano), on a une petite plantation très réussie de K. madagascariensis. En fait, il s'agit d'une ébauche de verger de provenance d'arbres d'élite mis en place par la Direction des Eaux et Forêts.

Nous énumérerons par ailleurs ci-après les autres régions où, d'après l'Herbier de la Section Botanique forestière de la Division Forêts du D.R.F.P. que nous n'avons pas hésité à consulter, on a pu récolter des échantillons botaniques.

- Analamerana ..... Région d'Antsiranana;
- Andengiraty ..... Forêt domaniale : Ambilobe;
- Antanifotsy (Anakarana)..... Ambanja ;
- Analanitsiny ..... Analalava ;
- Ampondralava ..... Port-Bergé ;
- Ambalakida ..... Mahajanga ;
- Mandrava ..... Maevatanana ;
- Mananara Nord.

### 3.2.2. LES FACTEURS CLIMATIQUES DE CETTE ECOLOGIE.

#### 322.1. Pluviométrie et thermométrie.

...

### 3221.1. Le climagramme d'EMBERGER.

Le quotient pluviothermique d'EMBERGER :  $Q_T$  permet de définir et de situer sur un abaque appelé climagramme les caractéristiques de différents territoires phytogéographiques.

A Madagascar, ce quotient pluviothermique a été modifié par P. MORAT pour tenir compte du facteur humidité journalière relative.

Par ailleurs, ce climagramme fournit une excellente synthèse des bioclimats de la grande île (P. MORAT, 1969, 1972).

Rappelons que chaque station météorologique est matérialisée dans un plan par deux coordonnées qui sont :

1° - son quotient pluviothermique  $Q_t$

$$Q_t = \frac{P \times \frac{N}{365}}{2 \frac{M + m}{2} (M - m)} \times 100$$

P = pluviométrie annuelle moyenne en mm

N = le nombre moyen annuel de jours de pluie

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud(°C)

m = moyenne des minima du mois le plus froid(°C)

2° - La valeur  $\underline{m}$  prise isolément,  $\underline{m}$  étant la moyenne des minima du mois le plus froid. Cette valeur choisie par L. EMBERGER pour la région méditerranéenne conserve à Madagascar son importance biologique.

Les résultats (cf. Figure) font apparaître à Madagascar des étages bioclimatiques (étage perhumide, humide, sub-

...

humide, semi-aride) selon la valeur du quotient pluviothermique des stations considérées. Ces étages sont eux-mêmes subdivisés en sous-étages selon des valeurs repères de  $m$  (hiver froid, hiver frais, hiver tempéré, hiver chaud).

#### 3221.2. Interprétations.

Comme la plupart des espèces végétales, le *Khaya* est soumis aux contraintes climatiques, pédologiques, altitudinales et biotiques.

L'examen du climagramme nous révèle que notre espèce occupe l'étage humide et subhumide à hiver chaud.

La pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 1100 et 1900 mm.

Cette zone est caractérisée par une saison sèche bien marquée pouvant aller jusqu'à 6 et 7 mois. La saison pluvieuse couvre les mois de Novembre à Avril.

La température moyenne maximale est de 35 °C et la moyenne des températures minimales, de 15 °C. La moyenne se situe aux environs de 30°C.

*K. madagascariensis* est alors une espèce assez plastique. Naturellement, elle est limitée dans la partie Nord-Ouest de l'Ile, sur la pente occidentale d'altitude moyenne de 600 à 900 mètres.

#### 322.2. Lumière.

Longtemps, le *K. madagascariensis* a été considéré

...

comme une essence d'ombre; or son comportement dans les Essais effectués à Bora, Antanimiavotra, Ambatobe et Kianjasoa et sa vigueur dans les trouées d'exploitation est largement suffisant pour prouver le contraire.

Des plantations intercalaires en sous-bois réalisées intentionnellement en test sous Gmelina arborea à feuillage très fourni et très lourd, a entièrement périclité à Kianjasoa.

En Afrique, certaines littératures rapportent que le même échec a été enregistré en plantation sous-abri de Khaya senegalensis avec la méthode Martineau.

Nous pouvons donc affirmer que le Khaya est une essence de pleine lumière. Les semis peuvent tolérer un certain ombrage durant 2 à 3 années, mais après, la mise en lumière doit être opérée.

Dans la première phase de sa vie : formation de la tige, le Khaya tolère un espacement réduit favorisant sa croissance en hauteur. Dans la suite : formation du tronc, il demande un espace vital assez dégagé pour le développement d'un houppier plus large nécessaire à son grossissement. C'est d'ailleurs une des raisons pour laquelle nous trouvons que les plantations actuelles de Kianjasoa devraient maintenant être éclaircies pour favoriser l'accroissement en diamètre.

### 322.3. Vents.

Dans l'aire naturelle de l'espèce, on enregistre de mai à novembre, l'effet desséchant du " Varatraza ", un vent qui souffle du Sud-Est et qui vient aggraver le manque de pluie.

...

Ce vent doit provoquer certainement un ralentissement de croissance.

### 3.2.3. FACTEURS PEDOLOGIQUES.

Le K. madagascariensis trouve, avons-nous dit, une condition assez favorable le long des cours d'eau. Il a besoin de sols à texture équilibrée, en général, des sols alluviaux profonds et bien aérés.

### 3.3. LA STATION EXPERIMENTALE DE KIANJASOA.

#### 3.3.1. PRESENTATION DE LA STATION.

Avant d'aborder la régénération artificielle par voie sexuée, nous allons présenter la Station de Kianjasoa où l'on a implanté des Essais sur quelques espèces dont le K. madagascariensis. Elle est située en pleine région de ce que l'on a appelé depuis le Moyen-Ouest sur une partie du vaste plateau du Bongolava et sur l'axe Antananarivo - Maintirano.

#### 3.3.2. SITUATION ET HISTORIQUE.

Etymologiquement, KIANJASOA est composé de deux mots: KIANJA ou "vaste terrain" et SOA qui veut dire "de bonne qualité" du point de vue pâturage.

Géographiquement, la station est située sur le versant Ouest des Hauts-Plateaux, à une altitude moyenne de 1 200 mètres et à environ 200 kilomètres de la Capitale.



Le Centre de Kianjasoa a été tout à ses débuts un centre d'élevage de chevaux et de juments utiles en ces périodes comme moyen de transport et servant à satisfaire les besoins de l'Armée.

A partir de 1974, la station devient un centre pluridisciplinaire du Centre National de Recherches Appliquées au Développement Rural (CENRADERU - FO.FI.FA). Ainsi, il regroupe actuellement des activités de recherches agronomiques, de recherches forestières et piscicoles et surtout de recherches zootechniques et vétérinaires.

### 3.3.3. GEOLOGIE.

Le socle rocheux plus ou moins uniforme est constitué par une migmatite dont l'altération donne un sol latéritique.

La topographie est caractérisée par un relief péninsulaire d'où l'on a des sols remaniés. Ainsi les sols ne dérivent pas obligatoirement du socle sous-jacent mais des alluvions et des colluvions anciennes provenant de l'érosion des sols ferrallitiques.

### 3.3.4. CLIMAT.

#### 334.1. Pluviométrie.

Le climat est caractérisé par une saison de pluie et une saison sèche bien distinctes. La saison de pluie se situe de Novembre à Avril. La pluviométrie annuelle varie entre 1 400 mm et 1 900 mm d'eau suivant les années et suivant les endroits.

...

### 334.2. Température.

La moyenne des températures du mois le plus froid est de 18°C et celle du mois le plus chaud, de 30°C. La moyenne annuelle se situe autour de 22°C.

(cf. courbes ombro-thermiques, Fig.10).

### 3.3.5. SOLS.

La vaste pénéplaine a donné des sols ferrallitiques très profonds et très altérés. La végétation graminéenne assez dense, favorisée par le climat, a enrichi la surface des sols en humus et l'a ameublie.

### 335.1. Caractéristiques.

Voici, d'après J. RIQUIER, quelques caractéristiques des sols de la région.

Comme composition granulométrique, on a :

- . 15 % d'argile ;
- . 20 % de limon ;
- . 25 % de sable.

Ce sol est donc relativement perméable et se ressuie très vite après la pluie.

Le pH varie de 5.5 à 6.3 en surface. Les sols sont donc peu acides.

...

L'horizon supérieur de 20 cm d'épaisseur a une teneur en matière organique de 3 à 5 %, donc assez riche.

L'azote total varie de 0.2 à 0.5 %.

Le rapport C/N est environ égal à 7 - 9.

Les teneurs en bases échangeables sont de 1 à 3 % de CaO; 0.2 à 0.50 de MgO.

### 335.2. Profils typiques.

Ce sont des sols latéritiques provenant d'alluvions anciennes ou de colluvions déposées sur pénéplaine.

0	-	20 cm	:	Terre brune grumeleuse, nombreuses racines et rhizomes de graminées.
20	-	100 cm	:	Sol brun rouge, argilo-sableuse à microporosité forte.
100	-	200 cm	:	Mêmes descriptions que précédemment mais présence de concrétions ferrugineuses.
200 cm et plus			:	Horizon rouge de sols latéritiques.

### 335.3. Différents types de sols.

On peut distinguer trois types de sols suivant la topographie :

...

- . Sols des plateaux ;
- ; Sols des pentes ;
- . Sols des bas-fonds.

1° Sols des plateaux :

Ce sont de très vieux sols très profonds, de pH acide 5.5 à 6.3 et de bonne structure. Ils sont perméables et ont une teneur en matière organique assez bonne lorsqu'il n'y a pas eu défrichement. On les désigne sous le nom de " TANY MAINTY ".

2° Sols des pentes :

Ce sont les mêmes sols que précédemment mais décapés par l'érosion. Parfois le sous-sol mis à nu prend un aspect tassé avec très peu de matière organique. La structure est assez mauvaise. La capacité de rétention assez basse lui confère un état sec. On les nomme "TANY MAZANA".

3° Sols des bas-fonds :

Ce sont des sols tourbeux à alluvions sableuses. Ils sont souvent riches mais manquent de matière organique élaborée. Ce sont les "TANY MANGA".

335.4. Valeur agricole.

En résumé, ce sont des sols assez riches en surface grâce à la matière organique et aux éléments échangeables mais qui, comme un peu partout à Madagascar, manquent de potasse et de phosphore.

D'après une étude faite en parcelles élémentaires par

...

la Recherche, ces sols sont très sensibles à l'érosion surtout après changement des conditions initialement établies :

- disparition de la couverture herbacée par les cultures et les feux ;

- tassement par le passage répété des bovins.

Si on veut alors sauvegarder l'intégrité de la fertilité et du potentiel de production, il faut préconiser l'utilisation des techniques appropriées.

### 3.4. ETUDE DES POSSIBILITES POUR LA REGENERATION ARTIFICIELLE DE *K. madagascariensis*

#### 3.4.1. REGENERATION SEXUEE, PLANTATION EN SAVANE : MOYEN-OUEST

##### 341.1. Données techniques concernant la plantation.

##### 341.1. Récolte de graines.

Toutes les graines qui ont donné ces premières plantations de Kianjaoa proviennent des peuplements d'Ambilobe, de Betsioka et de Berivotra. Depuis, la Direction des Eaux et Forêts n'a donc récolté les semences que sur les "arbres-plus" qu'elle a marqués dans ces peuplements. Soulignons en passant l'importance capitale de cette action car les porte-graines et les arbres d'élite sont devenus très rares dans l'aire d'origine du *K. madagascariensis* par suite des exploitations abusives.

La récolte des graines doit s'effectuer à maturation avant que les capsules ne s'ouvrent.

### 3411.2. Obtention des plants.

Après la récolte, les capsules sont séchées pour faire éclater les valves. Les graines sont ensuite triées. Ces graines ne sont pourtant pas <sup>soumises</sup> à d'autres traitements particuliers. Elles sont semées au mois de novembre de la même année de récolte. Ainsi, le taux de germination est encore élevé : 90 %. Mais ce taux baisse très vite et diminue même dangereusement si l'on s'en réfère aux expériences du Centre Forestier de Morondava.

Les semis sont réalisés dans des pots plastiques.

### 3411.3. Culture en pots.

#### 3411.3.1. Avantages.

L'élevage en pots présente les avantages suivants :

- production d'un enracinement de qualité garantissant une bonne reprise et un développement rapide des plants après plantation ;

- possibilité de choisir un substrat permettant un développement et une capacité de régénération optimale des racines ;

- prolongation de la période d'exécution des plantations et facilité concomitante dans l'organisation des travaux de reboisement.

#### 3411.3.2. Semis direct en pots.

Le semis direct en pots offre en surcroît les avantages ci-après :

...

- croissance et qualité des plants supérieures à celles des plants produits à racines nues ;
- plants rapidement disponibles ;
- taux de reprise voisin de 100 %, ce qui supprime les frais de regarnissage ;
- absence de la crise de transplantation qui se traduit par unecroissance meilleure dès la première année.

### 3411.3.3. La conduite de l'élevage.

#### 1° Choix du substrat :

On doit utiliser un substrat assez poreux. La porosité joue en effet un rôle déterminant dans l'alimentation en eau et l'aptitude des racines à puiser les éléments nutritifs. Les petits pores contiennent l'eau/<sup>non</sup>utilisable par les plants mais favorisent également l'ascension capillaire. Les grands pores remplis d'air assurent le drainage et l'aération et contiennent de l'eau utilisable pour les plants.

Le pH du substrat de remplissage a une importance capitale pour la culture en pots. Ce pH doit correspondre à la neutralité. Quand il augmente, l'absorption des éléments fertilisants diminue.

#### 2° Fertilisation :

Trois facteurs sont à prendre en considération pour doser la fertilisation des pots :

- volume réduit du substrat ;
- grande densité des racines ;
- lessivage lors des arrosages.

...

#### 3411.3.4. Problèmes.

L'élevage en pots se heurte néanmoins aux problèmes découlant :

- du choix du substrat et de sa composition ;
- du transport des plants plus encombrants ;
- de l'exportation du sol des pépinières ;
- d'un prix de revient unitaire des plants plus élevé.

Mais malgré ces quelques inconvénients, le bilan final sera positif eu égard à la réduction des dépenses ultérieures pour les divers travaux sylvicoles (croissance juvénile très rapide donc période de soins plus écourtée).

#### 3411.4. Plantation.

La plantation se fait quelques mois après la pépinière quand les plants auront atteint 30 à 50 cm de hauteur.

##### 3411.4.1. Ecartement des plants.

On a fait un test de densité suivant les écartements suivants :

##### 1° Ecartement serré :

La plupart des plantations effectuées à Kianjasoa ont un écartement de 2 m x 2 m, soit à une densité de 2 500 plants à l'hectare.

La plantation serrée offre certains avantages :

- moins de suivis de la plantation (fermeture rapide du couvert) ;

...



- stimulation de la croissance en hauteur;
- possibilité de sélection plus importante lors des opérations culturales de nettoyage et d'éclaircies.

Elle présente par contre l'inconvénient d'un coût assez élevé car il y a plus de plants à l'hectare.

## 2° Ecartement lâche.

Une parcelle a été plantée avec un écartement de 6 m x 6 m, soit à une densité de 280 plants à l'hectare.

La plantation lâche a les avantages :

- d'un coût de plantation moins important (moins de plants à l'hectare) ;
- d'un espacement plus grand par plant (espace vital plus large).

Elle nécessite généralement par contre :

- l'utilisation de plants de très bonne qualité ;
- le repérage de ces plants pour assurer des soins et des suivis onéreusement individuels.

## 3411.4.2. Technique de plantation.

### 1° Préparation du sol.

La préparation du sol suivante a été adoptée à Kianja-soa.

A l'emplacement de chaque trou, on aménage par décapage un poquet de 80 x 80 cm. Sur chaque poquet, on fait une trouaison de 0.4 x 0.4 x 0.4 m<sup>3</sup>.

Pendant la trouaison, on sépare la couche humifère supérieure de la couche inférieure. Le remplissage se fait à l'inverse de l'évidement lors de la trouaison. La partie supérieure se trouve alors mise dans le fond du trou.

## 2° Traitements.

Dans les reboisements industriels (Pins et Eucalyptus), on a le plus souvent recours à la fertilisation minérale pour écourter la révolution. Pour cela, les engrais sont bien mélangés avec le sol en place.

Pour K. madagascariensis à Kianjasoa, on a adopté la formule suivante :

- 5 kilogrammes de fumier de ferme ;
- 50 grammes de N.P.K 11.22.16 par plant.

### 341.2. Conduite des jeunes peuplements.

#### 3412.1. Dégagement.

Dans notre cas, les écartements ont été choisis pour ne pas pratiquer des dégagements. Aussi les plants utilisés sont assez vigoureux.

#### 3412.2. Nettoiement.

Pendant le jeune âge, au stade de semis, la concurrence avec les mauvaises herbes perturbe la croissance.

...

On intervient en fauchant les mauvaises herbes surtout pendant la saison pluvieuse. Ces mauvaises herbes sont alors amassées suivant les courbes de niveau. On peut rendre ce fauchage plus productif en adoptant le style "agro-foresterie". La lutte contre les mauvaises herbes devient ainsi obligatoire pour celui qui pratique les cultures intercalaires et le caractère superflu du désherbage s'en trouve largement masqué.

### 341.2.3. Eclaircies.

#### 341.2.3.1 Principe.

Quelque temps après la plantation, les méfaits de la concurrence se manifestent. Les arbres ont besoin d'un espacement plus grand pour leur plein développement :

- espace aérien plus grand pour une bonne assimilation chlorophyllienne nécessaire à l'activité de photosynthèse ;
- espace terrien plus large pour la prospection de l'eau et des éléments minéraux.

On pratique alors les coupes d'éclaircies dans les peuplements jeunes qui ne sont pas encore arrivés à maturité. Ces coupes permettent une accélération de l'accroissement en diamètre. Ainsi nous espérons avoir un produit de meilleure qualité. Les éclaircies doivent être menées par étapes progressives pour atteindre l'objectif voulu.

#### 341.2.3.2. Surface terrière relative.

A un âge déterminé suivant les conditions de la station, chaque essence livrée à elle-même occupe le sol d'une manière maximale. On cherche donc à obtenir à tous les âges la sur-

...

face terrière individuelle optimale que nous appellerons " surface terrière relative ".

3412.3.3. Hauteur dominante.

Il s'agit de la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare (PARDE, 1956). Cette hauteur est indépendante du type d'éclaircie adoptée. Mais on peut aussi prendre la hauteur du plus gros arbre par are (10 m x 10 m) si on a une surface plus réduite.

3412.3.4. Espacement moyen des plants.

On prend l'écartement des plants installés en quinconce ou la diagonale des plants en parallèle.

Si N représente le nombre d'arbres par hectare, nous avons la relation :

$$N = \frac{10\ 000}{\frac{1}{2} a^2 \sqrt{3}}$$

Donc :

$$a = \sqrt{\frac{10\ 000}{N \times 0,866}}$$

...

face terrière individuelle optimale que nous appellerons " surface terrière relative ".

### 3412.3.3. Hauteur dominante.

Il s'agit de la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare (PARDE, 1956). Cette hauteur est indépendante du type d'éclaircie adoptée. Mais on peut aussi prendre la hauteur du plus gros arbre par are (10 m x 10 m) si on a une surface plus réduite.

### 3412.3.4. Espacement moyen des plants.

On prend l'écartement des plants installés en quinconce ou la diagonale des plants en parallèle.

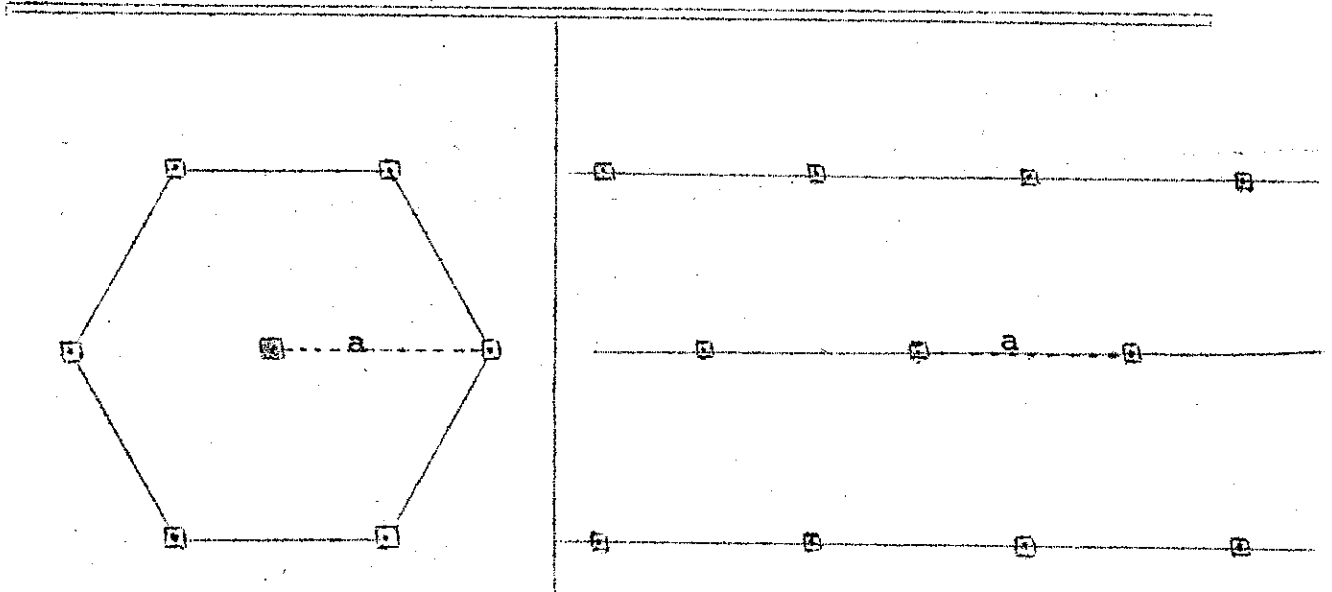
Si  $N$  représente le nombre d'arbres par hectare, nous avons la relation :

$$N = \frac{10\ 000}{\frac{1}{2} a^2 \sqrt{3}}$$

Donc :

$$a = \sqrt{\frac{10\ 000}{N \times 0,866}}$$

...



Disposition théorique du  
plant entouré par 6 autres  
occupant les 6 sommets d'un  
hexagone.

Disposition théorique quiconcave.

- Schéma expliquant la distance théorique "a" pour le calcul de l'espacement moyen et le facteur d'espacement.

### 3412.3.5. Facteur d'espacement.

Le facteur d'espacement définit la densité de chaque peuplement en relation avec sa vigueur et sa rapidité de croissance. Il a pour formule :

$$s \% = \frac{a}{H_{\text{dom}}} \times 100$$

dans laquelle :

- $H_{\text{dom}}$  est la hauteur dominante
- a la distance théorique entre 2 plants.

Pour mieux fixer les idées, signalons que les chiffres

...

fres suivants ont été déterminés expérimentalement pour les Résineux et Feuillus d'Europe (PARDE, 1961).

- . S = 16 % pour une éclaircie faible ;
- . s = 19 % pour une éclaircie modérée ;
- . s = 22 % pour une éclaircie forte ;
- . s = 25 % pour une éclaircie très forte.

#### 3412.3.5. Application et comparaison avec les premiers peuplements de Kianjasa.

Pour la parcelle où nous avons fait l'étude nous avons les résultats suivants :

- Distance entre les tiges :

$$a = \sqrt{\frac{10\ 000}{2\ 500 \times 0.866}} = 2.149 \text{ mètres}$$

- Hauteur dominante (moyenne arithmétique des 100 plus gros arbres à l'hectare : soit 3 pour notre cas)

$$H_{\text{dom}} = 1/3 (4.12 + 3.81 + 3.84) = 3.923 \text{ mètres}$$

- Le facteur d'espacement est donc de :

$$s = 2.149 \times 100 / 3.923 = 54.80 \%$$

La valeur du facteur d'espacement calculé (54.80 %) étant encore assez éloignée de celle qui a été calculée pour l'éclaircie très forte, il semble que ces premiers peuplements peuvent encore à leur stade ne pas être éclaircis.

341.3. Facteur limitant - parasites - ennemis.

1° Les facteurs climatiques défavorables.

Le froid constitue un des facteurs limitants pour un bon développement des végétaux. Il provoque un ralentissement des activités méristématiques sinon un arrêt de la croissance rythmique des jeunes plants.

On voit que le Moyen-Ouest est géographiquement très favorable au K. madagascariensis. Rappelons en effet que c'est une zone du sous-étage à hiver chaud où la température est loin d'être limitante.

2° La concurrence de la végétation herbacée.

Les jeunes plants de Khaya sont sensibles à la concurrence des mauvaises herbes surtout pendant la saison des pluies d'où la nécessité d'un nettoyage.

3° Les attaques d'insectes.

Les principaux ennemis des jeunes pousses sont les sauterelles. Celles-ci broutent les jeunes feuilles au moment de leur formation, ce qui occasionne une cassure bénigne des cimes provoquant ainsi des ramifications assez précoces. Signalons toutefois que ces attaques ne sont pas jusqu'ici très graves.

4° Les ennemis des semis et des jeunes plants.

Les bovins constituent aussi un handicap majeur pour les jeunes plants. Il faut alors prévoir une protection contre le frottement et le piétinement. Les animaux se plaisent en

...



effet à se mettre à l'ombre des arbres et à s'en servir pour se gratter. Quelques casses ont ainsi été enregistrées à Kianjasoa à la suite d'une rupture dans le réseau de barbelé qui délimite les pâturages.

3.4.2. UNE AUTRE METHODE DE REGENERATION SEXUEE :  
LES ENRICHISSEMENTS EN FORET NATURELLE DE BORA.

Dans le cadre du projet " Inventaire forestier " du PNUD/F.A.O., des Essais d'enrichissement de la forêt de BORA (ANTSOHIHY) après exploitation par la Société Brunzell d'abord et " Les Grands Moulins de Dakar " ensuite, ont été réalisés en 1969 par la méthode des placeaux denses espacés.

Parmi les espèces utilisées en essai comparatif figure le K. madagascariensis. Il s'agissait d'étudier dans un dispositif en sous-bloc sur 3 milieux différents (bas de pente, mi-pente et sommet) le comportement de certaines espèces d'enrichissement comme le Gmelina arborea, le Ramy : Canarium sp., le Hazomena : K. madagascariensis et le Fahavalonkazo : Zanthoxylum.

La forêt de Bora dans laquelle l'essai en placeaux denses a été réalisé se trouve à environ 50 Km d'Antsohihy à une altitude comprise entre 200 et 300 mètres. La précipitation annuelle est de 1 500 mm, répartie sur 5 mois (Novembre à Mars). Le climat est très chaud. Un vent d'Est : le " Varatraza " souffle pendant l'hiver. Ce vent a une action néfaste sur la forêt et la végétation (cf. § 322.3.).

Le sol est un sol ferrugineux brun rouge.

Voici ce qu'a dit N. BROUARD au sujet de l'état de la forêt après son exploitation :

" Après le passage répété de grandes Sociétés telles que Brunzell, la forêt a un aspect saccagé. C'est un fouilli de lianes, de souilles, d'arbustes et herbacées à travers lequel

...

les perches et les régénérations naturelles de meilleures essences ont du mal à pousser.

C'est sur un tel milieu que les placeaux ont été installés à une équidistance de 10 m soit à raison de 100 placeaux par hectare. Chaque placeau portait alors 13 plants ".

D'après le D.R.F.P. qui nous a autorisé à reproduire deux clichés d'archives (cf. Photos N° III & IV), K. madagascariensis accuse sur une pousse bien droite et sans branches un accroissement très correct de 1 mètre linéaire par an.

On enregistre un " effet pente " assez marqué puisque la croissance va en s'amenuisant du bas de pente à mi-pente et au sommet; ce qui est assez conforme aux résultats enregistrés à KIANJASOA.

Avec cet essai de Bora, une nouvelle qualité de Khaya madagascariensis se révèle mieux à nous. Il s'apprête aussi bien aux travaux de restauration de forêt qu'à celle d'un véritable reboisement en peuplement pur ou en agro-foresterie. Son comportement à Kianjasoa nous paraît plus important et intéressant qu'à Bora. Cela doit s'expliquer par le relatif manque de soin des placeaux tant au plan de la mise en lumière (en jeune âge notamment) qu'au plan des entretiens (lianes, concurrences).

En conclusion, nous insistons sur le fait que Khaya madagascariensis est une espèce plastique. L'ambiance forestière dont il jouit pleinement à Bora n'a pas entraîné une quelconque perte de qualité dans son épanouissement quand on l'a fait émigrer dans des conditions de plantation classique en prairie à Kianjasoa.

---

• Photo III : Khaya madagascariensis. BORA (Antsohihy)  
• A ge : 3 ans.  
- Jeunes plants en enrichissement  
méthode des " placeaux denses " sur bas-fond.

Cliché D.R.P.

---

• Photo IV : Khaya madagascariensis. BORA (Antsohihy)

• Age 3 ans.

Jeunes plants en enrichissement : méthode des  
"placeaux denses" : sur sommet.

Cliché D.R.F.P.

### 3.4.3. LA MULTIPLICATION PAR VOIE ASSEXUEE : BOUTURAGE DU Khaya madagascariensis.

#### 343.1. Objectif et opportunité du bouturage.

C'est une méthode de reproduction végétative des végétaux qui consiste à obtenir le développement d'un système racinaire sur un fragment de végétal (tige, racine) prélevé sur un pied-mère. Le bouturage permet d'obtenir des sujets ayant tous les caractères du pied-mère. C'est une des rares façons d'obtenir des sujets homogènes et de ce fait, une rentabilisation de la plantation.

Si l'obtention des boutures se révèle facile et si l'approvisionnement en graines pose des problèmes, il serait très pratique de recourir à cette technique. Déjà, on l'utilise avec réussite pour certaines espèces difficiles dont en particulier les Pins et les Eucalyptus.

#### 343.2. Mécanisme du bouturage.

Le développement de la partie du végétal (tige, racine) est assuré par des tissus qui sont le siège d'une production cellulaire très active : le méristème.

##### 3432.1. Les méristèmes primaires ou apicaux.

Très actifs, ces méristèmes sont localisés aux extrémités de la tige et des racines. Ils sont déjà présents dans la graine, ce qui explique leur faculté à produire facilement des racines et des tiges.

...

### 3432.2. Les méristèmes secondaires.

Ils ont pour fonction essentielle d'assurer l'accroissement des tissus en épaisseur. Ils sont constitués par le cambium qui forme le bois vers l'intérieur et le liber vers l'extérieur.

Le liber contient des ébauches de cellules méristématiques rhizogènes qui peuvent produire des racines. Mais si ces cellules ont perdu leur faculté de se diviser, elles ne pourront pas donner naissance à des racines. Ce qui se produit lorsque les plants ont atteint un certain degré de développement d'où la nécessité d'un rajeunissement.

### 343.3. Méthodes pour favoriser l'aptitude à l'enracinement.

Les espèces forestières ont en général une faible aptitude au bouturage. Il a fallu mettre au point des méthodes pour l'améliorer.

#### 343.3.1. Rajeunissement des pieds-mères.

- Taille sévère des branches des arbres pour provoquer de nombreux jeunes rameaux; appliquée généralement aux Résineux;
- Recépage au niveau du sol qui donnerait les meilleurs résultats.

#### 343.3.2. Traitement hormonal.

Les hormones de croissance sont d'un emploi courant en horticulture, notamment les auxines (e.g. exubérone V). Elles permettent une accélération et facilitent la formation des racines.

...

#### 343.4. Conditions de culture.

La structure du substrat est importante. La température (air, sol) et surtout l'hygrométrie doivent être rigoureusement contrôlées. Il faut donc des installations relativement coûteuses. Mais il est parfois possible de confectionner une mini-serre de fortune amovible. Ce que nous avons fabriqué pour le bouturage du Khaya à Ambatobe (cf. photo n° IX).

#### 343.5. Essai-test d'Ambatobe.

##### 343.5.1. Technique utilisée.

Nous avons procédé au bouturage de tige par application de la technique citée plus haut :

- utilisation de mini-serre amovible ;
- prélèvement de portions feuillées de jeunes plants ;
- maintien d'une atmosphère humide par nébulisation ;
- stimulation hormonale à la base des boutures par pouçrage avec des auxines ;
- désinfection complète du substrat au benlate (produit fongicide) avant la mise en terre des boutures ;
- utilisation d'un substrat filtrant afin d'éviter l'asphyxie des racines.

#### 3435.2. Matériel utilisé.

##### 3435.2.1. Substrat.

##### 1° Composition :

Nous avons mélangé et délayé pour le substrat un matériau constitué de 2 parts de sable grossier pour une

...

---

Photo IX : Khaya madagascariensis de 3 ans  
Pépinière D.R.F.P. Ambatobe.

recepés pour " rejets de souche ". Les tiges  
ont servi au bouturage. Le Khaya rejette très bien.  
. Noter la vigueur des rejets.

Cliché de l'auteur



part de terreau ordinaire (tout-venant). Le terreau provient d'un dépôt d'ordures ménagères non loin de la pépinière. Nous l'avons tamisé pour éliminer les matériaux indésirables (cailloux et autres gros matériaux et débris de végétaux non dégradés).

Le sable assure la fonction filtrante du mélange.

### 2° Traitements.

Le terreau favorise presque toujours la prolifération des champignons. Pour cela, nous avons traité le mélange obtenu avec un fongicide : le benlate. Cette précaution doit toujours être observée pour éviter la pourriture dans la partie centrale des boutures. On écarte ainsi en cas d'échec l'éventualité d'une cause externe de la mort de la bouture. Dans ce cas cette mort peut donc être due à l'inaptitude naturelle de la portion du végétal à la rhizogenèse.

La dose habituelle pour le benlate est de 5 grammes de poudre commerciale pour 10 litres d'eau. Le substrat est en outre traité 48 heures avant la mise en terre pour prévoir les effets secondaires du fongicide.

### 3° Chargement des pots.

Avant de charger les pots, nous avons arrosé le substrat à grande eau pour éliminer le produit qui pourrait avoir un effet néfaste sur les boutures. Les pots sont alors chargés avec un léger tassement du substrat à l'aide des deux pouces.

Les pots plastiques noirs de 10 cm de diamètre et de 17 cm de long sont ensuite placés côte à côte pour faciliter l'arrosage. Une dernière précaution consiste à réarroser copieusement les pots avant la mise en terre des boutures.

...

34352.2. Les ortets essayés.

1° Origine.

Les ortets sont prélevés sur quelques pieds de Khaya de la pépinière. Ils sont âgés de 3 ans, donc des plants assez jeunes.

2° Phénologie.

Notre prélèvement se situe en mi-août en pleine période de repos de végétation. Les pieds des plants mères sont vertes.

3° Prélèvement.

La longueur des ortets est fixée à 25 cm. La coupe se fait obliquement à la partie inférieure pour augmenter la surface de la zone rhizogène.

Quant à la souche qui est maintenant destinée à rejeter, elle est enduite de paraffine à la partie supérieure pour éviter la prolifération éventuelle des champignons par pourriture. (cf. Photo n° IX).

Nous coupons les feuilles de chaque tronçon obtenu en laissant un bout de pétiole pour ne pas toucher les bourgeons à leur aisselle.

4° Dimensions.

Les ortets ainsi préparés sont classés en deux catégories suivant leurs dimensions :

- les ortets de petite taille dont la circonfé-

...

rence est inférieure à 7 cm ;

- Les ortets de grande taille à circonférence supérieure à 7 cm.

#### 5° Traitements hormonaux.

Chaque lot ainsi séparé est encore réparti en deux :

- le premier est traité à l'exubérone ;
- l'autre lot , sans traitement, sert de témoin.

Nous avons pris une disposition d'échantillonnage apparié pour faciliter l'analyse des résultats.

#### 6° Mise en terre.

Pour limiter la montée trop rapide de la sève qui peut se traduire par un débourrement trop précoce des bourgeons , nous avons recouvert les blessures issues de la coupe des feuilles et les extrémités supérieures des ortets.

Les ortets similaires sont placés symétriquement pour mieux faire le repérage.

Au minimum, deux yeux sont enfouis dans la terre.

#### 343.5.3. Serre amovible de fortune.

L'ossature de la serre est constituée de cadres en planches de Pin. Le tout est recouvert entièrement par un film plastique transparent en polyéthylène.

...

### 34353.1. Dimension.

Comme dimensions, nous avons pris :

- 150 cm de long ;
- 100 cm de large ;
- 100 cm de hauteur.

### 34353.2. Conditions.

Le système utilisé est appelé " mist " ou " sous-brouillard ". L'évapotranspiration se trouve ainsi réduite à son strict minimum pendant la période qui précède la formation des racines.

En d'autres termes, le mist permet de maintenir la température entre 25 et 30 °C (température de fond et température d'ambiance) et également de limiter le coup de soleil sous forme de brûlure.

L'arrosage quasi-ininterrompu est assuré avec une tête de pulvérisateur classique de jardinier emmanchée sur un tuyau plastique d'arrosage pour l'alimentation. Le système a merveilleusement fonctionné et le brouillard a été très fin entretenant ainsi une atmosphère constamment saturée.

En brousse, on peut encore simplifier l'installation en érigeant une tour relativement élevée pour permettre l'alimentation continue en eau descendant/la mini-serre par la simple pression atmosphérique. Il suffit alors de surveiller le niveau de l'eau dans les cuves placées sur la tour.

### 3435.4. Résultats.

...

1° Phénologie des ortets mis en place.

Nous avons d'abord eu 3 sortes d'ortets suivant leur position sur le pied-mère :

- les ortets de tête;
- les ortets intermédiaires ;
- les ortets de base.

Les ortets de tête portent les bourgeons terminaux à leur extrémité. Un mois après la mise en terre, ces bourgeons donnent les premières feuilles. Leur démarrage coïncide avec la phase A : "débourrement" les plants francs pied (cf. Photo n° V).

Les jeunes feuilles sont moins nombreuses que celles des plants issus de graines. De plus, nous remarquons qu'il n'y a pas d'élongation de la tige. Le nombre de folioles par feuille est également plus réduit (6 à 10 folioles seulement).

Les ortets intermédiaires et ceux de la base ne possédant pas de bourgeons terminaux émettent leurs bourgeons axillaires. Leur démarrage ne se fait que plus tard. Deux des bourgeons supérieurs donnent quelques feuilles (3 à 5 feuilles). Le nombre de folioles par feuille est inférieur à celui des ortets de tête.

Nous n'avons pas noté de différence frappante pour les 2 lots de boutures (traitées et témoin). Ce qui, comme nous le verrons, se passe aussi pour l'enracinement.

...

---

• Photo. V: Khaya madagascariensis : Ambatobe D.R.F.P.

- Test de bouturage (voir indications sur la photo)

La plupart des boutures donnent des feuilles vigoureuses.

La feuillaison diffère sur chaque bouture.

La serre amovible a été momentanément enlevée pour la prise de vue.

Cliché de l'auteur.

## 2° Enracinement.

Pour vérifier l'enracinement des ortets, nous avons prélevé quelques échantillons sur les 2 lots. Dans tous les cas, il y a eu formation de cal à la base de chaque bouture. Le bouturage est donc pratiquement réussi. Ultérieurement les cals émettront les racines néoformées (cf. photo n° VI).

De plus, il semble que la position des ortets n'a aucune influence sur la formation du système racinaire.

## 3° Mortalité.

Au cours de nos observations, nous avons pu noter une chute de feuilles. Ceci pourrait s'expliquer par un déséquilibre entre les feuilles et le système racinaire qui met un certain temps pour se former contrairement à la vigueur des méristèmes des bourgeons. Aucune mortalité n'a cependant été relevée.

### 343.5.5. Conclusion.

Le bouturage du Khaya madagascariensis est possible et ne présente pas de difficultés majeures. Il peut se passer de traitements hormonaux et n'exige qu'une installation très peu coûteuse. Pour nous, c'est une bonne réussite.

### 343.5.6. Perspectives d'avenir.

L'obtention de graines, pour le moment, pose certains problèmes. Nous savons que faire venir des graines d'Acajou du Sambirano à Ambatobe a vraiment été une aubaine pour la Recherche forestière.

...

---

• Photo VI : Khaya madagascariensis. Ambatobe D.R.F.P.

• Résultats sur le test de bouturage

• Mise en terre : 17/VIII/83

• Prise de vue : 7/XII/83

1- ortet intermédiaire ;

2- ortet de tête.

Noter la présence de cals d'où partiront ultérieurement les racines néoformées.

Cliché de l'auteur.



Le bouturage peut donc être une des meilleures solutions pour résoudre ce genre de problèmes par la multiplication sur place des plants sélectionnés.

Il faut aussi prévoir et prévenir cette pénurie de graines par la constitution de vergers à graines en passant par la rejuvénalisation des vieux arbres.

Ailleurs, les recherches forestières modernes ont recours à cette technique de rejuvénalisation pour améliorer les arbres forestiers de grande valeur économique. Dans le souci de nous rendre utile pour la constitution de ces vergers, nous proposons, pour le Khaya, la démarche suivante :

1° Technique :

Il faut d'abord sélectionner les arbres d'élite lesquels constitueront les ortets à partir desquels on prélèvera des boutures qui seront élevées dans les meilleures conditions possibles.

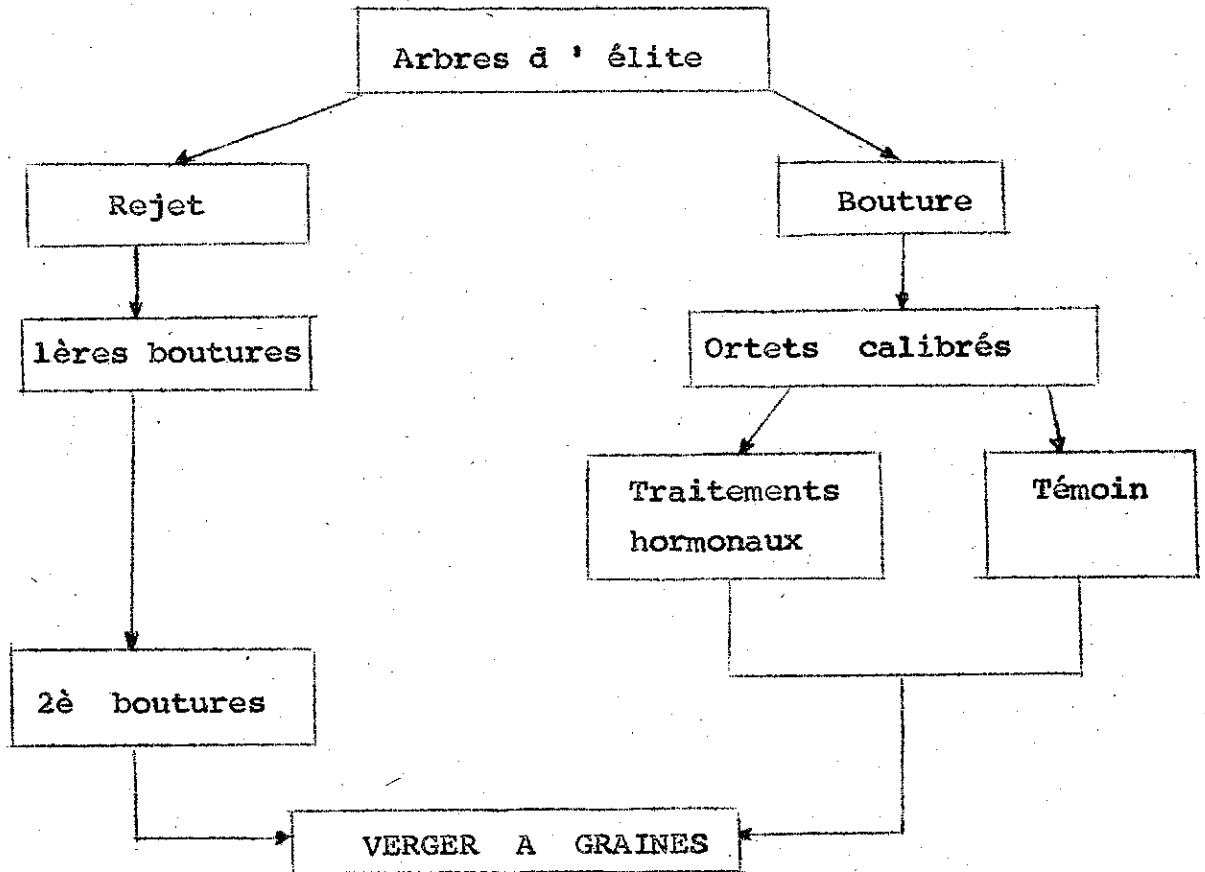
Des essais entrepris en recherche forestière ont montré que les boutures issues de jeunes ortets produisent un pourcentage très élevé.

Cette technique de culture ne peut être entreprise qu'avec l'appui d'un technicien qualifié dans le domaine du bouturage.

...

2° Plan pour l'obtention du verger.

Voici ce que nous proposons pour le plan de réjuvénisation.



4. POTENTIALITES ACTUELLES DES PREMIERS PEUPEMENTS  
DE L'ACAJOU MALGACHE INSTALLEES EN PLANTATION  
CLASSIQUE - RESULTATS D'ETUDES DENDROMETRIQUES

Les peuplements de K. madagascariensis en plantation à Kianjasoa n'ont même pas encore dix ans. Pour mieux montrer à quel point l'essence est prodigieusement dynamique et s'adapte très bien dans l'aire nouvelle où les chercheurs forestiers l'ont fait émigrer, nous rapportons dans ce chapitre les premières études dendrométriques que nous avons faites sur ces peuplements.

La base des travaux est naturellement constituée en grande partie par les données récoltées par le D.R.F.P. à la Station expérimentale de Kianjasoa. Les relevés sont également complétés par nos suivis et observations personnelles sur place.

4.1. CROISSANCE COMPAREE SUIVANT LA NATURE DU SOL.

4.1.1. ETUDE DES PEUPEMENTS DE BAS DE PENTE.

Les peuplements de bas de pente peuvent être divisés en 2 classes suivant la nature du sol :

- un lot sur sol relativement bon quant à la texture et à la structure ;
- un lot sur sol caillouteux.

L'aspect phénologique de ces 2 lots nous montre sans ambiguïté l'influence du support.

...

#### 411.1. Sur bon sol.

Les individus composant le peuplement sont de très belle forme et présentent une homogénéité pour la hauteur. La coloration du feuillage qui est d'un vert très luisant montre que l'espèce a trouvé les conditions favorables à son développement (cf. Photo n° III).

#### 411.2. Sur sol caillouteux.

Nous avons constaté une très forte variation de croissance, ce qui donne un peuplement hétérogène. Les feuilles jaunissantes témoignent d'une certaine crise. Certains pieds sont rabougris.

#### 4.1.2. ETUDE DES PEUPELEMENTS DE SOMMET.

Le peuplement a reçu les mêmes traitements que celui des bas de pente. Les plants sont également homogènes et non moins bien portants (cf. Photo n° IV).

Pour pouvoir comparer les trois types de peuplements ainsi décrits, nous avons soumis les données récoltées en 1982 et 1983 à un test classique de comparaison de moyennes. Nous avons donc utilisé le test " t de Student ".

#### 4.1.3. COMPARAISON DES MOYENNES DES PARCELLES.

##### 413.1. Test de signification.

Le but de notre étude est de rechercher les dif-

...

férences entre le comportement de l'espèce dans le milieu où elle se trouve. Nous prendrons donc 2 à 2 les parcelles pour les comparer entre elles.

Nous appelons  $\bar{X}_1$  et  $\bar{X}_2$  la moyenne des caractéristiques (Hauteur et circonférence) à comparer.

Les tests de signification et les intervalles de confiance sont basés sur la distribution de " t de Student " dont la formule est :

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}$$

dans laquelle :

•  $\mu_1$  et  $\mu_2$  sont les moyennes exactes de la population d'où provient chaque échantillon, celles qu'on ne pourra pas connaître mais dont on peut estimer les valeurs par  $\bar{X}_1$  et  $\bar{X}_2$  ;

•  $s(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$  est l'écart-type de la différence entre les deux moyennes observées dans chaque parcelle.

#### 413.2. Estimation pondérée de la variance.

Nos échantillons n'ayant pas les mêmes effectifs, la meilleure estimation de la variance de la population supposée unique d'où provient sans distinction chacun des échantillons est donnée par la formule :

$$s^2 = (\sum x_1^2 + \sum x_2^2) / (n_1 - 1) + (n_2 - 1)$$

$$\begin{aligned} \text{où } x_1 &= (X_1 - \bar{X}_1) \\ x_2 &= (X_2 - \bar{X}_2) \end{aligned}$$

( $X_1$  et  $X_2$ ) étant respectivement les valeurs observées des caractéristiques mesurées : hauteur et circonférence relatives aux parcelles échantillon 1 et 2 à comparer.

- $n_1$  et  $n_2$  les nombres d'observations correspondantes
- $\sum x_1^2 = \sum (X_1 - \bar{X}_1)^2$  = somme des carrés des écarts à la moyenne des  $n_1$  observations dans l'échantillon 1 ;
- $\sum x_2^2 = \sum (X_2 - \bar{X}_2)^2$  = somme des carrés des écarts à la moyenne des  $n_2$  observations dans l'échantillon 2
- $\Sigma$  est le signe classique de la sommation de toutes les valeurs indiquées expressément après lui.

Nous avons alors signalé que  $s^2$  est une estimation de la variance  $\sigma^2$  de la population commune d'où proviendraient les deux échantillons. Il a été démontré que les moyennes suivent elles aussi une distribution similaire à celle des observations et dont la variance est d'ailleurs une fonction de  $\sigma^2$ . L'expression de l'estimation de cette variance à partir des échantillons s'écrit :

$$\begin{aligned} \sigma^2(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) &= \sigma^2/n_1 + \sigma^2/n_2 \\ &= \sigma^2 \cdot ((n_1 + n_2)/n_1 \cdot n_2) \end{aligned}$$

A partir des échantillons, puisque l'on ne peut calculer que  $s^2$ , nous avons

$$s^2(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) = s^2 \cdot ((n_1 + n_2)/n_1 \cdot n_2).$$

...

- 
- Photo VII : Les très beaux peuplements de bas de pente de Kianjaoa. Age : 4ans (plantation 1979).
    - Mesures de hauteurs à la perche graduée.
    - Noter que le couvert n'est pas encore fermé (ombre portée des houppiers).

Cliché de l'auteur.

26.10.83

---

Photo VIII. Les très beaux peuplements de sommet âgés  
de 3 ans : (Plantation 9.10.80).

. Noter les traces de buttage, témoin de la précédente culture en sous-bois de Concombre (une autre forme d'agroforesterie).

Cliché de l'auteur.

26.10.83.



### 413.3. Remarques.

Ces parcelles n'ont pas été plantées la même année. Pour être comparables, nous les étudierons au même âge. A première vue, les plantations de bas de pente sur bon sol surpassent celles du sommet. Elles ont cependant une année d'avance.

Nous ne pouvons donc avancer aucune conclusion sur le comportement comparé de l'espèce sur chaque site qu'après avoir fait l'analyse.

Les observations sont évidemment accessibles à tout lecteur qui désirerait vérifier nos calculs à la Division Forêts du D.R.F.P. à Ambatobe.

### 4.1.4. ANALYSE 2 A 2 DES PEUPELEMENTS.

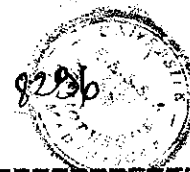
Les comparaisons concernent la hauteur exprimée en centimètres à 3 ans de végétation.

#### 414.1. Bas de pente sur bon sol / sommet.

Les deux sites sont repérables sur le plan général du point d'Essais sylvicoles de Kianjasoa (cf. plan joint; blocs des bas de pente près du poste et blocs du sommet à droite).

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les valeurs calculées pour les 2 parcelles.

#### 1° Tableau.



	Bas de pente	Sommet
n	44	80
$\bar{X}$	368.454 cm	358.037 cm
$\sum x^2$	6 081 784.000	10 454 423.000
$(\sum X)^2/n$	5 973 385.100	1 025 5268.000
$\sum x^2$	108 398.910	199 154.890
dl	43	79

$$s^2 \text{ pondéré} = (\sum x_1^2 + \sum x_2^2) / dl$$

$$dl = (n_1 + n_2 - 2) = 122$$

$$s_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)} = \sqrt{s^2 ((n_1 + n_2) / n_1 \cdot n_2)} = 88.8055 \text{ cm}$$

$$t_{\text{calculé}} = |\bar{X}_1 - \bar{X}_2| / s_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)} = 0.117 < t_{0.05} = 1.96.$$

2° Interprétations.

Nous trouvons respectivement comme moyennes des hauteurs

$$\bar{X}_1 = 368.4 \text{ cm ;}$$

$$\bar{X}_2 = 358.04 \text{ cm.}$$

D'après nos résultats au seuil de 0.05, le test n'est pas significatif. Il semble alors que dans son tout jeune âge, le Khaya se comporte très bien indifféremment à la topographie. On peut donc, dans le Moyen-Ouest, écarter l'hypothèse d'une exigence de la proximité de la nappe phréatique pour faire réussir l'Acajou malgache.

Nous verrons néanmoins dans la suite qu'il y a quand même influence de la texture et la qualité du sol en général.

...

414.2. Peuplements sur bon sol de bas de pente/ sol caillouteux de bas de pente.

1° Tableau : Hauteur en cm.

	Bon sol	Sol caillouteux
n	44.000	74.000
$\bar{X}$	368.454	217.283
$\Sigma X^2$	6 081 784.000	3 734 157.000
$(\Sigma X)^2/n$	5 973 385.100	3 493 706.000
$\Sigma x^2$	1 083 989.100	240 451.000
dl	43.000	73.000

$$s^2 \text{ pondéré} = 11\,417.587 \quad dl = 116$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = 19.5639 \text{ cm}$$

$$t = 7.727 \gg t_{0.05} = 1.96$$

2° Interprétations.

D'après nos résultats au seuil de confiance de 95 %, le test est hautement significatif, les échantillons peuvent donc être considérés comme issus de deux populations différentes.

Le sol caillouteux perturbe le développement de la croissance de l'espèce. Nous pouvons noter une certaine crise qui se manifeste par un port chétif et par un jaunissement assez prononcé des feuilles.

4.1.5. COEFFICIENT DE VARIATION.

...

### 415.1. Généralités.

Le coefficient de variation donne, on sait, une idée sur l'homogénéité de la parcelle. Dans une population quelconque, il y a toujours des variations mais celles-ci doivent rester dans une certaine limite. Le formulaire est le suivant :

$$C.V. = 100.s / \bar{X} \quad \text{et} \quad s = \sqrt{(\sum x^2 / (n-1))}$$

$$\text{où } x^2 = (X - \bar{X})^2$$

Dans ces formules :

s = écart-type

X = valeurs observées

$\bar{X}$  = moyenne

Suivant les valeurs obtenues, on a :

- 5 % < C.V. ≤ 15 % : population homogène ;
- 15 % < C.V. ≤ 50 % : population hétérogène ;
- C.V. > 50 % : populations différentes.

### 415.2. Tableau des résultats.

. Hauteur en cm.

	Sommet	bon sol ( bas de pente )	sol caillouteux
s	50.207	50.208	57.392
$\bar{X}$	358.037	368.454	217.283
C.V.	14 %	13.6 %	26 %

...

Quant à la qualité de la texture du sol, il serait peut-être utile de signaler que les sols caillouteux ne devraient pas être écartés des zones à planter. Nous avons eu en effet l'occasion de rapporter que A. AUBREVILLE (1959) (cf. § 3.0.) avait aussi trouvé des conditions de sols encore plus dures, conditions que les Acajous pouvaient surmonter malgré une crise au départ. Ce qui est à mettre au point, ce sont peut-être la formule de fertilisation adéquate ou encore d'autres traitements (mode de préparation du sol, apport de matière organique, etc...) pour détourner cet obstacle. La recherche devrait donc en tenir compte pour les Essais à venir.

Dans le but de mieux caractériser les peuplements étudiés à Kianjasoa, nous avons encore/essayé de faire une étude dendrométrique plus poussée permettant d'aboutir à une formulation de tarif de cubage dont l'intérêt est de permettre d'avoir une idée plus précise du volume sur pied.

#### 4.2. MESURES DIRECTES DU VOLUME DE LA TIGE.

##### 4.2.1. MESURE DES ARBRES SUR PIED.

##### 421.1. Mesure de diamètre (ou circonférence).

La grosseur de l'arbre est décrite par :

- le diamètre de base mesuré à 1.30 m du sol ;  $D_R$  ;
- la circonférence de base correspondante ;  $C_R$  ;
- la surface terrière ;  $S = \pi/4 \cdot D_R^2 = C_R^2 / 4\pi$ .

Les mesures s'effectuent à 1.30 m du sol à l'aide d'un ruban de couturière gradué en centimètres. Signalons que nous n'avons pris en considération que les tiges ayant une circonférence supérieure à 10 cm.

...

421.2. Mesure des hauteurs.

Les différentes hauteurs suivantes ont été mesurées par arbre :

- Hauteur à la souche : hauteur au niveau de laquelle on fait habituellement la coupe (30 cm) ;

- Hauteur "bois fort" : exprimant la longueur mesurée du pied de l'arbre à la découpe 7 cm de diamètre (ou 22 cm de circonférence) ;

- Hauteur totale : longueur mesurée du pied de l'arbre à l'extrémité du bourgeon terminal.

Les mesures ont été faites avec une perche graduée en centimètres.

Les données originales ont été renvoyées en Annexes 3.

4.2.2. CALCUL DIRECT DU VOLUME D'UNE TIGE.

Le volume de l'arbre sera obtenu par addition des volumes de différents tronçons de solides classiques. La forme la plus proche de la réalité est le tronc de cône dont le volume s'exprime par :

$$V = 1/12\pi \cdot (C_1^2 + C_2^2 + C_1C_2) \cdot L$$

ou :

$$V = \pi/12 \cdot (D_1^2 + D_2^2 + D_1D_2) \cdot L$$

où  $C_1$  et  $C_2$  sont respectivement les circonférences aux extrémités 1 et 2 (i.e. pour les diamètres) ;

...

La longueur de chaque tronçon ; nos tronçons sont tous de 1 mètre.

La formule a été programmée et les calculs ont ainsi été relativement faciles à effectuer. Les résultats figurent en Annexe 4. et reconduits dans le "tableau pour le calcul des tarifs".

Tableau pour le calcul des tarifs.

C	H	V	C	H	V	C	H	V	C	H	V
23.0	4.38	6.52	32.60	4.98	23.02	33.50	5.36	29.53	22.00	4.72	6.12
30.5	4.58	18.78	25.00	3.39	7.60	27.80	5.50	15.88	38.10	6.35	39.79
30.9	5.05	19.45	23.10	4.26	6.42	33.70	5.60	29.02	26.70	4.20	12.99
28.7	5.71	17.24	29.60	5.23	17.26	36.80	5.54	33.63	34.50	4.50	28.51
26.8	4.55	13.01	33.70	4.60	25.15	41.20	6.30	44.06	36.80	5.28	32.29
36.6	5.72	31.11	24.20	4.52	8.81	34.00	5.90	28.83	27.00	4.10	12.74
33.3	5.50	24.37	28.50	4.86	16.46	24.00	4.70	8.57	31.20	4.95	21.82
33.6	6.25	26.43	31.90	4.90	21.30	29.40	4.50	16.39	28.60	4.41	16.63
30.7	4.55	19.90	30.00	3.72	17.81	29.90	4.67	18.45	22.60	3.90	6.72
33.4	4.75	25.39	31.90	5.30	22.37	29.00	5.25	17.30	33.40	5.17	23.79
26.5	4.80	11.86	32.80	5.44	26.51	24.50	4.60	8.69	33.60	4.80	23.20
33.0	4.48	22.87	33.50	4.85	26.38	27.50	3.95	12.61	28.00	4.38	14.87
24.0	4.67	7.68	38.40	5.95	40.13	30.00	4.27	19.08	30.60	5.40	18.84
26.1	3.70	11.23	34.50	5.46	28.38	28.70	4.92	17.10	29.70	4.95	20.04
22.3	4.40	6.43	37.70	5.00	35.19	33.50	6.28	27.75	28.70	4.55	15.79
26.4	4.84	12.08	29.80	4.40	18.60	34.00	5.00	26.71	26.60	4.30	12.64
27.5	4.90	15.07	33.80	4.15	23.63	26.00	4.35	12.33	30.30	4.70	20.94
27.0	4.46	13.44	23.50	3.64	6.54	27.80	5.02	15.10	23.00	4.67	7.27
27.6	5.18	15.64	29.00	4.00	17.61	30.20	5.33	20.20	33.00	4.82	24.40
27.5	4.28	13.48	29.20	4.70	16.68	23.40	4.33	7.19	29.50	5.32	20.46
29.9	5.52	18.96	25.30	4.15	9.95	25.00	3.88	8.72	27.40	3.80	13.83
28.1	4.30	13.97	22.00	3.88	5.91	33.60	5.20	26.17	33.30	5.90	26.44
37.0	5.10	31.31	26.90	4.64	13.56	26.40	4.62	14.47	37.90	5.32	33.50

C en Cm ; H en m et V en dm<sup>3</sup>.

#### 4.2.3. COEFFICIENT DE FORME.

##### 423.1. Définition.

Les mesures effectuées sur l'arbre ne suffisent pas à déterminer la forme d'un arbre. Par ailleurs, il n'est pas possible de décrire la morphologie de toutes les parties constitutives de celui-ci. On ne peut assimiler le fût de l'arbre à un corps cylindrique quelconque. On a donc été amené à déterminer le coefficient de forme de l'arbre qui est somme toute l'expression de la forme globale de sa tige.

##### 423.2. Calculs.

Le coefficient de forme s'obtient de diverses manières:

- en faisant le rapport entre les diamètres à différentes hauteurs et le diamètre de référence :

$$f = d_i^2 / d_{1.3m}^2$$

- en faisant le rapport entre le volume de l'arbre et le volume d'un cylindre ayant pour diamètre le diamètre de base :

$$f = V / g \cdot H_{tot}$$

où  $g$  = surface terrière ;

$H_{tot}$  = hauteur totale.

A chaque volume est associé un coefficient de forme.

Le coefficient de forme d'un peuplement sera alors la moyenne des coefficients de forme individuels.



$$\frac{\sum_i (D_R^2 H)_i}{\sum (D_R^2 H)_i} = \frac{\sum V_i}{\frac{\pi}{4} \sum (D_R^2 H)_i}$$

$$F = \frac{\sum V_i}{\frac{\pi}{4} \sum (D_R^2 H)_i} = \frac{4\pi \sum V_i}{\sum (C_R^2 H)_i}$$

Par application numérique, nous avons :

$$F = (4 \times \pi \times 1745.768) / 40\ 694\ 840 = 0.53$$

Ce coefficient de forme accuse un profil encore assez cônica pour ces jeunes plants de Khaya madagascariensis. Ce fait peut être expliqué par la croissance monocaulaire des arbres constituant ces peuplements.

423.3. Tableau de calcul : cf. Annexe 4.

#### 4.3. MESURE INDIRECTE DE VOLUME.

##### 4.3.1. TARIF DE CUBAGE.

Pratiquement les mesures de tous les arbres d'un peuplement ne sont pas possibles pour estimer son volume. Or, cette estimation est très utile sinon même une nécessité pour plus d'un technicien (le forestier qui doit suivre l'évolution de son peuplement pour l'étude de la fiabilité de son opération de reboisement, l'Aménagiste qui gère son peuplement et même l'Economiste qui a besoin de chiffres de production pour ses projets).

Pour résoudre ce problème, on a recours à l'estimation indirecte du volume par le calcul de tarifs de cubage.

...

431.1. Rappels des définitions et caractéristiques.

Un tarif de cubage est un tableau chiffré, une formule mathématique ou un graphique qui donnent une estimation du volume d'un arbre ou d'un peuplement en fonction des variables dites " entrées " du tarif.

Ces entrées sont des caractéristiques facilement mesurables :

- diamètre de référence  $D_R$  ou  $C_R$  ;
- hauteur totale : H

Selon les paramètres choisis, on distingue trois sortes de tarifs :

- tarifs à 1 entrée ;
- tarifs à 2 entrées ;
- tarifs à plus d'une entrée.

432.2. Tarif à 1 entrée.

1° Formule.

Dans cette étude, nous avons utilisé le tarif à une entrée de HUMMEL - ABADIE qui a pour formule :

$$V = a + b D^2$$

dans laquelle :

- . V = volume calculé en  $m^3$  ;
- . D = diamètre à 1.3m en m.

...

2° Calcul des coefficients a et b. (cf. F. CAILLEZ).

a et b sont calculés par la méthode des moindres carrés. La méthode consiste à minimiser la fonction:

$$s = \sum w_i (V_i - a - b D_i^2)^2$$

où  $w_i$  est le poids donné à chaque tige.

En posant  $y_i = V_i / D_i^2$  et  $x_i = 1 / D_i^2$ ,

on aura :

$s = \sum (y_i - ax_i - b)^2$ , celle-ci étant la résolution pour l'ajustement de la formule  $y = ax + b$  par la méthode des moindres carrés.

Après calcul, les valeurs des coefficients a et b sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y) / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} \\ b = \bar{y} - a \bar{x} \end{array} \right.$$

- La variance résiduelle :

$$VR = 1 / (n - 2) \left( \sum y^2 - (\sum y)^2 / n - a (\sum xy - \sum x \sum y) / n \right)$$

- La variance de a :

$$Va = VR / \left( \sum x^2 - (\sum x)^2 / n \right)$$

...

- La variance de b :

$$Vb = VR / n + \bar{x}^2 Va$$

- La covariance de a et b

$$\text{cov}(a,b) = - \bar{x} Va$$

3° Tableau des valeurs calculées.

$\Sigma Y$	181.148838
$\Sigma Y^2$	369.995080
$\Sigma x$	10 911.978500
$\Sigma x^2$	11407 161.700000
n	92
$\Sigma xy$	20 333.716000
a	- 0.0102030
b	3.1791730
VR	0.0172970
Va	0.000000153
Vb	0.002343000
cov(a,b)	- 0.0000181

Le tarif de cubage à une entrée convenable pour ces peuplements de K. madagascariensis de très jeune âge (3 ans) installés en plantation à Kianjaoa est alors :

$$V = - 0.010203 + 3.179173 D^2$$

431.3. Tarif de cubage à 2 entrées pour K.madagas-  
cariensis de 4 ans.

Comme nous avons les caractéristiques nécessaires ( $H_{tot}$  et  $D_R$ ) pour la construction d'un tarif à 2 entrées, nous n'avons pas hésité de calculer un autre tarif avec les données du tableau du paragraphe 4.2.2.

1° Formule :

Nous utilisons la formule (F. CAILLEZ) :

$$V = a + b D^2 H$$

dans laquelle

- . V = volume calculé en  $m^3$
- . D =  $D_R$  en m
- . H =  $H_{tot}$  en m.

2° Calcul des coefficients a et b.

Comme précédemment, a et b se calculent par la méthode des moindres carrés. Pour cela, on minimise la fonction :

$$s = \sum w_i (V_i - a - b D^2 H)^2$$

( $w_i$  est le poids donné à chaque arbre)

En posant  $y_i = V_i / D^2 H$  et  $x_i = 1 / D^2 H$ ,

on aura :

$$s = \sum (y_i - a x_i - b)^2 .$$

...

Après calcul, nous avons les résultats suivants .

3° Tableau des résultats.

$\Sigma Y$	37.628680
$\Sigma Y^2$	15.871450
$\Sigma x$	2365.011000
$\Sigma x^2$	70 121.524000
n	92
$\Sigma xy$	941.223600
a	- 0.002797
b	0.480913
VR	0.004534
Va	0.000000486
Vb	0.000370609
cov(a,b)	- 0.0000125

Le tarif de cubage sera alors :

$$V = - 0.002797 + 0.480913 D^2 H$$

4.3.2. PREMIERES ESTIMATIONS DU VOLUME BOIS-FORT DES  
JEUNES ACAJOUS EN PLANTATION.

432.1. Récapitulation : Table de cubage. Graphes et nomogramme (abaque) de cubage.

Dans le but de suivre la voie classique pour la prévision de la production, nous avons construit 2 tableaux de tarifs de cubage à partir des formules calculées précédemment :

- un tableau pour le tarif à une entrée ;
- une table de cubage (tarif à 2 entrées).

Pour être encore plus pratique, nous avons construit un nomogramme (abaque) de cubage à partir de la formule du tarif à 2 entrées. Notons dès l'abord que les méthodes de construction des abaques n'ont pas encore fait l'objet d'un cours en classe. Nous les avons apprises sous le guide de la section "Sylviculture et Biométrie" du D.R.F.P.C'est pour défendre la raison pour laquelle nous avons consacré quelques pages pour expliciter le principe de construction, théorie qui doit évidemment sortir du cadre de ce Mémoire. Soulignons enfin l'intérêt très pratique offert par ces genres de graphiques pour toute formule contenant plus de 2 variables.

432.1.1. Tableaux de cubage.

En fait, les deux tarifs du paragraphe 4.3.1. ont été rassemblés dans un même tableau où sont reconduits les volumes correspondant aux entrées et calculés à l'aide des tarifs. Les caractéristiques sont les suivantes :

Entrées	unités
Diamètre	Centimètres
Hauteur	Mètres
Volumes	Décimètres cubes

ENTREES		VOLUMES TARIFS : Dm <sup>3</sup>	
D : cm	H : m	1 ENTREE : D V = a + b D <sup>2</sup>	2 ENTREES : (D,H) V = a + b D <sup>2</sup> H
7.3	4.40	6.74	8.67
7.6	4.70	8.16	10.48
8.5	4.60	12.77	13.46
8.6	4.50	13.31	13.48
8.7	4.90	13.86	15.34
8.8	5.20	14.42	16.90
8.9	4.30	14.98	13.86
9.1	5.7	16.12	20.29
9.3	4.5	17.29	16.24
9.5	5.5	18.49	21.48
9.7	4.6	19.71	18.37
9.8	5.1	20.33	21.16
10.1	5.3	22.23	23.65
10.4	5.4	24.18	25.77
10.6	4.9	25.52	24.13
10.7	6.3	26.20	32.48
10.8	5.9	26.88	30.86
10.9	5.5	27.57	29.17
11.6	5.7	32.58	34.72
11.7	5.4	33.32	33.36
11.8	5.1	34.06	31.94
12.0	5.0	35.58	32.42
12.2	5.9	37.12	40.16
13.1	6.3	44.35	50.08

432.1.2. Graphes et nomogramme de cubage.



4321.2.1. Tarifs graphiques.

Les tarifs graphiques correspondant aux deux formules peuvent être consultés aux pages suivantes.

4321.2.2. Construction de l'abaque.

Le nomogramme qui sera construit permet de déterminer graphiquement le volume V à partir des entrées D et H.

1° Formule :  $V = a + D^2 H$

ou

$V = -0.0027 + 0.4809 D^2 H$

Ecrivons :

$D = f_1$

$H = f_2$

$V = f_3$

2° Mise en forme type :

Nous avons successivement :

$V - a = b D^2 H$

$\frac{V - a}{b} = D^2 H$ , ou en prenant les logarithmes (base 10) des deux membres,

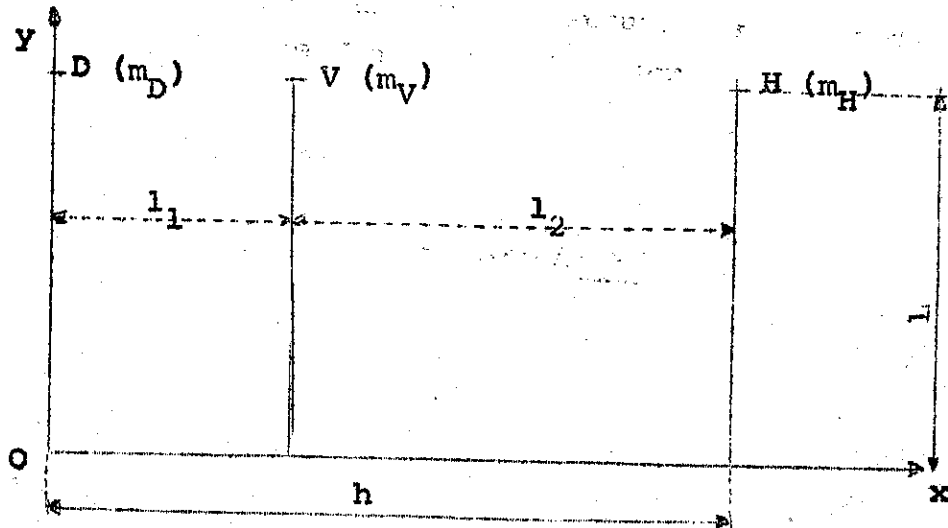
$\log\left(\frac{V - a}{b}\right) = 2 \log D + \log H$

$2 \log D + \log H - \log\left(\frac{V - a}{b}\right) = 0$  expression qui est équivalente à la forme type :

$f_1 + f_2 - f_3 = 0$

...

La forme type ainsi présentée est représentable par un abaque à points alignés à échelles parallèles dont les caractéristiques sont montrées par le schéma suivant :



où :

- $m_D$ ,  $m_H$  et  $m_V$  sont respectivement les modules des échelles de D, de H et de V ;
- $l_1$  l'écartement entre les échelles D et V ;
- $l_2$  l'écartement entre les échelles V et H ;
- $h$  l'écartement entre les échelles extrêmes D et H choisi d'avance en tenant compte de la largeur de l'édition ;
- $L$  la hauteur maximale des échelles, à imposer, nous avons pris arbitrairement  $h = 120$  mm et  $L = 200$  mm.

3° Equation des échelles :

Echelle D :

limites :  $0,07 \text{ m} < D < 0,13 \text{ m}$

$x = 0 ; y = m \cdot 2 \cdot \log D = m_D \cdot \log D.$

...

Echelle H :

limites :  $4.40 \text{ m} < H < 6.30 \text{ m}$

$$x = h \quad ; \quad y = m_H \log H$$

Echelle V :

limites : fonction des deux autres ;

$$x = \frac{m_D h}{m_D + m_H} \quad ; \quad y = \frac{m_D m_H}{m_D + m_H} \log \frac{V + 0.0027}{0.4809}$$

4° Encombrement  $L = 200 \text{ mm}$

D'où :

$$\text{Echelle D : } 200 = m \cdot 2 \log (13.0/7.0) = 371.96$$

$$\text{Posons } m = 371 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{la nouvelle longueur } L &= 371 \times 2 \times \log(13/7) \\ &= 199.48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Echelle H par le même raisonnement , on trouve :

$$L = 199.85 \text{ mm}$$

5° Nouveaux modules des échelles :

$$m_D = 371 \times 2 = 742 \text{ mm}$$

$$m_H = 1 \ 282 \text{ mm}$$

$$m_V = (371 \times 1 \ 282) / (371 + 1 \ 282) = 287.73 \text{ mm}$$

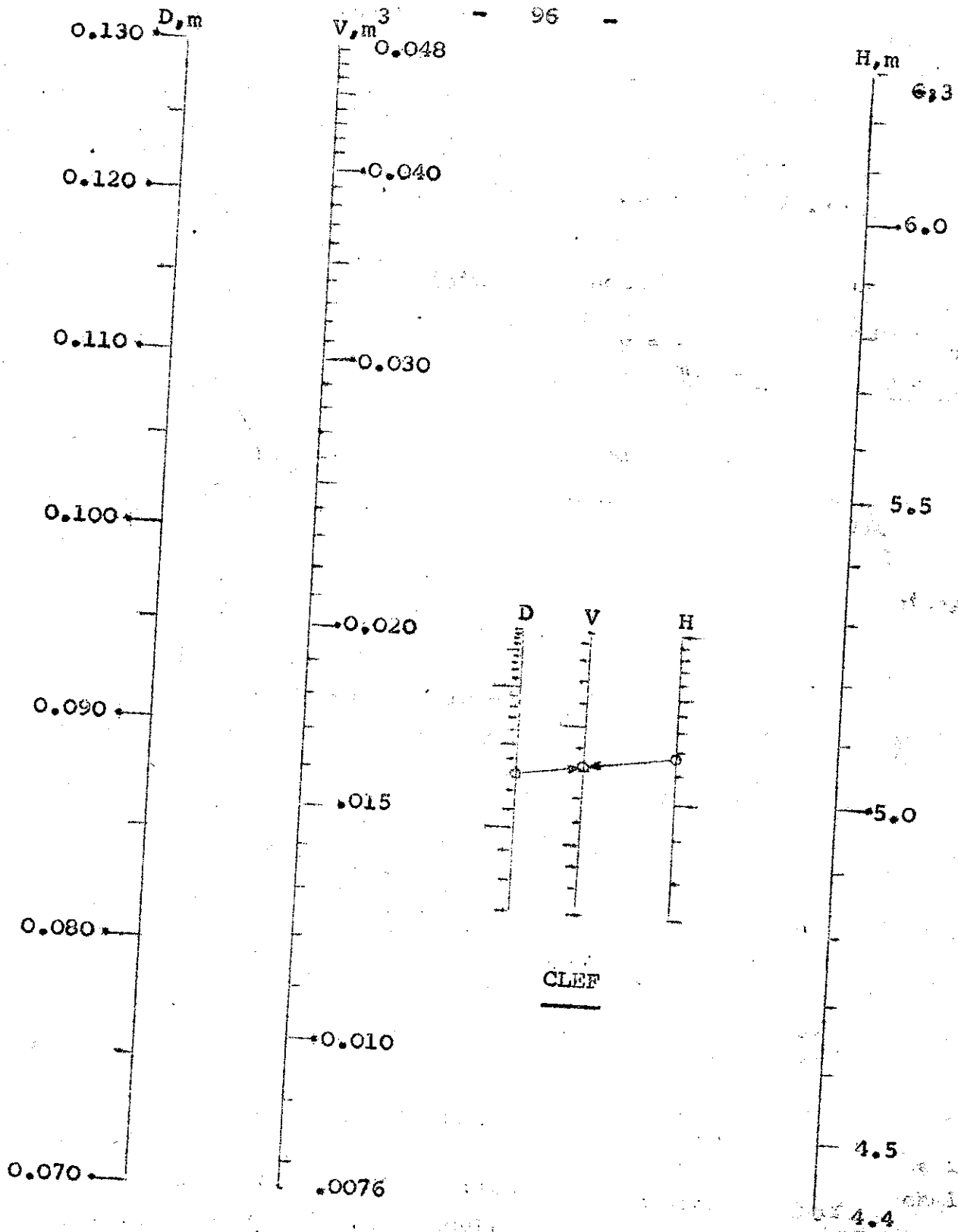
6° Ecartement  $l_1$  :

$$l_1 = (371 \times 120) / (371 + 1 \ 282) = 26.93$$

h ayant été imposé = 120 mm.

Les éléments de l'abaque sont ainsi calculés et il peut être tracé sans difficulté. Notons que toutes les échelles sont logarithmiques à cause des transformations du départ.

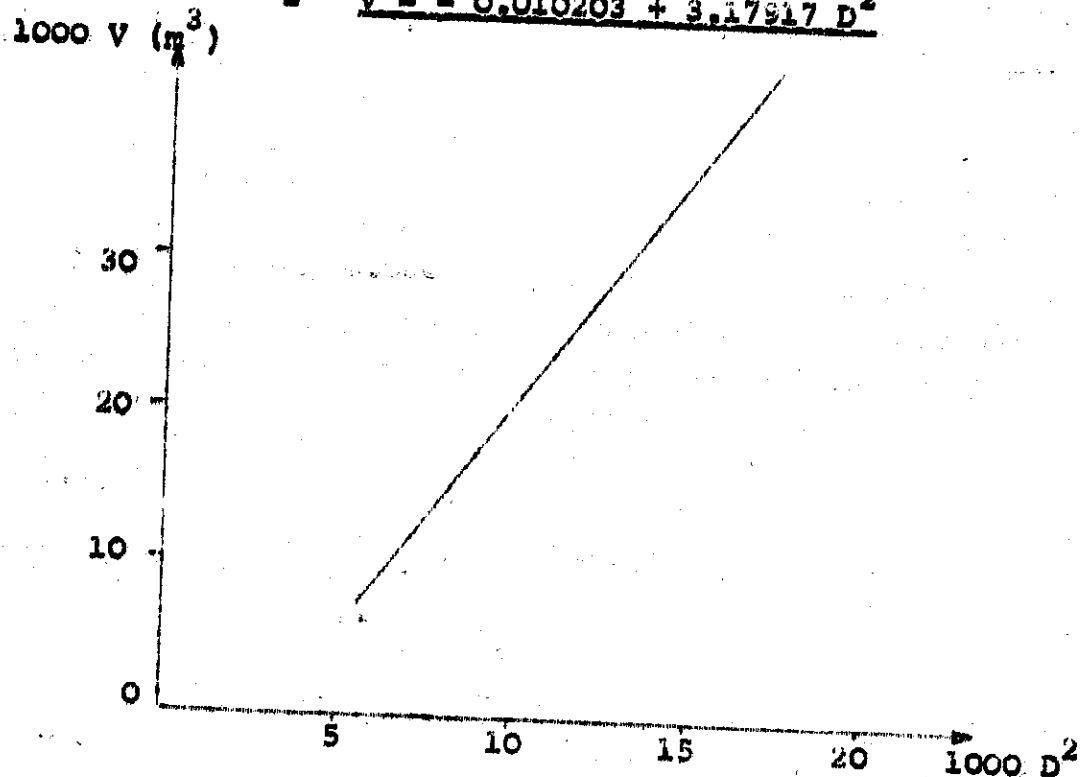
...



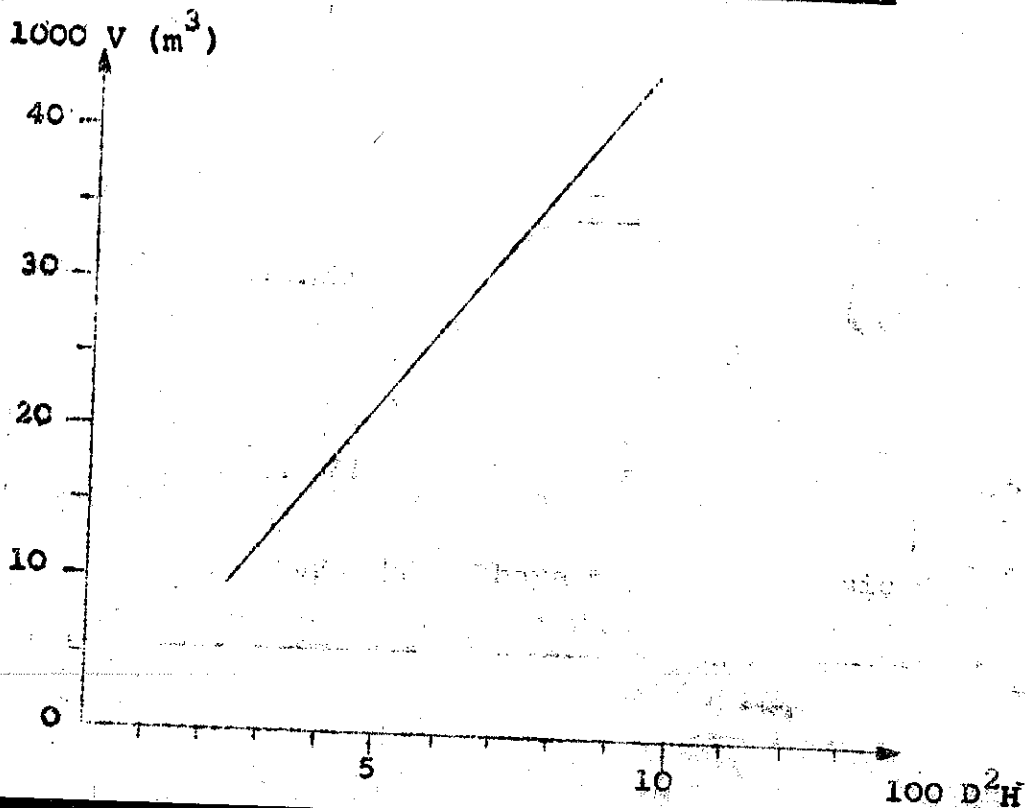
NOMOGRAMME DE CUBAGE POUR *Khaya madagascariensis* de 4 ANS  
 SUR BAS DE PENTE - KIANJASOA : TARIF V =  $-0.002797 + 0.48913D^2 H$

TARIFS GRAPHIQUES DE CUBAGE POUR Khaya madagascariensis de 4 ans  
SUR BAS DE PENTE : KIANJASOA (MOYEN-OUEST)

1°  $V = -0.010203 + 3.17917 D^2$



2°  $V = -0.002797 + 0.48913 D^2 H$



### 432.2. Utilisation des tarifs pour la généralisation des chiffres de production.

Les prévisions généralisées de la production peuvent être effectuées de deux façons suivant le choix de la formule de cubage. En outre, on peut à ce stade se rendre compte de l'intérêt important des tarifs calculés avec pondération, lesquels permettent justement le calcul d'une " fourchette " pour la présentation du chiffre de production (intervalle de confiance pour un seuil de probabilité choisi).

#### 432.2.1. Prévion par le tarif à l'entrée.

##### 1° Formules:

Le volume d'un peuplement de N arbres sur une surface donnée dont on a mesuré les diamètres  $D_i$  est estimé par la formule :

$$V_{\text{tot}} = N a + b \sum D_i^2$$

dans laquelle :

- . N = nombre total de tiges
- . a et b = coefficients du tarif
- .  $D_i$  = diamètre individuel mesuré en m.

Dans notre cas, nous avons :

$$\underline{V_{\text{tot}} = -0.010203 N + 3.179173 \sum D_i^2}$$

L'intervalle de confiance de  $V_{\text{tot}}$  est au seuil de confiance de 95% :

$$V_{\text{tot}} \pm 2 \sqrt{\text{Var tot}}$$

Var tot étant la variance totale ayant pour expression :

$$\text{Var tot} = N^2 V_a + k V_b + 2N k \text{cov}(a;b) + 1 VR$$

- $k = D_i^2$
- $l = D_i^4$
- (VR,  $V_a$ ,  $V_b$ , cov(a,b)) ont été calculés au paragraphe 4.3.1.

2° Tableau de production rapportée à l'hectare.

Le calcul se rapporte sur le peuplement de bas de pente sur bon sol à l'âge de 4 ans :

$\bar{H}$ = hauteur moyenne	4.8	m
G = surface terrière	12.9	m <sup>2</sup> / Ha
<u>V = Volume</u>		
• Limite inférieure	33.5	m <sup>3</sup> / Ha
• Estimation	34.2	m <sup>3</sup> / Ha
• Limite supérieure	34.8	m <sup>3</sup> / Ha

432.2.2. Prévision par le tarif à 2 entrées.

1° Formule :

Le volume d'un peuplement de N arbres dont on a mesuré les diamètres  $D_i$  et la hauteur  $H_i$  sera :

$$V_{\text{tot}} = N a + b \sum_i D_i^2 H_i$$

où :

- N = nombre d'arbres mesurés
- a et b coefficients du tarif
- $D_i$  diamètres individuels mesurés en m
- $H_i$  hauteur correspondante en m

Notre tarif de cubage a été :

$$V = -0.002797 + 0.480913 D^2 H$$

Alors le volume estimé sera :

$$V_{\text{tot}} = -0.002797N + 0.480913 \sum_i D_i^2 H_i$$

L'intervalle de confiance au seuil de 95 % sera :

$$V_{\text{tot}} \pm \sqrt{\text{Var tot}}$$

Var tot s'exprime comme précédemment par :

$$\text{Var tot} = N^2 V_a + k V_b + 2 N k \text{cov}(a,b) + 1 V_R$$

$$k = D_i^2 H_i$$

$$1 = D_i^4 H_i^2$$

2° Tableau de production par hectare.

V = Volume:

• Limite inférieure :	32.1	m <sup>3</sup> /Ha
• Estimation	33.8	m <sup>3</sup> /Ha
• Limite supérieure	35.5	m <sup>3</sup> /Ha



432.2.3. Conclusions.

1° Remarques.

- Rappelons qu'un tarif n'est valable que pour la région où l'échantillon a été choisi pour son calcul. On l'applique seulement à l'essence à un âge déterminé (4 ans pour le Khaya en plantation actuelle à Kianjasoa).

- Notre tarif à une entrée estime mieux, d'une façon plus précise, le volume à l'hectare que le tarif à deux entrées. En effet : pour le tarif à une entrée, l'intervalle de confiance est de :

$34.8 - 33.5 = 1.30 \text{ m}^3$  à l'hectare, alors que pour le tarif à deux entrées, il est de :

$35.5 - 32.1 = 3.40 \text{ m}^3$  à l'hectare.

Ce qui facilite grandement (du moins pour le bas âge) les travaux ultérieurs de suivis car les tests et sondages pour la conduite sylvicole des plantations jusqu'à 4 ans peuvent uniquement être basés sur la prise des diamètres de référence.

- Un tarif de cubage doit être révisé suivant l'âge compte tenu de l'accroissement de l'arbre.

2° Avenir des peuplements de plantation sur les bons sols du Moyen-Ouest.

Le moment est donc arrivé où nous devons assurer la possibilité d'une réussite totale d'un projet de reboisement en "Acajou de Madagascar" Khaya madagascariensis au Moyen-Ouest.

Au point de vue végétation, l'Acajou se comporte très bien. Le très bon développement qui s'observe par exemple dans la forêt de Bora (Antsohihy) est également assuré sinon même dépassé à Kianjasoa.

Les sols de bas de pente où les plus beaux peuplements - ceux du sommet n'en sont pas cependant moins performants - conviennent le mieux. Une utilisation très rationnelle et très noble des sols du Moyen-Ouest est donc offerte à cette zone où justement ces types de sols ne sont pas utilisés par l'Agriculture intensive ni par l'Elevage.

De surcroît, le Khaya peut être considéré comme la sauvegarde providentielle du pays qui s'appauvrit de plus en plus en bois très noble. Au moyen-Ouest, sa performance n'est plus à prouver. Au cours de la rédaction de ce texte, nous n'avons fait que le démontrer.

34 m<sup>3</sup> à l'hectare de bois-forêt tige sont déjà assurés en 4 ans de végétation. Ce qui correspond à un accroissement moyen annuel de 8.5 m<sup>3</sup> par hectare et par an.

Si la biomasse ligneuse nécessaire à une grande usine de pâte à papier, pour être rentable, se situe autour de ce chiffre pour une révolution qui peut durer presque le double de l'âge de nos Khaya, nous nous permettons de demander aux responsables de mettre sur pied le plus tôt possible un projet de plantation d'Acajou de Madagascar au Moyen-Ouest.

= CONCLUSIONS =

Au terme de cette étude intitulée :

" SUR LA REUSSITE DES PREMIERES PLANTATIONS EN  
SAVANE AU MOYEN - OUEST DE L'ACAJOU DE MADA-  
GASCAR : Khaya madagascariensis

- Monographie - résultats d'études de  
production et perspectives d'avenir - "

nous nous retrouvons renforcé dans l'idée que le forestier im-  
bu de son métier que nous sommes, ou plutôt que nous nous sen-  
tions devenir, s'était au départ fait sur l'intérêt de la culture  
du Khaya madagascariensis .

Cette espèce nous paraît en effet d'autant plus inté-  
ressante qu'elle fait partie du lot malheureusement très  
peu nombreux des espèces de forêt qui acceptent de pousser en  
dehors de ce milieu naturel.

La comparaison que nous nous sommes permis de faire  
entre les plantations d'enrichissement de BORA et les planta-  
tions que nous avons suivies nous en offre la preuve.

Notre optimisme est d'autant plus justifié que, mal-  
gré les difficultés d'approvisionnement en graines et le retard  
que nous avons en matière d'amélioration génétique, nous avons

eu la satisfaction d'entrevoir à travers nos tests de bouturage, la possibilité de recourir à la multiplication végétative pour sauver la situation des pieds-mères de valeur déjà devenus très rares.

L'étude nous a aussi comblé en ce sens que, par le biais de la culture du Khaya qui peut s'établir par voie d'agroforesterie dans les bonnes terres agricoles, nous entrevoyons la possibilité de produire un bois de valeur dans le milieu ouvert du Moyen-Ouest et de compenser ainsi l'état de fatigue très marqué de nos forêts naturelles d'exploitation.

Enfin, et sans verser dans l'autosatisfaction, nous nous sommes retrouvé très content d'avoir eu l'occasion de pratiquer et d'utiliser la science mathématique et statistique pour la réalisation de l'objectif professionnel que nous nous sommes fixé : celui de contribuer à la connaissance de la croissance du *Hazomena* : Khaya madagascariensis.

Nous n'avons évidemment pas la naïveté de croire que nous avons été complet car beaucoup restent encore à faire et à connaître, ne serait-ce que le comportement futur des plantations que nous avons suivies. Mais à l'instar des Députés de Madagascar qui étaient venus en groupe en 1983 pour admirer nos Khaya de Kianjasa, nous avons la conviction de ne pas être un mauvais prophète.

- BIBLIOGRAPHIE -

AUBREVILLE (A.) - 1959.

La flore forestière de la Côte d'Ivoire  
T. II. N° 15, pp 145 - 156 ;  
C.T.F.T., Nogent-Sur-Marne (Seine).- FRANCE.

BROUARD (N.R.) - 1972.

Etudes sylvicoles des forêts naturelles de Madagascar  
F.A.O.-PNUD - Dir. For. MADAGASCAR. pp 49 - 53.

CAILLET (F.) - 1980.

Estimation des volumes et accroissement des peuplements  
forestiers  
Etude F.A.O. Forêts : 22 / 1 . Rome.

GIET (A.) - 1965.

Abaques ou nomogrammes  
Ed. Dunod, Paris.

GUENEAU (P.) - 1969.

Propriétés physiques et mécaniques des bois malgaches  
C.T.F.T. Division Technologie - MADAGASCAR.

LETOUZEY (R.) - 1972.

Manuel de botanique forestière, T. 2 B  
C.T.F.T. , pp 266 - 272.

MORAT (P.) - 1969.

Notes sur l'application du quotient pluviothermique  
d'EMBERGER à Madagascar  
Cahier O.R.S.T.O.M. : Sér. Pédologie.

PARDE (J.) - 1964

Rev; forst. franç. Août - sept  
N° 8 - 9 , pp. 551 - 557.

RAVEL d'ESCAPON (G.) 1969

Techniques agricoles II, 2267.

RIQUIER (J.) - 1956.

Notices sur les cartes d'utilisation des sols  
- feuille d'Ankadinondry;  
O.R.S.T.O.M, série Pédologie.

SNEDECOR (W.G.)-COCHRAN (W.G.) 1971.

Méthodes statistiques, pp 100 - 130

---

Cours professés à l' E.E.S.S.A. - Spécialisations E & F.

-----  
ANDRIANIRINA (G.)

Cours de Sylviculture spéciale

-----  
Archives D.R.F.P.

- 
- Echantillons botaniques de l'Herbarium
  - Mensurations : fiches KIANJASOA
  - Résultats technologiques sur le bois de  
K. madagascariensis : Div. Technologie.

=====  
Général  
=====

- ANNEXES -

= ANNEXES 1 =

DONNÉES CLIMATIQUES DE QUELQUES STATIONS METEOROLOGIQUES : ZONES A Khaya madagascariensis.

Stations	Altitude (m)	Pluviométrie		Températures			
		P	N	M	mois + chaud	mois m froid	
Ambanja	40	2 155.9	126.3	32.1	Oct.	17.1	JUIL.
Ambatobe	1 350	1 426.3	123.0	26.9	Nov.	7.9	Juil.
Ambilobe	30	1 879.9	93.7	34.1	nov.	17.6	Juil.
Analalava	57	1 911.8	97.9	32.4	Avr.	19.4	Juil.
Antsohihy	17	1 492.7	107.6	35.6	Oct.	17.5	Juil.
Antsiranana	105	914.9	96.9	31.9	Mar.	20.8	AOÛT
Kianjasa	900	2 068.7	135.0	32.7	Déc.	13.3	Juil.
Maevatanana	77	1 698.2	97.5	35.7	Oct.	18.2	Juil.
Mahajanga	17	1 529.3	86.8	32.8	Avr.	17.5	Juil.
Mananara	10	2 503.5	224.5	31.0	Janv.	17.5	AOÛT
Sambava	7	2 218.5	192.0	31.6	Févr	17.6	Juil.

+ Moyennes sur 30 ans (1951-1981)

- P : Pluviométrie moyenne annuelle
- N : Nombre de jours de pluies
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)
- m : Moy. des minima du mois le plus froid (°C).

= ANNEXES 2 =

. RESULTATS D'ANALYSE DE SOLS (KIANJASOA)

Peuplements cf. plan	8.8 - 8.9		5.8 - 5.9			
Horizons (cm)	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
<b><u>MATIERE ORGANIQUE</u></b>						
M.O. %	3.98	3.89	3.55	2.53	2.96	5.41
C %	2.31	2.26	2.06	1.47	1.72	3.14
N %	0.26	0.25	0.24	0.20	0.26	0.43
C/N	9	9	9	7	7	7
<b><u>GRANULOMETRIE</u></b>						
Argile	34.00	37.60	19.95	19.60	50.05	22.70
Limon fin	19.50	17.65	13.57	9.87	17.95	8.09
Limon grossier	3.14	2.41	3.57	2.35	3.60	2.83
Sable fin	10.48	16.62	17.20	16.20	12.23	10.35
Sable grossier	27.14	19.68	40.28	46.20	11.30	49.89
<b><u>ELEMENTS ECHANGEABLES</u></b>						
mé %	3.60	2.16	2.28	1.56	1.16	4.56
Ca	3.40	2.24	2.52	1.74	2.04	7.24
Mg						
K						
Na						
Somme des bases	8.20	5.80	5.40	3.80	4.20	12.00
pH eau	6.20	5.70	5.80	5.50	5.60	6.30
pH KCl	6.00	4.80	4.70	4.30	4.70	5.60
<b><u>CARACTERES PHYSIQUES</u></b>						
Humidité pF 3.00	21.90	21.35	16.85	14.05	18.71	17.30
Humidité pF 4.20	21.86	18.45	15.33	12.61	15.91	15.19
Eau utile	0.04	2.90	1.52	1.44	2.80	2.18



- EXTRAIT DE MENSURATIONS EN HAUTEURS (CM) & CIRCONFÉRENCES (CM)

Peuplements de Khaya madagascariensis KIANJA302

( Cf: pour le repérage, Plan des Essais )

		BLOC : 2.1.														
H	-	267	306	372	410	390	346	420	406	440	-	355	384	353	372	329
C	-	15.3	16.5	21.8	22.6	20.6	18.3	27.1	24.0	25.7	-	22.0	25.5	20.0	25.4	17.0
H	-	296	318	376	270	365	-	345	419	360	320	368	297	392	178	385
C	-	18.0	15.5	19.5	12.6	19.7	-	19.0	21.2	20.6	17.4	20.9	15.4	21.0	29.2	13.2
H	321	293	390	345	348	335	356	369	365	435	443	456	440	425	347	385
C	17.3	15.0	21.1	23.2	19.7	19.5	21.7	23.0	22.3	24.4	24.9	29.1	26.0	28.0	21.6	14.6
		BLOC : 2.2.														
H	253	289	407	350	273	328	440	370	410	404	461	426	330	370	347	355
C	16.6	22.1	22.5	18.5	15.0	17.5	23.5	18.6	25.0	27.0	31.7	26.3	18.0	22.5	21.6	18.8
H	233	320	-	310	375	-	271	380	410	440	315	268	355	400	341	508
C	14.0	17.0	-	19.0	21.3	-	13.8	21.5	23.9	26.1	18.5	11.3	20.2	21.3	17.4	14.5
H	230	323	407	-	340	250	305	448	325	378	280	412	235	-	292	375
C	12.0	18.0	24.7	-	20.3	11.0	16.1	27.4	19.8	26.8	13.8	26.5	15.9	-	20.5	21.9
H	-	-	248	260	377	216	298	403	-	325	346	-	370	390	-	368
C	-	-	14.5	13.2	21.3	14.6	17.1	25.1	-	23.0	20.5	-	22.4	23.0	-	19.5
H	-	255	-	258	266	294	305	380	255	-	348	373	382	356	410	412
C	-	12.3	-	12.0	13.1	14.1	19.9	22.1	13.3	-	16.8	24.2	22.3	21.5	23.2	27.0

• Suite ANNEXES 3 •

BLOC : 3.2

E	359	-	-	333	345	350	357	370	-	333	350	JIC
C	16.5	-	-	16.5	17.0	22.5	21.0	23.5	-	20.0	23.6	20.3
E	283	390	402	370	403	305	281	-	340	400	345	275
C	16.0	20.5	21.7	19.2	23.3	18.0	13.3	-	18.5	21.7	21.0	14.4
E	-	350	270	378	-	-	437	296	353	425	400	338
C	-	14.5	14.2	26.1	-	-	23.4	15.1	21.0	21.3	22.5	22.7
E	-	350	256	435	400	415	405	-	422	350	400	313
C	-	21.0	17.5	24.3	23.7	19.5	23.6	-	22.2	20.4	22.7	17.3
E	297	295	337	480	-	335	355	395	390	395	-	364
C	15.3	20.0	18.5	23.5	-	19.4	22.8	23.5	19.7	24.6	-	21.5
E	376	340	380	445	430	470	437	365	375	370	-	282
C	22.5	20.3	23.1	26.0	26.8	25.1	25.5	20.2	22.5	19.0	-	17.0
E	333	280	379	380	292	-	360	405	320	280	340	-
C	18.6	16.0	21.7	19.0	15.0	-	22.2	23.0	18.7	21.9	24.7	-
E	-	390	295	340	250	310	375	360	392	365	350	-
C	-	24.4	16.5	18.7	14.3	19.8	21.3	22.1	22.2	25.8	19.2	-

• Mesures au 01.07.93.





(4)

N°	0.30	1.30	2.30	3.30	H. <sub>07</sub>	H. <sub>tot</sub>	Volumes
88	53.0	38.1	33.2	28.2	4.39	6.35	39.79
89	38.8	26.7			2.22	4.20	12.99
90	47.0	34.5	29.0	23.5	3.70	4.50	28.51
91						3.95	
92	46.3	36.8	31.4	25.0	3.95	5.28	32.29
93						3.70	
94						3.10	
95	38.8	27.0			2.20	4.10	12.74
96	43.3	31.2	27.0		3.12	4.95	21.82
97							
98							
99							
100							
101	42.4	28.6	23.6		2.55	4.41	16.63
102							
103	33.6	22.6			1.39	3.90	6.72
104	43.3	33.4	28.0		3.20	5.17	23.79
105	43.7	33.6	26.6		3.15	4.80	23.20
106							
107	42.1	28.0	22.0		2.30	4.38	14.87
108							
109	40.0	30.6	26.3		2.98	5.40	18.84
110	42.0	29.7	26.0		3.15	4.95	15.79
111							
112	40.6	28.7	23.0		2.50	4.55	15.79
119	36.7	26.6	22.5		2.36	4.30	12.64
120	41.2	30.3	25.6	22.0	3.30	4.70	20.94
123	34.0	23.0			1.48	4.67	7.67
124	46.0	33.0	28.5		3.15	4.82	24.40
125	38.4	29.5	25.3	23.0	3.45	53.1	20.46
126	39.3	27.4	22.0		2.30	3.80	13.83
127	46.6	33.3	28.2	23.0	3.60	5.90	26.64
128	50.0	37.9	31.0	25.0	3.82	5.32	33.50

