

UNIVERSITE DE MADAGASCAR

E E S S A

DÉPARTEMENT EAUX ET FORÊT

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

CONTRIBUTION A L'ELABORATION ET A  
LA MISE AU POINT  
DE LA SYLVICULTURE DU HINTSY

INTEIA BEUGA (COLEBR) OK

RAOHELISON JOSIEH

UNIVERSITE DE MADAGASCAR  
ETABLISSEMENT D'ENSEIGNEMENT  
SUPERIEUR DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES



DEPARTEMENT  
EAUX & FORETS

Memoire de fin d'études

1977 - 1981

Contribution à l'élaboration et à la mise au point  
de la sylviculture du HINTSY

Intsia bijuga (Colebr) O.K.

Césalpinées

15 Décembre 1982

RAJOELISON Joseph

CONTRIBUTION A L' ELABORATION ET A LA MISE AU POINT  
 DE LA SYLVICULTURE DU HINTSY :  
Intsia bijuga (Colebr) OK.  
Césalpinées

= S O M M A I R E =

	<u>PAGE.</u>
0. <u>I N T R O D U C T I O N</u> .....	1
= P R E M I E R E P A R T I E =	
1. <u>S U R L' E S P E C E Intsia bijuga (Colebr)OK-Césalpinées</u> .....	5
1.1. <u>N O M S V E R N A C U L A I R E S</u> .....	6
1.2. <u>A I R E S N A T U R E L L E S D E R E P A R T I T I O N</u> .....	6
1.2.1. O B S E R V A T I O N S P E R S O N N E L L E S .....	7
1.2.2. O B S E R V A T I O N S A N T E R I E U R E S .....	8
1.3. <u>C A R A C T E R I S T I Q U E S M O R P H O L O G I Q U E S E T B O T A N I Q U E S D E L' E S P E C E</u> .....	9
1.3.1. P O R T .....	9
1.3.2. R A M I F I C A T I O N .....	9
1.3.3. E C O R C E .....	9
1.3.4. R A C I N E S .....	10
1.3.5. F E U I L L E S .....	10
135.1. L i m b e .....	10
135.2. N e r v u r e s .....	10
135.3. P é t i o l e .....	11
1.3.6. A P P A R E I L R E P R O D U C T E U R .....	11
136.1. F l e u r s .....	11
136.2. F r u i t s .....	12
136.3. G r a i n e s .....	12
1.3.7. P L A N T U L E .....	12
1.3.8. P O S I T I O N S Y S T E M A T I Q U E D U H I N T S Y .....	12
1.4. <u>O B S E R V A T I O N S P H E N O L O G I Q U E S</u> .....	13
1.4.1. A N A L Y S E D E S R E S U L T A T S .....	14
141.1. F e u i l l a i s o n .....	14
141.2. F l o r a i s o n .....	14
141.3. F r u c t i f i c a t i o n .....	14
141.4. R é g é n é r a t i o n .....	15

1.4.2. OBSERVATIONS PERSONNELLES .....	15
1.5. <u>LE BOIS ET SES UTILISATIONS</u> .....	16
1.5.1. ASPECTS ET STRUCTURE DU BOIS .....	16
1.5.2. UTILISATIONS TRADITIONNELLES .....	17
1.5.3. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES .....	18
1.5.4. CARACTERES TECHNOLOGIQUES .....	19
1.5.5. UTILISATIONS RATIONNELLES .....	19
1.5.6. PRIX DU BOIS .....	20
= <u>DEUXIEME PARTIE</u> =	
2. <u>ETUDE DYNAMIQUE</u> .....	22
2.0. <u>INTRODUCTION</u> .....	22
2.1. <u>ECOLOGIE</u> .....	22
2.1.1. FACTEURS CLIMATIQUES .....	22
211.1. Pluviométrie .....	23
211.2. Humidité .....	23
211.3. Température .....	23
211.4. Diagrammes ombro-thermiques .....	23
211.5. Vents .....	24
211.6. Lumière .....	25
2.1.2. FACTEUR TOPOGRAPHIQUE .....	26
2.1.3. FACTEURS EDAPHIQUES .....	26
2.1.4. FACTEURS BIOTIQUES .....	36
2.2. <u>ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE</u> .....	37
2.2.1. GENERALITES SUR LE LIEU D'ETUDE .....	37
2.2.2. METHODE DE TRAVAIL .....	38
2.2.3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	39
2.3. <u>ETUDE DU MILIEU</u> .....	40
2.3.1. ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES .....	41
231.1. Intérêts de la méthode .....	41
2.3.2. QUELQUES GENERALITES SUR LE MILIEU .....	42
2.3.3. METHODE DE TRAVAIL .....	43
2.3.4. INTERPRETATION DES DONNEES PAR L'ANALYSE FACTORIELLE .....	44
234.1. Etablissement du tableau de contingence .....	44
234.2. Première transformation de ce tableau initial .....	45
234.3. Calcul des valeurs propres .....	46
234.4. Calcul des vecteurs propres .....	47
234.5. Calcul des facteurs .....	48
234.6. Cartes factorielles .....	48
234.7. Interprétation des résultats .....	49



= TROISIEME PARTIE =

3. <u>SYLVICULTURE</u> .....	54
3.0. <u>INTRODUCTION</u> .....	54
3.1. <u>DE LA REGENERATION NATURELLE</u> .....	54
3.1.1. GENERALITES .....	54
3.1.2. OBSERVATIONS PERSONNELLES .....	55
312.1. A Ambila Lemaitso .....	55
312.2. Entre Toamasina et Fenoarivo Atsinanana .....	56
312.3. Dans la région de Fenoarivo Atsinanana .....	56
3.1.3. OBSERVATIONS ANTERIEURES FAITES A MARDANTSETRA .....	56
3.1.4. DISCUSSIONS SUR LA REGENERATION NATURELLE DU HINTSY.....	57
3.2. <u>DE LA REGENERATION ARTIFICIELLE</u> .....	58
3.2.1. GENERALITES .....	58
3.2.2. HISTORIQUE .....	58
3.2.3. REGENERATION ARTIFICIELLE SEXUEE .....	60
323.1. Introduction .....	60
323.2. Essais de germination du Hintsy .....	60
3.2.4. REGENERATION ARTIFICIELLE ASSEXUEE .....	70
324.1. Introduction .....	70
324.2. Essais entrepris antérieurement .....	71
324.3. Essais personnels .....	72
324.4. Résultats .....	74
324.5. Interprétations .....	75
324.6. Conclusion .....	77
3.2.5. METHODES DE PREPARATION DES TERRAINS DE PLANTATION .....	77
325.1. Méthode des layons .....	77
325.2. Méthode des placeaux denses .....	81
3.2.6. INVENTAIRE .....	84
326.1. Méthode de travail .....	84
326.2. Résultats .....	86
326.3. Interprétations .....	86
3.2.7. ESSAI D'UN TARIF DE CUBAGE .....	88
327.1. Méthode de travail .....	88
327.2. Calcul des constantes a et b .....	89

= QUATRIEME PARTIE =

4. <u>SUGGESTIONS</u> .....	91
4.0. <u>INTRODUCTION</u> .....	91
4.1. <u>TECHNIQUES DE LA REGENERATION</u> .....	91
4.1.1. REGENERATION NATURELLE .....	91
4.1.2. REGENERATION ARTIFICIELLE .....	93
412.1. Semis direct .....	93
412.2. Transplantation .....	94
412.3. Réjuvénilisation .....	97
4.1.3. TECHNIQUES D'ENRICHISSEMENT .....	100
413.1. Méthode des placeaux denses .....	100
413.2. Méthode des layons .....	101
413.3. Association d'espèces .....	106
413.4. Réalisation des techniques d'enrichissement .....	110
413.5. Coût des opérations d'enrichissement .....	112
CONCLUSIONS GENERALES .....	114
BIBLIOGRAPHIE .....	117
ANNEXES .....	120

...

= REMERCIEMENTS =

Avant d'exposer les résultats de cette étude, je tiens à rappeler que de nombreuses personnes ont contribué à leur élaboration.

Je tiens à remercier tout d'abord l'Ingénieur de Classe Exceptionnelle ANDRIANIRINA Gervais, Chef de la Division FORETS du Département de Recherches forestières et piscicoles (D.R.F.P.) qui m'a orienté sur ce travail et qui, avec beaucoup de compréhension et d'abnégation, a bien voulu le diriger.

Je remercie vivement l'Ingénieur en Chef de Classe exceptionnelle ANDRIAMAMPINANINA Joseph, Chef du Département EAUX ET FORETS à l'E.E.S.S.A., toujours disponible à mon égard et qui, malgré ses lourdes tâches, m'a aidé par ses conseils et ses critiques constructives.

J'exprime aussi ma profonde gratitude à l'Ingénieur en Chef de Classe exceptionnelle RAKOTOMANAMPISON Alphonse, Directeur des Eaux et Forêts et Directeur du D.R.F.P. qui, malgré ses multiples occupations, m'a prodigué conseils et encouragements.

Je suis très reconnaissant à l'Ingénieur en Chef de Classe exceptionnelle RATSIFANDRIHAMANANA Raymond, Professeur à l'E.E.S.S.A. qui, en tant qu'ancien de Fenoarivo-Atsinanana, a eu l'amabilité d'accepter de faire partie de mon Jury.

Ma reconnaissance va également à l'Ingénieur Principal RABVOHITRA Andrianasolo Raymond, Chef de la Division BOTANIQUE au D.R.F.P. qui m'a aidé dans les travaux de coupes et de descriptions botaniques et qui a également accepté d'apprécier mon travail.

Je m'en voudrais de ne pas citer mon collègue ami et aîné, RANDRIANJAFY Honoré, Ingénieur à la Division FORETS du D.R.F.P. qui a réussi à m'entraîner dans l'effort qu'il déploie dans le silence pour appliquer sur des données récoltées localement les techniques numériques éprouvées ailleurs.

...

Je dois en effet signaler, au risque de blesser sa grande modestie, que je lui dois d'avoir pu choisir l'Analyse factorielle des correspondances dans toute une série de listing de programmes relatifs aux analyses multivariées (Analyse factorielle, analyse en composantes principales, analyse canonique, analyse discriminante ...) et qu'il a pu transposer sur sa calculatrice programmable " Texas instruments ", très adaptée au calcul matriciel. (Notons au passage que cette calculatrice à 100 registres-mémoires de stockage de données, malgré un nombre relativement important d'entrées-sorties, permet d'obtenir des résultats précis comparables à ceux obtenus sur IBM-650 travaillant en double précision : cf à ce sujet E. DURAND). Il a enfin bien voulu m'aider dans la conception de quelques essais-tests qui m'ont été recommandés.

Je pense également aux autres Ingénieurs au D.R.F.P. dont MM. RAKOTOMANANA Jean Louis, RAJERY Léopold et RAKOTOVAO Georges que j'ai été amené à consulter pour la réalisation de ce travail.

Que les personnels des Divisions, FORETS, BOTANIQUE, TECHNOLOGIE, GENETIQUE du D.R.F.P., le personnel du Laboratoire de PEDOLOGIE des Eaux et Forêts d'Ambatobe et en particulier l'Adjoint technique principal de C.E. RAJOARIFERA Frédéric, Responsable provincial des E & F. au D.D.R d'Antananarivo, le personnel des Divisions forestières d'Ambila Lemaitso et Fenoarivo Atsinanana et des Stations forestières d'Antetozana et de Tampolo dont les collaborations m'ont été des plus précieuses et utiles, trouvent ici l'expression sincère de mes plus vifs remerciements!

Je remercie enfin l'Université et en particulier l'E.E.S.S.A. qui m'ont donné la formation nécessaire pour réaliser cette étude et par la suite, pour servir utilement la Patrie à qui je dois finalement tout : famille, culture, éducation, et à qui je dédie humblement ce premier travail.

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

Les forêts littorales malgaches et notamment celles de la Côte orientale sont soumises, depuis plusieurs années, aux exploitations abusives et aux défrichements. Comme cette région du littoral est sise à proximité des ports et comme l'infrastructure routière y est relativement plus importante, les exploitants forestiers étrangers ou nationaux y ont fait une exploitation forestière intensive. A cette intensité d'exploitation est venue s'ajouter la déforestation pratiquée pour ses cultures itinérantes ou industrielles (café, vanille, girofle), par une population relativement dense, si bien qu'actuellement, l'épuisement des forêts avec ses conséquences est déjà ressenti dans le Faritany de Toamasina. Le ravitaillement en bois de cette grande ville portuaire de Madagascar devient maintenant l'objet de discussions tant au niveau des habitants qu'au niveau de l'Administration. Des responsables ont, à preuve et par le biais des "mass media", tiré la sonnette d'alarme. Voici deux thèmes parus et développés dans les journaux pour conscientiser la population :

" Harem-pirenena ny Ala " (Journal ATRIKA du 19.I.79) ;

" S.O.S. pour les Réserves Nationales Forestières "

(Journal Madagascar Matin du 7.I.80).

Devant le danger de dénudation imminent qui menace le pays tout entier, les forestiers, toujours soucieux de l'avenir, ne sont pas demeurés inactifs et ont depuis 1924, commencé à restaurer ces bosquets littoraux par des travaux d'enrichissement. Des essais utilisant des

...

essences autochtones et exotiques ont été faits dans ce sens. Parmi les autochtones, le HINTSY, Intsia bijuga / <sup>(Colebr).OK.</sup> (Afzelia bijuga A. Gray) de la sous-famille des Césalpiiniées (Famille des Légumineuses), fut choisi par les sylviculteurs car ils en escomptaient de bons résultats. La croissance plutôt lente de cette espèce et l'insuffisance de budget les ont malheureusement contraint à abandonner ou à modifier le programme et souvent à opter pour l'utilisation d'essences exotiques à croissance rapide comme l'Okoumé, Aukoumea kleineana, le Limba : Terminalia superba, ou pour le reboisement tout court, avec des espèces des genres Pinus et Eucalyptus.

Nous croyons cependant qu'il est grand temps de s'intéresser de nouveau aux essences locales et de les étudier afin de déterminer les rôles exacts qu'elles peuvent jouer dans les aménagements des forêts naturelles de l'Ile. Elles sont en effet, non seulement intéressantes dans le domaine scientifique, mais elles peuvent aussi par leur valeur, être une des pièces maîtresses de promotion de l'économie du pays. En fait, elles lui fournissent des bois d'oeuvre dont l'exportation n'est pas d'emblée à écarter.

Compte tenu de l'augmentation de la consommation tant en bois de chauffage qu'en bois d'oeuvre en relation avec l'accroissement continu de la population, nous pensons en effet que les essences autochtones doivent avoir un rôle à jouer dans la satisfaction des besoins.

Ces différentes raisons nous ont amené à nous intéresser dans le cadre de notre Mémoire de fin d'études à ce travail intitulé :

" Contribution à l'élaboration et à la mise au point de la Sylviculture du HINTSY ".

Notre démarche vise somme toute, à connaître les caractéristiques, les conditions de vie et les autres particularités de cette

...

espèce qualifiée de " noble " et à essayer de résoudre certains problèmes sylvicoles qui se sont dégagés des travaux de restauration des forêts côtières orientales où elle a été utilisée. Nous pensions arriver ainsi à trouver les possibilités pour améliorer la production de cette essence et les possibilités d'extension de ses plantations pour homogénéiser les forêts de basse altitude de la Côte Est qui risquent en général de s'appauvrir de façon irréversible.

Pour y parvenir, nous nous sommes tout d'abord référé aux travaux réalisés antérieurement, puis nous avons entrepris quelques études et quelques essais selon nos possibilités et d'après l'état de nos connaissances actuelles.

Notre travail comprend quatre parties :

- Une partie concernant l'espèce Intsia bijuga, où sont décrits ses aires naturelles de répartition, ses caractères morphologiques et botaniques, les observations phénologiques qui ont été faites le concernant, les caractères technologiques de son bois et ses utilisations ;
- Une étude dite " dynamique " réservée à l'écologie de l'espèce, à la détermination des espèces qui l'accompagnent dans la nature. Un chapitre important de cette deuxième partie est consacré à l'étude de ses milieux grâce au concours précieux d'une méthode puissante d'analyse statistique multivariable : l'Analyse factorielle des correspondances ;
- Une troisième partie intitulée " SYLVICULTURE " dans laquelle est retracé brièvement l'historique de la sylviculture de cette essence. Les rapports sur les essais de germination de graines et sur les essais de bouturage sont aussi inclus dans cette partie, ainsi que la description des techniques d'enrichissement essayées dans la régénération artificielle du Hintsy ;

- Nos suggestions de contribution sur la sylviculture du Hintsy sont exposées dans la quatrième partie.

Les données météorologiques, les démarches de certains calculs pour l'analyse des milieux et les calculs d'inventaire sont reportées en annexes.

Pour réaliser ce Mémoire, nous avons visité trois stations forestières : Ambila Lemaitso, Antetezana et Tampolo où des plantations de Hintsy furent installées. Pendant nos voyages de préparation pour ce Mémoire, nous avons aussi fait des enquêtes auprès des paysans et exploitants forestiers des régions visitées pour compléter les renseignements sur l'espèce. L'éloignement des lieux nous a obligé de réaliser une grande partie des essais de bouturage et la totalité de l'essai de germination à Ambatobe (pépinière expérimentale du Département des Recherches Forestières et Piscicoles : D.R.F.P.).



= PREMIERE PARTIE =

1. SUR L'ESPECE Intsia bijuga (Colebr) O.K. - Césalpinées.

1.0. GENERALITES -----

Le HINTSY : Intsia bijuga Ok. (Afzelia bijuga A. Grav.) est une des essences précieuses caractéristiques des forêts littorales orientales. Dans les milieux qui lui sont favorables, il constitue avec d'autres essences comme le Copalier : Trachylobium verrucosum, le Voapaka : Uapaca thouarsii et le Ramy : Canarium sp. la strate dominante avec une hauteur totale de 25 à 30 mètres dont 15 à 20 mètres de fût. Il peut probablement vivre pendant plusieurs siècles pour atteindre une circonférence à la base de l'ordre de 5 à 6 mètres. De tels géants de la sylvie sont susceptibles d'atteindre des volumes allant jusqu'à 12 - 16 mètres cubes. Le bois de Hintsy a toujours été très recherché et sur la marché il peut égaler la valeur du Palissandre (Dalbergia sp.). Ses qualités technologiques sont renommées à l'étranger. Malheureusement, les arbres de belle forme et de belles dimensions exploités depuis presque un siècle sont devenus très rares.

Dans la nature, le Hintsy peut se distinguer facilement par son feuillage vert brillant et son tronc argenté. Mais il peut être confondu avec le Copalier (Mandrorofo : Trachylobium verrucosum). On l'en différencie assez facilement grâce aux fruits et aux feuilles.

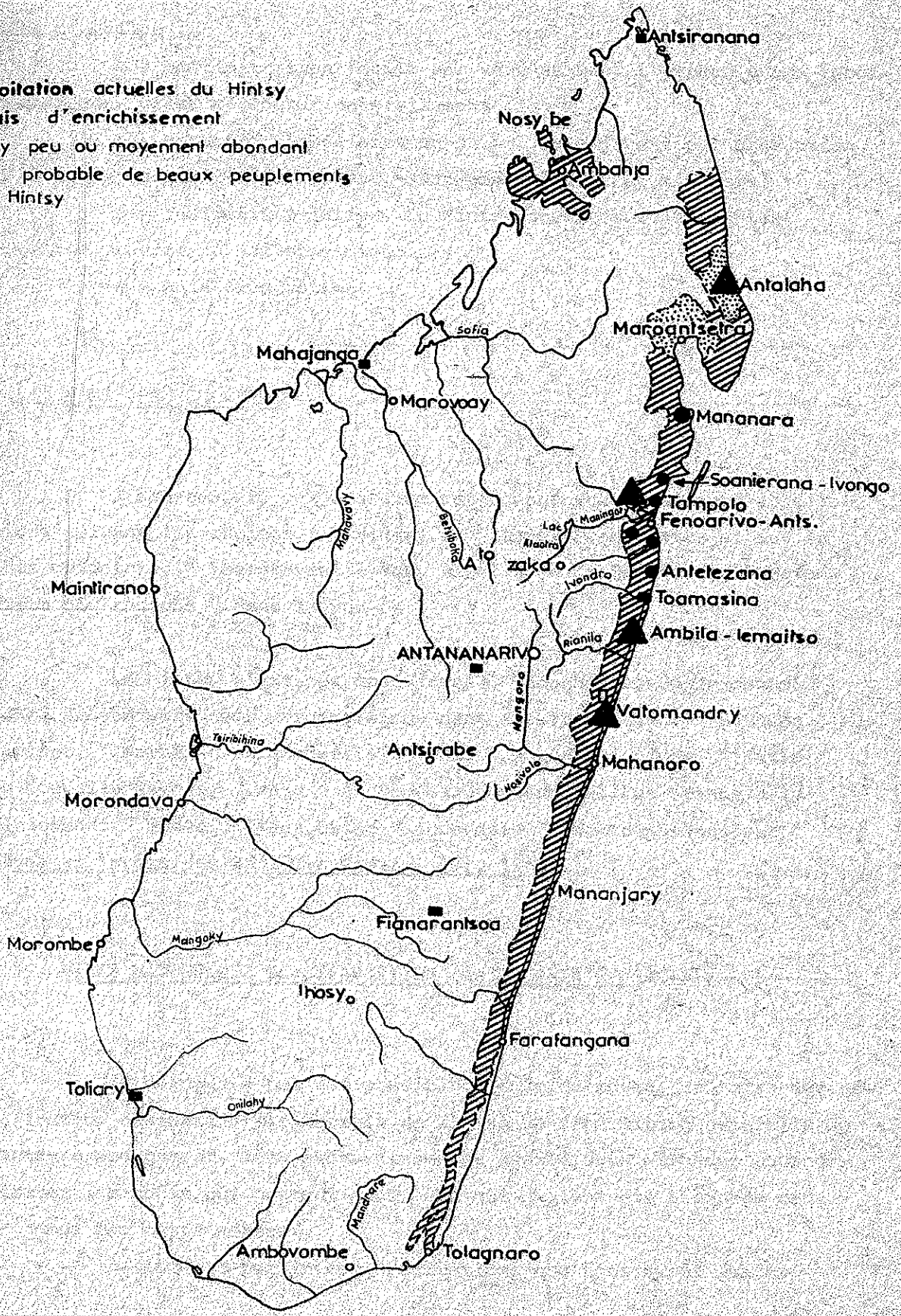
Du point de vue sylvicole, le Hintsy est choisi pour enrichir les bosquets littoraux en raison des considérations suivantes :

a - Croissance relativement rapide pour une espèce autochtone. L'arbre en effet, est exploitable entre 70 et 100 ans suivant la ferti-

...

# AIRE DE REPARTITION DE HINTSY A MADAGASCAR

- Exploitation actuelles du Hintsy
- ▲ Essais d'enrichissement
- ▨ Hintsy peu ou moyennement abondant
- ▤ Zone probable de beaux peuplements de Hintsy



ECHELLE : 1 / 6.500.000<sup>e</sup>

lité du milieu ;

b - multiplication facile par voie sexuée. L'espèce a une faculté remarquable de se régénérer naturellement ;

c - capacité d'amélioration du sol sous-jacent par production d'un humus de qualité (caractère assez général des Légumineuses) ;

d - rusticité relative. Le Hintsy pousse sur les sables dunaires pauvres en matières minérales ;

e - bois très estimé.

### 1.1. NOMS VERNACULAIRES -----

A Madagascar, cette espèce est connue sous plusieurs appellations suivant les régions : " Hintsy ou Hitsina " au Centre et sur la Côte orientale, " Tsararavina à Nosy Be et dans le Sambirano, " Harondrato et Tandroho " dans le Sud Est.

Le Hintsy n'est pas endémique à Madagascar. On le connaît aussi sous divers noms vernaculaires dans d'autres pays : " Go nuoc " au Vietnam, " Merban " en Indonésie, " Ipil " aux Philippines, " Kwila " en Nouvelle Guinée, " Kohu " en Nouvelle Calédonie. Les Français le surnomment " Gaïac ou faux Gaïac " ou encore " Teck de Madagascar " (Bois et Forêts des Tropiques N° 16 - 17 , 1951).

### 1.2. AIRES NATURELLES DE REPARTITION (cf. CARTE N° 1) -----

Il ne nous a pas été possible, faute de moyen, de faire une vérification exhaustive sur terrain de l'aire de répartition naturelle du Hintsy à Madagascar. Nous avons néanmoins adopté deux méthodes pour délimiter les zones qui portent encore ou qui avaient été occupées dans le temps par cette espèce:

- l'une à partir des observations que nous avons faites

...

pendant les voyages pour préparer ce Mémoire ;

- l'autre, à partir des ouvrages et publications divers, rédigés par les botanistes, les biogéographes et les forestiers ayant servi dans les régions occupées par cette espèce. A cela nous avons ajouté les informations données par les exploitants forestiers qui travaillent ou qui ont travaillé dans ces zones et avec qui nous nous sommes entretenus.

### 1.2.1. OBSERVATIONS PERSONNELLES.

Depuis Ambila Lemaitso jusqu'à Foulpointe sauf aux environs de la ville de Toamasina, un rideau discontinu de Hintsy longe les deux rives du canal des Pangalanes. Nous avons aussi noté que la zone de répartition de cette espèce se situe également sur une bande plus ou moins large limitée par la mer et le dit canal qui longe le littoral à partir de Tampolo, à 15 kilomètres au nord de Fenoarivo Atsinanana. Cependant, nous avons observé les plus fortes concentrations de Hintsy entre Ambila et Andranokoditra, aux environs des villages de Foulpointe et de Mahambo, respectivement à 55 km et 90 km au nord de Toamasina et aux alentours du village de Rantolava à 6 km du poste de Tampolo. En dehors de ces endroits, la présence de Hintsy se traduit par des bouquets et des arbres isolés, éparpillés dans la bande précitée.

Plus à l'intérieur, nous avons noté l'existence de cette essence dans les forêts galeries, c'est-à-dire le long des rivières, sur une distance de 10 à 15 kilomètres de la côte. Parmi les régions où nous nous sommes rendu, nous pouvons citer :

- Le village d'Ambodihintsina à 10 km au nord-ouest de la gare ferroviaire d'Anivoreno où le Hintsy se porte assez bien sur les rives du fleuve Rianila ;

- Le Fokontany d'Ambatotononina, à 20 km environ au nord-ouest de Fenoarivo-Atsinanana où nous avons pu admirer la forêt galerie à peuplements purs de Hintsy longeant la rivière Manjorozero jusqu'à

...

la chute de Riandalona. C'est dans le ressort territorial de ce fokontany que nous fumes assez surpris de rencontrer sur les collines quelques pieds isolés de Hintsy. (PHOTO N° 1).

### 1.2.2. OBSERVATIONS ANTERIEURES.

D'après les botanistes, les biogéographes et les forestiers, l'aire naturelle du Hintsy à Madagascar correspond au cordon littoral du domaine oriental, de Vohimaro à Taolagnaro sur environ 1.200 km de long et 20 km de large. Mais l'abondance de cette espèce a été notée de Sambava à Mahanoro, surtout dans les régions de Maroantsetra, d'Antalaha et de Mananara.

Les renseignements obtenus auprès des exploitants, concernant l'habitat du Hintsy ne sont pas différents de ce qu'on a déjà dit.

L'enclave de Sambirano avec l'île de Nosy Be, ayant des conditions climatiques similaires à celles de la Côte Est, abrite aussi, signalait-on, cette espèce ; mais elle y est devenue rare. Ainsi au cours du voyage d'études effectué dans cette partie de l'île, nous n'avons pu repérer un seul pied de Hintsy et ce même dans la Réserve Naturelle de Lokobe.

Nous savons que l'Intsia bijuga n'est pas endémique de Madagascar. Du fait, ses aires de répartition s'étendent dans tous les pays limitrophes de l'Océan Indien jusqu'aux Philippines et au Vietnam.

Des auteurs ont noté l'existence de cette espèce dans les forêts tropicales côtières d'Asie qui font suite à la mangrove. Parmi les pays d'Asie où pousse l'Intsia, on peut alors citer : le Vietnam, les Philippines, les Iles de la Polynésie, l'Indonésie, la Nouvelle Calédonie et la Nouvelle Guinée. La nature l'a aussi installé aux Seychelles.

...

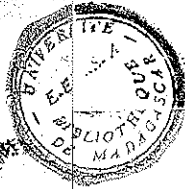
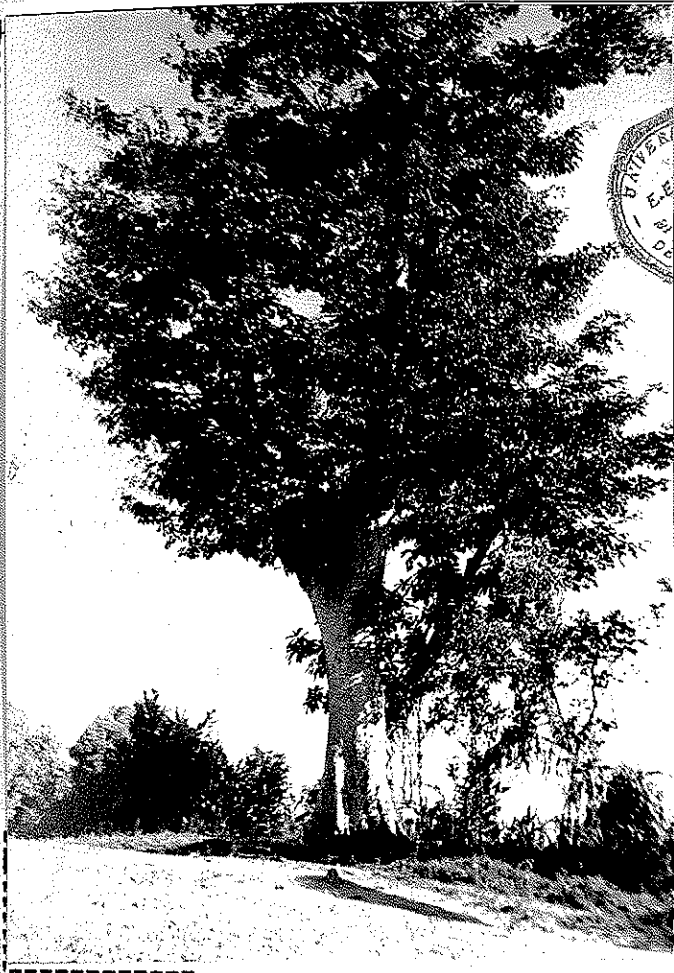


PHOTO N° 1 - Cliché personnel - mars 82

Un pied isolé (sur colline)  
de Hintsy - près du village d'Ambato-  
tonanina.



PHOTO N° 2 - Cliché personnel -

- Forêt-galerie de Hintsy le long  
de la rivière Manjorozero. Concurrence  
entre forêt et cultures agricoles.

...

### 1.3. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET BOTANIQUES DE L'ESPECE -----

(cf. Planche # 1)

#### 1.3.1. PORT.

A l'état isolé, l'Intsia bijuga fourche assez bas et prend la forme d'un grand parasol avec un fût court. En futaie, il a la forme élancée; le fût, de forme cylindrique, peut atteindre 15 à 20 mètres pour un arbre de 30 mètres. L'étalement de la cime varie suivant les ombrages latéraux et la fertilité de la station.

Le houppier très important est dû aux longues branches et au feuillage assez bien garni.

A la base, il comporte un empatement assez haut et assez large.

#### 1.3.2. RAMIFICATION.

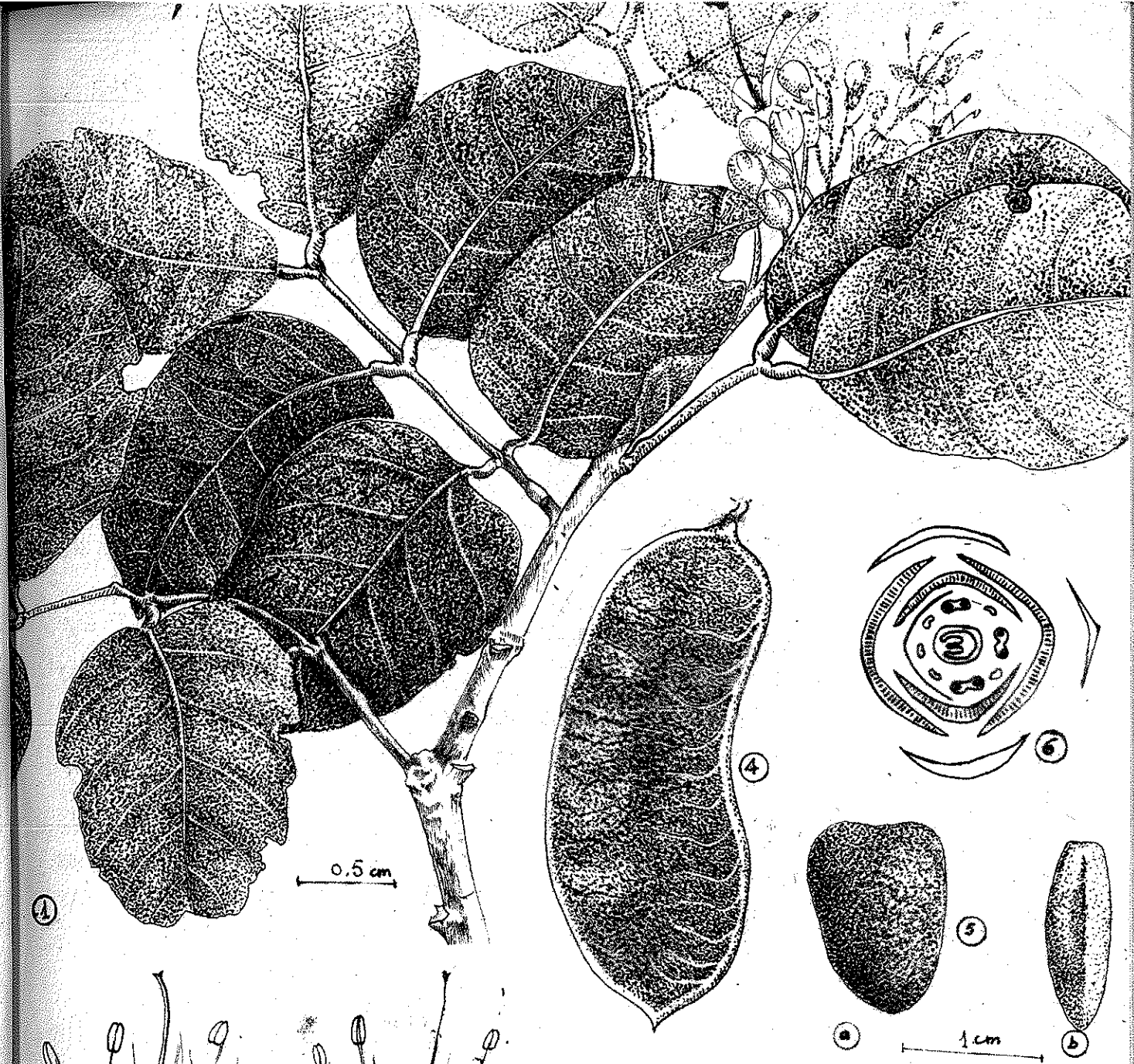
L'arbre peut être caractérisé par la ramification dichotomique de ses rameaux grisâtres.

#### 1.3.3. ECORCE.

L'écorce grisâtre, voire argentée du Hintsy, le fait distinguer de loin. Elle est lisse en jeune âge mais devient rugueuse en vieillissant. Epaisse d'un centimètre environ, elle est fibreuse à l'intérieur. Sur l'arbre adulte, le rhytidome caduc se détache en laissant sur le tronc des tâches jaunâtres. Des excroissances cylindriques appelées localement "rokotrihintsy" se rencontrent fréquemment sur le tronc et les grosses branches. Leur odeur douceâtre attire les fourmis qui affectent seulement l'écorce mais ne touchent pas le bois. L'écorce du hintsy est riche en tanin de couleur jaunâtre. Ce dernier a été utilisé dans la fabrication de teinture.

...





①

0.5 cm

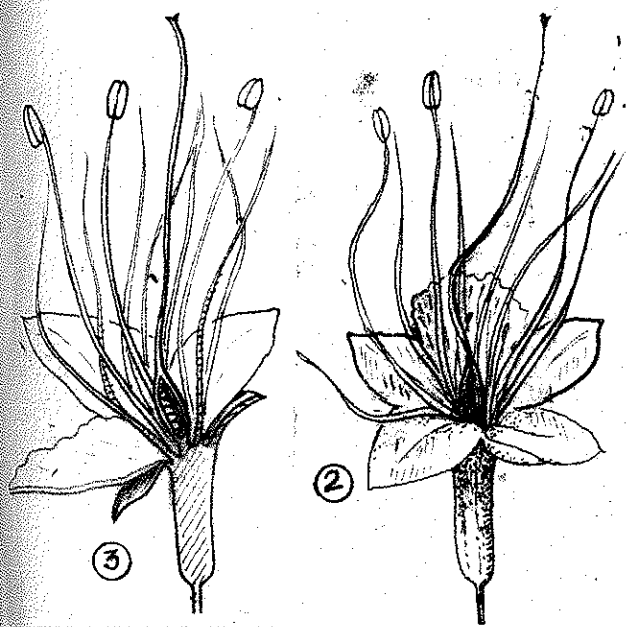
④

⑥

⑤

⑤

1 cm



③

②

Planche 1

- ① Rameau en fleurs x 1/3
- ② Fleur x 3
- ③ Coupe longitudinale d'une fleur x 3
- ④ Gousse ou fruit x 2/3
- ⑤ Graine x 2/3
  - ⓐ vue de face
  - ⓑ vue de côté
- ⑥ Diagramme Floral



#### 1.3.4. RACINES.

Au stade juvénile, les racines sont caractérisées par un pivot surmonté de racines latérales.

Au fur et à mesure de l'avancement en âge, les racines latérales se développent énormément et s'enfoncent sous une assez faible obliquité. Le pivot quant à lui, reste à peu près stationnaire après avoir atteint une longueur de 1 à 1,50 m : ceci nous permet de dire que le Hintsy a en général un enracinement superficiel. La surface explorée par ces racines prend la forme d'un cercle de 3 à 6 m de rayon suivant l'âge des arbres.

#### 1.3.5. FEUILLES.

Les feuilles de Hintsy présentent un certain polymorphisme. Leur dimension permet de distinguer deux variétés :

- Hintsy à grandes feuilles ou " Bariatra " ;
- Hintsy à petites feuilles ou " Novika ".

L'espèce a une feuille composée avec 2 à 3 paires de folioles opposées subsessiles, alternes. Cette caractéristique de la feuille différencie l'espèce du Copalier qui est bifoliolé.

##### 1.3.5.1. Limbe.

Le limbe, de couleur vert-brillant caractéristique, révèle la présence du Hintsy dans une futaie. Il est glabre et de forme elliptique (7 à 10 cm x 5 à 8 cm).

La base est arrondie, le sommet en rétus ou émarginé et le bord arrondi.

Le limbe est dépourvu de points pellucides qui le différencient aussi de celui du Trachylobium verrucosum Lam.

##### 1.3.5.2. Nervures.

La nervure primaire saillante à la face inférieure

...

et imprimée à la face supérieure partage le limbe en deux parties inégales. Le limbe est donc assymétrique.

Les nervures latérales ou secondaires alternées sont bien visibles sur les deux faces. On en compte 6 à 10 paires qui se communiquent auprès du bord du limbe par de nombreuses nervilles formant mailles.

#### 1.3.5.3. Pétiole.

Le pétiole commun a une longueur de 1 à 5 cm. Il est pubescent, parfois glabre et est renflé à la base.

#### 1.3.6. APPAREIL REPRODUCTEUR.

Les inflorescences sont terminales, en panicule ou en grappes ramifiées.

##### 1.3.6.1. Fleurs.

Les fleurs, de dimension moyenne, sont portées par des pédicelles articulées recouvertes d'une pubérence grisâtre. Les bractées sont précocement caduques comme les deux bractéoles ovales qui entourent les jeunes boutons et dont les cicatrices restent visibles à la base du tube calicinal.

##### 1.3.6.1.1. Calice.

Le calice est en tube très allongé à 4 sépales imbriqués deux à deux, deux extérieurs recouvrant et deux intérieurs recouverts. Ces sépales sont terminés à la base par un onglet pubescent.

##### 1.3.6.1.2. Corolle.

La corolle est constituée par un seul pétale très développé; blanc, taché parfois de rouge à appendice basal pubescent et à onglet épais.

##### 1.3.6.1.3. Préfloraison.

La position des sépales place le Hintsy parmi les espèces à préfloraison quiconciale (2 recouvrants et deux recouverts).

##### 1.3.6.1.4. Androcée.

Les étamines, au nombre de 8 à 10 dont 3 seulement fertiles,

...

différencient l'Intsia bijuga de l'Afzelia africans (6 à 10 étamines fertiles). Les autres étamines sont réduites en staminodes. Elles sont libres, emmanchées d'un filet rouge pubescent. Les anthères à fente longitudinale sont introrses et dorsifixes .

#### 1.3.6.1.5. Gynécée.

Le style , simple, est assez long, tordu et terminal.

L'ovaire pubescent, supère, uniloculaire, contient 3 à 6 ovules campylotropes. La placentation est centrale.

Ces différents caractères montrent que l'Intsia a des fleurs irrégulières et hermaphrodites. Elles sont visitées par des fourmis et des abeilles.

#### 1.3.6.2. Fruits.

Les fruits se présentent sous forme de grandes gousses, de taille et de forme variables, mesurant 15 à 20 cm x 5 cm. Ces fruits ont des valves ligneuses, épaissies sur les bords et renferment une pulpe au milieu de laquelle sont noyées 4 à 6 graines. A maturité, les fruits devenant bruns sont déhiscentes.

#### 1.3.6.3. Graines.

Les graines sont grandes en général mais ont une taille et une forme variables suivant les variétés : grosses graines pour le Bariatra et petites graines pour le Kovika.

Les graines à 2 cotylédons sont dépourvues d'albumen, ces cotylédons sont enveloppés d'un tégument brun foncé assez coriace.

D'après certains auteurs et chercheurs comme le Professeur RAKOTO Ratsimamanga, les graines de Hintsy grillées sont comestibles.

#### 1.3.7. PLANTULE.

L'Intsia bijuga est caractérisé par une germination épigée. Les jeunes plantules sont très vigoureuses à la levée, mais leur croissance semble se ralentir après avoir atteint 20 à 25 cm de hauteur.

L'hypocotyle comme l'épicotyle est très développé, les coty-

...

lédons persistent assez longtemps jusqu'au développement de deux paires de feuilles.

#### 1.3.8. POSITION SYSTEMATIQUE DU HINTSY.

Les particularités d'aspect du fruit et de la graine jointes à la réduction du nombre des étamines fertiles, justifient l'opinion de certains botanistes qui rangent les espèces asiatiques d'*Afzelia* dans un genre voisin " *Intsia* " (fiche botanique de la revue Bois et Forêts des tropiques N° 16 et 17, 1951). Ainsi, avec toutes ces caractéristiques botaniques, la position systématique du Hintsy est comme suit :

<u>Règne</u>	: Végétal
<u>Embranchement</u>	: Spermaphytes
<u>Sous-embranchement</u>	: Angiospermes
<u>Classe</u>	: Dicotylédones
<u>Sous-classe</u>	: Dialypétales
<u>Série</u>	: Caliciflores
<u>Ordre</u>	: Rosales
<u>Familles</u>	: Légumineuses
<u>Sous-famille</u>	: Césalpiniées
<u>Genre</u>	: <i>Intsia</i> (ou <i>Afzelia</i> )
<u>Espèce</u>	: <u><i>Intsia bijuga</i></u> .

#### 1.4. OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES -----

Comme la plupart des observations en matière forestière, celles effectuées sur la phénologie des espèces doivent s'étaler sur plusieurs années. Compte tenu du temps dont nous avons disposé pour préparer ce Mémoire, une telle étude ne fut pas à notre portée. Nous nous sommes donc basé sur les observations<sup>que</sup> Christian GACHEY avait faites à Foulpointe de 1967 jusqu'à 1970 et dont les résultats sont publiés dans le rapport du Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) : "Premiers résultats d'une période d'observations phénologiques à Foulpointe".

...

Les observations portaient sur 37 arbres dont 3 Hintsy. La fréquence des observations était bimensuelle.

Parmi les 27 espèces étudiées, l'auteur a constaté que seul le Hintsy avait une activité printanière, c'est-à-dire que l'activité foliaire de cette espèce se manifeste visiblement au printemps.

Et à partir des données recueillies au cours de la période d'étude, il avait dressé le graphique général sur l'activité foliaire, le graphique individuel de chaque espèce et les graphiques de floraison, de fructification et de régénération dont nous avons reproduit ici quelques uns (cf. GRAPHIQUE N°1 & 2).

#### 1.4.1. ANALYSE DES RESULTATS.

##### 1.4.1.1. Feuillaison.

Le Hintsy est caractérisé par une caducifoliation totale et cyclique, mais le cycle est encore indéterminé. La défoliation semble s'effectuer le plus fréquemment aux mois de mars et d'août et la " re-foliation " est plus forte en octobre-novembre.

##### 1.4.1.2. Floraison.

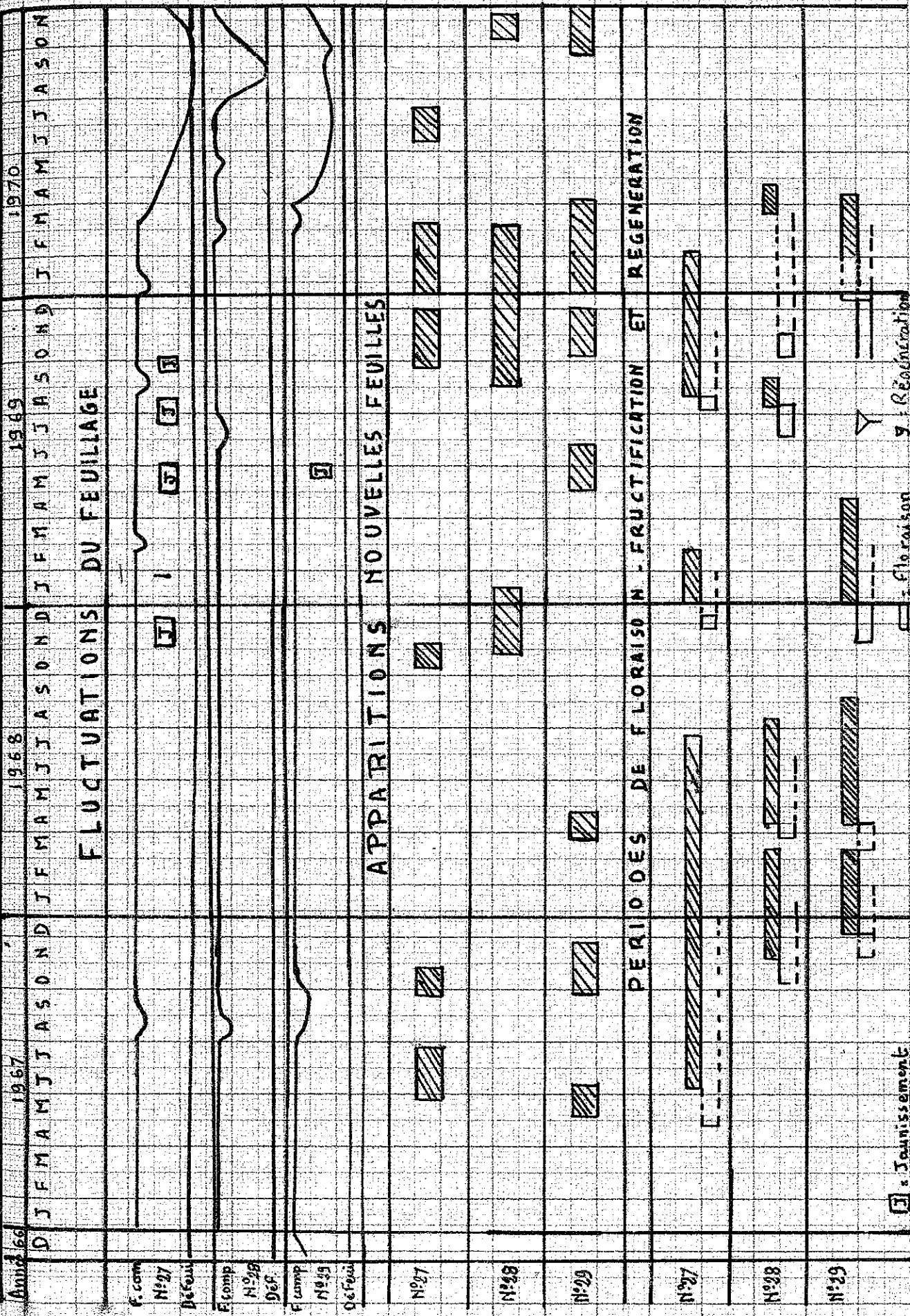
La fréquence de la floraison du Hintsy est très élevée : soit 11 cas sur 12 observés (3 arbres x 4 années = 12 cas) : les 3 arbres ont fleuri donc presque chaque année. On a constaté (cf. GRAPHE N° 2) que 2 arbres ont même fleuri deux fois par an. Cette période de floraison n'est pas régulière, elle est répartie sur plusieurs mois de l'année, mais la plus grande fréquence est enregistrée aux mois d'octobre-novembre et décembre. Cette floraison pourrait être en relation avec la hausse de la température.

##### 1.4.1.3. Fructification.

Chaque floraison est suivie d'une abondante fructification. L'Intsia est très prolifique au point de vue fructification. La durée

...





Année 66

1967

1968

1969

1970

D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D

FLUCTUATIONS DU FEUILLAGE

APPARITIONS NOUVELLES FEUILLES

PERIODES DE FLORAISON - FRUCTIFICATION ET REGENERATION

[ ] : Jouissance  
 f. comp. : Feuillage complet  
 De Feuilles : Défeuilleson

[ ] : Apparition des nouvelles feuilles  
 [ ] : Floraison  
 [ ] : Fructification

[ ] : Régénération  
 [ ] : Régénération fixée arbitrairement

de cette fructification est assez grande, elle varie de 2 à 6 mois. C'est un facteur favorable pour les sylviculteurs, qu'ils optent pour la régénération naturelle ou qu'ils choisissent la régénération artificielle. Nous en parlerons plus loin.

#### 1.4.1.4. Régénération.

Malgré la bonne fructification, la régénération naturelle du Hintsy est plutôt rare. Un seul cas fut noté pendant ces périodes d'observations. Cette rareté pourrait être due aux conditions du milieu. Nous en parlerons encore.

#### 1.4.2. OBSERVATIONS PERSONNELLES.

Au cours de nos tournées, nous avons remarqué qu'au même moment et dans un même milieu, les états de phénologie (feuillaison, floraison et fructification) du Hintsy peuvent différer selon les arbres.

Comme à Ambila Lemaitso en avril et août 1981, nous avons vu des pieds de Hintsy en défeuillaison partielle ou même totale tandis que d'autres sont en période de floraison ou fructification. Ces mêmes phénomènes ont aussi été constatés à Tampolo, en août 1981 et mars 1982. Il en fut de même à Antetezana en août 1981.

Les renseignements recueillis auprès des agents forestiers sur place et auprès des riverains, très bons observateurs en général, permettent de démarquer les périodes suivantes:

- Le Hintsy commence à fleurir vers l'âge de 20 à 30 ans, mais les floraisons suivies de bonnes fructifications n'apparaissent que vers 30 à 45 ans ;

- Le Hintsy perd en totalité ses feuilles, dans la plupart des cas, aux mois d'août et septembre et ces feuilles ne repoussent qu'à partir du mois d'octobre ;

- La floraison et la fructification se produisent fréquem-

...



ment aux mois de février, mars et avril, mais la fructification se prolonge jusqu'aux mois de juin à juillet.

Quant à la régénération naturelle, nous avons constaté la présence de semis naturels autour des arbres adultes, dans un rayon de 5 à 10 mètres environ selon la largeur du houppier. Les semis sont assez abondants quand les pieds-mères sont situés sur la lisière de la forêt, assez rares dans la forêt où l'humus est évolué et très rares dans les endroits recouverts de feuilles mortes non décomposées.

En conclusion, on peut dire que le Hintsy a des périodes phénologiques particulières, difficiles à déterminer. Toutefois, on peut retenir que c'est une des rares espèces à feuilles caduques de cette formation sempervirente. C'est également une espèce très prolifique au point de vue fructification. Ces deux caractères sont importants pour les sylviculteurs sur le plan de l'amélioration du sol sous-jacent et sur le plan de la production de graines.

#### 1.5. LE BOIS ET SES UTILISATIONS.

##### 1.5.1. ASPECTS ET STRUCTURE DU BOIS.

Le Hintsy a un bois à cœur et aubier différenciés. L'aubier, de couleur blanchâtre, occupe une épaisseur de 4 à 8 cm sur les sujets adultes. Le bois parfait ou bois de cœur est jaune orangé plus ou moins rougeâtre à l'état frais devenant brun en séchant.

D'après l'aspect du bois, les utilisateurs distinguent trois variétés :

- le " Bariatra ", à bois jaune clair, assez tendre, facile à travailler. A cause de sa fissilité assez forte, cette variété est surtout réservée à la production des planches de faible largeur (25 cm au plus). Son aubier est clair et épais ;

- le " Kovika ", à bois plus foncé, plus dur et de couleur

brun rouge surtout chez les plus vieux et à aubier moins épais. Ses fibres enchevêtrées le rendent plus difficile à scier et à travailler mais il ne nécessite pas d'outillages spéciaux ;

- le " Kitrotro " ou " Kitrovato ", de couleur rouge, à bois dur, plus difficile à scier.

Le bois est à grains grossiers de fil droit en général. On remarque des dépôts résinoïdes poudreux de couleur jaune dans les fentes du coeur et dans les traces vasculaires. Ces dépôts provoquent parfois sur les surfaces des minuscules taches noirâtres. Les cernes sont plus ou moins distinctes mais leur limite est pratiquement invisible à l'oeil nu.

#### 1.5.2. UTILISATIONS TRADITIONNELLES.

Le Hintsy est depuis très longtemps un des bois les plus recherchés des forêts de la côte orientale. Sur le marché de bois, il est en valeur comparable au palissandre (*Dalbergia sp.*). On l'utilise souvent sur la Côte Est pour la construction des maisons en bois. Il est aussi employé pour la confection des pirogues monoxyles car il se travaille facilement. Les Betsimisaraka s'en étaient aussi servis pour confectionner leur cercueil. On évide la bille éclatée en deux suivant la longueur. Le corps une fois installé, on reconstitue le tronc. On a aussi fabriqué des bardeaux avec ce bois et certaines maisons de Toamasina ont encore des bardeaux en Hintsy.

Le Hintsy est fréquemment utilisé pour construire des ponts et le Service des Travaux Publics en aurait, dans le temps, fait une large utilisation pour l'entretien des platelages des ponts en bois de la route de Maroantsetra d'une longueur totale de 4 km.

Mais les plus intéressés par le bois de Hintsy sont les charpentiers, les menuisiers et les ébénistes.

Le Hintsy est apprécié pour les emplois extérieurs à cause de sa durabilité en milieu humide.

...

Le grave défaut du Hintsy réside dans le fait qu'il se souille au contact de l'eau. Un bon cirage ou un bon vernissage permettent cependant d'éviter ce défaut. Le Hintsy supporte mal aussi les eaux saumâtres.

### 1.5.3. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES.

L'étude des caractères physiques et mécaniques a été effectuée au Laboratoire de la Division " Technologie " du D.R.F.P. suivant les principes de la " méthode Monin ". Les essais sur les éprouvettes ont été faits d'après les normes françaises sur la machine AMSLER pour la flexion statique et les compressions et sur le mouton pendule pour le choc. Les résultats sont alors regroupés dans le TABLEAU I.

A partir de ces résultats, on peut dire que le bois de Hintsy est lourd. Son retrait total est faible. C'est un bois moyennement ou peu nerveux avec un bois de saturation bas.

Ces qualités physiques indiquent que le bois de Hintsy se déforme peu au séchage et joue peu sous l'influence des variations d'humidité.

Le Responsable de la "Maison Charlemagne" à Fenoarivo-Atsinanana nous affirme que les grumes de Hintsy ne nécessitent pas un long séchage pour être travaillées. 4 à 6 mois suffisent ; alors que pour le palissandre, il faut, en séchage naturel, attendre 2 à 3 ans pour éviter les jeux sur les assemblages. Il est vrai que ce long temps de séchage est en grande partie dû à l'humidité particulière de la région.

Concernant ses caractéristiques mécaniques, le Hintsy a une résistance moyenne à forte aux efforts statiques de flexion ou de compression de fil, c'est donc un bois moyennement élastique. Cependant il craint le choc, sa côte dynamique basse indique qu'il est cassant. Par conséquent, tous les emplois engendrant des chocs sont à proscrire avec le Hintsy.

...

#### 1.5.4. CARACTERES TECHNOLOGIQUES.

En général, le bois de Hintsy se travaille facilement, surtout le Bariatra. Les bois plus foncés de "kovika" et "kitrotro" sont plus difficiles à scier. Les travaux de menuiserie, à la main comme à l'usine, se font sans difficultés particulières.

Ce bois présente une bonne finition et se montre très apte au polissage. Le clouage risque de provoquer des fentes, mais les clous tiennent bien. Il faut seulement un avant-trou.

Quant au collage, les expériences ont montré qu'il vaut mieux utiliser les colles synthétiques au détriment de la caséine qui s'adhère difficilement sur le Hintsy.

Le vernis et la peinture en tant que produits de traitement se tiennent sans problème sur ce bois.

Le bois de Hintsy résiste aux pourritures et aux insectes xylophages comme les termites.

#### 1.5.5. UTILISATIONS RATIONNELLES.

Les qualités, la rareté et la valeur de son bois nous conduisent à dire que le Hintsy est une essence appelée aux emplois nobles. Il sera donc mieux utilisé dans les menuiseries de luxe : les huisseries, les fenêtres, les portes intérieures et extérieures, les devantures de magasins et les escaliers.

En parqueterie, on trouve aussi le bois de Hintsy excellent car il ne joue pas et résiste à l'usure.

L'aspect esthétique de ce bois, très apprécié, le fait primer dans l'ébénisterie. Son tranchage est possible, mais à cause de sa dureté et ses gros grains, il est préférable d'en fabriquer des meubles en massif au lieu de les plaquer.

...

Le caractère précieux de ce bois nous amène, pour éviter le gaspillage, à lui préconiser d'autres possibilités d'utilisation. Pour cela, la récupération de petits bois issus de grosses branches peut alimenter une branche d'industrie pour la confection des manches d'ustensiles de cuisine. Le trempage à chaud valorise le bois de Hintsy ainsi utilisé. Les produits de récupération comme les déchets d'exploitation, méritent d'être employés dans la fabrication de parquets mosaïques qui apporteront un nouvel aspect à l'intérieur des maisons modernes. Quant à la production des tables rustiques à partir de la souche de Hintsy, elle est vouée à un brillant avenir. La "Maison Charlemagne" de Fenoarivo-Atsinanana commence actuellement à les exporter vers l'Europe. Sur la Photo N° 3, nous pouvons apprécier quelques produits confectionnés avec le Hintsy.

#### 1.5.6. PRIX DU BOIS.

Actuellement, le prix du bois de Hintsy ne cesse d'augmenter. En 1979, le mètre cube des planches valait 81.000 FMG. Ce prix est déterminé à partir de l'enquête menée auprès des scieries mécanisées de Madagascar par le Centre de Formation Professionnelle de Morondava (publication DIR/FOR, 1979).

Cette année 1982, le bois de Hintsy est vendu à 125.000 FMG le mètre cube dans les scieries de Fenoarivo Atsinanana. Le Directeur de l'Etablissement Charlemagne nous a informé que ce prix homologué par l'Etat va augmenter prochainement.

...

TABLEAU I : RESULTATS DES MESURES DESCARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANQUES DU HINTSY.

	Dureté		Densité		Rétractibilité							Compression		Flexion statique		Choc	
	N	D <sub>12</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	C <sub>12</sub>	F/100D	L/F	K	K/D <sup>2</sup>
Echantillon 1	17.07	0.849	0.728	20.81	9.87	0.48	0.19	4.97	3.06	860	10.1	25.2	22.1	0.39	0.54		
Echantillon 2	14.47	0.924	0.773	24.14	9.65	0.59	0.20	5.15	3.36	643	6.9	21.9	25.4	0.40	0.48		

\* Détermination des propriétés du Hintsy.

Dureté :  $9 \leq N \leq 20$  : bois dur à très dur (feuillus)

Densité :  $0.8 \leq D_{12} \leq 0.5$  : bois lourd (D<sub>12</sub> : densité D à 12% d'humidité)

Rétractibilité :  $B\% < 10$  : retrait faible (B% = rétractibilité volumétrique)

Nervosité :  $0.35 \leq V\% \leq 0.55$  : nervosité moyenne (V% = coefficient de rétractibilité volumétrique)

Point de saturation :  $5\% < 25$  : point de saturation bas

Résistance à la compression :  $6 \leq C/100 D \leq 7$  : catégorie supérieure à moyenne pour un bois lourd (C/100D = côte statique)

Côte de flexion statique :  $15 \leq F/100D \leq 25$  : côte moyenne à forte

Elasticité :  $30 \leq L/F \leq 40$  : bois moyennement élastique (L/F = côte de raideur)

Résilience :  $K \leq 0.4$  : bois peu résistant au choc (K = résistance unitaire)

$0.2 \leq K/D^2 \leq 0.8$  : bois cassant ( $K/D^2$  = côte dynamique)

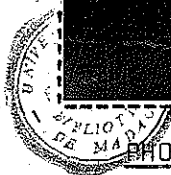
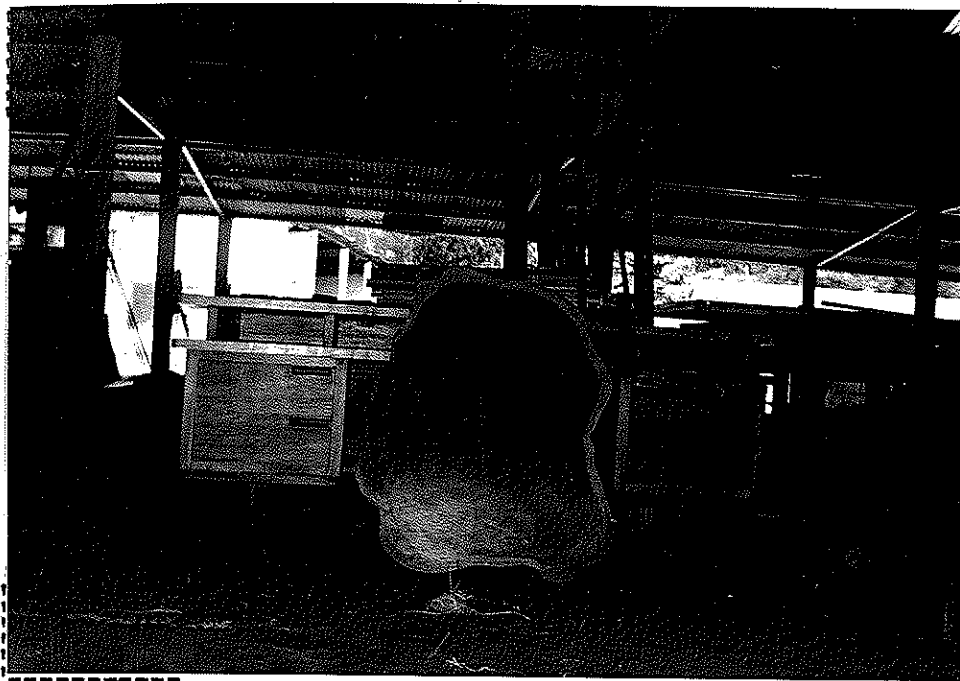


PHOTO N° 3: Produits du bois de Hintsy;  
- Table rustique ;  
- Table bureau ;  
- Cadre d'une porte vitrée :  
" Maison CHARLEMAGNE - FENOARIVO ATSIANANA " (Cliché J.R.)

= DEUXIEME PARTIE =

2. ETUDE DYNAMIQUE.

2.0. INTRODUCTION.-----

Dans la partie précédente, nous avons étudié spécifiquement le Hintey. Mais les arbres, en tant que membres d'une société d'êtres vivants et en tant que faisant partie de la forêt, sont soumis à des règles sociales et sont à ce titre dotés d'une certaine dynamique.

Le problème pour nous est donc maintenant de connaître le comportement de l'espèce sous l'influence des facteurs naturels qui, souvent, sont eux-mêmes en évolution. Ces facteurs sont d'ordre climatique, édaphique et biotique.

Or, l'étude séparée de ces facteurs ne suffit pas à résoudre ce problème car il faut connaître les conséquences de leurs interactions sur la vie de l'espèce et du groupement végétal dont elle fait partie. Ceci nécessite l'étude phytosociologique et l'étude du milieu, c'est la raison pour laquelle nous avons, dans ce qui va suivre, essayé de faire une timide approche du problème par le biais de l'Analyse factorielle des correspondances.

2.1. ECOLOGIE -----

La vie d'un arbre ou d'un peuplement forestier est conditionnée par plusieurs facteurs.

2.1.1. FACTEURS CLIMATIQUES.

...



- TABLEAU II.

. Données météorologiques : (1940 - 1971)

. HUMIDITE RELATIVE (%) - EVAPOTRANSPIRATION (ETP).

Stations		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. ann.
Ambanja	Hu	83	83	81	81	80	78	73	72	69	69	75	80	77
	ETP	157	141	156	141	122	96	88	94	111	139	153	164	
Sambava	Hu	85	85	85	85	83	84	84	84	82	82	84	84	84
	ETP	159	139	149	126	107	83	76	79	84	104	123	146	
Antalaha	Hu	85	86	86	86	85	85	84	84	83	82	83	85	85
	ETP	145	129	136	115	100	79	72	75	79	97	114	136	
Maroantsetra	Hu	82	82	84	84	87	88	89	88	85	83	82	81	84
	ETP	156	135	142	117	92	73	67	69	75	96	120	145	
Toamasina	Hu	84	84	86	86	85	85	86	84	83	82	82	84	84
	ETP	156	135	137	111	90	70	65	69	78	98	121	144	
Brickaville	Hu	80	81	82	83	84	84	84	84	79	77	78	79	83
	ETP	154	131	130	102	85	64	61	62	75	92	116	144	
Mahanoro	Hu	84	84	86	85	86	86	86	85	84	82	84	84	85
	ETP	147	128	128	107	85	65	62	66	75	94	114	138	
Vatomandry	Hu	79	79	80	80	80	79	77	75	75	78	78	79	79
	ETP	154	132	133	109	88	67	64	67	76	98	118	144	

#### 2.1.1.1. Pluviométrie.

Les relevés météorologiques enregistrés dans certaines régions de l'île correspondant aux aires naturelles de répartition du Hintsy, que nous présentons en annexes, nous montrent que cette essence se développe et prospère dans les endroits à pluviométrie élevée et constante. Son optimum écologique correspond à :

- une pluie moyenne annuelle de 3 à 4 m de hauteur, qui peut toutefois descendre jusqu'à 2 m, avec une pluviosité maximum en février-mars et un minimum en septembre-octobre ;

- un climat sans mois écologiquement sec ; dans les régions qui en ont 4 à 5 mois, le Hintsy subsiste mais à l'état buissonneux (cas de la région du Sambirano).

#### 2.1.1.2. Humidité.

L'humidité relative de l'air, variant de 81 à 85 %, enregistrée dans les régions occupées par le Hintsy, nous permet de dire que cette espèce a besoin d'une atmosphère constamment humide pour avoir une bonne croissance. On peut remarquer aussi, à partir des données du TABLEAU II, que les zones favorables au Hintsy sont caractérisées par le maximum de la réserve en eau utile.

Tout porte à croire alors que le déficit prolongé de l'alimentation en eau peut faire souffrir les plants de Hintsy.

#### 2.1.1.3. Température.

Pour bien se développer, le Hintsy exige une température assez élevée dont la moyenne annuelle varie entre 23,5 et 25,9 °C, avec un maximum compris entre 26,2 et 27,9 °C et un minimum de 20,2 à 23,6°C.

On peut noter également la faible amplitude thermique pour ces régions favorables. KIENER pense même que la baisse de la température nocturne dans les zones d'altitude serait l'explication de la limitation de l'aire de l'espèce à la limite altitudinale de 200 m.

#### 2.1.1.4. Diagrammes ombro-thermiques.

Pour exprimer graphiquement les caractéristiques du climat

...

de quelques régions comprises dans l'aire naturelle de répartition du Hintsy, nous avons établi les diagrammes ombro-thermiques selon la méthode de GAUSSEN (PLANCHE N° 2). Le diagramme porte en abscisses les 12 mois de l'année et en ordonnées, à gauche, l'échelle des précipitations en millimètres (mm) et à droite, l'échelle des températures moyennes en °C, laquelle est double de celle des précipitations ( $P = 2T$ ). Les moyennes des précipitations mensuelles sont représentées par la courbe ombrique et celles des températures mensuelles par la courbe thermique. Il est admis que ces deux courbes se recoupent. La zone délimitée par la courbe ombrique située en-dessous de la courbe thermique correspond à des mois secs et celle située au-dessus, à des mois humides.

L'examen de ces diagrammes nous permet donc d'exprimer comme suit les caractères du climat des zones à Hintsy :

- Seule la région d'Ambanja (enclave de Sambirano) est soumise à 4 à 5 mois écologiquement secs, de juin à octobre ;

- les pluies sont réparties assez bien dans l'année sauf dans la région du Sambirano ;

- les courbes thermiques assez aplaties montrent la faible variation des températures au cours de l'année. Nous dresserons à la page suivante un tableau des principaux facteurs pluviométriques de quelques régions où on peut rencontrer le Hintsy (TABLEAU III).

#### 2.1.1.5. Vents.

L'Alizé austral, vent permanent et humide qui souffle du Sud-Est vers l'Equateur et qui domine sur la Côte Est de Madagascar, se manifeste avec deux actions sur le Hintsy :

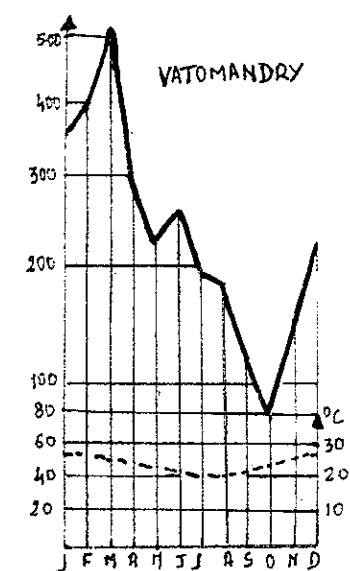
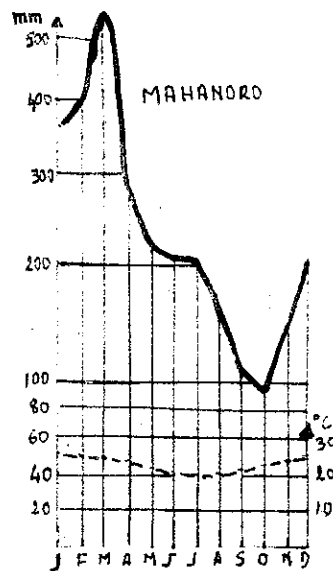
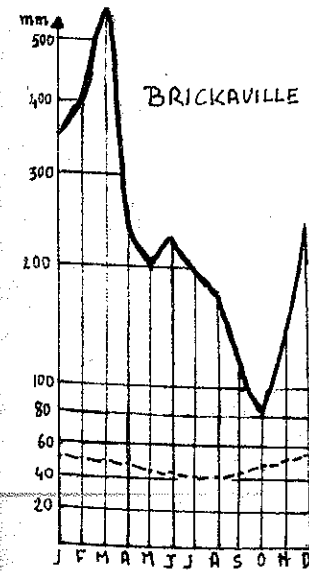
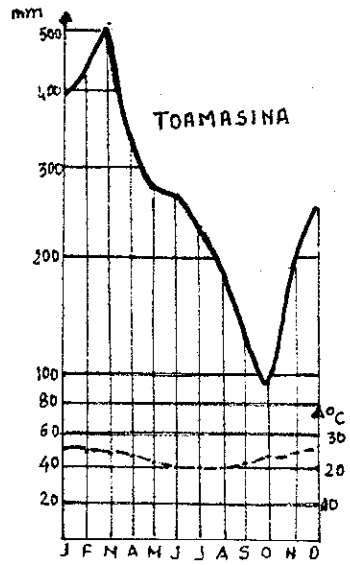
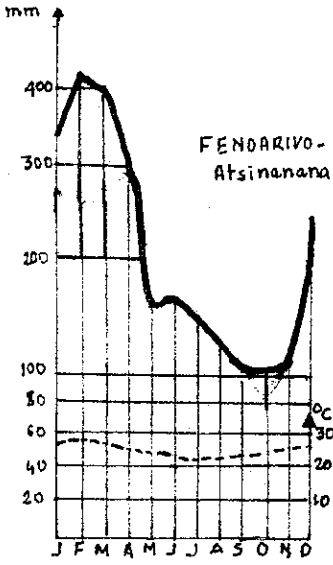
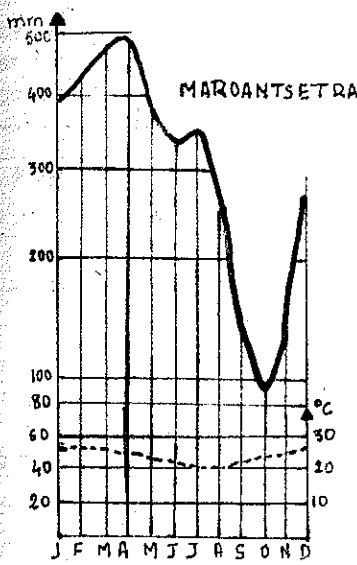
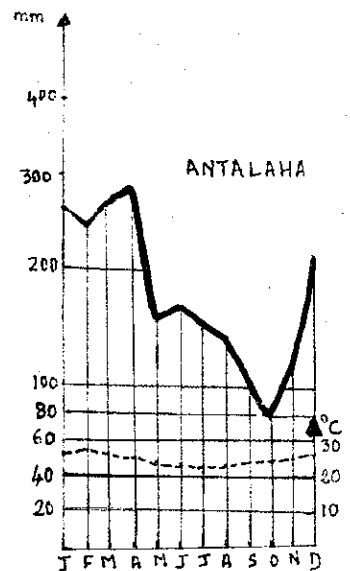
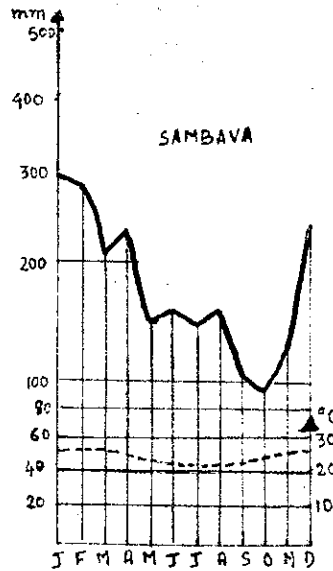
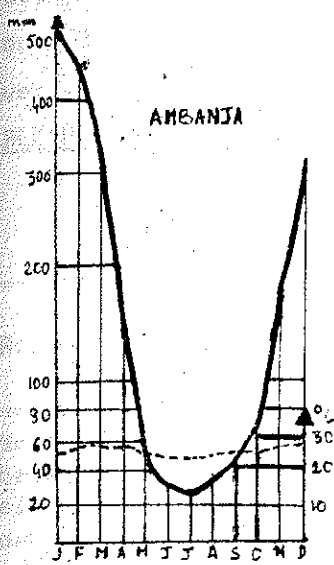
- action directe sur le port de l'arbre : Les pieds soumis directement à l'action du vent de la mer semblent en effet en souffrir. Ils prennent l'allure des végétaux rabougris. Pour soustraire les plantations de Hintsy à l'action défavorable du vent, il est donc nécessaire, comme SABOUREAU l'avait préconisé, de constituer des brise-vents larges de 30 m au moins entre la mer et ces plantations .

- action indirecte : par l'apport des pluies abondantes,

...

# DIAGRAMMES OMBRO - THERMIQUES

$P(\text{mm}) = 2T (^\circ\text{C})$



qui est à l'origine de la boutade : la Côte Est de Madagascar a deux saisons, la saison des pluies (été) et la saison pluvieuse (crachins d'hiver).

TABLEAU III. TABLEAU DES PRINCIPAUX FACTEURS PLUVIO-THERMIQUES DE QUELQUES REGIONS COMPRISES DANS L'AIRES NATURELLE DE DE REPARTITION DE L° Intsia bijuga.

Régions	Température moy. annuel	Temp. moyen. ann. du mois le pl. frais	Temp. moy. du mois le pl. chaud	Pluie moyenne annuelle en mm	Nb de mois secs
Ambanja	25.9°C	23.6°C	27.9°C	2 155	5
Sambava	24.8	22.3	26.9	2 179	0
Antalaha	24.1	21.7	26.2	2 151	0
Maroantsetra	24.1	21.2	26.8	3 703.1	0
Fenoarivo-Atsin	23.9	21.0	26.5	2 728	0
Toamasina	24.0	21.1	26.7	3 296	0
Brickavilla	23.5	20.2	26.5	2 883	0
Mahanoro	23.4	20.5	26.1	2 957.5	0
Vatomandry	23.8	20.9	26.5	2 995	0

\* Source : Service de la Météorologie Nationale. Moyennes calculées sur les données de 1931 à 1970.

#### 2.1.1.6. Lumière.

La détermination exacte de l'exigence du Hintsy en lumière avec les appareils comme l'actinomètre, le photomètre ou le luxmètre n'est pas encore généralisée à Madagascar. Nous nous fions donc aux observations faites dans la nature.

Dans une forêt à couvert fermé, le Hintsy n'est présent que dans l'étage dominant et parfois dans la strate herbacée. Les jeunes se rencontrent sur les lisières et dans les trouées moins encombrées par la végétation lianeuse (PHOTO N°2). Cela confirme l'opinion de SABOUREAU ou de KIENER disant que "... le Hintsy exige de la lumière sur la cime mais un abri latéral dans son jeune âge". On peut en déduire que le Hintsy est une espèce de lumière ou au moins de demi-lumière.

La connaissance de son tempérament réel demande donc des mesures plus appropriées (étude de comportement sous différents milieux

...

(étude de comportement sous différents milieux contrôlés).

### 2.1.2. FACTEUR TOPOGRAPHIQUE.

Les zones abritant actuellement le Hintsy (rivages marins et forêts galeries) nous indiquent que c'est une espèce de basse altitude.

SABOUREAU (1949), précise qu'on ne le rencontre pas au-delà d'une centaine de mètres d'altitude. KIENER (1954) note aussi que le Hintsy remonte fréquemment les bords de rivières jusqu'à une altitude de 200 m environ. BROUARD (1972) établit que le Hintsy est une des essences contributives de la forêt côtière sur une bande étroite, plutôt plate et vallonnée, dépassant rarement 10 m d'altitude. Le même auteur constate que cette espèce devient rare dans la zone des collines latéritiques, entre 300 et 400 m d'altitude.

SABOUREAU, comme KIENER rapportent que les essais faits à des altitudes supérieures, comme Analamazaotra et Tsimbazaza étaient toujours négatifs : les semis ont levé, les plants vivaient quelques années puis disparaissaient peu à peu. Nous même, nous avons constaté que les jeunes plants issus du semis que nous avons réalisé à Ambatobe périssent au fil des mois et qu'actuellement, il n'en subsiste plus que 29, bien malvenants. On peut ainsi conclure que le Hintsy vient bien seulement dans les régions de basse altitude.

### 2.1.3. FACTEURS EDAPHIQUES.

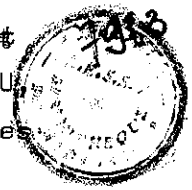
L'abondance du Hintsy dans les forêts littorales de l'Est nous permet d'affirmer que le sable dunaire est un bon support pour l'espèce.

Les forêts galeries constituées en majeure partie de Hintsy sur une dizaine de kilomètres des embouchures et son occupation des bourrelets de bordure de marécages nous montrent qu'il se plaît bien aussi sur sols alluvionnaires (PHOTO N° 2).

Nous avons pu voir aussi des Hintsy dans les reliques forestières, sur sols à texture argilo-sableuse, plutôt argileuse.

Les caractères communs à ces types de sols sont leur profondeur, leur humidité moyenne, leur aptitude au drainage et leur fraîcheur.

...



Le Hintsy exige alors des sols profonds et frais, il vient mal sur des sols durs et sur les sols hydromorphes. D'après SABOUREAU la variété " kitrotro ou kitrovato " seule peut se rencontrer sur les milieux rocaillieux.

Nous avons constaté aussi que la variété " bariatra " préfère le sable tandis que le " kovika " est plus pla stique, il pousse aussi bien sur sols sablonneux que sur sols argilo-sableux.

Au point de vue propriétés chimiques du sol, on peut dire que le Hintsy arrive à tolérer des sols assez stériles. Il est néanmoins sensible à la fertilité du milieu. C'est ainsi que les plus beaux sujets se rencontrent sur des supports riches en humus comme le sol sablo-humifère de Tampolo. Cette espèce évite les sols trop pauvres comme le sable blanc excessivement dégradé et occupé par les Philippia ou par l'Imperata arundinacea (exemple : certaines zones à Philippia de la station forestière d'Ambila de l'autre côté des Pangalanes).

Pour avoir une idée plus précise sur les caractéristiques des sols à Hintsy, nous avons fait des prélèvements pédologiques dans la station de Tampolo. Nous donnons dans ce qui suit la description des profils sur lesquels nous avons fait ces prélèvements.

\* DESCRIPTION DU PROFIL N° 1.

(Localisation : Tampolo - à 50 m de la plage - Relief plat )

- En surface : Litière de débris végétaux plus ou moins décomposés - brun - spongieux - surmontée par des feuilles intactes mélangées avec des débris plus ou moins décomposés. Enracinement dense. Surtout racines d'herbacées. Épaisseur de 4 à 6 cm.
- 0 - 13 cm : Horizon brun, sable grossier, humide, meuble. Enracinement dense. Structure particulière.
- 30 - 50 cm : Horizon gris blanchâtre. Sable grossier, avec des taches brunes. Meuble, assez humide. Enracinement assez dense. Structure particulière.
- 50 - 90 cm : Horizon grisâtre. Sable grossier. Structure particulière.
- 90 cm et plus : Horizon jaune. Sable grossier. Très humide.

...

- Remarques : Dans certains endroits où les arbres sont supprimés et remplacés par l'*Imperata (ténina)*, notamment par des *Lepironia mucronata* (penjy), nous avons constaté la présence d'un horizon marron très foncé à structure massive, une sorte de pseudo-concrétion peu perméable. Cette pseudo-concrétion est connue sous l'appellation " tify ". Elle se situe à moins de 1 m de la surface et se présente comme une roche altérée au bord de la mer. L'existence de cet horizon pourrait être l'origine de la mauvaise forme des arbres environnants. Les plantations d'*Eucalyptus* qui ont été faites sur une telle surface ont échoué. Même le *Grevillea* sp. réputé pour sa rusticité y vient très mal.

Les travaux Publics se servent de ce " tify ", sous le synonyme de grès pédologique, pour la stabilisation de certaines routes en terre.

4

RESULTATS ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 1			
Épaisseur en cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60
<u>Granulométrie :</u>			
Argile %	6.30	1.60	0.95
Limon fin %	1.30	1.15	2.25
Sable fin %	0.54	7.86	10.35
Sable grossier %	91.53	88.47	83.88
<u>Matières organiques :</u>			
M.O. %	1.17	0.33	0.16
Carbone %	0.68	0.19	0.09
Azote %	0.44	0.19	0.10
C/N	17.00	10.00	9.00
<u>Complexe absorbant :</u>			
Calcium m.e. %	0.84	0.08	0.08
Mg m.e. %	0.06	0.02	0.02
K m.e. %			
N m.e. %			
Phosphore	0.01	0.01	trace
Somme des bases	1.00	0.20	0.20
Capacité d'échange T m.e. %			
Degré de saturation V pH	5.30	5.20	5.50

...



\* TABLEAU IV. CARACTERES ANALYTIQUES . RELEVÉ N° 1.

	1er Horizon	2è horizon	3è horizon
<u>TEXTURE</u>	très grossière	très grossière	très grossière
Teneur en matière organique	faible à moyenne	très faible	très faible
Teneur en Azote total	très faible	très faible	très faible
Rapport C/N	correct	correct	correct
pH	moyennement acide	moyennement acide	moyennement acide
Phosphore assimilable	Très faible	très faible	très faible
Calcium échangeable	Très faible	très faible	très faible
Magnésium échangeable	Très faible	très faible	très faible
Potassium	-	-	-
Sodium	-	-	-
Somme des bases échang.	faible	très faible	très faible
Capacité d'échange			
Degré de saturation			

\* DESCRIPTION DU PROFIL N° 2.

(Localisation : Tampolo à 200 m de la plage. Relief plat.)

- En surface : Litière de débris végétaux plus ou moins décomposés brun - Assez spongieux - surmontées par des feuilles intactes, mélangées avec des débris plus ou moins décomposés. Enracinement dense d'herbacées. Profondeur : 4 - 5 cm.
- 0 - 20 cm : Horizon brun. Sable grossier, meuble. Nombreuses racines. Structure particulière.
- 20 - 40 cm : Horizon gris blanchâtre. Sable grossier meuble avec des taches brunes. Enracinement assez dense. Structure particulière.
- 40 - 60 cm : Horizon blanc grisâtre. Sable grossier. Peu de racines.
- Plus de 60 cm : Identique mais pas de racines.

RESULTATS ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 2

EPAISSEUR - cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60
<u>GRANULOMETRIE</u>			
Argile %	1.10	0.25	-
Limon fin %	0.95	1.55	0.45
Sable fin %	6.88	15.16	11.97
Sable grossier %	89.13	82.13	85.53
<u>MATIERES ORGANIQUES</u>			
M.O. %	1.60	0.34	0.15
Carbone %	0.93	0.19	0.09
Azote ‰	0.48	0.16	0.16
C / N	19.00	12.00	5.00
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>			
Calcium :Ca-m.e./100g	0.44	0.24	0.24
Magnésium Mg -"-	0.06	0.06	0.06
Potassium K	-	-	-
Sodium Na	-	-	-
Phosphore P	Trace	Trace	Trace
<u>SOMME DES BASES</u>	0.60	0.40	0.40
<u>CAPACITE D'ECHANGE</u>			
T. m.e. %			
<u>DEGRE DE SATURATION</u>			
pH	4.60	4.90	5.30

\* TABLEAU V. CARACTERES ANALYTIQUES DU RELEVÉ N°2

	1er horizon	2è horizon	3è horizon
TEXTURE	Très grossière	Très grossière	Très grossière
Teneur en matière org.	faible à moyenne	très faible	très faible
Teneur en azote total	très faible	très faible	très faible
Rapport C / N	correct	correct	correct
pH	acide	acide	moyennement acide
Phosph. assimilable	très faible	très faible	très faible
Ca échangeable	très faible	très faible	très faible
Mg échangeable	très faible	très faible	très faible
SOMME DES BASES ECH.	très faible	très faible	très faible

...

RESULTATS ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 3

EPAISSEUR cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60
<u>GRANULOMETRIE</u>			
Argile %	0.85	0.31	0.50
Limon fin %	0.70	0.55	0.30
Sable fin %	4.68	6.10	5.59
Sable grossier	92.90	92.76	93.48
<u>MATIERES ORGANIQUES</u>			
M.O. %	1.26	0.33	0.24
Carbone %	0.73	0.19	0.14
Azote ‰	0.63	0.11	0.10
C / N	11.00	13.00	14.00
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>			
Ca m.e. / 100 g	0.44	0.20	0.12
Mg " "	0.06	0.06	0.08
P	trace	trace	trace
<u>SOMME DES BASES ECHANG.</u>	0.60	0.40	0.20
pH	4.70	5.40	5.70

= DESCRIPTION DU PROFIL N° 3 =

. Localisation : à 800 m de la plage / Relief : plat

- En surface : Humus déjà évolué ou des débris plus ou moins décomposés lesquels sont surmontés par une mince pellicule de feuilles intactes. Brun noirâtre. Très spongieuse. Lacs important de racines. Racines d'Ochlandra capitata (bambou-liane) et de Palmiers.
- 0 - 15 cm : Horizon brun foncé à noirâtre - très humifère - sable grossier, meuble. Structure à tendance grumelleuse. Enracinement fort.
- 15 - 30 cm : Horizon brun-marron. Sable grossier. Assez humide, meuble. Structure particulière. Assez humifère. Enracinement fort.
- 30 - 60 cm : Horizon gris blanchâtre. Trace de matière organique. Sable grossier, meuble. Structure particulière. Racines assez denses.
- + 60 cm : Horizon blanc grisâtre. Sable grossier. Structure particulière.

...

= TABLEAU VI. CARACTERES ANALYTIQUES : RELEVÉ N° 3 =

	1er horizon	2è horizon	3è horizon
Texture	très grossière	très grossière	très grossière
<u>TENEURS EN:</u>			
Matière organique	faible à moyenne	faible	très faible
Azote total	faible	très faible	très faible
Rapport C / N	correct	correct	correct
pH	acide	moyennement ac.	moy. acide
P. assimilable	très faible	très faible	très faible
Ca échangeable	très faible	très faible	très faible
Mg échangeable	très faible	très faible	très faible
K. échangeable	-	-	-
Na échangeable	-	-	-
S. des bases échan.	très faible	très faible	très faible

= DESCRIPTION DU PROFIL N° 4. Localisation : Jardin Botanique E 4 =  
 . Relief plat.

En surface	: Humus déjà évolué brun très foncé à noirâtre. Au dessous des débris plus ou moins décomposés. Pas de feuilles intactes. Spongieux. Lacis important de racines. 10-15 Cm.
0 - 10 cm	: Horizon noirâtre, très humifère. Sable grossier meuble, assez humide. Structure à tendance grumeleuse. Enracinement fort.
10 - 20 cm	: Horizon brun foncé à noirâtre, humifère. Sable grossier assez humide, meuble. Structure particulaire. Racines très nombreuses.
20 - 30 cm	: Horizon brun assez humifère. Sable grossier, meuble. Structure particulaire. Racines nombreuses.
30 - 60 cm	: Horizon gris blanchâtre. Nombreuses taches de matière organique. Sable grossier meuble. Structure particulaire. Enracinement assez dense à faible.
+ 60 cm	: Horizon grisâtre. Sable grossier. Structure particulaire

...

= RESULTATS ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 4 =

EPAISSEUR Cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 90
<b>GRANULOMETRIE</b>				
Argile %	1.50	1.70	0.60	0.10
Limon fin %	2.70	1.40	0.10	0.90
Sable fin %	8.04	9.22	12.61	3.22
Sable grossier %	86.08	87.90	85.39	93.91
<b>MATIERES ORGANIQUES</b>				
M.O. %	2.36	0.24	0.07	0.07
Carbone %	1.37	0.14	0.04	0.04
Azote ‰	0.59	0.16	0.14	0.12
C / N	23.00	8.00	17.00	4.00
<b>COMPLEXE ABSORBANT</b>				
Ca m.e./100g	0.52	0.24	0.10	0.05
Mg	0.48	0.06	0.02	-
K				
Na				
P	trace	trace	trace	trace
Somme des bases échang.	1.40	0.40	0.20	-
Capacité d'échange				
Degré de saturation				
pH	5.10	4.80	4.30	4.90

TABLEAU VII. CARACTERES ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 4.

	1er horiz.	2è horiz.	3è horiz.	4è horiz.
TEXTURE	très grossi.	TR.grossiè	Tr.gros.	Tr.grossiè
Teneur en Matière organ.	moy à fort	faible	très faible	très faibl
teneur en N total	faible	tr. faible	très faible	très faibl
C / N	élevé	correct	correct	bas
pH	moyen.acide	acide	acide	acide
P. assimilable	très faible	très faible	très faible	très faible
Ca échangeable	très faible	très faible	très faible	très faible
Mg échangeable	faible	très faible	très faible	-
R échangeable	-	-	-	-
Na échangeable	-	-	-	-
Somme des bases échangea.	faible	très faible	très faible	-
Capacité d'échange	-	-	-	-
Degré de saturation				

= DESCRIPTION DU PROFIL N° 5 =

Localisation : Parcelle A4, à environ 2.5 Km de la plage.  
Relief plat.

En surface	:	Litière de débris végétaux plus ou moins décomposés, surmontée par un humus brut. Brun noirâtre - spongieuse - feutrage important des racines. 6 - 8 Cm.
0 - 12cm	:	Horizon brun foncé - sable + argile, humifère, meuble, assez humide. Structure grumelleuse. Racines très abondantes.
12 - 25cm	:	Horizon brun, sable grossier, humifère, meuble, structure particulaire. Racines nombreuses.
25 - 40cm	:	Horizon gris blanchâtre avec des traces de matière organique. Sable grossier, structure particulaire. Racines peu nombreuses.
40 - 60cm	:	Horizon grisâtre, sable grossier. Structure particulaire. Racines fines.
+ 60cm	:	Horizon gris jaunâtre. Sable grossier. Structure particulaire.

= RESULTATS ANALYTIQUES DU RELEVÉ N° 5 =

Epaisseur cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 100	100 - 150
<u>GRANULOMETRIE</u>					
Argile %	2.65	9.35	12.25	16.10	5.90
Limon fin %	1.90	7.10	6.80	12.25	1.75
Sable fin %	6.17	12.02	12.02	14.22	5.29
Sable grossier %	88.04	71.34	67.03	56.60	85.27
<u>MATIERES ORGAN.</u>					
M.O %	1.34	1.86	1.17	0.41	0.15
Carbone %	0.78	1.08	0.68	0.24	0.09
Azote %	0.70	0.84	0.54	0.35	0.11
C / N	11	13	12	9	7
<u>COMPLEXE ABS.</u>					
Ca m.e/100 g	0.44	0.24	0.24	0.32	0.12
Mg	0.46	0.36	0.36	0.48	0.18
K					
Na					
P	trace	trace	trace	trace	0.01
Somme des bases	1.20	1.00	0.80	1.20	0.40
Capacité d'éch.					
Deg. de satur.					
pH	4.5	5.00	5.50	5.60	5.30

...

TABLEAU VIII. CARACTERES ANALYTIQUES. RELEVÉ N° 5 .

	1 <sup>er</sup> horizon	2 <sup>e</sup> horizon	3 <sup>e</sup> horizon	4 <sup>e</sup> horizon	5 <sup>e</sup> horizon
Texture	très grossière	très grossière	grossière	grossière	très grossière
Teneur en matière orga,	moyenne	moyenne	faible à moyenne	faible	très faible
N total	faible à moyenne	faible à moyenne	faible	très faible	très faible
C / N	correct	correct	correct	correct	correct
pH	acide	moyennement acide	moyennement acide	moyennement acide	moyennement acide
P assimilable	très faible	très faible	très faible	très faible	très faible
Mg échangeable	faible	très faible	très faible	faible	très faible
Ca échangeable	faible	très faible	très faible	faible	très faible
K échangeable	-	-	-	-	-
Na échangeable	-	-	-	-	-
Somme des bases échangeables	faible	faible	très faible	faible	très faible
Capacité d'éch.					
Dég. de saturat.					

REMARQUES SUR LES ANALYSES DES SOLS.

D'après ces analyses, nous avons remarqué que tous les sols ont :

- une texture grossière tout au long du profil ;
- une teneur en matière organique moyenne à faible dans l'horizon supérieur et faible à très faible dans les horizons plus profonds ;
- une teneur en éléments fertilisants faible à très faible ;
- un pH de 4.73 à 5.27, indiquant des sols moyennement acides à acides.

Il faut donc assurer une couverture permanente et continue sur de tels sols pour éviter le phénomène de podzolisation qui sera néfaste pour la forêt, et partant pour le Hintsy.

...

Ainsi nous pensons qu'il faudrait éviter une exploitation trop intensive dans la forêt de Tampolo car cela risque de provoquer la remontée de la nappe phréatique. En effet, la soustraction de la couverture provoquerait l'insolation directe du sol suivie de la minéralisation très rapide de la matière organique. De plus, l'abondance des précipitations dans cette région pourrait provoquer la migration de l'argile et des sesquioxides en profondeur, étant donné l'acidité du milieu. Ces matières dissoutes s'accumuleraient donc en profondeur, au niveau de l'horizon B et formeraient une couche imperméable à l'air, à l'eau et aux racines ; d'où la podzolisation des sols pouvant aboutir à la formation du " tify " (cas de Tampolo). Ces sols podzolisés sont défavorables à la végétation forestière surtout si la pseudo-concrétion se trouve à faible profondeur (partie sud de la forêt de Tampolo).

#### 2.1.4. FACTEURS BIOTIQUES.

A part les " rokotrihintsy ", excroissance de l'écorce (cf. § 1.3.3.) qui attirent les fourmis, nous avons pu observer aussi à l'intérieur de quelques pieds morts de Hintsy (entaillés avec une coupe-coupe), l'existence de galeries (PHOTO N° 4). Il semble que le "Botria" (insecte xylophage : non identifié) est le facteur de la maladie mortelle du Hintsy. Cependant, cet insecte ne provoque pas de dégâts notables dans les peuplements de Hintsy.

L'Homme, avec la hâche, la matchette et le feu teste le principal ennemi du Hintsy. En effet, pour avoir de nouveaux emplacements pour ses cultures itinérantes, l'homme a dévasté d'immenses superficies forestières. Par suite de cette action, des terrains dépourvus de végétation ligneuse sont observables sur les deux côtés de la R.N. 5, de Toamasina à Fenoarivo Atsinanana et même plus au nord. Nous pouvons citer comme exemple la forêt côtière d'Andrakatsy entre Toamasinè et Foulpointe qui figurait bel et bien dans la liste des forêts situées au sud de la province de Toamasina que SABOUREAU avait décrites. Or en passant à l'occasion de nos tournées, nous ne l'avons pratiquement plus retrouvée qu'à l'état de vestige.

...





PHOTO N° 4 : Pied de Hintey attaqué par le " Botria ".

Les taches sombres sont les ouvertures de galeries creusées à l'intérieur du bronc desséché.

Cliché J.R.

Dans les forêts naturelles restantes, les dégâts provoqués par les exploitations forestières ont laissé des traces que la nature n'arrive plus à effacer. En réalité, les beaux arbres (surtout le Hintsy) sont soustraits des forêts et les trouées ainsi formées sont occupées parfois par des Ochlandra capitata (bambous-lianes) ou des arbustes sans valeur économique.

## 2.2. ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE -----

Le but de cette étude est de déterminer les essences qui accompagnent l'Intsia bijuga dans son milieu naturel comme la forêt sur sable de Tampolo. Elle n'est donc pas une véritable étude phytosociologique prise dans le sens mise en évidence des associations végétales caractéristiques des milieux étudiés, une étude de ce genre constituant un sujet de Mémoire tout entier.

Les résultats d'une telle étude permettraient en effet et entre autres au sylviculteur de choisir les associations d'essences les mieux adaptées aux diverses conditions de station.

Pour notre part et par cette étude que nous qualifierons tout de même " phytosociologique ", nous avons tout simplement voulu donner, dans le cadre de notre travail, une image la moins subjective possible de l'état de cette société d'arbres et d'espèces. Dans ce sens, nous essayerons de déterminer les fidèles compagnes du Hintsy dans ce milieu sable côtier de Tampolo.

Nous avons voulu apporter réponse à la question de savoir comment dans cette société d'arbres ou dans cette association végétale à laquelle il appartient, le Hintsy se comporte en fonction de son entourage. C'est bien, nous le pensons, dans la limite de notre sujet.

### 2.2.1. GENERALITES SUR LE LIEU D'ETUDE.

Comme lieu de travail, nous avons choisi le Jardin Botanique de Tampolo. Là, la forêt est presque encore dans son état climacique et c'est d'ailleurs la raison pour laquelle le Service forestier l'a

...

choisi pour représenter le type de la forêt côtière sur sable. C'est une forêt de type ombrophile. Le sol est riche en matière organique du moins dans les endroits les moins perturbés.

Cette forêt est caractérisée par la densité forte des peuplements et la diversité des essences (la plupart des essences côtières y sont représentées).

- La strate supérieure ou arborescente est formée par de grands arbres tels que : Intsia bijuga, Cryptocaria sp. (longotra), Wapaca thouarsii (voapaka), Eugenia sp. (m tra), Faucheria tampoloensis (nato), Protorhus ditimana (ditimena), Canarium sp. (ramy), Stephanostegia sp. (hazondronono).

- La strate arbustive est occupée en grande partie par les Canthium sp. (tsifo), Erythroxylon sp. (menahihy), Fenelia tampoloensis (kafeala), Noronhia sp. (tsilaitra) et par des Palmiers comme le Chrysalidocarpus lutescens (lafaza) et le Neophloga (malemisisika). Le Dracaena sp. (hasina) fait partie aussi de cette strate.

- Les semis naturels de ces diverses essences forment la strate herbacée.

- La strate muscinale est presque inexistante sous le peuplement fermé du Jardin Botanique.

- Les lianes y sont abondantes, en particulier, on peut noter l'Ochlandra capitata (voloriaka) qui occupe systématiquement les trouées.

### 2.2.2. METHODE DE TRAVAIL.

Dans cinq placettes de 10 m x 10 m, soit 100 m<sup>2</sup> implantées dans les deux parcelles constituant le Jardin Botanique, nous avons fait des relevés floristiques. Ces placettes ont été choisies de telle sorte qu'elles comportent au moins un pied de Hintsy et qu'elles soient distantes d'au moins 200 mètres.

Pour les relevés proprement dits, nous n'avons retenu que trois strates : arborescente, arbustive et herbacée.

Afin de caractériser l'abondance-dominance d'une ou de plusieurs espèces dans chaque relevé, nous avons utilisé la méthode préconisée par BRAUN-BLANQUET. Cette méthode a aussi été employée par Claude PAIRAudeau

...

dans son étude intitulée : "Contribution à l'étude des principales associations végétales dans l'étage alpin dans la chaîne des Aravis, Haute Savoie - FRANCE) ". Les échelles adoptées sont les suivantes :

- + Espèces rares ou disséminées
- 1 individus peu nombreux
- 2 individus nombreux, mais couvert < 1/4 surface
- 3 individus très nombreux, couvert 1/4 à 1/2
- 4 très nombreux, couvert  $\frac{1}{2}$  à  $\frac{3}{4}$
- 5 plus des  $\frac{3}{4}$  de la surface.

Dans chaque relevé, chacune des espèces est classée suivant les strates qu'elle occupe.

Pour dresser le tableau phytosociologique (TABLEAU IX), nous avons classé chaque espèce suivant l'ordre d'apparition dans chaque relevé, en partant de la strate arborescente. Par exemple, Dombeya spectabilis (hafotra) est présent dès le premier relevé, tandis que Eugenia sp (rotra) n'apparaît que dans le deuxième relevé, Brochoneura sp. (rara) n'est seulement présent que dans le cinquième relevé tandis que pour Norhonia sp. (tsilaitra), sa présence n'est décelée que dans le premier relevé de la strate arbustive.

Pour déterminer la (ou les) association(s) végétale(s), nous avons classé les espèces de la strate arborescente <sup>par</sup> ordre croissant suivant leur abondance dans chaque relevé et <sup>et</sup> suivant leur présence dans le relevé. Pour la strate arbustive, nous avons, pour faciliter les interprétations, adopté le classement par ordre décroissant.

### 2.2.3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

En observant le tableau ainsi dressé, nous pouvons constater la présence simultanée, presque dans tous les relevés et dans toutes les strates, du Hintsy et du voapaka. L'absence momentanée du Hintsy dans la strate arbustive peut s'expliquer par le tempérament et la dynamique de cette espèce. On peut ajouter aussi à ce groupement Protorhus ditimena Perr. (hazombarorana) et d'une façon moins sûre, Cryptocaria scintillans Kost (longotra) et Eugenia sp. (rotra). Nous n'avons pas

...











introduit tout de suite ces trois dernières espèces dans ce groupement parce que, malgré la présence du hazombarorana avec le Hintsy, dans quatre relevés, on peut remarquer la rareté de cette espèce surtout dans la strate herbacée. Concernant le longotra, il n'accompagne le Hintsy que dans trois relevés. Il en est de même du rotra.

Dans les strates arbustives et herbacées, nous avons noté la fréquence des espèces citées ci-dessous dans tous les relevés :

- Norhonia linocerioïdes Per. (tsilaitra), Erythroxyton sp (menahihy), Canthium medium Rich. (tsifo), ~~Fouquieria~~<sup>Fernellia</sup> tampoloensis Aubr. (kafeala), Dracaena sp. (hasina). Les palmiers comme Chrysalidocarpus lutescens (lafaza) et Neophloga (malemisisika) font aussi partie de ce groupement.

Ainsi, on peut retenir comme partenaires fidèles et préférés du Hintsy sur sol sablo-humifère de Tampolo :

- Uapaca thouarsii Baill. (voapaka), Protorhus ditimena (hazombarorana), Cryptocaria scintillans Kost. (longotra) et Eugenia sp. (rotra).

Cette détermination pourrait être critiquée à cause du nombre peu élevé des relevés. Nous pensons cependant que, compte tenu de la superficie relativement peu grande du Jardin Botanique (2 parcelles de 2 Ha et de 4 Ha environ) et de son homogénéité, l'échantillonnage que nous avons fait pourrait être suffisant. Ainsi, les fidèles compagnes du Hintsy, au moins à Tampolo et dans les autres milieux dont les caractéristiques pédologiques sont semblables à celles de cette station, sont les mêmes. Pour avoir une détermination plus complète, une étude comportant plusieurs relevés et dans de nombreux milieux différents de la côte orientale devrait être faite.

### 2.3. ETUDE DU MILIEU.-----

La détermination des essences compagnes du Hintsy nous paraît cependant insuffisante pour connaître le comportement de cette espèce dans son milieu. Les écologistes admettent du reste que la vie d'un arbre ou d'un peuplement varie suivant son biotope et sa biocoenose.

...



PHOTO N° 5 : Un beau pied de Hintsy dans le J.B. de Tampolo.

Remarquons la densité du sous-bois et l'existence de gros arbres à côté.

Ainsi une analyse du milieu s'avère nécessaire.

Or, les facteurs qui conditionnent l'évolution de l'arbre ou du peuplement sont très nombreux (cf. § 2.0.). C'est cette multiplicité de variables qui nous a en particulier conduit à décider de recourir, pour l'étude du milieu naturel du Hintsy, à la méthode d'analyse factorielle des correspondances.

### 2.3.1. ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES.

Cette méthode d'analyse multivariable, étudiée et mise au point par le Professeur BENZECRI en 1973, est de plus en plus usitée dans de nombreux domaines comme l'Economie, la Sociologie et la Biologie.

Dans les domaines de recherches phytosociologiques et forestières, elle devient de plus en plus la méthode préférée des chercheurs et Instituts de recherches. Citons en l'occurrence :

- M. GUINOCHET pour la phytosociologie ;
- M. BECKER pour l'étude phytoécologique sur les plateaux calcaires du massif de La Haye ;
- Association Forêt Cellulose (AFOCEL) : Etude dans les essais sur taillis de charme dans le Nord-Est de la France (AFOCEL 1977, pp 383 à 392).

#### 2.3.1.1. Intérêts de la méthode.

C'est une méthode à la fois analytique et synthétique. Elle est basée sur l'étude de la distance de  $\chi^2$  (dont l'étude de la distribution a été mise au point par Karl PEARSON), donc de valeurs théorique et statistique très valables et éprouvées.

La méthode peut considérer ensemble les interférences de plusieurs variables avec un minimum de perte d'informations. En particulier, pour notre étude, son opportunité nous a apparu évidente car en considérant la multiplicité de "nos variables écologiques", nous avons très bien pu nous rendre compte de la puissance de la méthode par :

- la mise en évidence des groupements et sous-groupements des points de nuages qui sont stables sur les différents plans factoriels (le lecteur pourra le vérifier en examinant les graphiques N°3-4-5-6-7-8)

...

- l'authenticité et l'objectivité des résultats grâce à une série de calculs automatisés et d'ailleurs vérifiables donc indemnes de subjectivité au niveau de la calculation.

- L'objectivité ne pourrait donc être jugée suspecte qu'au niveau de la récolte des données. Ce qui a été évité autant que faire se pouvait, notre principal souci au départ étant de limiter au maximum les biais.

- Les proximités des points dans les nuages sont mesurables par leur distance respective et partant interprétables.

Voici à ce sujet quelques avis émis par certains auteurs :

" Par la rigueur mathématique et la rapidité avec laquelle peut s'effectuer le dépouillement d'un vaste ensemble de relevés, l'analyse des correspondances appliquée aux données floristiques permet d'aller au-delà des résultats acquis par la méthode classique ..." (BENZECRI) ;

" ... Pour traiter un tel problème, il est bien évident que, sans des techniques mathématiques appropriées, il serait difficile d'obtenir des résultats, et même assez illusoire de vouloir entreprendre un tel travail d'investigation sans des méthodes d'analyse relativement fine ". ( J. GARBAYE, Ph. LEROY, F. Le TACON et G. LEVY ) (\*) ;

" Le forestier de 1974 doit être bon mathématicien et s'il ne l'est pas, il doit frapper à la porte de celui qui accepte de mettre son expérience à sa disposition ". (Paul REGINSTER, Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique, N° 4, 1975, p. 191) ;

" Pour l'analyse des faits complexes et notamment des faits sociaux, l'ordinateur est indispensable ..." (BENZECRI)

### 2.3.2. QUELQUES GENERALITES SUR LE MILIEU.

Dans l'ensemble, on s'aperçoit que la hauteur et la densité de la forêt de Tempolo présentent du Sud au Nord et d'Est en Ouest, une

-----  
(\*) ... " le problème énoncé ici, est " la détermination des relations entre les facteurs écologiques et caractéristiques des peuplements ".  
...

certaine gradation. En effet, la partie sud de ce massif forestier est plus claire et les arbres y sont parfois de mauvaise forme : bas-fourchus, très branchus et de taille plus petite. En progressant vers le Nord, la forêt devient de plus en plus dense et la forme des arbres s'améliore nettement pour présenter les caractères d'une belle forêt dense aux environs du Lac. La même remarque peut être faite en parcourant la forêt dans le sens de la mer vers le Poste forestier, c'est-à-dire d'Est en Ouest, seulement, la densité et la hauteur du peuplement atteignent le maximum au centre du massif pour diminuer de peu en bordure Ouest.

Nous pensons que le facteur " sol " explique ce phénomène. Or, dans cette forêt, le Hintsy est partout présent, mais en tant qu'élément de la forêt, il est aussi soumis aux variations du milieu. Il subit le même sort que ses compagnes. C'est pour cela que nous avons choisi Tampolo pour essayer d'étudier le milieu de cette espèce.

### 2.3.3. METHODE DE TRAVAIL.

Sur une bande de  $2000 \times 100 \text{ m}^2$ , nous avons délimité 5 parcelles, compte tenu des critères suivants :

- densité du peuplement ;
- hauteur de l'étage dominant ;

Puis, dans chaque parcelle, nous avons repéré des pieds de Hintsy de façon qu'ils soient situés le plus possible au centre de la parcelle. C'est autour de ces pieds de Hintsy que nous avons implanté un placeau de  $7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$  pour les relevés floristiques.

Ainsi, nous avons obtenu 5 stations dont les distances par rapport à la mer sont respectivement :

Station N° 1 : 50 mètres
Station N° 2 : 200 m
Station N° 3 : 700 m
Station N° 4 : 1 300 m ( Jardin Botanique )
Station N° 5 : 1 800 m

...

Pour les relevés floristiques, nous avons inventorié en premier lieu les arbres ayant une hauteur totale égale ou supérieure à 8 m, puis les arbres et arbustes de 2 à 8 m et enfin, les autres arbustes inférieurs à 2 m y compris les plantes herbacées.

Pour le comptage des plantes herbacées, nous avons divisé chaque placeau de  $7 \times 7 \text{ m}^2$  en carreaux de  $1 \text{ m}^2$  de surface et, dans 4 carreaux pris au hasard, nous avons compté les semis naturels des essences forestières, puis par extrapolation, nous avons déterminé leur nombre dans le placeau.

Remarque. Certes, le nombre de relevés paraît être insuffisant et la surface étudiée trop petite, mais le manque de temps et surtout le manque de moyens personnels nous ont empêché de faire autrement. En effet, pour les relevés floristiques, il faut au moins une personne qui connaît bien le nom de chaque espèce. Or, à Tampo, seul le Chef d'équipe est capable de faire ce travail alors qu'il a aussi d'autres tâches telles l'ouverture des layons pour les futures plantations de Hintsy et de voapaka.

Nous pensons malgré tout que l'échantillonnage réalisé est assez représentatif eu égard à l'homogénéité assez marquée de la forêt au niveau des bandes-parcelles Est-Ouest représentées chacune par un placeau.

#### 2.3.4. INTERPRETATION DES DONNEES PAR L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES.

L'interprétation nécessite les étapes suivantes :

##### 2.3.4.1. Etablissement du tableau de contingence.

Avec les relevés floristiques et les résultats de l'analyse pédologique, nous avons dressé le tableau des données ou tableau de contingence  $K_{IJ}$  où I et J sont deux ensembles finis :  
(I = ensemble des stations ou parcelles échantillons, J = ensemble des variables attributs).

Dans cette étude, les variables sont :

...

- le sol, représenté par les classes texturales, la teneur en matière organique, le rapport C/N et la somme des bases échangeables ;
- les espèces rencontrées au cours de l'inventaire. Pour l'interprétation statistique, chaque essence forestière est répartie en trois strates : [0 - 2m[ ; [2 - 8m[ et [8 m et plus[ ;
- la hauteur du fût libre de Hintsy, classée comme suit : (inférieure à 4 m), (de 4 à 6m) et (supérieure à 6 m).

Ce qui porte alors le nombre de variables à 114.

Le tableau de contingence (TABLEAU X) a été rempli des nombres  $k(i,j)$  représentant les fréquences de chaque élément de J dans chaque élément de I.

2.3.4.2. Première transformation de ce tableau initial.

Les prescriptions de l'analyse stipulent la transformation du tableau initial en un tableau matriciel symétrique  $S = s(i,i')$  dont l'ordre est le nombre d'éléments du plus petit des deux ensembles I et J. Ainsi, pour deux lignes i et i' l'élément  $s(i,i')$  est calculé avec la formule =

$$s(i,i') = \sum_j (k(i,j) \cdot k(i',j') / k(j) \cdot [k(i) \cdot k(i')]^{1/2}).$$

Avec nos données on a le résultat suivant : (\*)

0.434 6162236				
0.161884 6000	0.318054 24 78			
0.2144 687941	0.1837137163	0.3151343271		
0.21074 54324	0.1899036283	0.2783506492	0.3750589525	
0.2033705007	0.2099193200	0.2136928047	0.2683755621	0.3360644240

- (\*) - avec  $i = i' = 2$ , l'élément  $s(i,i') = s(2,2) = 0.318\ 054\ 2478$
- $i = 1, i' = 2$ , l'élément  $s(i,i') = s(1,2) = 0.161\ 884\ 6600$
- La partie supérieure de cette matrice n'a pas été remplie du fait de la symétrie par rapport à la diagonale principale.
- Trace (S) = 1.778 928 175.

...

2.3.4.3. Calcul des valeurs propres.

Afin de déterminer les valeurs propres  $\lambda_u$  qui expriment les variances relatives aux variables initiales considérées simultanément, on peut entre autres méthodes, diagonaliser la matrice carrée initiale par la méthode de JACOBI (cf. E. DURAND : "Solutions numériques des équations algébriques" T. II). On parvient à la matrice diagonale suivante après 3 itérations (normalement, avec l'ordinateur, les valeurs propres s'obtiennent à la 4<sup>è</sup> itération mais avec la calculatrice que nous avons utilisée, elles se stabilisent à tous les coups à la 3<sup>ème</sup>).

1.2161594660				
-0.0000000018	0.2367049174			
-4.470.10 <sup>-11</sup>	4.77.10 <sup>-11</sup>	0.1665199052		
3.013.10 <sup>-14</sup>	-1.26.10 <sup>-15</sup>	0	0.0524678813	
-4.509.10 <sup>-11</sup>	\$.432.10 <sup>-19</sup>	0	0	0.1070760048

Trace = 1.778 928 175.

De ces résultats, deux informations importantes peuvent être tirées :

a/ La trace de la matrice S initiale est de 1.778928175 et celle de la matrice diagonale est aussi de 1.778928175. Les 2 valeurs sont donc identiques jusqu'au dernier chiffre significatif.

Notons que cette trace qui est la somme des valeurs des éléments diagonaux n'est autre que l'inertie totale (variance totale) du nuage de points. Elle est donc ici égale à 1.778 928 175.

b/ Un facteur associé à la première valeur propre (la plus grande) occupe 68.36 % de la variation totale ; ce qui nous amène, pour notre cas, à ne considérer que 4 facteurs pour les interprétations.

Nous donnons dans le tableau de la page suivante la liste ordonnée par valeurs décroissantes des valeurs propres.

...



u	$\lambda_u$	$\tau_u$ %	$\tau_u$ cumulés %
1	1.216 159 4660	68.36	68.36
2	0.236 704 9174	13.31	81.67
3	0.166 519 9052	9.36	91.03
4	0.107 076 0048	6.02	97.05
5	0.052 467 8813	2.95	100.00
$\Sigma$	1.778 928 1750	100.00	

- u = rang des valeurs propres et des facteurs associés ;
- $\lambda_u$  = valeurs propres ;
- $\tau_u$  = taux d'inertie absorbée par le u-ème facteur (pourcentage de la variance contrôlée par les axes).
- $\tau_u = \lambda_u / \Sigma \lambda_u$  (%).

De fait, les quatre premiers facteurs expliquent (cf.  $\tau_u$  cumulés) 97.05 % des phénomènes sans biaiser les interprétations d'une manière appréciable. En biologie, on admet en général les explications valides à 95 % (seuil de 0.05).

#### 2.3.4.4. Calcul des vecteurs propres.

Les vecteurs propres associés aux valeurs propres s'obtiennent à partir de la résolution d'un système linéaire d'ordre n du type

$$(S - \lambda_u U) X_u = 0$$

avec S = matrice carrée symétrique ;

$\lambda_u$  = valeur propre ;

U = matrice unité ;

$X_u$  = vecteur propre non normalisé

Ces vecteurs propres sont ensuite normalisés pour que les axes factoriels qu'ils dirigent soient orthogonaux. On a donc les nouveaux vecteurs propres normés suivants  $\theta_u = X_u / \|X_u\|$  :

...

Résultats pour les 4 premiers vecteurs propres

$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$
0.452 846 1751	0.877 291 8740	0.118 665 5552	0.044 491 9146
0.383 234 1128	0.309 811 8654	0.794 040 7746	0.305 100 8359
0.445 900 1930	0.090 877 8269	0.328 521 2637	0.565 487 6547
0.492 584 9300	0.260 911 4112	0.492 738 3041	0.002 510 4446
0.454 527 2941	0.240 919 1397	0.068 560 0267	0.764 951 8675

2.3.4.5. Calcul des facteurs (Fu,Gu).

Selon le Professeur BENZECRI (cf. Analyse des données T.I, pp 22 - 23) :

" ... On cherche les premiers vecteurs propres de cette matrice symétrique. Ces vecteurs propres normalisés sont des fonctions sur l'ensemble I :  $\theta_0(i), \theta_1(i), \theta_2(i) \dots$ , dont la somme des carrés des valeurs est 1. Le vecteur propre  $\theta_0$  relatif à la valeur propre 1 n'est autre que la fonction :

$$\theta_0(i) = [ f(i) ]^{\frac{1}{2}}$$

Au vecteur propre  $\theta_u(i)$  correspond un facteur, c'est-à-dire un couple de fonctions (Fu,Gu), l'une sur l'ensemble I, l'autre sur l'ensemble J, données par les formules :

$$Fu(i) = \theta_u(i) / [ f(i) ]^{\frac{1}{2}}$$

$$Gu(j) = (\lambda_u)^{\frac{1}{2}} \sum_i f(i/j) \cdot Fu(i).$$

..."

Notons que toutes les autres formulations mathématiques de l'analyse factorielle des correspondances sont décrites en annexes ainsi que nos résultats intermédiaires.

Résultats (cf. TABLEAU X).

2.3.4.6. Représentation graphique - Cartes factorielles.

Les résultats des calculs précédents sont matérialisés sur les graphiques qui suivent. Nous obtenons les nuages de points par projection sur les axes pris deux à deux.

...

Nous avons ainsi construit 6 graphiques :

- 1 : sur le plan factoriel 1 - 2 où les deux premiers facteurs totalisent 81.67 % de l'inertie totale ;
- 2 : sur le plan factoriel 1 - 3 où les deux facteurs totalisent 77.72 % de l'inertie ;
- 3 : sur le plan factoriel 1 - 4 où les deux facteurs totalisent 74.38 % de l'inertie ;
- 4 : sur le plan factoriel 2 - 3 où les deux facteurs totalisent 22.67 % de l'inertie ;
- 5 : sur le plan factoriel 2 - 4 où les deux facteurs totalisent 19.33 % de l'inertie ;
- 6 : sur le plan factoriel 3 - 4 où les deux facteurs totalisent 15.38 % de l'inertie.

2.3.4.7. Interprétation des résultats.

Pour faciliter la compréhension de l'interprétation des résultats, nous avons dressé 2 tableaux renfermant les différents groupes et sous-groupes des points qu'on peut observer sur les graphiques ainsi que la signification des codes.

TABÉAU XI . REPARTITION DU HINTSY DANS LES DIFFÉRENTES STRATES.

groupe	caractéristiques pédolog.	codes	essences	classe des hauteurs (mètres)
(I)		111	<u>Hintsy</u>	8m et plus
		105	<u>Voapaka</u>	8m et plus
		104	<u>Voapaka</u>	2 - 8 m
		98	Varongy	2 - 8 m
		95	Varantoala	2 - 8 m
		89	Tsilaitra	2 - 8 m
		74	Sombitorana	2 - 8 m
		68	Nato	2 - 8 m
		65	Molotrangaka	2 - 8 m
		44	Helana	2 - 8 m
		88	Tsilaitra	0 - 2 m
		85	Tsifo	0 - 2 m
		97	Varongy	0 - 2 m
	109	<u>Hintsy</u>	0 - 2 m	

Axe 2  
 $A_2 = 0,2367049174$   
 $T_2 = 13,31\%$

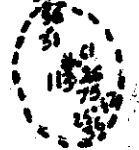
12 10  
 49  
 106  
 103 64  
 58 67 50  
 36 94 68

Graph 3



- Hintsy (espèce)
- \* Hintsy (.fat libre)
- Autres espèces
- Caractéristiques pédologiques
- △ Station
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son fat libre.

23  
 73 22  
 40 22  
 93 22  
 19  
 20 70  
 86 23  
 53  
 38  
 36  
 31  
 41  
 113 26  
 73  
 23 26



41  
 57 66  
 72 39



Axe 1  
 $A_1 = 4,216159466$   
 $T_1 = 68,36\%$

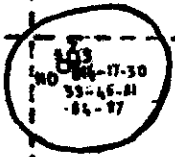


01

Axe 1  
 $\lambda_1 = 1,216\ 159\ 466$   
 $\tau_1 = 68,36\%$

Graph 4

- Hintsy (espèce)
- \* Hintsy (fat libre)
- Autres espèces
- Caractéristiques pédologiques
- △ Station
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son fat libre



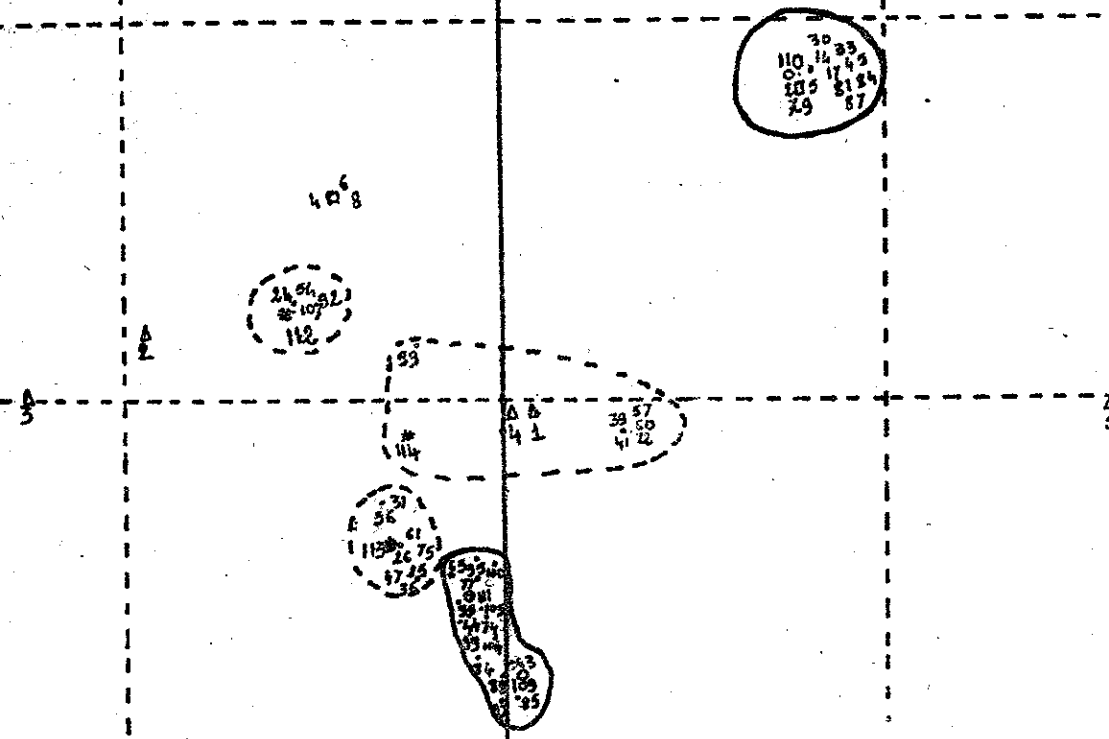
78 82  
 83

Axe 3  
 $\lambda_3 = 0,166\ 515\ 9052$   
 $\tau_3 = 9,36\%$

Axe 1  
 $\lambda_1 = 1,216159466$   
 $\tau_1 = 68,36\%$

Graph 5

- Hintsy (espèce)
- \* Hintsy (fût libre)
- Autres espèces
- Caractéristiques pédologiques
- △ Station
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son fût libre



Axe 2  
 $\lambda_2 = 0,1070760043$   
 $\tau_2 = 6,02\%$

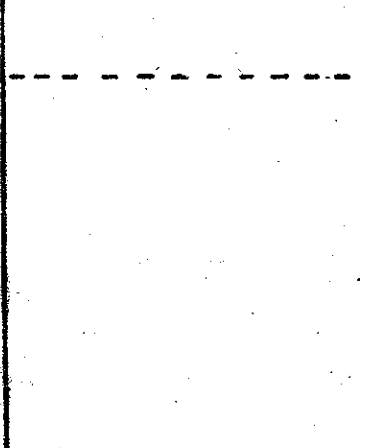
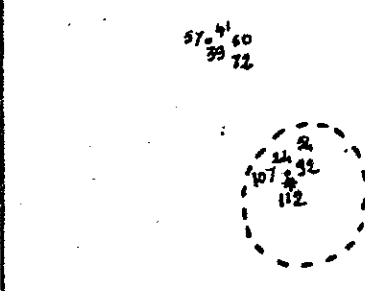
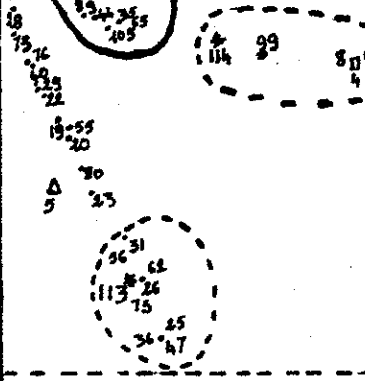
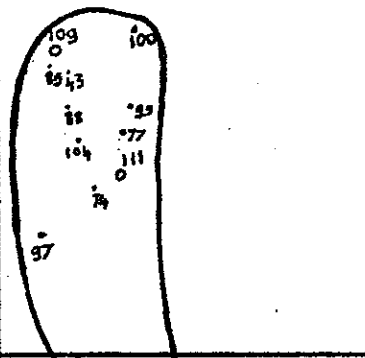
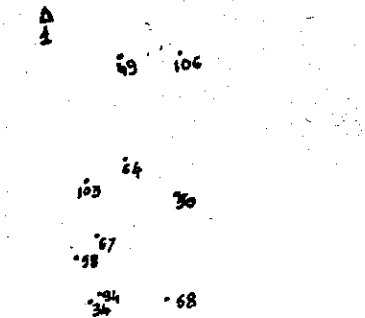
Axe 2

$d_1 = 0,2367049174$   
 $\xi_1 = 13,31\%$

Station

Graphe 6

- Hintsy (espèce)
- \* Hintsy (fût libre)
- Autres espèces
- Caractéristiques pédologiques
- △ Station
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son fût libre



Axe 3  
 $d_3 = 0,4665199052$   
 $\xi_3 = 9,34\%$

A2

- o Hintsy (espèce)
- \* Hintsy. (part libre)
- Autres espèces
- △ Station
- Caractéristiques pédologiques
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son part libre.

Axe 2

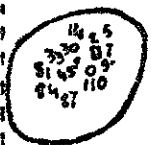
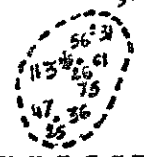
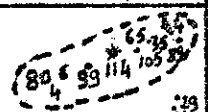
Graphe 7

$\lambda_2 = 0,2367049174$   
 $\tau_2 = 13,31\%$

106  
49  
64  
103  
67  
58  
94  
54



Axe 4  
 $\lambda_4 = 0,1070760049$   
 $\tau_4 = 6,02\%$



A3

A2

A4

A5



$Ax \ 23$   
 $d_3 = 0,1665199052$   
 $\tau_3 = 9,34\%$

Graph 8

A 2

- Hintsy (espèce)
- \* Hintsy (Fat libre)
- Autres espèces
- Caractéristique pédologiques
- △ Station
- Groupe phytosociologique
- Répartition du Hintsy suivant la hauteur de son fat libre

112  
 64  
 24 91  
 107

99  
 114

25 36  
 170 21  
 26 31  
 56

100  
 117  
 105 107  
 108 109  
 106

10  
 16  
 60 57 39  
 72 41

A-106  
 1 46  
 49  
 58

76 110  
 9 2 67 33  
 24 14 45  
 84 87

A 5

Ax 4

$d_4 = 0,10707\%$   
 $\tau_4 = 6,02\%$

A 3

A 4

(II)	Sol sableux, M.O. supérieure à 0.85 C / N > 13 Somme des bases > 6	110	Hintsy	2 - 8 m
		87	Tsifo	8 m et plus
		84	Totokintsy	8 m et plus
		81	Tavolo	8 m et plus
		65	Helana	8 m et plus
		33	Hazoambo	8 m et plus
		30	Hasina	8 m et plus
		17	Beando	2 - 8 m
		14	Ambora	2 - 8 m
		2		
		5		
7				
9				

TABLEAU XII. REPARTITION DU HINTSY SUIVANT LA HAUTEUR DE SON FUT LIBRE.

groupe	S/gr.	caractéristiques pédologiques	code	Hauteur du fût libre du Hintsy (m)	essences compagnes	hauteur (m)					
(I')	1	M.O. ≤ 0.85 % C / N ≤ 13 Somme des bases ≤ 0.6 méq	114	6 m et plus							
			105			Voapaka	8 m et plus				
			99			Varongy	"-				
			89			Tsilaitra	"-				
			65			Molotrangaka	"-				
			44			Helana	"-				
			4, 6, 8								
			(I'')		2		114	6 m et plus			
							99			Varongy	8 m et plus
							72			Rotra	"-
60		Menahihy		"-							
57		Longotra		"-							
39		Hazombarorana		"-							
41		Hazondahy		2 - 8 m							
(II')			113	4 - 6 m							
			75			Sombitorana	8 m et plus				
			36			Hazomainty	"-				
			26			Hafotra	2 - 8 m				
			47			Kafeala	"-				
			61			Mokamokandambo	0 - 2 m				
			31			Hazoambo	0 - 2 m				
			25			Hafotra	0 - 2 m				
(III')		M.O. ≤ 0.05 % C / N ≤ 13 Somme des bases ≤ 0.6 méq.	112	0 - 4 m							
			54			Lohindry	8 m et plus				
			24			Minofonakoho	"-				
			107			Vondrozo	2 - 8 m				
			92			Tsiramiramy	0 - 2 m				
			4, 6, 8								

Dans l'interprétation, nous n'avons considéré, puisque c'était notre préoccupation, que les nuages de points concernant le Hintsy.

Dans ce sens, nous avons essayé d'analyser :

1° La répartition du Hintsy dans les différentes strates de son milieu naturel (TABLEAU XI) ;

2° La répartition du Hintsy suivant la hauteur du fût libre (TABLEAU XII).

1°/ Répartition du Hintsy dans les différentes strates.

D'après cette première répartition, nous pouvons distinguer deux groupes de points nettement différents :

GROUPE I : Dans ce premier groupe, nous avons noté la présence du Hintsy (11) dans l'étage dominant et dans la strate herbacée (109). Ceci montre qu'en forêt, les sujets adultes et les semis naturels de Hintsy coexistent, c'est donc une espèce peu dynamique si l'on considère le critère classique de dynamisme basé sur la répartition hyperbolique des effectifs selon les âges.

Dans ce groupe aussi, on peut signaler l'existence de Voapaka (105) qui codomine avec le Hintsy. Donc, au point de vue phytosociologique, on peut retenir le Voapaka comme espèce compagne du Hintsy.

Du point de vue pédologique, ce groupe n'a pas de particularité remarquable, ce qui tend à montrer la plasticité du Hintsy, autrement dit et dans la zone de Tampolo, le Hintsy pousse sous différentes conditions pédologiques.

GROUPE II : Ce groupe est caractérisé par la présence de Hintsy au stade de bas-perchis parmi les essences de petite taille telles que le Tsifo (87) Canthium sp., Totokintsy (84) Scolopia madagascariensis, Hasina (30) Dracaena. Malgré l'existence de Hazoambo (33) Xylopia et du Helana (45) Sarcolaena multiflora dans ce groupement, (le cas de ces deux dernières, notamment le Xylopia dont l'appellation "arbre élancé" : Hazoambo est assez exceptionnelle, nous tenons à préciser qu'il s'agit bien dans l'ensemble d'un groupement d'individus de la strate arbustive. Nous avons donc tendance à dire que la taille du Hintsy est en relation avec celle de son environnement.

Nous signalons en plus pour ce groupe où nous trouvons le Hintsy au stade de bas-perchis, la présence d'un sol plus fertile (cas de Tampolo) : teneur en matière organique supérieure à 0.65 (5), rapport C/N  $\geq 13$  (7), somme des bases déplaçables  $\geq 0.6$  (9).

...

Nous expliquons ce fait par la grande possibilité d'évolution de jeunes semis. Dans ce milieu relativement plus riche, les semis seraient, nous, mieux parvenus à atteindre ce stade de bas-perchis. L'absence de souille d'accompagnement va peut-être, leur être défavorable (tendance à tabler ou à fourcher au niveau du dépassement de la souille).

2°/ - Répartition du Hintsy suivant la hauteur du fût libre.

En faisant la distinction suivant la hauteur du fût libre du Hintsy dans son milieu naturel, nous trouvons sur les graphiques, trois groupes :

GROUPE I : Hintsy ayant un fût libre de plus de 6 m (114):

Dans ce groupe, il existe deux sous-groupes qui sont apparemment stables :

- Sous-groupe 1 : Hintsy (114), Voapaka (105), Varongy (99)  
(cf. GRAPHIQUE N° 3-7) ;
- Sous-groupe 2 : Hintsy (114), Varongy (99), Rotra (72)  
Menahihy (60), Longotra (57), Hazombarana (39), (GRAPHIQUES N° 4-5-8).

Dans le sous-groupe 1, comme dans le sous-groupe 2, nous pouvons noter la présence de gros arbres ayant au moins la même taille que le Hintsy. On peut donc dire qu'un long fût libre de Hintsy est en relation avec la présence d'un grand nombre d'arbres à peu près de même grandeur.

Au point de vue pédologique, ce groupe semble avoir une corrélation avec un sol moins fertile (TABLEAU XII ) mais cette variable "sol" n'est pas toujours stable dans ce groupement, tantôt la dite variable va avec ce groupement (GRAPHIQUE 3-7) tantôt elle fait partie du groupement III que nous définirons plus loin (GRAPHIQUE 6 ).

GROUPE II' : Hintsy ayant un fût libre compris entre 2, et 6 m.

Ici, le fût libre de Hintsy est plus court que dans ce qu'on observe dans le groupe I'. Pour expliquer ce phénomène, nous pensons que l'insuffisance de la souille est le principal facteur. Dans ce groupement, il n'y a que le Somotrora (75) Molinia brevipes et le Hazomainty Diospyros, qui ont une hauteur supérieure à 8 mètres le Hazomainty a souvent la taille d'une perche.

...

On peut donc dire que la rareté de gros arbres aux environs du Hintsy amène cette espèce à tabler lorsqu'elle atteint l'étage supérieur. Son fût est par conséquent moins long.

GROUPE III' : Hintsy ayant un fût libre de 2 m au plus de hauteur.

Les remarques précédentes sont encore confirmées ici, même si l'on note la présence du Lohindry Cleinstantus capuronii et de Minofonakoho (24) Ludia sp. dans ce groupe. En effet, ces deux espèces se rencontrent en sous-bois dans la nature. Ainsi, la protection latérale pour les Hintsy n'est pas très assurée, d'où leur caractère bas-fourchu.

Ce groupe, comme nous l'avons annoncé plus haut, semble aussi en relation avec un sol moins fertile.

En conclusion, l'étude objective du milieu, par le biais de l'analyse factorielle des correspondances nous renseigne beaucoup sur les faits essentiels suivants :

- Le Hintsy est une espèce/<sup>peu</sup> dynamique en ce sens que sa régénération n'est pas assurée en formation naturelle d'où nécessité d'une régénération artificielle par voie sylviculturale;
- La hauteur du fût libre de Hintsy varie suivant la taille des essences accompagnatrices dans son milieu naturel ;
- Cette situation s'explique d'une part et en grande partie par le tempérament de cette espèce qui, tout en étant de pleine lumière, demande le support d'une végétation latérale d'abri et d'accompagnement et d'autre part, par la nature pédologique du sol. Mais l'analyse n'est pas dans ce cas bien significative (instabilité du facteur sol dans les groupements I' et III').

### 3 . SYLVICULTURE

#### 3.0. INTRODUCTION

Pour la régénération ou l'enrichissement d'une forêt naturelle, les sylviculteurs sont partagés entre deux grandes conceptions : la régénération naturelle et la régénération artificielle. Les deux ont connu chacune leurs applications dans les forêts tropicales. Lors de ces pratiques, les sylviculteurs ont constaté leurs avantages et inconvénients respectifs.

Dans le cadre de ce Mémoire, nous essaierons d'évoquer les portées de ces méthodes sur la sylviculture du Hintsy. Pour cela, nous parlerons successivement :

- de la régénération naturelle du Hintsy en nous appuyant :
  - . sur des observations personnelles ;
  - . et sur des observations faites antérieurement ;
- de la régénération artificielle en nous appuyant sur :
  - . l'historique des travaux déjà effectués ;
  - . nos essais personnels (régénération artificielle par voies sexuée et asexuée) ;
  - . la description des moyens cultureux utilisés et des pratiques de conduite de la régénération.

#### 3.1. DE LA REGENERATION NATURELLE.

##### 3.1.1. GENERALITES.

Les semis naturels de Hintsy existent en forêt, mais leur rareté est frappante. Christian GACHET, au cours de ses études phénologiques sur quelques espèces autochtones (cf. §1.4.), l'a aussi remarqué et a noté que le problème de la régénération naturelle du Hintsy reste inféodé au problème général de la régénération des essences forestières existant dans son milieu naturel.

Nous avons déjà mentionné (cf. §1.4.2.) que les semis naturels

...

poussent autour des pieds adultes mais que cela se passe seulement et plutôt au stade herbacé. Pour les stades fourré, gaulis ou perchis, la régénération ne se rencontre que sur les lisières ou dans les endroits éclairés. Néanmoins, son importance reste insignifiante pour assurer la relève.

La perturbation effectuée continuellement par l'homme sur l'environnement joue aussi un rôle primordial sur la pauvreté de la régénération naturelle de nos essences forestières, y compris le Hintsy.

Pour apprécier l'état de la régénération naturelle de cette espèce précieuse, nous nous appuyerons dans ce chapitre sur nos observations personnelles faites pendant les tournées de préparation de Mémoire et sur les observations faites antérieurement par les forestiers.

### 3.1.2. OBSERVATIONS PERSONNELLES.

#### 3.1.2.1. A Ambila Lemaitso.

Dans la forêt de la Station d'Ambila qui se trouve entre la voie ferrée et l'allée RAKOTOMANAMPISON et qui porte une plantation de Hintsy de 50 ans en état de se régénérer, des semis naturels, peu nombreux, sont observés dans la strate herbacée. Et c'est à ce stade seulement qu'on les rencontre sous les ombrages générés par les gros sujets de Copalier, Trachylobium verrucosum et de Hintsy. Les plus chanceux arrivent à se développer en bordure de la voie mais leur nombre ne permet pas d'envisager une production notable.

Sur la rive Est des Pangalanes, les semis naturels sont assez abondants mais les besoins en bois et les piétinements des pêcheurs et des habitants pèsent lourd sur leur survie.

Sur la rive Ouest dont le sol est beaucoup plus dégradé, le problème de la régénération s'explique par la détérioration du milieu sol. En effet, la forêt primitive y a été surexploitée et écremée et on y assiste à des formations buissonnantes et à l'envahissement du Philippia sur le sable dénudé. Le Hintsy y subit le même sort que les autres essences : bas-fourchu, sinueux et sans régénération.

...



3.1.2.2. Entre Toamasina et Fenoarivo Atsinanana.

Le long de la route nationale N° 5, on observe le même phénomène que dans la région d'Ambila sauf peut-être dans quelques reliquats forestiers que le hasard a préservés du coupe-coupe et des feux.

A Antetozana, nous ~~vons~~ pu voir quelques pieds de Hintsy issus de régénération naturelle dans le reboisement d'Eucalyptus grandis et d'Eucalyptus 12 ABL (PHOTO N° 1).

3.1.2.3. Dans la région de Fenoarivo Atsinanana.

A Tampolo, dans les parcelles où le Hintsy existe, en particulier dans le Jardin Botanique qui porte une forêt en état voisin du climax, des semis naturels s'éparpillent sous les pieds adultes et les rares arbustes de Hintsy ne sont rencontrés que sur les bordures (PHOTO N° 2)

Même <sup>dans</sup> les trouées d'exploitation, la fréquence de la régénération naturelle est très faible par rapport à celle de Voapaka. En fait, ce dernier arrive à coloniser les environs des pieds mères, tandis que le Hintsy n'a pas cette faculté même si les deux espèces ont la même possibilité d'ensemencer le milieu. La différence dans la faculté germinative des graines pourrait expliquer ce phénomène.

Sur les rives de Manjorozero (cf. §1.2.1.) où nous avions espéré trouver des semis naturels leurs installations y étant favorables, l'absence de régénération nous a encore frappé une fois de plus. Nous nous sommes rendu compte après que le fait a été la conséquence des activités agricoles, la zone étant assez fertile. Ainsi et sur ce milieu favorable, le Hintsy va disparaître après l'abattage de vieux arbres.

3.1.3. OBSERVATIONS ANTERIEURES FAITES A MAROANTSETRA.

D'après la Note de service N° 01081/SF du 5 juin 1973 du Service Provincial des Eaux et Forêts de Toamasina, Monsieur JUTEL de la SICOPA (Société Industrielle et Commerciale de la Baie d'Antongil) avait signalé au Chef du service suscitée la présence de régénération naturelle assez abondante de Hintsy dans certaines parcelles exploitées sélectivement par la dite Société à Maroantsetra. Avec Monsieur MAUDOUX de la F.A.O. et l'Ingénieur en Chef RAKOTOMANAMPISON Alphonse, l'Ingénieur

...

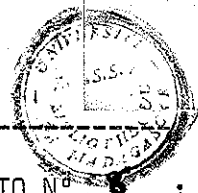


PHOTO N° 1 : Le Hintsy se développant parmi les Eucalyptus grandis d'Antetozana.

Cliché J.R. mars 1982





PHOTO N° 7 : Régénération naturelle de Hintsy à la lisière  
de la forêt.

Cliché J.R.

ANDRIANIRINA Gervais avait fait à l'époque une tournée de visite dans cette forêt sous la conduite de Mr JUTÉL. Tout semble, d'après le rapport du Service Provincial, s'être passé comme en coupe d'ensemencement classique où la mise en lumière a favorisé l'installation de semis naturels.

Pour la conduite de cette régénération naturelle du Hintsy, des instructions étaient adressées au Chef du Cantonnement forestier de Maroantsetra de ce temps concernant :

- les conduites sylvicoles comme le dégagement de couvert, le dépressage, le délianage, le nettoyage ...

- le remplissage d'une fiche technique spéciale à chaque placeau.

Nous devions nous rendre sur place pour constater le devenir de cette régénération mais le manque de moyen nous en a empêché. Par ailleurs, il ne nous a pas été possible de retrouver la trace des fiches de suivis à l'ex-Service Provincial de Toamasina.

#### 3.1.4. DISCUSSION SUR LA REGENERATION NATURELLE DU HINTSY.

Les observations que nous avons effectuées montrent que la régénération naturelle du Hintsy n'est pas suffisante pour assurer la restauration des forêts littorales de la Côte Est. Malgré les constatations faites à Maroantsetra, nous pensons que cette technique sylvicole ne serait pas la meilleur. En effet, le cas de Maroantsetra est exceptionnelle, l'ambiance forestière y reste toujours presque intacte et le milieu écologique n'y est pas encore perturbé. L'inventaire botanique réalisé par la F.A.O. a d'ailleurs montré que de toutes les formations forestières de Madagascar (21 inventaires) seules celles de la région de Maroantsetra présentent un dynamisme suffisant, c'est-à-dire dont la courbe de répartition ressemble à la courbe d'équilibre de la futaie jardinée (hyperbole).

Dans les autres aires naturelles de répartition du Hintsy, surtout à partir de Fenoarivo Atsinanana vers le sud, le milieu est affecté par une forte dégradation. Les agents forestiers de ce Chef lieu de Fivondronampokontany avec lesquels nous nous sommes longuement entretenu, nous ont rapporté que même les forêts classées sont attaquées

...

par les " tavy ". Ainsi ces forêts voient leur superficie diminuer catastrophiquement depuis quelques années. Parmi elles, les forêts classées d'Antrafonomby, d'Ambatomalama, Sahavolamena, Beheloka, Bezavona, sont en voie de disparition et celles d'Ambohikirondro; Bekotro, Tsinjoarivo sont réduites de moitié. Le rythme de destruction forestière dans cette région atteint 500 Ha par an.

Par suite de cette dévastation massive des formations et plus particulièrement de la forêt côtière, nous croyons que la régénération naturelle ne pourra pas valablement s'y installer <sup>et si</sup> on veut restaurer cette forêt, il sera illusoire d'y compter car les exploitations forestières l'ont fortement écrémé. Donc il faut recourir à la méthode de régénération artificielle dont nous parlerons dans la suite.

Malgré cela on ne devra pas abandonner les recherches qui s'imposent sur la régénération naturelle car elle est beaucoup plus économique.

### 3.2. DE LA REGENERATION ARTIFICIELLE. -----

#### 3.2.1. GENERALITES.

Selon BROUARD : " ... La forêt malgache, dans l'ensemble, se régénère mal ou pas du tout naturellement ". Pour résoudre ce problème, les forestiers ont, depuis une soixantaine d'années, essayé la méthode de régénération artificielle pour enrichir les forêts sur sable de la Côte Est avec des espèces autochtones comme le Hintsy. On trouvera ci-dessous un bref aperçu sur l'historique de ces travaux d'enrichissement. Ensuite et avant de passer en revue les méthodes sylvicoles utilisées et leurs résultats, nous parlerons des essais que nous avons faits sur la régénération artificielle sexuée et asexuée.

#### 3.2.2. HISTORIQUE.

1924 : La première plantation de Hintsy à Madagascar par la "méthode des layons" fut probablement celle d'Ambila. Mais elle fut ravagée par les cyclones.

...

1932 : Des essais d'enrichissement furent repris à Ambila le long de l'actuelle Allée RAKOTOMANAMPISON (ex Allée URSH). La plantation a été faite en layons dans une forêt dégradée moyennement dense, exploitée depuis longtemps et dont la hauteur moyenne au moment de la plantation a été de 4 à 6 m. Comme mode de plantation, le semis direct en poquets fut adopté.

1936 : Une nouvelle plantation fut effectuée à Antetezana avec la même méthode qu'à Ambila. La forêt originale était aussi du même type. Ces essais ont été poursuivis jusqu'en 1949 dans les parcelles B14 - B13 - B12 - B11 - B10 - B9 - B8 (cf CARTE N° 1).

1937 : Des essais de plantation de Hintsy ont été réalisés à Maintinandry et à Mahanoro.

1939 : Les essais à Maroantsetra ont été commencés.

1946 : A Andrakaraka (Antalaha), des enrichissements ont été effectués en haute futaie. Ces essais d'Andrakaraka semblaient fort intéressants au début ; les jeunes Hintsy avaient bien filé. Malheureusement, les cyclones de 1960 et 1961 ont causé beaucoup de ravages dans les parcelles d'expériences.

1949 : Un essai de plantation de Hintsy a été effectué dans une partie de la parcelle A3 de Tampolo, sur terrain découvert d'Aframonium angustifolium (longoza).

1958 - 51 : Des layons furent ouverts dans la parcelle A4 de Tampolo pour recevoir de plants de Hintsy.

1961 : Hintsy et Copalier ont été introduits dans des layons sur terrain en savoka à Benavony Ambanja (Rapport CTFT, 1961).

1965 : A Tampolo, des plants de Hintsy à racines nues furent installés dans des layons des parcelles F6 et G2.

1969 : A Analalava Foulpointe, le Hintsy fut utilisé en pla- ceaux denses dans les essais comparatifs sur argile.

1970 : Le peuplement de Copalier et de Hintsy de l'Allée RAKOTOMANAMPISON fut éclairci au début de l'année sur environ 1 Ha. En août, des plants en pots de Ramikely y furent installés dans 90

...

placeaux denses. Au même endroit, dans une parcelle de 1 Ha, 80 placeaux denses furent mis en place vers le mois de novembre par la méthode de plantation directe de jeunes plants au stade cotylédonnaire.

1981 : De nouveau à Tampolo, la Division forestière de Fenoarivo Atsinanana a repris les travaux d'enrichissement en Hintsy après les avoir abandonnés pendant plus d'une dizaine d'années. Dans cette nouvelle plantation, les plants de Hintsy sont intercalés avec ceux de Voapaka. Les travaux se poursuivent encore cette année 1982.

### 3.2.3. REGENERATION ARTIFICIELLE SEXUEE.

#### 3.2.3.1. Introduction.

On a souvent dit que les graines de Hintsy ont une bonne faculté germinative. On a ainsi avancé des chiffres : plus de 90 % (SABOUREAU) et 95 % (KIENER) sur le pouvoir germinatif des graines. Or, le Chef de la Station forestière de Tampolo et son pépiniériste nous ont fait part de leurs problèmes sur la production de jeunes plants de Hintsy. En effet, en semis direct dans les lieux de plantation, la plupart des graines sont dévorées par les rats avant leur germination. Pour pallier à cet inconvénient, ils ont recouru à l'élevage des plants en pépinière. Cependant et malgré le trempage des graines avant le semis, leur germination est très irrégulière, elle s'étale entre une semaine jusqu'à 6 mois voire plus. La production des plants en pépinière se heurte donc à cette difficulté. Pour le moment, les ouvriers prélèvent en forêt des semis naturels et les transplantent dans les layons. Mais devant la rareté de ces semis naturels (cf. §3.1.2), le problème reste toujours insoluble. C'est la raison pour laquelle nous avons entrepris un essai de germination de Hintsy dans la pépinière du D.R.F.P. à Ambatobe. (Photo N° 8)

#### 3.2.3.2. Essai de germination du Hintsy.

##### 3.2.3.2.1. But de l'essai.

Comme annoncé, nous avons essayé de voir si l'oxydation des

....

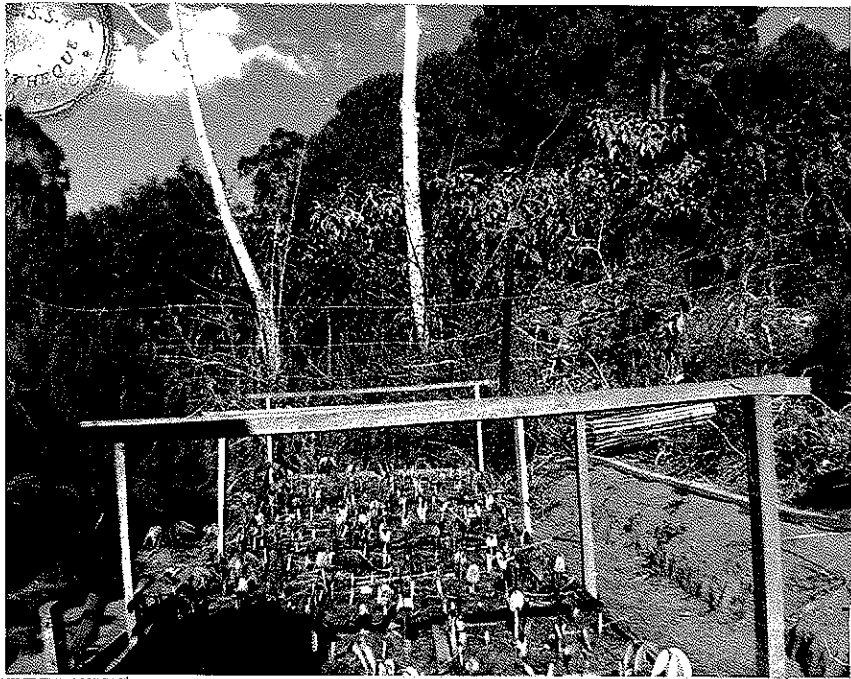


PHOTO N° 8 : Essai de germination du Hintsy.  
Dispositifs en blocs complets installés  
dans la pépinière expérimentale du  
D.R.F.P. AMBATOBE.

Cliché J.R. guillet 1981.

graines pouvait activer et homogénéiser leur germination en vue de leurs utilisations en sylviculture intensive.

Le produit oxydant choisi (eau oxygénée) a été essayé à des concentrations et des durées d'action (immersion) différentes de manière (et c'est le second but visé) à trouver le traitement le plus adéquat (concentration et durée de trempage).

### 3.2.3.2.2. Provenance des graines.

Les graines que nous avons utilisées nous sont parvenues de Tampolo parmi celles récoltées dans l'année 1980.

### 3.2.3.2.3. Méthode de travail.

a.- Triage des graines : Dans un lot, nous avons choisi les graines saines c'est-à-dire, celles qui ne présentent ni blessures sur le tégument, ni malformation. Nous les avons réparties ensuite par lots de 75 graines et à l'aide d'une " table des nombres au hasard ", nous avons tiré au sort afin de donner à chaque lot la même chance de recevoir un traitement donné.

b.- Préparation de l'oxydant : Les concentrations sont dérivées d'une solution-mère d'eau oxygénée à 10 volumes, suivant les dilutions suivantes : On ajoute 9 cc d'eau distillée dans 1 cc de  $H_2O_2$  pour avoir 10cc de solution à 10 volumes. C'est la solution de base (concentration de 100 %) à partir de laquelle on prépare la solution de concentration voulue.

c.- Traitements : Chaque lot de graines, sauf le témoin a été trempé dans des bocaux contenant chacun 600 ml de solution ( $H_2O_2$  + eau distillée) suivant les concentrations et les durées d'immersion ci-après (cf. TABLEAU XIII).

Les immersions ont été effectuées dans le Laboratoire du D.R.F.P.. Le calcul de la quantité de  $H_2O_2$  à utiliser dans chaque solution pour obtenir la concentration voulue a été fait d'après la démarche suivante :

100 % de concentration correspond à 10 volumes ( $H_2O_2$  10 Vol.);  
1 % de concentration correspond donc à  $10 / 100 = 1/10$  vol.  
x %            "-            "-            "-            x / 10 volumes.

...



Ainsi, une solution de :

10 ml doit contenir 1.5 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pour avoir une concentration de 15%. Donc,

- 600 ml de solution à 15% contient :  $(1.5 \times 600) / 10 = 90 \text{ ml}$  de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ;
- 600 ml        "-        20%        "-        :  $(2 \times 600) / 10 = 120 \text{ ml}$  "-
- 600 ml        "-        25%        "-        :  $(2.5 \times 600) / 10 = 150 \text{ ml}$  "-
- 600 ml        "-        30%        "-        :  $(3 \times 600) / 10 = 180 \text{ ml}$  "-

TABEAU XIII. PRETRAITEMENTS DES GRAINES DE HINTSY A L'EAU OXYGENEE.

Traite- ment N°	concentration en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : %	durée d'im- mersion (heures)	quantité H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (ml)	quantité eau distillée (ml)
1	TEMOIN ABSOLU			
2	15 %	24	90	510
3		36		
4		48		
5		60		
6	20 %	24	120	480
7		36		
8		48		
9		60		
10	25 %	24	150	450
11		36		
12		48		
13		60		
14	30 %	24	180	420
15		36		
16		48		
17		60		

d.- Dispositif: Compte tenu du nombre important de traitements qui exige un espace assez large, nous avons adopté la méthode des "blocs complets". Le dispositif comprend trois répétitions de 17 traitements répartis au hasard dans chaque bloc.

e.- Techniques de pépinière :

. Substrat: Pour obtenir le substrat de semis, nous avons utilisé la formule suivante :

- terre humifère 2.5 parties ;

...



- ▾ sable blanc : 1.5 parties ;
- terre rouge tamisée : 0.5 partie.

. Mode de semis : L'ensemble du semis a été effectué le 17 avril 1981. Les graines, hile en bas, ont été espacées de 5 cm et enfouies à 2 cm environ dans le substrat, soit 25 graines par carreau.

. Soins et entretiens : L'arrosage est effectué deux fois par jour (matin et soir). Tout de suite après le semis, on a mis du paillage au-dessus de la planche pour garder l'humidité et réduire les variations de température. On a gardé ce paillage jusqu'à la première levée et on l'a remplacé par la suite par une ombrière horizontale amovible maintenue en place à 30 cm de la planche jusqu'à un mois après la première levée.

f.- Récolte des données :

Les relevés de germination sont effectués tous les 5 jours et cela pendant 90 jours après la première levée.

Nous avons profité aussi de cet essai pour faire des mesures en hauteur des jeunes plants ; elles sont ainsi effectuées un mois après la première levée et avec une périodicité de 20 jours pendant la même durée de suivis de 90 jours.

### 3.2.3.2.4. Résultats de l'essai.

Pour faire l'analyse des résultats, nous avons dressé un tableau général (TABLEAU XIV) pour le pourcentage de germination constaté 90 jours après la première levée et pour le temps moyen de germination (TMG) lequel a été calculé d'après la formule adoptée par Claude LEBRUN dans son étude sur le prétraitement de graines de DOUGLAS à l'eau oxygénée :

$$TMG = (n_1 T_1 + n_2 T_2 + n_3 T_3 + n_4 T_4 + n_5 T_5) / (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)$$

où  $n_1$  est le nombre de graines germées au temps  $T_1$  ;

$n_2$  entre  $T_1$  et  $T_2$

et ainsi de suite. Le temps de germination s'exprime en jours. Dans notre étude, nous avons fixé  $T_1$  à 17 jours, temps correspondant au nombre de jours avant la première levée ;  $T_2$  à 30 jours après le semis,  $T_3$  à 50 jours après le semis,  $T_4$  à 70 jours et  $T_5$  à 90 j. après semis.

...

TABLEAU XIV. POURCENTAGES DE GERMINATION APRES 90 JOURS DE LA PREMIERE LEVEE. GRAINES DE HINISY.

T R A I T E M E N T S

BLOCS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	B
I	16	16	48	20	28	20	28	16	36	32	12	16	4	32	24	12	48	408
II	32	40	32	16	36	28	24	28	20	12	28	20	36	24	28	24	28	456
III	40	28	24	28	44	20	28	40	40	8	32	28	32	12	20	28	16	468
T	88	64	104	64	108	68	80	84	96	52	72	64	72	68	72	64	92	1 332 = X
$\bar{T}$	29.33	28	34.67	21.33	36	22.67	26.7	28	32	17.33	24	21.33	24	22.67	24	21.33	30.7	26.11 = $\bar{X}$

- B = Somme des données de 17 traitements dans chaque bloc ;
- T = Somme des données de chaque traitement dans les blocs ;
- $\bar{T}$  = Moyenne de chaque traitement dans les blocs ;
- X =  $\sum T = 1 332 =$  somme générale ;
- $\bar{X}$  = Moyenne générale de l'essai.

NOTE: Pour l'analyse proprement dite, nous avons utilisé la méthode de calculs de l'analyse de variances en blocs complets dont la pratique a été décrite par l'Ingénieur en Chef RAKOTOMAMPISON Alphonse dans son écrit intitulé : " PRATIQUE DES CALCULS DANS CERTAINS DISPOSITIFS STATISTIQUES " .

Cette analyse de variance en blocs complets permet de comparer statistiquement les différents traitements dans ces blocs.

Démarche des calculs.

Rappelons que cet essai comporte 17 traitements dans 3 blocs alors, dans les calculs on notera que :

- nombre de blocs = 3 ;
- nombre de traitements = 17.

1er temps : On calcule :

- la somme des "t" traitemnts dans chacun des blocs I, II, III : colonne "B" ;
- la somme des "b" données dans chacun des traitements ligne "T"
- la somme générale  $X = \sum B = \sum T$
- la moyenne générale  $\bar{X} = X / b.t$

Les résultats de tous ces calculs figurent dans leTableau XIV.

2è temps : On passe au calcul de :

- "C" terme de centrage avec :

$$\frac{X^2}{b.t} - \frac{1\ 332^2}{b.t} - \frac{1\ 774\ 224}{3 \times 17} = 34\ 788,71$$

- la somme des carrés des "bxt" données x :  $\sum x^2$  :

$$\sum x^2 = 16^2 + 16^2 + 48^2 + \dots + 20^2 + 28^2 + 16^2 = 39\ 856$$

$$\sum B^2 = 408^2 + 456^2 + 468^2 = 593\ 424$$

$$\sum T^2 = 88^2 + 84^2 + 104^2 + \dots + 72^2 + 64^2 + 92^2 = 108\ 208$$

3è TEMPS : calcul de la somme des carrés des écarts (S.C.E.)

$$SCE\ blocs = \frac{\sum B^2}{t} - C = \frac{593\ 424}{17} - 34\ 788,71 = 118,58$$

$$SCE\ traitements = \frac{\sum T^2}{b} - C = \frac{108\ 208}{3} - 34\ 788,71 = 1\ 280,62$$

$$SCE\ variation\ totale = \sum x^2 - C = 39\ 856 - 34\ 788,71 = 5\ 067,29$$

$$SCE\ erreur = SCE\ variation\ totale - (SCE\ blocs + SCE\ traits) = 5067,29 - (118,58 + 1280,62) = 3\ 668,09$$

4è temps : calcul des degrés de liberté et des carrés moyens :

$$d.l.\ blocs = b - 1 = 3 - 2 = 1$$

$$d.l.\ traitements = t - 1 = 17 - 1 = 16$$

$$d.l.\ variation\ totale = bt - 1 = (3 \times 17) - 1 = 50$$

$$d.l.\ erreur = (bt - 1) - ((b-1) + (t-1)) = (b-1)(t-1) = (3-1)(17-1) = 32$$

...

$$C.M. \text{ blocs} = \frac{SCE \text{ blocs}}{b-1} = 59.29$$

$$C.M. \text{ traitements} = \frac{SCE \text{ traitements}}{t-1} = 80.03$$

$$C.M. \text{ erreur} = \frac{SCE \text{ erreur}}{(b-1)(t-1)} = 114.63$$

$$C.M. \text{ variation totale} = \frac{SCE \text{ variation totale}}{bt-1} = 101.34$$

5è temps : calcul des "F de SNEDECOR" (F cal)

$$F \text{ calculé blocs} = \frac{C.M. \text{ blocs}}{C.M. \text{ erreur}} = 0.51$$

$$F \text{ calculé traitements} = \frac{C.M. \text{ traitements}}{C.M. \text{ erreur}} = 0.69$$

6è temps : tableau d'analyse de variance

Avec les SCE, les d.l., les C.M., les F cal, on construit alors le tableau d'analyse de variance : TABLEAU XV.

Source de variation	S.C.E.	d.l	C.M.	F cal.	F 0.05	Significatif
Traitements	1 280.62	16	80.03	0.69	1.91	N.S.
Blocs	118.58	2	59.29	0.51	3.30	N.S.
Erreur	3 668.09	32	114.63			
Totale	5 067.29	50				

### 3.2.3.3.5. Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus dans le tableau de l'analyse de variance, nous avons constaté que les F calculés sont inférieurs à F<sub>0.05</sub> donc les différences entre les différents traitements et entre les trois blocs ne sont pas significatifs.

On peut donc retenir comme pourcentage moyen de germination de graines de Hintay dans les conditions de notre essai la moyenne générale qui est de 26.11 %.

Ces résultats pourraient être dus :

- à la faible dose de l'oxydant ou produit de prétraitement.

A notre avis, le recours à une concentration supérieure à 30% pourrait infliger une hausse du coût de la production. Il vaudrait donc mieux essayer avec d'autres produits chimiques comme l'acide sulfurique, produit de scarification pour favoriser la levée de dormance des graines

...

à coque dure comme le Podocarpus. Le prétraitement à l'eau bouillante, déjà utilisé pour les graines d'Acacia pourrait aussi convenir. Pour ce faire, on fait bouillir de l'eau dans un fût. <sup>Quand</sup> température d'ébullition est atteinte, on introduit le sac de graines et on arrête en même temps le chauffage. Le traitement dure un certain temps et les graines seront semées au bout de 1 à 2 jours.

- à la température pendant la période d'essai. En effet, comme nous le savons, la température sur les Hauts-Plateaux est plus basse, notamment au mois de juillet que celle de la Côte Est, milieu naturel du Hintsy.

- à la faculté germinative des graines. Comme ces graines sont ramassées dans la forêt, on ne sait plus si elles sont toutes de l'année 1980 comme annoncé plus haut ou si elles auront été mêlées avec celles des années antérieures. Or, la vieillesse des semences peut se traduire par leur levée tardive ou par la détérioration de leur faculté germinative. En d'autres termes, le pouvoir germinatif des graines diminue au fur et à mesure qu'elles vieillissent.

" La sortie des graines est irrégulière, surtout s'il s'agit de graines vieilles de quelques années. Généralement, elle se produit au bout de Deux à trois semaines et se prolonge souvent sur plusieurs mois. Le Hintsy conserve sa faculté germinative plus de dix ans " (SABOUREAU)".

En conclusion, nous pensons que, pour résoudre le problème de germination du Hintsy, il serait plus indiqué d'opérer dans son milieu : Ambila ou Antetezana ou Tampolo et peut-être de recourir à d'autres procédés (scarification, trempage).

...

TABLEAU XVI. TEMPS MOYEN DE GERMINATION.

## T R A I T E M E N T S

BL.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	B
I	30	55	33.9	38	41.4	30	41.4	30	25.7	43.4	43.3	26.8	30	33.4	27.8	30	31.7	591.8
II	35.9	44	30.9	26.8	28.6	32.9	40	41.4	30	50	30	50	30.1	33.3	42.4	27.8	26.3	600.4
III	40	38.6	25.7	36.7	42.5	38.0	32.9	36	34.7	40	28.1	35.7	40	36.7	30	44.3	26.8	596.7
T	105.9	137.6	90.5	101.5	102.5	100.9	114.3	107.4	90.4	133.4	101.4	112.5	100.1	103.4	100.2	102.1	84.8	1788.9
T	35.30	45.87	30.17	33.83	34.17	33.63	38.10	35.80	30.13	44.47	33.80	37.50	33.37	34.47	33.40	34.03	28.27	X = 35.08

$C = (1788.9)^2 / (3 \times 17) = 62\ 748.3$ ;  $\Sigma x^2 = 65\ 137.79$ ;  $B^2 = 1\ 066\ 758.3$ ;  $SCE\ blocs = 2.20$ ;

$SCE\ traitements = 985.16$ ;  $SCE\ variation\ totale = 2\ 389.49$ ;  $SCE\ erreur = 1\ 402.13$ .

$C.M.\ blocs = 1.10$ ;  $C.M.\ traitements = 61.57$ ;  $C.M.\ erreur = 43.82$ ;  $C.M.\ variation\ totale = 47.79$

$F\ calculé\ blocs = 0.02$

$F\ calculé\ traitements = 1.41$ .

NOTE : Seuls les résultats ont été reconduits, tous les détails de calcul ayant été longuement décrits pendant les traitements des données sur le pourcentage de germination (cf. TABLEAU XIV et suite).

TABLEAU XVII. TABLEAU D'ANALYSE DE VARIANCE POUR LE TEMPS MOYEN DE GERMINATION.

Source de variation	S.C.E.	d.I	C.M.	F cal.	F.05	Sign.
Traitements	985.16	16	61.57	1.41	1.91	N.S.
Blocs	2.20	2	1.10	0.02	3.30	N.S.
Erreurs	1 402.13	32	43.82			
Totale	2 389.49	50				

3.2.3.2.6. Interprétation des résultats

Suivant le tableau de l'analyse de variance ci-dessus, nous avons constaté que les traitements des graines ne sont pas aussi significatifs et que les blocs ne sont pas différents entre eux.

Le temps <sup>moyen</sup> de germination (TMG), d'après notre essai, correspond donc à la moyenne générale qui est environ de 35 jours.

Ce TMG nous paraît trop long, les différentes causes que nous avons évoquées précédemment sur le pourcentage de germination pourraient expliquer aussi ce phénomène.

La détermination exacte du TMG de graines de Hintsy exige donc des essais dans le milieu favorable à cette espèce, travail que faute de moyen, nous n'avons pu faire au cours de la préparation de ce Mémoire.

Une telle étude est intéressante, selon notre avis, pour améliorer la sylviculture du Hintsy. En effet, si les prétraitements de graines sont significatifs, on pourra diminuer les dégâts causés par les rats sur les semis directs.

...

TABLEAU XVIII. HAUTEURS MOYENNES DU HINTSY AU STADE JUVENILE.

Traitement.	H1 Cm	H2 cm	H3 cm	H4 cm
1	10.6	15	19.8	20.3
2	12.3	15.1	17.5	18.4
3	12.3	17.4	19.5	20.1
4	11.4	15.8	17.8	19.6
5	10.5	15.7	17.5	18.3
6	10.8	13.2	15.7	-
7	12.1	16.6	18.5	-
8	10.9	17.3	19.5	20.9
9	12.5	14.8	16.0	16.7
10	11.5	16.5	19.2	20.5
11	13.2	18.5	19.8	21.75
12	11.8	15.2	20.3	21.9
13	12.2	16.9	18.2	19.1
14	12.9	15.6	19.2	-
15	10.8	15.0	17.8	18.2
16	11.2	15.2	17.0	18.1
17	10.8	17.3	19.8	20.3

**NOTE:** Les cases vides correspondent aux plants qui ont péri avant le 90<sup>e</sup> jour  
 H1 : hauteur moyenne à 30 jours après la première levée ;  
 H2 = hauteur à 50 jours ;  
 H3 : hauteur à 70 jours ;  
 H4 : hauteur à 90 jours.

3.2.4. REPRODUCTION ARTIFICIELLE ASSEXUEE.

3.2.4.1. Introduction.

On apprend de plus en plus dans les milieux forestiers comme dans les milieux exploitants forestiers que les belles pièces de Hintsy sont actuellement de plus en plus rares. Cela se vérifie en contemplant les forêts littorales du Faritany de Toamasina surtout entre Ambila Lemaiteo et Fenoarivo Atsinanana, zone que nous avons pu sillonner. Des sylviculteurs ont par ailleurs annoncé que la mauvaise forme du Hintsy pourrait être due à la dégénérescence de cette espèce... Compte tenu de cet état de fait regrettable nous avons pensé qu'il serait logique de faire des essais de reproduction assexuée.

Les chercheurs affirment en effet, que les bouturages donnent des "copies" végétatives parfaites du pied-mère même pour les caractères peu héréditaires. Cette affirmation est le résultat de longues années de recherches.

Le bouturage de Hintsy peut donc à notre avis être une solu-





PHOTO N° 9 : Jeune pied de Hintsy issu d'un piquet de haie.

Cliché J.R. mars 1982.

tion valable pour la sauvegarde de quelques arbres d'élite qu'on pourra encore rencontrer dans la nature. Et, si on n'arrive pas encore à faire une production industrielle de boutures pour les plantations (plantations clonales), on pourra par cette voie, espérer créer des vergers à graines à partir des boutures. C'est la raison pour laquelle nous avons essayé de voir si la multiplication végétative du Hintsy est possible.

3.2.4.2. Essais entrepris antérieurement.

Une enquête auprès de vieux paysans sur l'origine de certains pieds de Hintsy à l'emplacement d'anciens parcs à boeufs incita les sylviculteurs dont G. ANDRIANIRINA à entreprendre en 1969-1970, des essais de bouturage de Hintsy. (Note de service N° 401 IF du 12.11.69).

Procédant à la même enquête dans le fokontany d'Ambatotononina, Firaisana d'Ampasina (Fenoarivo Atsinanana), nous avons appris d'un "Ray aman-dreny" du village que trois pieds de Hintsy étaient issus de piquets. En bordure de l'ex route Nationale N° 5 reliant les villages d'Ambavala et de Rantolava, nous avons pu voir un jeune pied de Hintsy issu d'un ancien piquet (PHOTO N° 9).

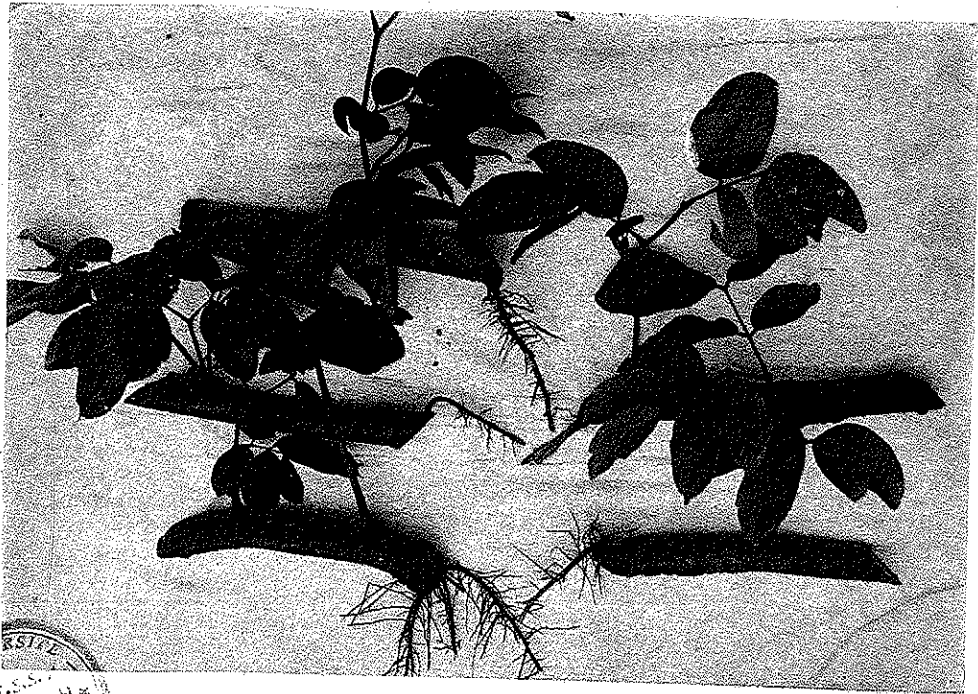
Ces deux indications montrent bien que le bouturage du Hintsy est très bien possible.

Des essais de simple dégrossissement ont été entrepris à Ambila Lemaitso, Toamasina et surtout Analalava (Foulpointe). Nous n'avons pas pu retrouver les résultats chiffrés s'y rapportant. Nous avons par contre retrouvé la trace des remarques faites à partir de ces essais ainsi que deux clichés d'archives s'y rapportant (PHOTO 10 et 11).

D'après ces remarques, il semblerait que :

- les cas d'enracinement ont été observés sur les boutures ayant 20 cm de longueur et de diamètre non inférieur à 2 cm ;
- les boutures de petite taille s'étaient asséchées plus rapidement ;
- certaines boutures ont présenté un démarrage rapide de la foliation et même de la floraison ;

...



UNIVERSITY  
GEORGETOWN  
MAY 1954



- plusieurs boutures, malgré le démarrage rapide de la foliation, ont péri par défaut de la formation racinaire ;

- les sujets traités avec l'exubérone en poudre avaient donné une plus forte proportion de cals qui pourraient être suivis de formation racinaire que chez les témoins.

Les essais de G. ANDRIANIRINA sont faits sur des boutures normales et horizontales.

### 3.2.4.3. Essais personnels.

Pour vérifier la possibilité de bouturage, nous avons effectué quelques essais :

- en avril, juillet et août 1981 à Ambatobe (pépinière du D.R.F.P.);

- en août 1981 à Antetozana ;

- en août et décembre 1981 à Tampolo.

#### 3.2.4.3.1. A Ambatobe.

- Méthode de travail.

. Récolte: Pour les essais réalisés à Ambatobe, nous avons récolté les boutures à Ambila Lemaitso. Elles sont issues des rameaux défeuillés de 1 à 2.5 cm de diamètre, lesquels sont découpés pour avoir des boutures de 18 à 25 cm de longueur. Parmi elles, il y a eu des boutures normales, à talon et à crochet.

. Transport : Pour conserver la fraîcheur des boutures lors du transport en provenance d'Ambila, nous les avons enveloppées de mousse, puis de feuilles de Ravinala, ensuite, elles sont ensachées dans un sac à sucre.

. Mise en place : Comme la serre du D.R.F.P. était occupée pendant nos essais, nous nous sommes contenté de planter les boutures dans la pépinière. Comme substrat, nous avons utilisé un mélange constitué de 3 parts de sable et de 1 part de terre rouge. Les boutures sont enfoncées dans le substrat à l'aide d'une bêche de façon à ce qu'un oeil soit sous terre et un dans la partie aérienne.

. Traitement : Nous avons tapoté la base d'une partie des boutures dans l'exubérone en poudre W, l'autre est considérée comme

témoin.

. Soins et entretiens: Chaque découpe supérieure des boutures a été enduite de bougie fondue à défaut de paraffine pour éviter une dessiccation trop rapide. Une ombrière horizontale a été dressée pour préserver les boutures de l'ensoleillement et de la gelée matinale. Nous avons préconisé deux arrosages journaliers.

. Résultats : Malgré toutes les précautions que nous avons prises, le résultat est décevant. Aucune bouture n'a réussi sur les trois essais.

Les causes de l'échec pourraient être :

- les conditions des essais : En général, les essais de bouturage sont effectués dans une serre bien équipée d'un mist intermittent pour assurer la constance de l'état hygrométrique et d'un système de régulation de température. Or nos essais, comme nous les avons déjà décrits, sont en plein air ;

- les conditions climatiques : en effet, les périodes d'essais correspondaient à l'hiver austral. Nous signalons tout de même que des boutures étaient restées encore vertes deux mois après la mise en terre.

#### 3.2.4.3.2. A Antetezana.

Parmi les 50 boutures que nous avons essayées dans la pépinière de la station le 18 août 1981, 10 ont démarré en foliaison. Mais deux semaines plus tard, les feuilles ont chuté et les boutures se sont asséchées. On a remarqué sur ces boutures l'absence de formation racinaire et de formation cicatricielle.

#### 3.2.4.3.3. A Tampola.

Nous avons demandé au Chef de la Station de Tampola de faire un essai parallèle de bouturage du Hintsy en juillet 1981. Toutes les instructions lui ont été envoyées sous forme de protocole.

Au cours de nos tournées au mois d'août 1981, nous avons enregistré que 27 boutures parmi les 50 étaient en foliaison, cependant à ce même moment quelques boutures commençaient à perdre leurs jeunes feuilles. Ayant retiré quelques unes de la planche, nous avons constaté le même phénomène qu'à Antetezana.

...

Ayant l'idée que la période précédente ne correspondait pas à celle favorable à la formation des racines, nous avons installé 50 nouvelles boutures le 9 août 1981. Les résultats obtenus n'ont pas de différence avec l'essai antérieur. Devant ces échecs successifs, nous n'avons pas perdu l'espoir de faire bouturer le Hintsy. Ainsi, en décembre 1981, nous avons demandé au responsable de la Station de Tampofo de reprendre les essais et d'essayer aussi le marcottage.

C'est ainsi que 50 boutures ont été mises en terre le 20 décembre 1981 et une trentaine de marcottages aériens sont réalisés sur des arbustes de Hintsy âgés de 15 ans environ. Ces plants de Hintsy sont issus de semis laissés en pépinière et en développement libre avec les Terminalia ivorensis (Framiré).

#### • Confection des marcottes.

Un oeil dormant a été enveloppé avec de la litière ramassée dans la forêt. Ce manchon a été ensuite ligoté avec une liane pour la fixation.

Une dizaine de ces marcottes ont été prématurément transplantées avec le manchon dans la pépinière le 20 janvier 1982 tout juste après la défeuillaison totale des pieds-mères.

#### 3.2.4.4. Résultats.

Au mois de mars 1982, alors que nous avons effectué notre dernier voyage de préparation de Mémoire, nous avons enregistré les résultats suivants :

- 20 boutures en feuillaison parmi les 50 ;
- 6 marcottes parmi les 10 en feuillaison dont 1 en floraison.

Dès la première observation, nous étions sûr que les essais ont réussi la foliaison ayant débuté depuis un mois et demi.

Pour vérification, nous avons déterré quelques boutures et marcottes. C'est ainsi que nous avons constaté l'enracinement assez dense des boutures et la formation des cals sur les marcottes, un à la base et un autre au niveau d'un oeil dormant plus haut (PHOTO N° 12). Ces cals précéderaient à notre avis, les racines. Tous ces essais sont regroupés dans le tableau suivant.

...





PHOTO N° 17 : Ramets (boutures enracinées) de Hintay.

Essais de bouturage réalisés à Tampolo.

. Les deux qui présentent des racines assez denses sont issus de boutures normales ;

. L'autre (plus à gauche) est issu d'un marcottage transplanté précocement avec le manchon, d'où l'existence des 2 formations des cals (un à la base et un au milieu).

Cliché J.R.  
mars 1982.

TABLEAU XIX. TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS DE BOUTURAGE DE HINTSY.

Date	Lieu	Nb boutures	Diam. (cm)	Long. (cm)	Porte-boutures	Observations
24.IV.81	Ambatobe	40	1-2.5	18-25	Hintsy adultes	échec
5.VII.81	Ambatobe	50	1.5-2.5	18-25	"-	"-
15.07.81	Tampolo	50	1.5-2.5	20-25	30 ans	27 cas de feuillaison-pas de cal ni de racines
9.8.81	Tampolo	50	1.5-2.5	20-25	"-	20 cas de feuillaison-pas de cal ni de racine.
18.8.81	Antetezana	50	2-2.5	20-25	39 ans	10 cas de feuillaison-pas de racine
26.8.81	Ambatobe	60	1.5-2.5	20-25	adultes	échec
20.12.81	Tampolo	50	2 - 3	20-25	15 ans	20 cas de feuillaison-formation de racines
8.1.82	Tampolo	10 marcottes	2 - 3	20-30	15 ans	6 cas de feuillaison-formation de calcs.

3.2.4.5. Interprétations.

De ces résultats aussi bien positifs que négatifs, nous proposons les explications suivantes qu'il faudrait bien sûr confirmer par des essais plus appropriés :

- Le démarrage de foliaison observé à Antetezana et sur les premiers essais de Tampolo est dû seulement à une réaction physiologique. Les réserves contenues dans les boutures seraient plus favorables à la formation des feuilles qu'à la formation des calcs ou des racines.

- La période de pleine activité végétative semble être la bonne période de bouturage (essai sur matériel jeune à Tampolo).

- Les boutures prélevées sur les vieux arbres répondaient mal ou pas du tout à la reproduction asexuée (cas des essais à Ambatobe, Antetezana et à Tampolo). Il semble que l'émission des racines sur les boutures de vieux arbres voire même d'un certain âge (environ 30 ans), se heurte

...

à une impossibilité. En d'autres termes, l'aptitude rhizogène de ces boutures est faible ou même très faible.

Le Chercheur de la F.A.O. Jonathan W. WRIGHT a aussi fait la remarque suivante : " Les boutures prélevées sur de jeunes ortets (porte-boutures) racinent plus facilement que celles prélevées sur de vieux ortets ... Les expériences sur des boutures prélevées sur de vieux arbres ont nettement échoué ou n'ont permis que de faibles pourcentages d'enracinements ".

Les Chercheurs de l'AFOCEL (Association Forêt Cellulose) ont aussi constaté ce phénomène lors de leurs recherches sur la multiplication végétative des Eucalyptus en France.

Comme explication, nous avons en idée que les hormones se trouvant dans les rameaux supérieurs de vieux arbres seraient destinées à la foliation et à la floraison. Il y manquerait donc des hormones pour la formation racinaire. L'analyse physiologique expliquerait mieux les actions des hormones. Une telle analyse n'est pour le moment pas à notre portée.

Nous avons enregistré aussi que les boutures de petite taille de diamètre inférieur à 1.5 cm ne s'enracinaient pas, elles flétrissaient dans un temps relativement court, surtout celles qui étaient plus près de l'apex. L'explication de cette dernière remarque nous échappe et nous adopterons celle des chercheurs de l'AFOCEL :

" Les boutures basales conservent un très bon enracinement ... L'enracinement décroît vite quand on se rapproche de l'apex qui devient difficilement bouturable ..."

Nous pensons d'ailleurs que les paysans ont dû constater le même phénomène concernant la rhizogénèse parce qu'ils ne prélèvent leurs piquets pour haie vive que sur des arbustes de diamètre compris entre 2 et 5 cm et de longueur de 2 à 3 mètres. Pour le Hantsy par exemple, ils les découpent sur les gaules issues de la régénération naturelle ou sur les rejets de souche. Avant l'implantation, ils taillent la base du piquet en biseau ou en pointe, puis ils creusent un avant-trou avec un autre bâton pour ne pas abîmer le plançon. La photo N° 9 nous donne une idée sur la taille des piquets.

...





### 3.2.4.6. Conclusion.

La reproduction asexuée du Hinty est possible. Cependant, les résultats positifs ne sont enregistrés que sur des boutures issues de jeunes octets. Notre préoccupation de sauvegarder directement les beaux sujets de Hinty survivants n'est donc pas immédiatement réalisable. Nous pensons qu'il faudra passer par l'opération de rajeunissement des arbres d'élite pour trouver une meilleure solution. Nous consacrerons un paragraphe dans la quatrième partie de ce Mémoire pour donner nos idées sur cette méthode de plus en plus employée pour améliorer les essences forestières. Revenons maintenant comme annoncé au paragraphe 3.2. à la description et aux résultats des méthodes sylvoles utilisées à Madagascar.

### 3.2.5. METHODES DE PREPARATION DES TERRAINS DE PLANTATION.

Pour préparer les terrains de plantation, deux méthodes furent essayées pour la régénération artificielle du Hinty. Ce sont la méthode des layons et celle des placeaux denses.

#### 3.2.5.1. Méthode des layons.

C'est une méthode extensive d'enrichissement préconisée et mise au point en Côte d'Ivoire par le Professeur AUBREVILLE. Quand elle était appliquée à Madagascar pour les plantations du Hinty, on avait modifié la distance entre les layons pour en faire une sorte de méthode de plantation dense sous abri (1000 à 5000 plants à l'hectare).

##### 3.2.5.1.1. Technique.

A Ambila Lemaitso, on ouvrait dans la forêt dégradée, des layons de 50 à 60 cm de large et distants de 2m d'axe en axe. Dans ces layons, on creusait des potets de 30 cm x 20 cm tous les mètres linéaires, soit 5000 potets par hectare. Les mauvaises herbes furent éliminées sans trop éclaircir le terrain tout en gardant les bonnes essences. Deux graines furent semées dans chaque potet. C'était donc un enrichissement massif qui nécessitait par la suite l'élimination d'un bon nombre de Hinty semés parce qu'il fallait un plant par potet.

...

A Antetezana, la distance entre les layons fut élargie à 3m, soit 3000 potets par hectare.

La même technique fut utilisée pour les essais à Maintinandry, Mahanoro et Maroantsetra.

A Andrakaraka (Antalaha), on avait effectué une plantation à "haute futaie" avec une densité de 1000 trous à l'hectare (3.3mx3m). Selon KIENER, cette dernière méthode avait donné des résultats satisfaisants et était la plus économique.

A Tampolo, on avait essayé des layons distants de 4 m les uns des autres et des potets tous les 2 m, soit 1250 potets par hectare. Le mode de plantation sur tous ces essais fut le semis direct sauf dans les parcelles G2 et F6 de Tampolo où on avait essayé des plants à racines nues, hauts de 25 à 30 cm.

#### 3.2.5.1.2. Entretiens.

Comme travaux d'entretien, on avait réalisé des dégagements réguliers qui consistaient à réouvrir les layons tous les 2 ou 3 ans afin d'assurer l'ouverture verticale et de maintenir l'ombrage latéral. Ceci se poursuivait jusqu'à ce que les plants eussent 12 à 15 ans. Dans les premières années, on procédait simultanément à l'élimination d'un pied sur deux dans les potets et au nettoyage.

Pour les soins culturaux, on avait préconisé une première éclaircie vers l'âge de 15 ans, puis des éclaircies s'étalant de 5 à 6 ans jusqu'à l'âge de 50 ans. Au-delà, on avait prévu des rotations de plus de 10 ans. Mais il semble que ces travaux d'éclaircies n'aient jamais été faits, surtout à Antetezana. La seule éclaircie sûre pratiquée sur Hintsy fut faite en 1969-1970 dans le peuplement de Hintsy-Copalier, âgé environ de 40 ans, de l'allée RAKOTOMANAMPISON (Station forestière d'Ambila Lemaitso). C'était une éclaircie assez forte qui consistait à éliminer des individus sans valeur commerciale mais très concurrentiels et des individus dominés du sous-bois, surtout les espèces non ligneuses comme le *Dracaena* (Hasina), *Pandanus* (Hofa), *Chrysalidocarpus* (Lafaza).

Un nettoyage-éclaircie fut aussi fait à la même époque sur une petite parcelle (de 1 ha environ) de Hintsy les plus âgés peut-être

...

dans la parcelle B14 d'Antetezana.

3.2.5.1.3. Résultats.

Nous nous contentons d'abord de rappeler les résultats trouvés par P. SABOUREAU (vers 1945) et A. KIENER (1954), tandis que les résultats que nous avons obtenus au cours de nos tournées seront donnés dans le chapitre 3.2.6.

. RESULTATS DONNES PAR P. SABOUREAU SUR LA PLANTATION D'AMBILA.

Ages (années)	Hauteur (mètres)		Circonférence (cm)	
	maximale	moyenne	maximale	moyenne
5	4.00	3.25	16	12
12	5.60	5.20	50	17
18	6.20	5.50	96	35

. RESULTATS D'UN COMPTAGE SUR UNE PARCELLE DE 2 Ha D'AMBILA (18 ANS).

Essence	Nombre de tiges (sur 2 Ha)					Total à 1'Ha
	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80	Total	
Hintsy	2 777	445	32	3	3 257	1 628
Copulier	1 053	561	81	7	1 702	851
Autres	1 257	179	26	3	1 466	733
Total (2 Ha)	5 087	1 185	139	13	6 425	3 212
Total à 1'Ha	2 544	592	70	6	3 212	

A. KIENER (1954) donne les dimensions suivantes :

Age (années)	Hauteur (m)		Circonférence (cm)	
	Ambila	Antetezana	Ambila	Antetezana
5	2.90	3.10	12	14
10	4.80	5.10	23	28
15	6.50		34	
20	8.00		43	

3.2.5.1.4. Discussions.

Cette méthode des layons rapprochés utilisée pour la plantation

...

du Hintsy peut satisfaire les exigences de cette espèce et lui assurer sa bonne croissance. En effet, la hauteur de la forêt préexistante dans les lieux de plantation (4 à 6m) et les layons orientés Est-Ouest, permettent à notre avis, aux jeunes plants de recevoir la quantité de lumière suffisante dont leur cime a besoin. La maintenance des interlayons assure par ailleurs l'ombrage latéral qui conditionne la rectitude du fût et l'élagage naturel.

Malgré cela, force nous est de constater que bon nombre de pieds de Hintsy sont mal conformés ou bas fourchus. En mettant à part les arbres de bordure où la protection latérale n'est pas respectée, nous allons essayer d'expliquer le phénomène pour les individus du peuplement.

Nous pensons personnellement que la largeur des layons de 50 cm est trop faible et que la fermeture ou la constitution d'une arche végétale au dessus de jeunes plants introduits a été au départ un grand gêne. Les dégagements prévus ou les autres entretiens n'ont pas dû être exécutés régulièrement. Par conséquent les jeunes Hintsy avides de lumière ont dû souffrir de l'ombrage et ont vu leur croissance ralentie. Les plus vigoureux ont essayé de se frayer un chemin à travers les obstacles formés par les lianes et le feuillage des souilles, pour trouver de la lumière, d'où la mauvaise conformation du fût ou la formation des fourches.

Par ailleurs, la dominance des essences compagnes comme le Copalier à Ambila, sur les jeunes Hintsy ont pu aussi porter préjudice à l'éclaircissement des layons.

Mais la mauvaise forme des individus pouvait être due aussi à l'insuffisance de la souille. Nous avons en effet noté que les individus se trouvent souvent dans les endroits où la souille est très peu dense, ou est constituée par des arbustes dont la hauteur est nettement inférieure à celle des individus considérés (Hintsy). Une fois la strate supérieure atteinte, les Hintsy ont tablé. La longueur du fût libre semble donc en relation avec la densité et la hauteur de la souille.

Enfin, cette forme du Hintsy qui décourage quelque peu le sylviculteur pourrait s'expliquer par la génétique. Cette idée nous vient du fait que les beaux pieds de Hintsy ont tous été presque ex-

...

exploités et que les individus survivants sur lesquels on a récolté des graines, pourraient être dégénérés.

Faute d'informations et de données historiques bien précises, nous ne pouvons qu'essayer de tenter d'expliquer les résultats auxquels on est parvenu actuellement. Ces explications restent au demeurant à confirmer.

### 3.2.5.2. Méthode des placeaux denses.

La méthode des placeaux denses conçue par les forestiers Belges est une méthode d'enrichissement inspirée de la technique ANDERSON de plantation en placeaux espacés utilisée pour le reboisement des landes d'Ecosse.

Elle consiste à introduire dans des placeaux ou dans des trouées d'exploitation un grand nombre d'espèces à régénérer. Ces placeaux se rapprochent aussi des placeaux de régénération naturelle observée sous forêt selon le précepte célèbre d'un grand sylviculteur : " Imiter la Nature, hâter son oeuvre ".

La méthode tire ses avantages dans la maintenance de l'état serré des jeunes plants et dans la très faible perturbation apportée au milieu écologique naturel. Ce milieu, à l'âge d'exploitabilité va tout de même produire un arbre par placeau.

Cette méthode fut appliquée à Ambila Lemaitso en 1970 dans le peuplement de Copalier et de Hintsy après le passage d'une éclaircie assez forte. Les espèces utilisées furent le Ramikely et le Hintsy.

#### 3.2.5.2.1. Technique.

Elle consiste :

- à délimiter des placettes de 4m x 4m dans lesquelles on élimine les lianes et le recrû herbacé, mais où l'on maintient les arbustes. Ces placettes sont séparées de 10 m de centre en centre dans toutes les directions ;

- à introduire de jeunes plants dans les placettes avec une densité de 13 plants par placeau, soit une distance de 1 m entre les plantules. Celles-ci sont produites dans des pépinières volantes ;

...

- à dégager les plants introduits en éliminant progressivement les arbustes concurrentiels à l'intérieur des placeaux.

A Ambila Leamitso, sur une superficie de 1 Ha environ, 90 placeaux de Ramikely furent implantés avec 13 plants en pots par placeau et dans une autre parcelle également de 1 Ha comportant 80 placeaux, 9 plantules de Hintsy prégermées furent introduites dans chaque placeau. La distance des plants était de 1m x 1m. On avait réalisé un nettoyage complet des placeaux.

3.2.5.2.2. Entretiens.

Les entretiens de ces placeaux étaient axés seulement sur les nettoyages effectués annuellement.

3.2.5.2.3. Résultats.

D'après N. R. BROUARD :

- A sept mois, la hauteur moyenne de Ramikely a été de 57 cm (31 - 71 cm) et la hauteur maximale de 67 cm (42 - 83 cm). Quant au Hintsy, à 11 mois de plantation, la hauteur moyenne était de 25 - 30 cm.

En mars 1982, soit environ 12 ans après la plantation, nous avons fait quelques mensurations dans 48 placeaux de Ramikely et 50 placeaux de Hintsy et les résultats sont les suivants :

	Nombre des plants		Hauteur (m)		Circonférence cm		Nombre des placeaux
	plantation	12 ans	moyenne	maximale	moyenne	maximale	
Ramikely	624	362	5.45	13.50	18.58	40-45	48 /90
Hintsy	450	169	3.50	7.50	7.47	18	50 /80

Nous pouvons observer la classification des hauteurs du Ramikely en fonction des classes de circonférences en annexes et pour le Hintsy au Tableau N° XX.

3.2.5.2.4. Discussions.

La méthode des placeaux denses pourrait donner de bons résultats dans les milieux qui reçoivent une quantité de lumière suffisante

...

• TABLEAU XX. MENSURATIONS DE HINTSY (12 ANS) DANS 50 PLACEAUX A AMBILA LEMAITSO.

Hauteur m Circonférence (cm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
0 - 5	11	15	12	9	10	2	3	4	1					67
5 - 10				5	11	7	12	14	3		3			55
10 - 15							3	5	4	12	3			28
15 - 20										3	5	4	4	19
\$\$	15	12	12	14	21	9	18	23	8	15	11	4	4	169

comme c'est le cas de quelques placeaux d'Ambila Lemaitso où nous avons pu enregistrer une hauteur maximale de Ramy (Canarium madagascariensis) de 13.50 m avec 44.6 cm de circonférence et pour le Hintsy, 7 m de hauteur et 28 cm de circonférence, à l'âge de 12 ans. Or la majorité des placeaux sont situés sous ombrage de Copalier ou de Hintsy. C'est pourquoi, il y a une grande variation dans les dimensions mesurées. En effet, la croissance des plants vivant sous l'ombre de grands arbres reste stationnaire. Beaucoup d'entre eux ont même péri. Pour les taux de mortalité des plants, nous avons trouvé les chiffres suivants :

- dans 48 placeaux de Ramy, 262 sur 624 plants au départ sont morts, 50 ont été coupés illicitement, d'où un taux de mortalité de 33.97%;
- dans 50 placeaux de Hintsy, 283 sur 450 plants ont péri et le taux de mortalité est de 62.88%. Ce qui est très élevé

De notre point de vue qui, <sup>et</sup> à défaut d'instrument de mesure (actinomètre par exemple) s'appuie sur des faits d'observations ; le manque de lumière dans les placeaux est la principale cause de ces taux élevés de mortalité et de la mauvaise croissance des plants, notamment de Hintsy.

Pour les plantations à venir, il faudrait donc, avant d'appliquer la méthode des placeaux denses, tenir compte de la hauteur et de la largeur du houppier de la végétation préexistante des terrains à enrichir. Il faudrait éviter d'asseoir des placeaux sous l'ombre de grands arbres, surtout quand on utilise des espèces de lumière comme le Hintsy ou le Ramy. Disons alors pour simplifier que les placeaux encombrés par les arbres environnants entraînent un gaspillage de plantules et d'énergie. La systématisation de l'emplacement de placeaux telle que, dans un souci de bon suivi, elle a été prescrite à Ambila par les experts du Projet "Inventaire forestier" du PNUD, devrait nous semble-t-il, être assouplie. Cet assouplissement vise à transformer les petits peuplements des placeaux denses en des sortes de "petites futaies par bouquets" réparties au gré de la bonne luminosité.

### 3.2.5.2. Réflexions sur les autres méthodes sylvicoles.

Il existe d'autres méthodes sylvicoles qui sont déjà essayées pour les enrichissements des forêts denses africaines. Parmi elles, les plus célèbres sont la "méthode Okoumé", la "méthode Limba", la "méthode ...



Taunguya", la "méthode de recrû", les "layons améliorés" ...

Nous estimons que les trois premières méthodes : "Okoumé, Limba, Taunguya", qui nécessitent une destruction totale de la forêt par la mécanique ou le feu ne conviennent pas pour le Hintsy dont l'écologie correspond à la forêt côtière. Par contre, les méthodes du recrû et des layons améliorés méritent d'être recourues pour enrichir en Hintsy la forêt littorale de l'Est.

### 3.2.6. INVENTAIRE.

Pour donner une certaine idée de l'état actuel des peuplements de Hintsy à Antetezana, Ambila Lemaitso et Tampolo, nous y avons fait quelques mensurations. Nous aurions dû réaliser un inventaire à taux d'échantillonnage plus élevé, mais nous avons été limité par les contraintes suivantes :

- l'éloignement des lieux d'études, le manque de temps et de moyen pour nous rendre plus souvent sur place ;

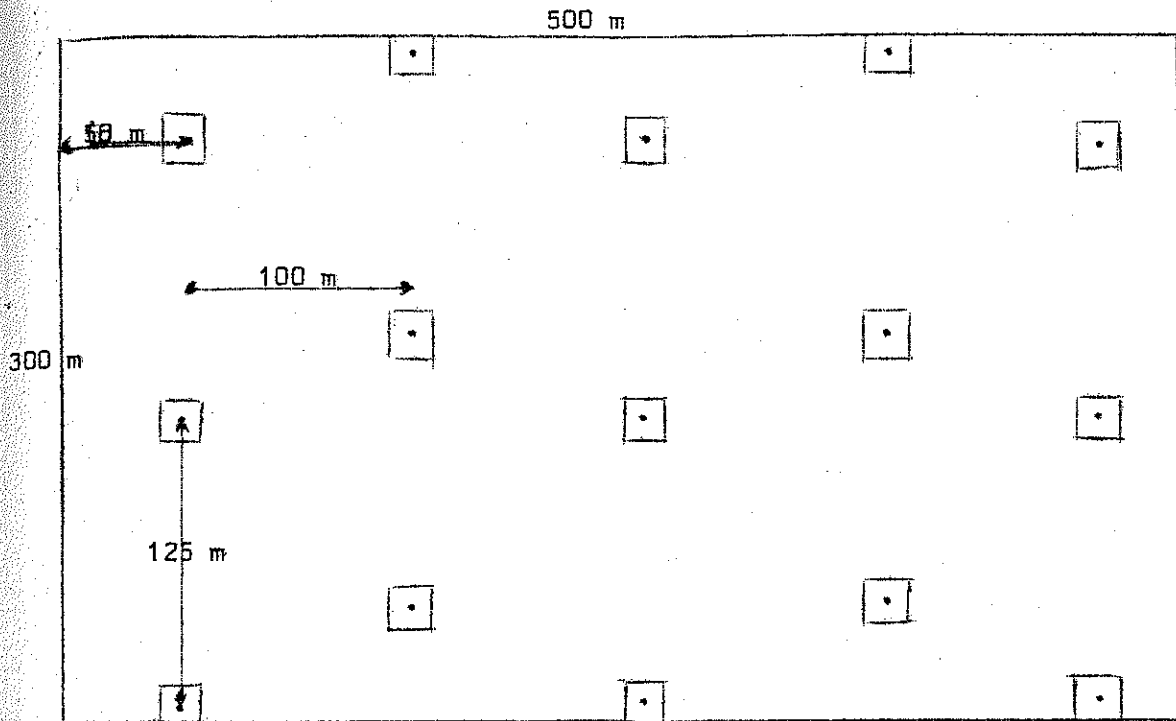
- sur terrain, le manque de personnel pour nous aider. A Antetezana où nous avons pensé pouvoir réaliser un inventaire plus complet dans les différentes parcelles, il n'y a que trois agents, le Chef de la Station et deux ouvriers. Or, au cours de notre première tournée, ce personnel retenu par des travaux de pépinière destinés à produire des plants de Pinus caribaea, ne pouvait pas nous prêter main forte pour ce travail personnel. Lors de notre deuxième tournée en mai 1982, ce fut la plantation des Pins précités et ce fut de nouveau le même problème.

Devant ces difficultés, nous sommes contraint de recourir à la méthode d'inventaire que nous présentons dans la suite.

#### 3.2.6.1. Méthode de travail.

A Antetezana, dans toutes les parcelles, sauf B14 et B13, nous avons implanté 15 placettes carrées de 1 are chacune suivant le dispositif schématisé sur la figure de la page suivante.

....



. Disposition des placettes d'inventaire dans une parcelle.

Mais dans la parcelle B14 où nous avons pris des mensurations pour un essai de tarif de cubage, nous avons délimité 20 placettes d'inventaire et dans la parcelle B13 dont la superficie est plus petite par rapport aux autres, nous n'avons fait l'inventaire que dans 10 placeaux.

Nous avons inventé ce dispositif afin de parcourir la totalité de chaque parcelle. Comme le Hintsy forme une futaie régulière, nous avons pensé que la méthode pourrait donner même approximativement une assez bonne indication.

A Ambila, nous avons délimité une petite parcelle d'un quart d'hectare dans laquelle nous avons rencontré de beaux pieds de Hintsy mêlés à des Copaliers et où leur densité est semblable. C'est dans cette parcelle que nous avons fait des mesures de circonférences de Hintsy.

A Tampo où il n'y a de peuplement équienne de Hintsy que dans une petite portion de la parcelle A3 et de la parcelle A4, les mesures ont été faites dans la moitié de la population de A3 et dans trois layons, jugés corrects, c'est-à-dire où les Hintsy peuvent croître normalement.

...

Le matériel que nous avons utilisé pour les différentes opérations est constitué de :

- 2 mètres-rubans de couturière pour la mesure de la circonférence à 1.30 m du sol ;
- une chevillère pour les distances ;
- Un dendromètre Blume-leiss pour la hauteur.

A Ambila, nous avons essayé d'utiliser le relascope de Bitterlich, mais la manipulation de ce dendromètre s'est avérée très difficile dans une forêt à sous-bois dense. En fait, les sous-bois sont parfois composés d'essences de valeur et nous n'avons pas eu le courage de les couper. Par conséquent, nous n'avons pu prendre que quelques hauteurs et pour le reste, nous avons procédé par approximations. C'est la raison pour laquelle nous avons mentionné dans les résultats : "hauteur approximative".

#### 3.2.6.2. Résultats.

Après le dépouillement des fiches d'inventaire et les calculs que nous avons effectués au bureau (calculs de : circonférence moyenne, de l'erreur sur cette circonférence, l'accroissement moyen annuel de la circonférence, la surface terrière moyenne, la surface terrière par hectare), nous avons regroupé dans le tableau de la page suivante les principaux résultats obtenus (TABLEAU XXI). On trouvera en annexes le détail des données récoltées et leurs traitements.

#### 3.2.6.3. Interprétations.

Nous pensons que les variations lues sur les résultats de l'accroissement moyen de la circonférence sont dus aux facteurs suivants :

- densité de la population ;
- fertilité de la station.

C'est le peuplement d'Ambila, éclairci en 1970, qui présente le meilleur accroissement en circonférence : 1.57 cm par an. Les plantations de Tampo et d'Antetezana (parcelle B14) suivent. Elles ont une densité plus faible que les autres et en plus, elles sont favorisées par la fertilité du sol sous-jacent, préalablement couvert de Longoza.

...

TABLEAU XXI. RESULTATS DES MENSURATIONS DE HINTSY DANS TROIS STATIONS D'ESSAIS.

STATION	Nb d'arbres mesurés	Age ans	Densité /Ha actuelle	Circonférences moyennes maximales (cm)	Erreurement (%)	Accroissement annuel tel sur le cercle (cm/an)	Surface terrière moyenne par arbre (cm <sup>2</sup> /Ha)	Surface terrière par ha approximative (m <sup>2</sup> )	Hauteur
<b>ANTEPEZANA :</b>									
Parcelles B14	329	42	1 645	80 - 95	+2.96	1.33	266.23	43.79	12-16
B13	176	42	1 760	75 - 90	+4.14	1.24	234.03	41.19	12-15
B12	287	39	1 913	80 - 95	+3.94	1.26	213.72	40.89	11-15
B11	276	39	1 840	80 - 95	+4.06	1.28	221.28	40.72	11-15
B10	298	38	1 987	75 - 90	+4.32	1.23	186.62	37.08	11-13
B 9	321	36	2 140	75 - 95	+4.48	1.17	176.79	37.83	10-13
B 8	304	32	2 026	70 - 85	+4.36	1.26	147.65	29.93	10-13
<b>TAMPOLD :</b>									
A 3	129	32	1 032	75 - 85		1.33	163.97	16.92	11-13
A 4	118	30	1 250	70 - 80		1.30	136.45		10-12
<b>AMBILA :</b>									
	117	50	936	115-125	+4.38	1.57	515.10	24.14	18-20

En procédant actuellement à une éclaircie dans le peuplement d'Antetezana, on peut donc escompter un meilleur accroissement des arbres laissés sur place.

### 3.2.7. ESSAI D'UN TARIF DE CUBAGE.

A partir de 61 pieds de Hintsy, soit 3 pieds les plus près du centre, par placette dans la parcelle B14 d'Antetezana, nous avons essayé d'établir un tarif de cubage.

#### 3.2.7.1. Méthode de travail.

Pour le cubage des arbres, nous avons, avec une échelle fabriquée sur place, mesuré sur les arbres sur pied, la circonférence, mètre par mètre jusqu'à la première grosse branche.

Dans la pratique, nous avons utilisé un mètre ruban et un bâton de 1 mètre armé d'un clou au bout supérieur, ce qui nous permettait de marquer assez facilement le niveau de mesure sur le tronc.

Les arbres à cime cassée et les fourches très tortueuses n'ont pas été mesurés. Si cette élimination conduit à une surestimation du volume, la non considération du prolongement de la tige principale aura l'effet contraire.

Pour les calculs, nous avons utilisé la méthode des tarifs mathématiques inventée par HUMMEL et ABADIE dont la formule est =

$$V = a + b c^2 \quad \text{où}$$

a et b sont des inconnues ;

c les circonférences à 1.3m des tiges;

et V leur volume.

Nous avons opté pour cette méthode parce qu'elle est la plus usitée dans le monde, surtout en Europe et aussi à Madagascar. En dehors des Anglais et des Français, les Allemands se sont aussi intéressés à cette formule.

" En Allemagne, DITTMART (1958) conclut également à la valeur indiscutable de la formule  $v = a + k x^2$  pour le cubage des arbres. Cette formule est connue outre-Rhin sous le nom de règle de KOPETZKY-GEHRHARDT " (J. PARDE, 1961). ...

3.2.7.2. Calcul des constantes a et b.

Soient les équations normales :

$$\begin{cases} n a + b \Sigma c^2 = \Sigma v & (1) \\ a \Sigma c^2 + b \Sigma c^4 = \Sigma v c^2 & (2) \end{cases}$$

Divisons (1) par n :

$$a + (b \Sigma c^2 / n) = \Sigma v / n \quad (3)$$

Divisons (2) par  $\Sigma c^2$

$$a + (b \Sigma c^4) / \Sigma c^2 = \Sigma v c^2 / \Sigma c^2 \quad (4)$$

Soustrayons (4) de (3)

$$b \Sigma c^2 / n - b \Sigma c^4 / \Sigma c^2 = \Sigma v / n - \Sigma v c^2 / \Sigma c^2$$

D'où :

$$b = \frac{\Sigma v / n - (\Sigma v c^2 / \Sigma c^2)}{\Sigma c^2 / n - (\Sigma c^4 / \Sigma c^2)}$$

Puis reportons la valeur de b dans (3)

$$a = \frac{\Sigma v}{n} - \frac{b \Sigma c^2}{n}$$

Applications numériques : (cf. Annexes)

- n = 61 arbres     $\Sigma c^2 = 16.8323$
- $\Sigma c^4 = 6.994321$
- $\Sigma v = 6.745468$
- $\Sigma v c^2 = 2.9489777$
- $\Sigma v^2 = 1.260621$

$$b = \frac{(6.745468/61 - 2.9489777/16.8323)}{(16.8323/61 - 6.994321/16.8323)} = 0.4628978$$

$$a = (6.745468/61 - (0.4628978 \times 16.8323)/61) = - 0.0171503$$

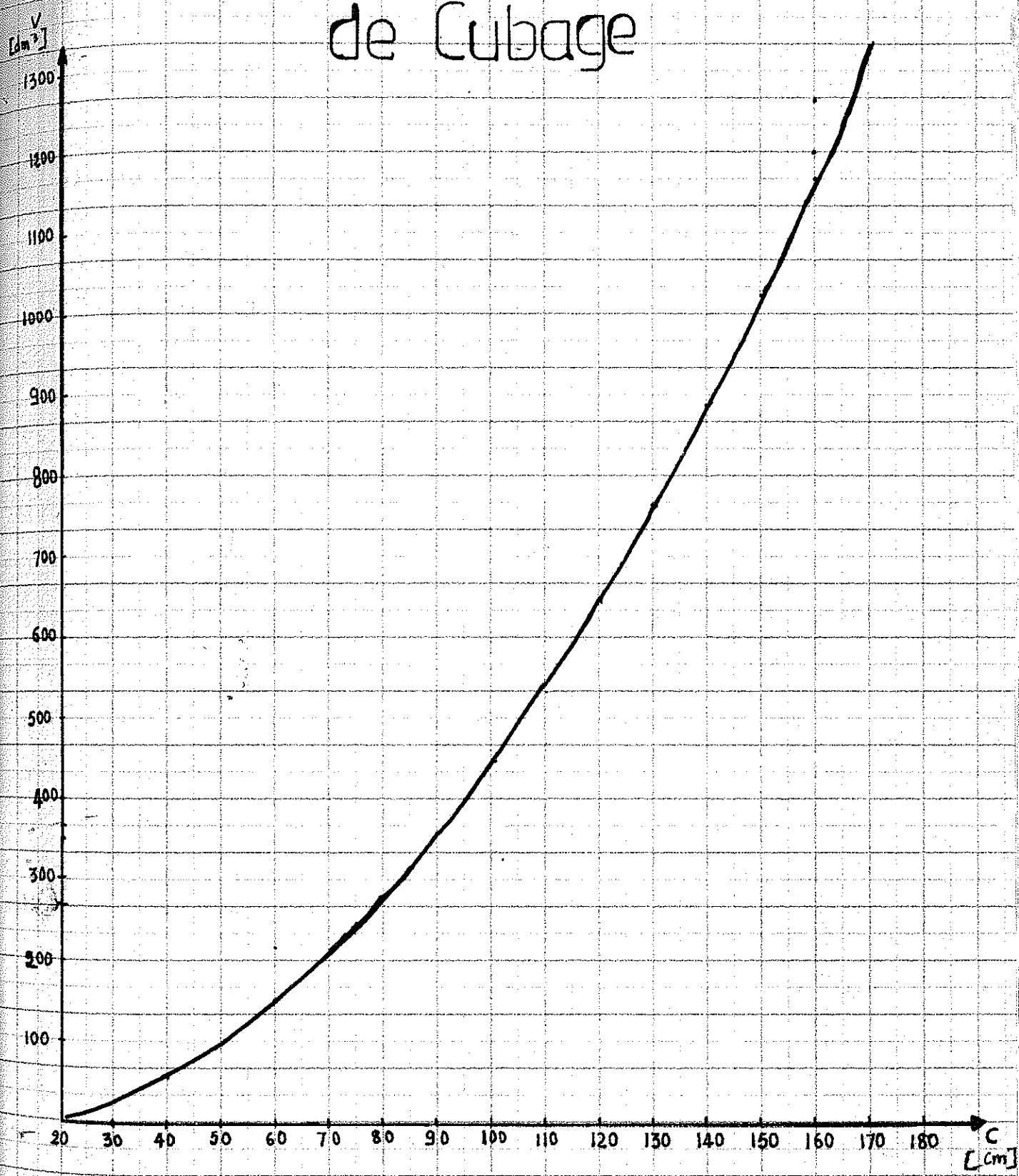
La formule devient alors :

$$v = - 0.0171503 + 0.4628978 c^2$$

Cette formule donnera le graphique N° 9

...

# Essai d'un Tarif de Cubage



3.2.7.3. Calcul de la corrélation entre  $c^2$  et  $v$ .

$$r = T / \sqrt{R \cdot S} \quad T = \sum c^2 \cdot \sum v / n \quad (1)$$

$$R = \sum c^4 - (\sum c^2)^2 / n \quad (2)$$

$$S = \sum v^2 - (\sum v)^2 / n \quad (3)$$

$$n = 61$$

$$T = 2.9489777 - (16.8323 \times 6.745468) / 61 = 1.0876377$$

$$R = 6.994321 - (16.8323)^2 / 61$$

$$S = 1.260621 - (6.745468)^2 / 61 = 0.5146974$$

$$\sqrt{R \cdot S} = 1.0997032$$

$r = 0.989$  : Liaison très étroite

3.2.7.4. Calcul de l'erreur sur  $\bar{v}$ .

$$\bar{v} = 0.1105814 \text{ m}^3$$

$$e(\bar{v}) = \pm 2 / \sqrt{n} \sqrt{(1 - r^2)(\sum v^2 - \bar{v} \sum v) / (n - 1)}$$

$$e(\bar{v}) = \pm 2 / \sqrt{61} \sqrt{(1 - 0.989)^2 (1.260621 - (0.1105814 \times 6.745468)) / 60}$$
  
$$= \pm 0.0035 \text{ m}^3$$

$$e \% = \pm 200 / \bar{v} \sqrt{61} \sqrt{(1 - 0.989)^2 (1.260621 - (0.1105814 \times 6.745468)) / 60}$$
  
$$= \pm 3.16 \%$$

$\bar{v} = 0.1105814 \text{ m}^3$
$e(\bar{v}) = 0.0035 \text{ m}^3$
$e \% = \pm 3.16 \%$



= QUATRIEME PARTIE =

4.  
SUGGESTIONS

4.0. INTRODUCTION -----

Après ces observations, ces études et ces essais, nous nous proposons dans cette dernière partie du Mémoire, de livrer nos opinions sur les améliorations possibles concernant la conduite d'avenir de la sylviculture du Hintsy.

4.1. TECHNIQUES DE LA REGENERATION -----

4.1.1. REGENERATION NATURELLE.

La méthode de régénération naturelle est la plus économique de toutes les méthodes sylvicoles. Elle ne nécessite en effet, ni de la production de plants en pépinière, ni la préparation spéciale de terrain (piquetage, trouaison ...) avant la plantation, d'où économie de temps et de main d'oeuvre. Pour le Hintsy cependant, elle n'est pas encore mise au point. Les observations faites à Maroantsetra en 1973 (cf. §3.1.3) sur la possibilité de régénération naturelle du Hintsy nous inspirent néanmoins l'idée suivante :

Pour obtenir ou favoriser la régénération naturelle, on devrait, étant donné le tempérament de l'espèce, recourir à l'exploitation plutôt à blanc ou tout au moins au nettoyage des trouées laissées par les vieux arbres après l'exploitation dans un rayon au minimum égal à celui du houppier.

Comment se fera alors cette exploitation ?

a.- L'exploitation doit se réaliser après la fructification, généralement après le mois de juillet, pour assurer l'ensemencement naturel.

b.- L'exploitation doit se faire sur tous les arbres exploi-

...

tables et les arbres sans valeur commerciale (de mauvaise forme, fourchus, tortueux). Il serait préférable de laisser sur place un certain nombre de porte-graines pour pallier à une éventuelle défaillance dans la levée de l'ensemencement initial.

Mais les exploitants ne respectent pas souvent cette règle surtout dans les forêts où les essences de valeur sont rares. Ils s'intéressent à la seule production du moment au détriment de l'avenir de la forêt. L'abondance de la fructification du Hintsy peut cependant permettre de négliger ce problème.

c.- Le nettoyage du terrain se fera au fur et à mesure de l'avancement de la coupe.

d.- Immédiatement après la coupe, il faut enlever les houp-piers des arbres exploités afin de favoriser l'installation des semis. On fera ainsi une sorte de crochetage. Il faut abattre aussi les arbustes encombrants en préservant la régénération de diverses essences de valeur pour suppléer l'insuffisance du Hintsy ou tout simplement pour étoffer l'enrichissement. Cette coupe de nettoyage doit se faire à la main et à hauteur de genou pour empêcher au sol de se découvrir. La transformation en charbon de bois serait souhaitable pour couvrir les frais engagés en travaux de nettoyage.

Comment entretenir cette régénération ?

Pour obtenir un bon peuplement équienné, cette régénération naturelle doit être protégée contre la concurrence intra et interspécifique. Pour cela, on devra effectuer des travaux culturaux d'entretien pendant les premières années et cela pendant environ 10 ans. Ces travaux consistent à :

a.- dégager les semis pour maintenir la lumière sur leur cime et à les dépresser. Il ne faut pas que le couvert se ferme sinon les jeunes plants seront étouffés et dépériront. Il ne faut pas non plus que les jeunes sujets se serrent trop entre eux.

b.- éliminer les malvenants: Ceux qui ont tendance à fourcher même à bas âge. On en profite aussi pour démarier les plants jumelés. La fréquence de ces interventions doit être déterminée suivant la vigueur de la souille par rapport à l'état de croissance du Hintsy. On a préconisé dans les études antérieures de répéter l'opération de

...

nettoisement tous les 2 ans jusqu'à l'âge de 12 à 15 ans, mais cela nous semble insuffisant, surtout pendant les trois premières années, car les lianes sont très envahissantes dans la forêt dense. Le suivi permanent des plantations permettrait donc de déterminer le rythme des opérations à faire.

Notons enfin que cette méthode ne peut se pratiquer que dans les forêts où le Hintsy a un pourcentage élevé de présence parmi les constituants. Pour les autres forêts dégradées ou exploitées dans le temps, la régénération artificielle nous semble être intéressante.

#### 4.1.2. REGENERATION ARTIFICIELLE.

##### Semis direct ou transplantation ?

Ces deux méthodes de plantation ont chacune leurs partisans. Cependant, il est difficile de dire laquelle est meilleure parce qu'elles ont leurs avantages et inconvénients respectifs. Avant de prendre une position, il serait intéressant de les examiner.

##### 4.1.2.1. Semis direct.

###### Avantages:

- rapidité de l'opération " ensemencement direct " par la mise en place de 2 graines de Hintsy par potet ;
- travail n'exigeant pas de soins particuliers et à la portée de n'importe quel ouvrier non spécialisé. Avec la machette ou la houe par exemple, on peut ameublir sommairement le sol ;
- coût très bas de l'opération puisqu'elle ne demande pas d'installation de pépinière ni d'élevage de plants, d'où économie de main d'oeuvre et de matériaux ;
- les plants issus de semis directs ne subissent pas de manipulations comme ceux provenant de pépinière et ne souffrent pas de la crise de transplantation, ils prennent plus rapidement de la vigueur et ont une croissance au départ plus rapide pour peu que les conditions d'éclairement leur soient favorables ;
- les graines sont abondantes et de faible prix.

...

Inconvénients :

- gaspillage des semences d'où nécessité d'un approvisionnement abondant de graines : 2 graines par poquets pour obtenir un plant ;
- réussite incertaine due à la qualité des graines et à l'attaque des prédateurs comme le rat ;
- obligation de procéder à des travaux d'entretien plus fréquents durant la première année, les plants de semis étant au départ concurrencés par les rémanents, d'où majoration du coût.

4.1.2.2. Transplantation.

Avantages :

- possibilité de la mise à la disposition du Service chargé de l'enrichissement de plants vigoureux, calibrés et sélectionnés car la qualité des plants au moment de la mise en place est essentielle et conditionne le succès de la plantation ;
- l'assurance d'un pourcentage de réussite élevé ; les aléas du semis où les graines sont livrées directement aux agressions des prédateurs sont éliminés ;
- diminution des travaux d'entretiens culturaux durant la première année après la plantation. Les travaux de dégagement et de dépressage du semis qui doit avoir lieu 2 à 3 mois après la mise en place sont supprimés.

Inconvénients :

- aménagement onéreux d'une pépinière et permanence de soins aux jeunes plants ;
- obligation de procéder à une trouaison préalable à la plantation ;
- crise de transplantation due :
  - . aux manipulations des plants dans la pépinière, au cours du transport de la pépinière à l'emplacement de plantation et de celle-ci jusque dans les parcelles ;
  - . A la négligence des ouvriers qui peuvent soit planter profondément, soit laisser le collet au-dessus du niveau du sol ce qui provoque souvent le déchaussement du plant par suite de l'érosion par ruissellement avec dessèchement des racines latérales

...

mises à l'air ;

- nécessité d'avoir un main-d'œuvre abondante et relativement spécialisée dans ce travail.

Ces considérations générales étant, nous ne trancherons pas sur la suprématie de l'une sur l'autre de ces deux méthodes.

Du point de vue économique, le semis direct doit primer sur la transplantation. Cependant l'irrégularité de la germination et l'action dévastatrice des prédateurs peuvent provoquer des résultats décevants. Dans ces cas, la méthode de transplantation semble meilleure car les plants sont produits préalablement dans les pépinières volantes ou semi-permanentes, de telle sorte que les problèmes évoqués ci-dessus ne sont pas insurmontables.

Dans la conjoncture actuelle : budget insuffisant pour financer des travaux d'enrichissement à grande envergure, la méthode du semis direct apparaît plus favorable par rapport à la transplantation.

Seulement cette méthode implique des sujétions sur la récolte des graines :

- Il faut alors repérer des arbres porte-graines. Nous ne parlons pas ici de semenciers en terme génétique car les travaux de sélection du Hintsy ne sont pas encore envisagés. Nous qualifierons de porte-graines les meilleurs arbres de la formation forestière considérée ; - Il faut mettre sur pied une équipe de ramasseurs étroitement encadrée et contrôlée afin que les graines ramassées soient les plus fraîches possibles, la fraude pouvant consister à accomplir la tâche sans se soucier de la qualité des graines. Parfois, certains ramasseurs cherchent à remplir leur panier en mélangeant les graines fraîches avec celles qui sont vieilles de quelques années dont la perte du pouvoir germinatif est à craindre.

- Avant la chute des graines, le parterre ou plutôt le sous-bois des porte-graines doit être nettoyé pour éviter ce mélange possible de graines .

- Les graines ramassées quotidiennement doivent être triées par un responsable compétent et consciencieux afin d'éliminer les graines vaines, pourries ou imbibées qui risquent de détériorer les saines.

...

- Les graines triées doivent être laissées à sécher à l'air, dans un endroit adéquat (abrité, ventilé, sec ...)

Si ces conditions sont remplies, l'on pourra disposer de graines prêtes à être semées directement et si on arrive à prétraiter les graines, la chance de réussite sera maximale.

La méthode de transplantation ne doit cependant pas être négligée. Sa mise au point doit, en partie, être inscrite dans les programmes des sylviculteurs. Jusqu'à maintenant, on a constaté que les jeunes plants de Hintsy semblent souffrir de la transplantation (essais de plants à racines nues de Tampolo). Cependant, les essais entrepris à Analalava-Foulpointe et à Toamasina sur le repiquage précoce ou la mise en place en forêt de jeunes plantules encore munies des deux cotylédons ont donné un pourcentage de réussite de 100 %, d'où notre préconisation de la transplantation précoce.

Que faut-il faire ?

On sème les graines triées dans les pépinières volantes ou semi-permanentes et une fois que les graines germent et que les cotylédons sont portés hors de terre, au lieu de repiquer, on transplante directement les jeunes plants sur les terrains de plantation. Cette méthode n'est en fait que celle de la prégermination.

Comment les entretenir et les transporter ?

Pour éviter les blessures des racines au cours du transport, on peut, soit repiquer les plantules dans des godets en plastique ou dans les pots confectionnés avec des matériaux procurés sur place, comme les feuilles de Ravinala ou de Longoza, soit les transporter en caissettes et sur mousse humide après les avoir ainsi arrachées de la planche de semis.

Le mode de repiquage précoce facilitera le transport et maintiendra les plantules dans leur milieu ambiant car les godets seront remplis avec la même terre que celle de la pépinière. Les jeunes Hintsy ainsi entretenus seront transportés dans une caisse jusqu'aux lieux de plantation. Et avant leur mise en place dans le trou définitif creusé préalablement, il faut enlever l'emballage surtout s'il n'est pas biodégradable comme le plastique.

Les deux méthodes que nous venons d'exposer nous montrent l'importance de bonnes graines susceptibles de donner de beaux arbres.

...

Pourrait-on facilement se procurer de ces graines dans le futur?

L'état d'appauvrissement de nos forêts naturelles que nous avons évoqué incite à répondre négativement à cette question. Il faut donc prévoir et prévenir la pénurie des graines par la constitution de vergers à graines en passant par la réjuvenilisation de vieux arbres.

#### 4.1.2.3. Réjuvenilisation.

Cette méthode permet d'envisager assez sereinement l'avenir du Hintsy en sylviculture. Les recherches forestières modernes ont recours à la réjuvenilisation pour améliorer les arbres forestiers de grande valeur économique.

##### 4.1.2.3.1. Technique.

Au démarrage de la réjuvenilisation, il faut faire la sélection des " arbres plus " en considérant d'emblée plusieurs caractères comme la hauteur et la rectitude du fût libre, la fréquence de la floraison et l'aptitude à la fructification ... Ces arbres sélectionnés constitueront les octets à partir desquels on prélèvera des boutures qui seront élevées dans les meilleures conditions possibles. On placera ces boutures dans une serre bien conditionnée et bien équipée en mist intermittent et en régulateur de températures par exemple. A partir des ramets (boutures enracinées) ainsi obtenus, on pourra produire de nouvelles boutures plus juvéniles, donc plus aptes à l'enracinement. En effet, nos essais et ceux entrepris en recherches forestières ont montré que les boutures issues de jeunes octets produisent un pourcentage élevé de ramets:

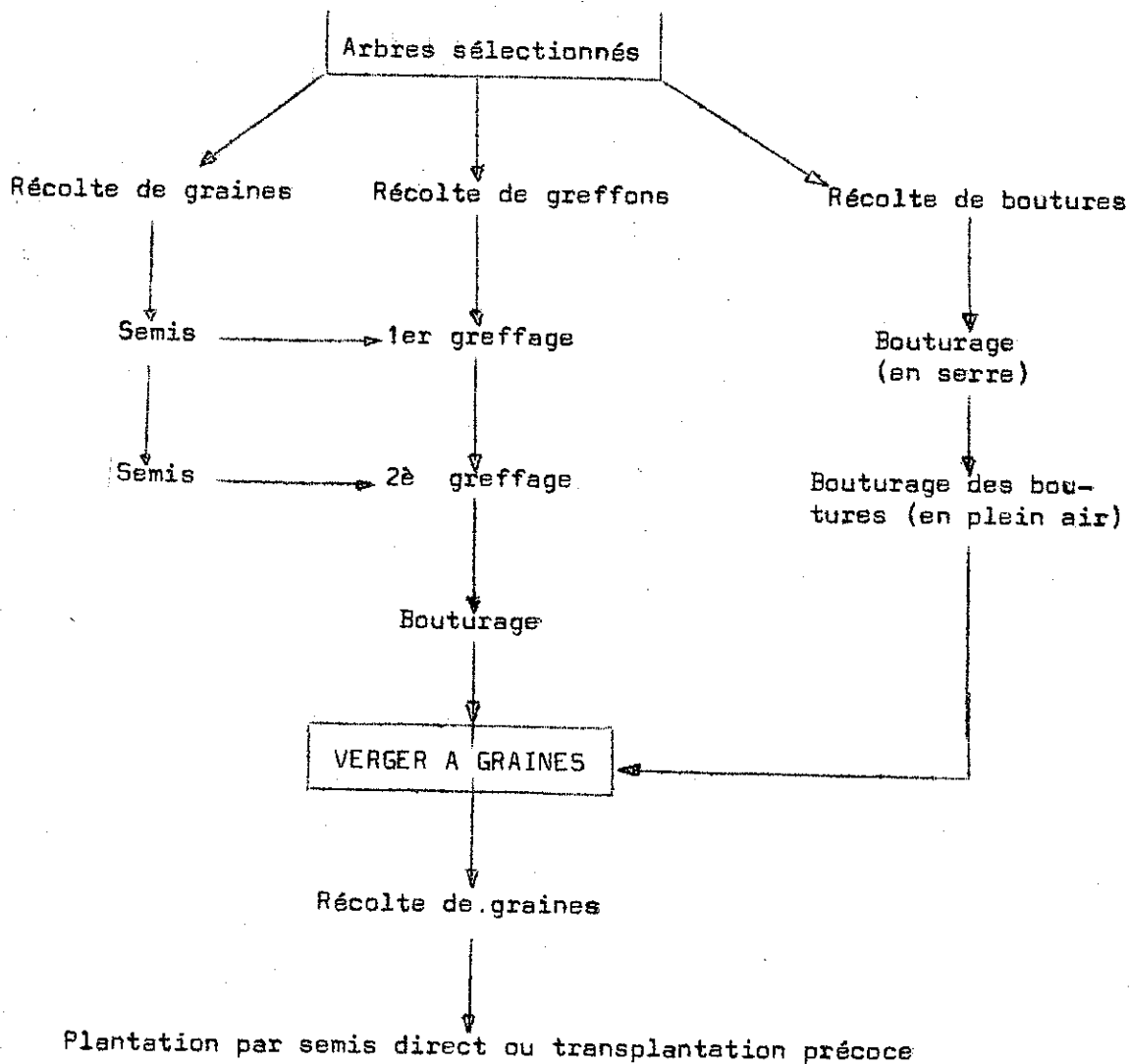
Dans leurs travaux de réjuvenilisation, les chercheurs, comme ceux de l'AFOCEL ont constaté aussi que la technique degreffage permet de donner aux rameaux des arbres âgés le potentiel rhizogène.

A Madagascar, le greffage est déjà utilisé pour l'amélioration génétique du genre Pinus. Selon nous, il pourra être une des solutions pour le rajeunissement du Hintsy en utilisant desgreffons prélevés sur des arbres d'élite et comme porte-greffes desplants issus des graines de ces mêmes arbres.

...

Ce programme vise à produire des boutures pour la création tout au moins d'un verger à graines.

PLAN PROPOSE POUR LA REJUVENILISATION DU HINTSY.



4.1.2.3.2. Technique de bouturage.

Sur la base des essais faits sur le bouturage de Hintsey, nous proposons la technique suivante :

...



- les boutures auront 15 à 25 cm de long avec un diamètre de 2 à 3 cm, contenant au moins deux yeux dormants dont l'un à la base ;
- elles seront taillées en biseau à la base ;
- l'époque optimum du bouturage doit se situer juste après la défeuillaison totale de l'arbre car autrement, on peut se heurter au phénomène de débouillage. Les mois favorables à l'opération sont, d'après nos essais, de novembre jusqu'à février. Pendant cette période, les conditions climatiques (températures élevées et pluies abondantes) favorisent les essais à découvert. Mais c'est, disons-le tout de suite, la phénologie des porte-boutures qui prime ;

- le sable blanc ou le sol argilo-sableux est à conseiller pour le substrat des planches d'essais ;

- pour les soins et entretiens, il faut ombrager les plants jusqu'à l'émission des premières feuilles, mais il est préférable d'ériger une sorte de serre en matière végétale autour des planches. Les ombrières latérales et horizontales protègent les boutures contre les actions fatales du soleil et du vent. L'arrosage doit être fréquent pour maintenir constamment un taux d'humidité suffisant sans aller jusqu'à l'asphyxie du sol.

Pour concrétiser nos opinions sur la réjuvenilisation du Hintsy, nous avons établi à la page précédente, un plan de juvenilisation et d'amélioration que nous croyons possible.

Si la technique du bouturage peut susciter encore le doute chez le sylviculteur, le marcottage pourrait aussi être envisagé pour la multiplication végétative du Hintsy.

#### 4.1.2.3.3. Conclusions.

La technique de réjuvenilisation est un programme de longue haleine et demande une grande persévérance de la part des forestiers. Elle mérite pourtant d'être étudiée de près. Les premiers travaux devraient être prescrits dans le meilleur délai. Mais parallèlement, nous devons aussi examiner les techniques sylvicoles, notamment les modes de préparation des terrains de plantation .

...

#### 4.1.3. TECHNIQUES D'ENRICHISSEMENT.

L'état actuel de dégradation et d'appauvrissement extrême de la forêt côtière orientale amène tout naturellement à vouloir y pratiquer l'enrichissement qui le plus souvent, nécessite une déforestation totale. Or le sol sableux caractéristique de cette zone est un sol très fragile qui ne peut s'accomoder d'un tel traitement. Il faut donc trouver la (ou les) méthode(s) adéquate(s) pour restaurer cette forêt.

En tirant enseignement des techniques sylvicoles déjà appliquées sur le Hintsy et des méthodes essayées et mises au point pour enrichir les forêts tropicales denses, nous préconiserons les méthodes suivantes pour les plantations futures du Hintsy :

##### 4.1.3.1. Méthode des placeaux denses.

Cette méthode déjà essayée à Ambila Lemaitso, peut convenir à l'enrichissement de la forêt côtière avec le Hintsy. En effet, cette bande a une largeur de quelques centaines de mètres en général et ne dépassant guère 4 km, donc les problèmes posés par la dispersion des placeaux sur le suivi des plantations ne sont pas difficiles à résoudre.

Par cette technique, la protection des plants introduits contre les actions néfastes des vents qui frappent constamment cette région est plus sûre. En plus, la grande partie de la végétation préexistante maintenue au cours de l'installation des placeaux préserve le sol de la détérioration constatée lorsqu'on réalise des coupes rases.

Cependant, les plants de Hintsy peuvent souffrir du manque d'éclairement des placeaux, surtout quand la hauteur des arbres environnants est supérieure à 8-10 m au moment de la plantation. Ainsi l'application de cette méthode n'est suggérée que sur les terrains où la hauteur de la forêt préexistante ne dépasse pas 10 m. Le terrain doit aussi avoir un bon couvert végétal car le Hintsy se comporte mal sur les terrains très pauvres.

Dans un milieu favorable, 100 placeaux de 4m x 4m à l'hectare peuvent donner de bons résultats. La plantation de 9 plants par pla-

...

ceau à 1m x 1m semble bien convenir. Les plantules seraient issues de graines prégermées dans les pépinières volantes.

Pendant le nettoyage des placeaux, on élimine les bois sans valeur commerciale et les lianes, tandis que les jeunes tiges des essences précieuses sont préservées.

Les entretiens consistent à dégager les cîmes des jeunes Hintsy tous les ans au moins pendant les cinq premières années et tous les 2 à 3 ans après. Les déliangages sont exigés au minimum jusqu'à la dixième année. A cet âge, le Hintsy peut arriver à lutter seul contre la concurrence de ses voisins.

Pour les éclaircies, nous n'avons encore aucune idée précise mais la règle générale adoptée par BROUARD dit qu'il faut éliminer la moitié des arbres par placeau lorsque les dominants (les 3 plus beaux arbres) dépassent 5 m de hauteur et 5 cm de diamètre. Lorsque les dominants ont 10 m de hauteur et 10 cm de diamètre, on devrait laisser 3 et finalement on pourrait laisser 1 ou 2 lorsque la hauteur est de 15 m et le diamètre de 15 cm.

Cette méthode des placeaux denses peut cependant être discutée en raison de son caractère extensif d'où la recherche d'autres techniques.

#### 4.1.3.2. Méthode des layons.

C'est la méthode la plus utilisée lors des plantations de Hintsy. Elle semble pour nous (et moyennant quelques améliorations) la méthode d'enrichissement la plus prometteuse pour la zone littorale de la Côte Est.

Au vu et au su des travaux antérieurs, nous pensons que les bons résultats peuvent être obtenus avec :

- des layons orientés d'Est en Ouest ;
- des layons permettant un éclaircissement d'environ 50 % à leur centre. La largeur de tels layons en fonction de la hauteur de la forêt peut être déterminée par calcul. R. CATINOT (1965) en effet, a par exemple pu calculer les éclaircissements relatifs arrivant au sol en forêt

...

dense pour plusieurs points des bandes et des trouées de différentes dimensions. Les résultats de ces travaux sont résumés par les courbes que nous avons reproduites (cf. FIGURE 1).

Par cette voie, il a trouvé dans l'axe des layons orientés Est-Ouest de 5 m de large et dont la hauteur du peuplement est de 15 m, un éclaircissement direct de 25 % avec un éclaircissement latéral de 35 à 40 %, soit au total un éclaircissement relatif de 60 à 65 %. Or, nos forêts susceptibles d'être enrichies ont une hauteur maximale de 15 à 20 m environ. On peut donc envisager en méthode intensive, des layons de 2 m de large. Cette largeur pourrait bien convenir en adoptant une distance de 3 à 4 m entre les axes. On augmente ainsi l'éclaircissement latéral.

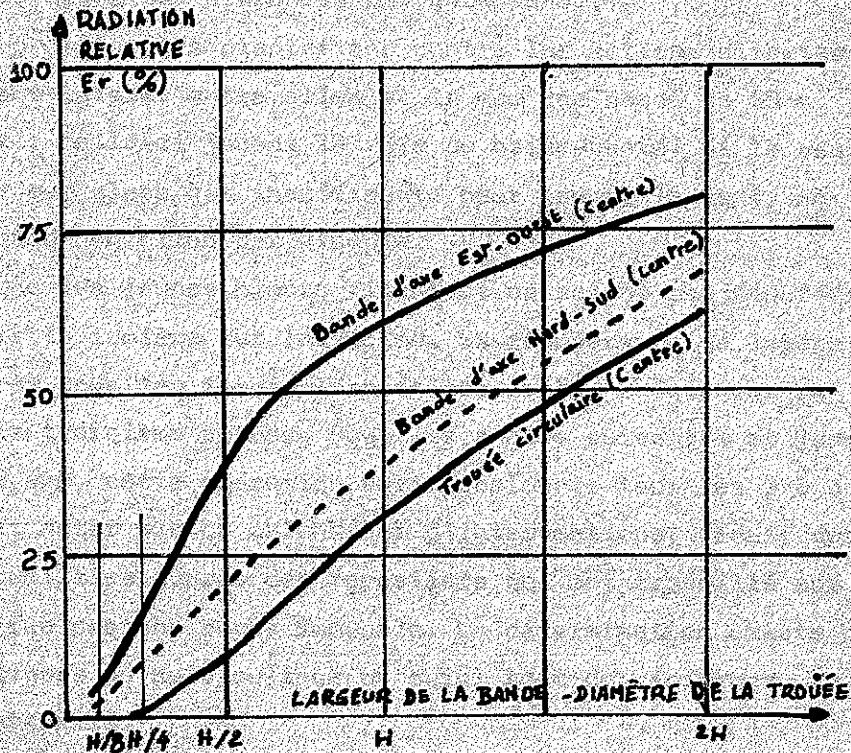
- Ces layons sont ouverts par abattage à la hache de tous les arbres à 25 cm du sol tout en conservant les jeunes essences précieuses (autre forme de maintien en état de richesse de la forêt).

La destruction des arbres concurrentiels qui ont un diamètre supérieur à 15-20 cm se fera par ceinturage (annélation) ou par empoisonnement. Comme cette opération est assez délicate et coûteuse, il faut éliminer seulement les arbres de mauvaise forme : tortueux, très branchus, tandis que les arbres à forme forestière seront épargnés.

- Les jeunes Hintsy sont plantés dans l'axe des layons tous les 2 m, ainsi la densité du futur peuplement sera de 1 500 à 1 700 arbres par hectare. Nous avons été amené à préconiser cette densité au vu des résultats de l'inventaire que nous avons fait et qui nous montrent que l'accroissement moyen annuel en circonférence des arbres est plus élevé dans un peuplement moins dense que dans les plantations serrées de 3000 à 5 000 plants à l'hectare au départ. Les plantations de Tampolo (parcelle A3) constituent des exemples de peuplements moins denses. Avec cette densité, nous pensons que la concurrence entre les arbres tardera un peu plus à se manifester. Elle permet en plus de réduire les coûts des travaux parce que le nombre de plants nécessaires a diminué. La seule crainte pour l'adoption d'une telle densité réside dans l'apparition possible des arbres bas-fourchus, mais le recrû maintenu (coupe à 25 cm) dans les layons constituera une souille engageante et accom-

...

Fig. 1 Courbes représentant les variations de l'éclairement relatif ( $E_r$ ) arrivant au sol en fonction de la largeur de la bande ou du diamètre de la trouée ouvertes dans le peuplement (exprimés en hauteurs  $H$  du peuplement (d'après R. CATINOT B.F.T. N°102 Juill. - Août 1965 p.15))



Pour obtenir un éclairement relatif ( $E_r$ ) de 50%, il faut ouvrir soit une bande orientée EW de largeur  $\frac{6H}{10} = 24m$  soit une bande NS de largeur  $\frac{13H}{10} = 52m$ , soit une trouée circulaire de  $\frac{16H}{10} = 64m$  .  $H = 40m$

pagnatrice pour le Hintsy.

Mais si le couvert du terrain à enrichir est insuffisant, il faut le compléter avec des essences de pleine lumière à croissance rapide, entre autres le Casuarina equisetifolia: Filao et l'Adenanthera pavonia comme ce qui a été préconisé par SABOUREAU.

- Pour protéger les plantations contre les actions directes des vents, il faut laisser entre elles et la mer une bande de 50 m à 100 m de large ; celle-ci jouant le rôle de brise-vents. Si la végétation naturelle sur place est insuffisante pour couper le vent, on plantera cette bande en Filao par exemple.

Pour que les jeunes plants filent et ne soient pas étouffés, il faut maintenir la lumière sur leur cime. La réouverture de layons est donc à assurer tous les 4 mois la première année, 2 fois par an la deuxième et la troisième années. Pour les années suivantes et jusqu'à l'âge de 10 à 15 ans, cette opération sera échelonnée tous les 2 à 3 ans.

Il faut noter que ce calendrier d'interventions, déduit des informations recueillies auprès des forestiers qui ont travaillé sur place, ne constitue pas une règle immuable. La détermination exacte de ce calendrier exigera du sylviculteur un suivi tout de vigilance, de doigté et d'opportunité.

• Le but de la technique des layons ainsi définie est d'avoir un peuplement plus ou moins pur en Hintsy traité en futaie régulière. Pour un tel peuplement, le traitement consiste à déterminer le bon moment où les travaux d'éclaircies doivent être effectués. Dans l'éclaircie, on cherche à déterminer la densité des plants à éliminer afin de favoriser l'accroissement en diamètre, donc en volume du peuplement. Or, l'insuffisance d'essais appliqués, aggravée par le manque des données historiques sur les plantations actuelles, nous rend difficile l'établissement d'une telle règle d'éclaircies. L'éclaircie qualifiée " d'assez forte " effectuée à Ambila Lemaitso en 1969-70 dans le peuplement de Copalier-Hintsy nous amène toutefois à constater que le Hintsy profite bien d'une telle intervention. L'accroissement moyen en circonférence est en effet ici nettement supérieur à celui des peu-

...



plements non traités.

Notons au passage la nécessité de prévoir des travaux d'éclaircies dans la plantation d'Antetezana en particulier. Là, nous avons constaté que les pieds de Hintsy sont en pleine concurrence, sous terre pour l'eau et les matières minérales et dans l'air pour l'espace et la lumière. (Photo n° 13)

Une éclaircie assez forte donnera à notre avis à la forêt une nouvelle vigueur, donc une amélioration certaine de la production.

A propos des éclaircies, signalons que SABOUREAU avait préconisé qu'elles devraient être commencées vers la quinzième année et que leur rotation ne devrait pas dépasser 6 à 8 ans jusqu'à l'âge de 50 ans. Au-delà, la périodicité pourrait être de 10 à 15 ans. KIENER, quant à lui, avait préconisé que les éclaircies devraient être pratiquées tous les 5 ou 6 ans jusqu'à l'âge de 50 ans et après, tous les 10 ans.

En nous basant sur ces deux suggestions et en tenant compte des constatations que, bénéficiant du recul du temps, nous avons faites, nous émettons les propositions suivantes :

- une première éclaircie à 20 ans dans un peuplement planté initialement à 1 500 arbres par hectare ;
- un deuxième passage vers l'âge de 35 à 40 ans (comme à Ambila Lemaitso) ;
- et un troisième et dernier passage en éclaircies vers 60 ans.

Pourquoi ces propositions ?

Les deux forestiers cités plus haut avaient pris comme base des peuplements denses de 3 000 à 5 000 plants par hectare. Pour une densité de 1 500 arbres par hectare, le Hintsy pourrait donc bien supporter la concurrence jusqu'à l'âge de 20 ans. Au cours de cette première éclaircie, on réaliserait l'élimination des arbres chétifs et bas-fourchus, soit au total d'environ 3 000 arbres par hectare. On dégagerait aussi la plantation de la concurrence des individus indésirables.

Pour la deuxième éclaircie, on couperait avec ce qui reste

...



PHOTO N° 13 : Vue partielle de la plantation de Hintay  
d'Antetetzana. Notons l'effilement des brins  
denses.

Cliché J.R. mars 1982



comme souille devenue concurrentielle, le même nombre d'arbres que pour la première fois. Nous pensons qu'à cet âge, une densité de 900 à 1000 arbres par hectare ne porterait pas préjudice à l'accroissement en diamètre de l'espèce. L'exemple en est fourni par la plantation d'Ambila.

La troisième éclaircie amènerait le peuplement à 500-600 pieds à l'hectare.

La fréquence des interventions suggérée par les deux auteurs nous semble par ailleurs trop forte et bien difficile à suivre. De plus, la perturbation fréquente de l'écosystème pourrait être grave de conséquence sur le comportement et l'évolution du peuplement.

A quoi serviront les produits des éclaircies ?

L'un des soucis des sylviculteurs est l'utilisation rationnelle des produits des éclaircies pour couvrir les frais de travaux.

Devant la pénurie de bois de chauffage qui, actuellement, commence à être ressentie dans la région de Toamasina et qui, si on ne prend aucune mesure, sera d'ailleurs plus grave dans les années qui viennent, les produits des éclaircies des peuplements de Hintsy permettront de résoudre, même partiellement ce problème.

En plus, le projet du Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar, de construire près de 20 000 logements par an n'est-il pas une importante occasion pour les forestiers de produire assez de bois ? Le Président de la République en personne a annoncé même dernièrement qu'on va réaliser bientôt le projet à partir de matériaux dont principalement le bois. A notre avis, des maisons fabriquées avec des rondins de bois comme les " Isbas " soviétiques surtout avec le Hintsy seront très confortables dans cette région de l'Ile. Un prototype d'une telle maison a été érigé par le Service des Eaux et Forêts à Antetozana à partir des produits d'éclaircie de Pinus caribea.

D'autre part, les constructions habituelles, très en vogue dans la région et utilisant des carrés de Hintsy ou des bois ronds mériteraient aussi d'être améliorées pour permettre l'utilisation rationnelle de certains produits de la sylviculture.

...

Les bois ronds de Hintsy issus des éclaircies trouveront par exemple ainsi une noble utilisation. Pour les bois ayant un diamètre de 12 à 17 cm, leur destination en sera aussi plus rentable surtout en menuiserie pour produire des parquets mosaïques. Quant aux houppiers, ils seront livrés aux charbonniers et aux villageois comme bois de chauffage.

#### 4.1.3.3. Association d'espèces.

##### 4.1.3.3.1. Essences susceptibles d'être utilisées.

Les peuplements purs sont faciles à gérer, mais le danger d'attaques par les parasites, champignons ou insectes xylophages, est à redouter. Compte tenu de sa croissance relativement lente, le mélange du Hintsy avec d'autres essences autochtones ou exotiques à croissance rapide nous paraît une méthode favorable pour enrichir économiquement sous double révolution, les forêts côtières.

Les résultats sur l'étude de la phytosociologie (cf. § 2.2.) et sur les essais entrepris à Ambila, nous ont suggéré l'idée des associations suivantes :

- Hintsy-Voapaka : mélange déjà essayé à Tampoio depuis 1981 ;
- Hintsy-Ramikely ou Ramibe : les placeaux denses de Ramikely insérés dans la plantation de Hintsy-Copalier à Ambila montrent que cette essence peut bien se mêler avec le Hintsy. Cette dernière association a entre autres avantages, une diversification des produits car le Ramy est un bon bois de déroulage. Cette essence a aussi une croissance supérieure à celle du Hintsy. Elle peut donc lui servir de support.

##### 4.1.3.3.2. Principe.

Pour réaliser cette plantation mélangée d'essences, nous pensons que la méthode des bandes alternées adaptée à la méthode du recrû serait la technique sylvicole convenable.

En général, les sylviculteurs ne doivent intervenir qu'après le passage des exploitants. Leurs travaux consistent à :

...

- abattre à la main, à hauteur de genoux et tout en préservant la régénération naturelle d'essences précieuses, tous les arbrustes et arbres d'un diamètre inférieur à 15-20 cm. Cette action permettra de maintenir la souille, de donner à la future plantation le maximum de lumière sans pour autant négliger la protection du sol. En effet, le rabattage de la hauteur de la forêt à 40-50 cm du sol répondra aux exigences des jeunes plants en lumière tandis que les rejets des arbustes assureront la couverture du sol et de ce fait, la préservation de l'humus et le maintien du microclimat.

- Ouvrir des layons de 50 cm de large tous les 3 m pour la plantation proprement dite. Ces layons sont nécessaires car les plants à introduire sont issus de graines prégermées pour le Hintsy et le Voapaka. Mais il faut éviter les coupes rases dans ces layons. Pour le Ramy, cette opération est inutile parce qu'on utilise des plants à haute tige de 40 à 50 cm de hauteur et qui sont élevés en pépinière.

- Planter ou repiquer dans les layons les plants tous les 2m, 5 pour avoir une densité de 1500 à 1 700 à l'hectare avec 2 rangées de Hintsy et 1 rangée de Voapaka ou Ramy (SCHEMA N° A).

#### 4.1.3.3. Technique pour reboiser les terrains broussail- leux.

Parmi les associations possibles, on peut envisager aussi le mélange Hintsy-Eucalyptus grandis ou Eucalyptus 12 ABL. Ces deux espèces d'Eucalyptus conviennent bien sur les sables duaires de la Côte Est. On peut l'apprécier à partir des reboisements d'Antetezana et de Foulpointe. Nous avons en effet constaté au cours de nos voyages que le Hintsy peut se comporter bien dans ces Eucalyptus (PHOTO N° 6).

La croissance lente des essences autochtones est l'une des raisons évoquées pour abandonner leur utilisation dans la restauration de nos forêts depuis quelques années ; le souci des forestiers étant de produire du bois dans un temps record. L'association peut cependant résoudre les problèmes actuels et d'avenir de production de bois de chauffage avec les Eucalyptus et de bois d'oeuvre avec le Hintsy.

Schéma N°1

METHODES D'ESSENCES MELANGEES  
HINTSY - VOAPAKA ou RAMY

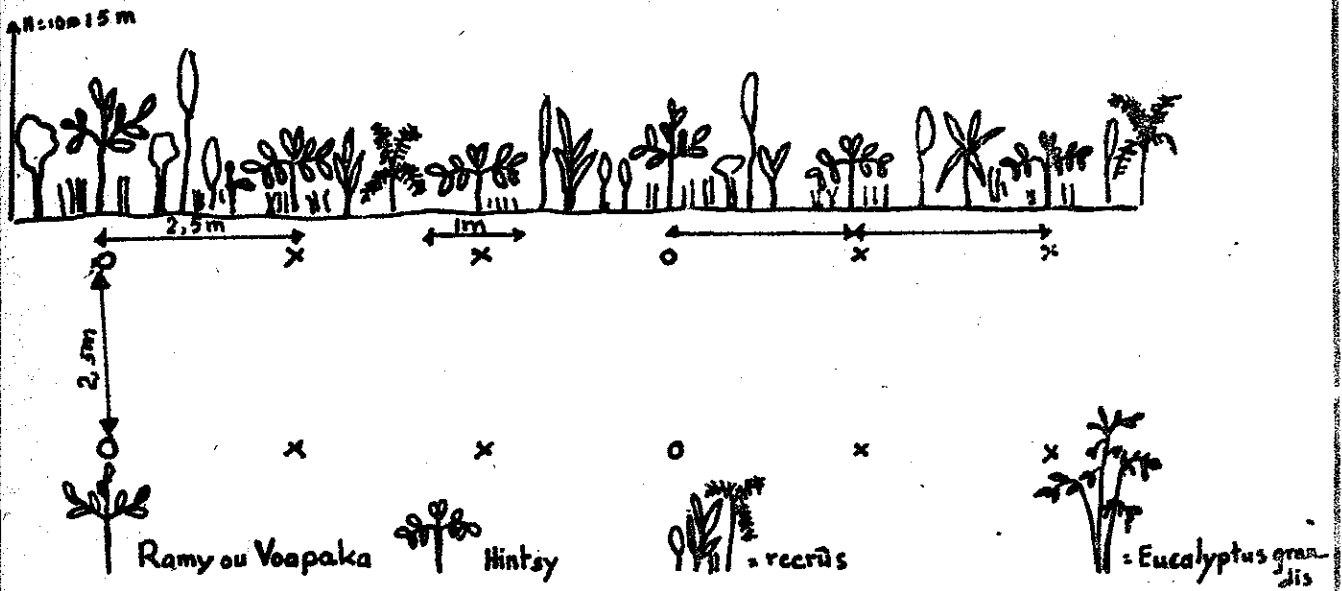
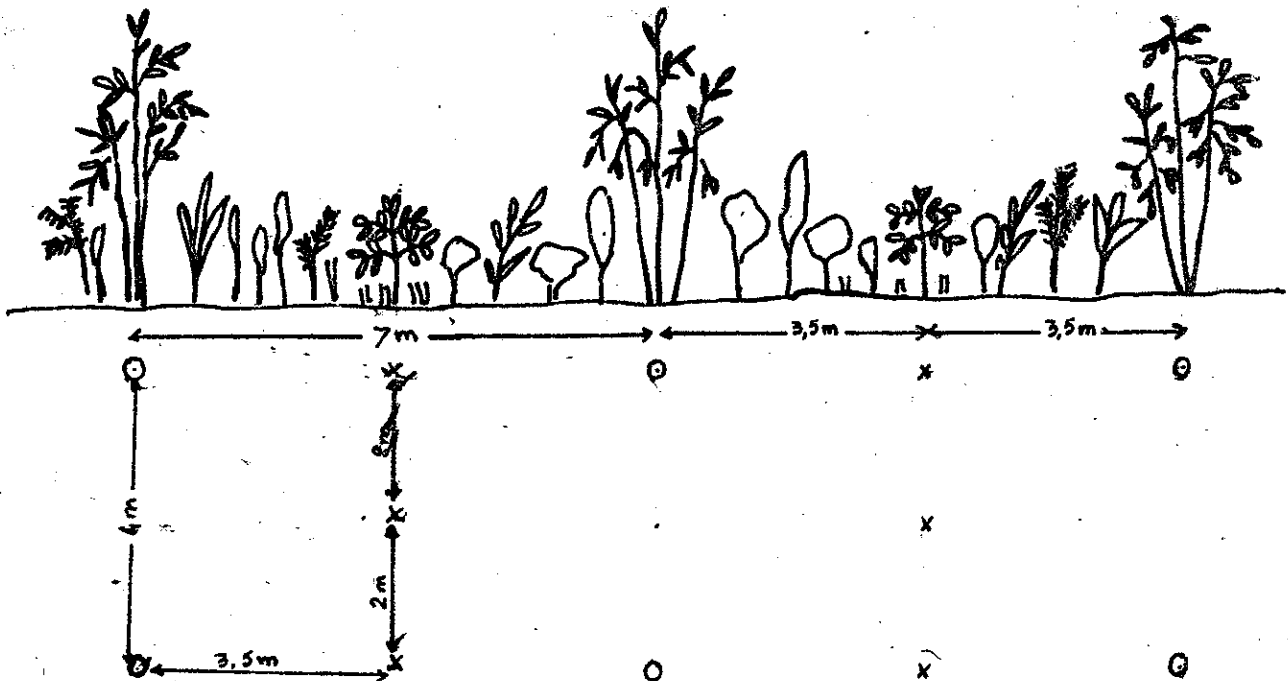


Schéma N°2

HINTSY - EUCALYPTUS grandis ou E. 12 ABL



L'association Eucalyptus-Hintsy pourrait aussi être bénéfique sur la formation de l'humus et partant sur l'évolution du sol. Rien qu'à ce titre, l'association nous paraît envisageable.

Les Eucalyptus seront plantés à une équidistance de 7m x 4m sur les terrains couverts de broussailles ou de plantes herbacées telles que les graminées : Imperata arundinaca (Tenina), Andropogon cymbarius (Verobe) ... Seulement après 10 à 15 ans, on ouvrira au milieu des lignes d'Eucalyptus des layons pour introduire des plants de Hintsy tous les 2 mètres linéaires. (Schéma N°2)

Au même moment, on réalisera la première coupe des Eucalyptus. Tout à fait par la suite, nous envisagerions de traiter le peuplement en taillis-sous-futaie. Les taillis seront constitués par les Eucalyptus et les Hintsy formeront la futaie. Si on laisse en effet les Eucalyptus évoluer, ils pourront entraver l'arrivée de la lumière sur les cimes des Hintsy notamment dans les premières années.

#### 4.1.3.3.4. Technique pour recouvrir les terrains dégradés.

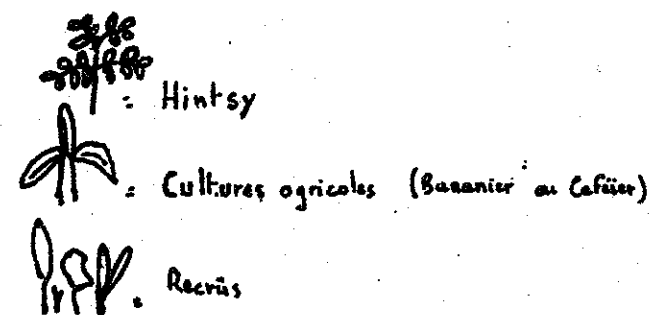
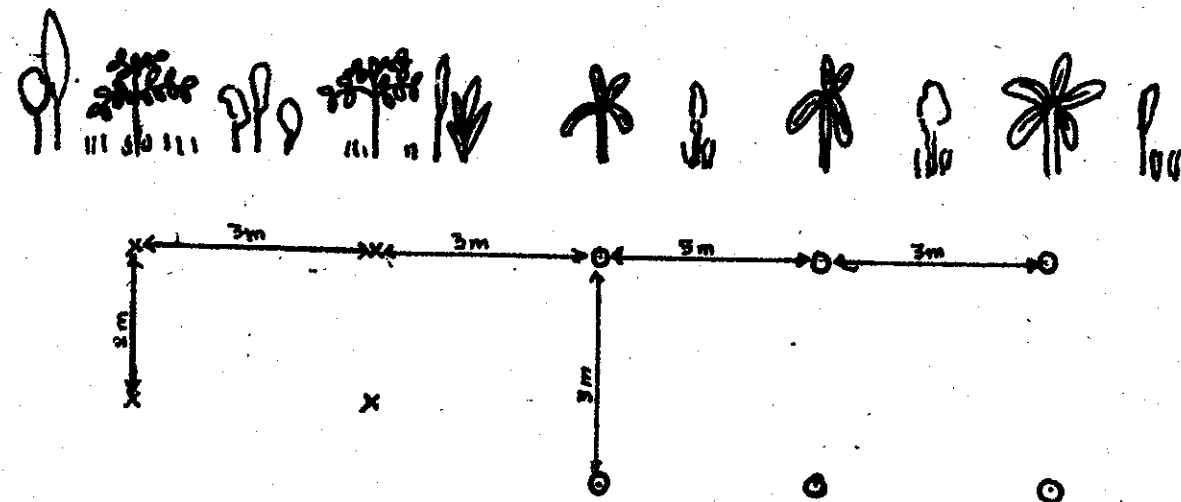
Pour le reboisement des terrains dégradés, comme ceux rencontrés dans la région située entre Ambila et Brickaville, l'embroussaillage avec le Grevillea blanc est tout à fait désigné. Dans la suite, on peut introduire le Hintsy dans le nouveau milieu constitué. On utilisera alors la technique des bandes, le simple layonnage ou la méthode du recrû. Le Grevillea blanc se prête bien à la taille préconisée pour l'entretien et la conduite de recrû.

L'essai réalisé à Befamoa (Ambila-Brickaville) dans le sens de cet enrichissement sous embroussaillage a donné des résultats encourageants au départ. Les plants de Hintsy y ont atteint une hauteur de 25 à 30 cm vers l'âge de 1 an, mais un violent feu de brousse qui a réussi à traverser l'embroussaillage a anéanti la plantation.

Signalons en passant et à propos du Grevillea blanc, qu'il est aussi connu par la propriété qu'il a pour l'amélioration du sol sous-jacent et par son adaptation sur les terrains pauvres.

...

## METHODE SYLVO-AGRICOLE HINTSY - BANANIER



### 4.1.3.3.5. Méthode sylvo-agricole.

La méthode Taungya introduite en Afrique par les forestiers Anglais de Birmanie est une méthode rationnelle de mise en valeur qui combine fort heureusement la sylviculture et l'agriculture.

D'un côté, elle assure la reconstitution de la forêt défrichée par les cultures itinérantes et la conservation du sol, et de l'autre, elle permet à la population de participer aux travaux de régénération artificielle de la forêt sans négliger les cultures agricoles. Par là, on peut trouver une solution aux conflits d'intérêts qui opposent souvent les forestiers et les agriculteurs attachés farouchement à leurs terrains de cultures ("Savo-drazana").

Peut-elle convenir à la sylviculture du Hintsy ?

L'existence de caféiers plantés sous le Hintsy dans certaines régions de Fenoarivo Atsananana (PHOTO N° 14) et l'abondance de cette espèce sur des sols alluvionnaires favorables aux cultures nous permettent de dire que cette méthode peut convenir au Hintsy et peut donc être envisagée pour la conservation de la forêt dans la zone de basse altitude.

Pour sa réalisation, on introduira des caféiers sous le peuplement de Hintsy après la dernière éclaircie, sous forme de plantation connue sous le nom de "Voly tsofotra" par les paysans. Par cette méthode, la plantation de caféiers bénéficiera de la fertilisation du sol due au Hintsy.

Sur sols alluvionnaires plus fertiles où la concurrence entre forêt et agriculture s'exerce fréquemment, la méthode de cultures intercalaires en bandes nous semble adoptable.

#### Technique de la méthode :

Les cultures agricoles comme les Bananiers seront installées dans des bandes comportant trois lignes de plants espacées de 3 m en tous sens. La largeur des bandes sera donc de 12 m (SCHEMA 3).

Ces bandes seront nettoyées par coupe rase. ...



PHOTO N° 14 : Culture de caféiers profitant de l'humus  
et de l'ombrage offert par le Hintsy.

Cliché J.R. mars 1982.



Les bandes intercalaires de 6 m de large, seront réservées à la plantation de 2 rangées de Hintsy espacées de 3m. Les plants seront plantés tous les 2 m dans l'axe des layons qui ont 0.5 à 1 m de large ouverts à l'intérieur de ces bandes intermédiaires.

Les recrûs devront être maintenus dans ces bandes intercalaires. Les travaux d'entretien comprendront le nettoyage périodique des bandes de cultures agricoles pour favoriser la production et l'exposition du Hintsy à la lumière.

#### 4.1.3.4. Réalisation des techniques d'enrichissement.

Les travaux d'enrichissement de la forêt naturelle à Madagascar se sont souvent heurtés au problème financier. A notre avis, l'insertion d'une clause de sylviculture dans les permis d'exploitation forestière et dans les permis de coupe sera une solution du problème si elle est appliquée strictement. Cette clause doit prévoir la prise en charge par les exploitants forestiers du nettoyage des terrains à enrichir et de l'ouverture des layons. Ainsi, les travaux des forestiers se réduisent à la production des plants, à la plantation et aux travaux d'entretiens.

S'il n'est pas possible aux exploitants de faire tous les travaux de nettoyage et de préparation du terrain, on peut faire appel aux charbonniers pour transformer les résidus de l'exploitation en charbon de bois. Ces charbonniers bénéficieront des prix de leurs produits, mais en revanche, ils doivent participer à l'ouverture des layons et à la plantation.

Cette méthode de travail a déjà été appliquée et l'est d'ailleurs encore à la Station d'Antetozana pour la plantation de conversion en Pinus caribea (plantation conservatoire). Là, les charbonniers produisent du charbon à partir des bois issus du nettoyage du terrain de plantation et perçoivent les prix de leurs produits. En contre partie, ils ont l'obligation de participer aux travaux de piquetage, de trouaison et de plantation. Les transactionnaires peuvent fournir aussi

...



une main d'oeuvre importante pour les travaux sylvicoles. L'exemple le plus frappant que nous ayons vu est la réalisation à faux frais et sans dépense aucune pour l'Etat de près de 4 000 Ha d'embroussaillage en Grevillea blanc dans la région d'Ambila. Pourtant, la mise en pratique de la transaction connaît ces dernières années une nette régression pour diverses raisons résultant notamment de la confusion des responsabilités.

La meilleure solution consisterait cependant à laisser au Service des Eaux et Forêts la gestion totale des forêts appartenant à l'Etat malagasy depuis la plantation jusqu'à la vente des produits.

En effet, les forestiers spécialisés dans les améliorations forestières sont plus soucieux du capital que les exploitants qui ne cherchent souvent qu'à maximaliser leur bénéfice et partant à réduire au plus leurs dépenses d'entretien ou de restauration des forêts qu'ils exploitent.

Ainsi, une politique forestière visant à créer un Office des Forêts ou une Entreprise socialiste de gestion des forêts donnera une nouvelle orientation à la gestion de nos forêts. Dans ces entreprises, les forestiers agiront comme des propriétaires et pourront définir et accomplir au moment opportun les différents travaux nécessaires parce qu'ils auront à établir dans ce sens leur budget. Actuellement en effet, le déblocage tardif du Budget de l'Etat ainsi que son insuffisance entravent largement l'exécution des opérations sylvicoles. La plupart d'entre elles ne sont pas commencées en temps voulu et d'autres ne peuvent même pas être exécutées. L'économie nationale en sera tôt ou tard influencée.

On pourra aussi créer des chantiers-pilotes dans lesquels on appliquera la méthode sylvo-agricole ou la méthode agro-sylvo-pastorale. Nous n'ignorons pas que la conscientisation de la population pour adopter une nouvelle technique est une entreprise très difficile parce que les paysans veulent des preuves concrètes avant d'abandonner les méthodes traditionnelles. L'encadrement et la conscientisation sont donc à la fois d'ordres technique et psychologique. En voyant des exemples

...

concrets et en bénéficiant des résultats obtenus, les paysans<sup>se</sup> décideront à se soumettre aux directives des techniciens. C'est dans ce sens qu'il faudrait orienter leur participation à la restauration forestière à Madagascar.

Conclusions: Les techniques sylvicoles que nous avons été amené à préconiser dans ce chapitre ne sont pas encore toutes réellement au point à Madagascar. Il y en a même qui n'ont pas été pratiquement essayées mais qui ont donné de bons résultats dans certains pays ayant à peu près les mêmes conditions que la zone orientale de notre Ile. Devant cet état de fait, il faut à notre avis donner priorité aux recherches et leur consacrer les moyens nécessaires. Le noeud gordien réside cependant dans le financement et l'avenir de nos forêts, en particulier des forêts littorales de la Côte Est exploitées et surexploitées de tout temps en dépend.

Nous préconisons la restauration des "Savoka" et l'enrichissement en Hintsy des forêts exploitées puisque l'enrichissement des forêts vierges ou inaccessibles serait pour le moment impossible.

#### 4.1.3.5. Coût des opérations d'enrichissement.

##### a.- par la méthode des placeaux denses.

D'après les calculs faits par BROUARD sur les dépenses dans le chantier d'Analalava-Foulpointe, on a comme coût des opérations d'enrichissement d'un hectare par la méthode des placeaux denses et cela pendant deux ans (1969-1971) :

##### Frais généraux:

. Main d'oeuvre - matériel ..... 240 Hommes/jours.

##### Autres frais :

. Production de plants, placeaux  
entretiens etc ..... 180 H/J.

Total: ..... 420 H/J.

Remarque: Les frais généraux pourraient être réduits dans une opération

...

à grande échelle.

b.- par la méthode des layons .

Selon KIENER, le coût des travaux pour enrichir 1 Ha avec 5 000 Hintsy est de :

. Ouverture des layons .....	30 Hj.
. Etablissement des potets .....	19 Hj.
. 100 Kgs de graines à récolter .....	4 Hj.
. Semis .....	4 Hj.
	<hr/>
	57 Hj.

auquel il faut ajouter les travaux d'entretien et d'éclaircies jusqu'à 20 ans qui exigent 40 Hj. Les éclaircies ultérieures nécessitent un travail de 10 Hj environ jusqu'à l'âge de 50 ans. Ainsi le coût des travaux à l'hectare est de 107 Hj.

Suivant la méthode de travail appliquée actuellement à Tampolo, nous avons trouvé les chiffres suivants comme coût des opérations pour une plantation de 1 500 plants à l'hectare :

. Ouverture des layons à raison de 200 m par homme par jour, soit par Ha .	16 Hj.
. Etablissement des potets, repiquage des plantules et plantation, 2 ouvriers par layon .....	32 Hj.
. Entretien :	
- 3 dégagements 1ère année (8Hj par opération) .....	24 Hj.
- 2 dégagements par an 2è et 3è année (8 Hj par opération) .....	32 Hj.
- Autres travaux d'entretien jusqu'à l'âge de 10 à 15 ans (dégagement et délianage) .....	12 Hj.
	<hr/>
. Total .....	116 Hj.

...

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Face aux activités de défrichement et d'exploitation abusive qui, au fil du temps, détruisent la forêt orientale de Madagascar dont la forêt littorale, les autorités compétentes se doivent de prendre des mesures draconniennes sinon se sera la catastrophe pour la Nation entière. En effet, nous savons tous que la disparition de la végétation accélère la dégradation des sols, source de vie et de production.

Pour faire face à ce fléau, le Service des Eaux et Forêts n'a pas hésité à prendre depuis plusieurs années certaines dispositions, en l'occurrence, la restauration forestière. Nous constatons cependant que les travaux d'enrichissement effectués sont encore très insuffisants par rapport à l'importance de la superficie totale à traiter.

Malgré les efforts déployés par des générations de forestiers dans cette région, l'amélioration du peuplement forestier y est encore incomplète. Les forestiers doivent donc se manifester avec beaucoup plus d'énergie parce que la route est encore longue. Or, ils ne peuvent vraiment agir que s'ils disposent de moyens financiers et techniques nécessaires, d'où le rôle important du Gouvernement et de la Recherche.

A propos de l'enrichissement ou de la restauration proprement dits des forêts, le choix des essences à utiliser est délicat. Il est certes intéressant de planter des essences exotiques à croissance rapide comme les Résineux et les Eucalyptus de diverses espèces, parce qu'elles assurent une production rapide et les conditions naturelles de cette zone sont favorables à certaines d'entre elles. Mais est-ce là une raison suffisante pour remplacer systématiquement les forêts naturelles par ces espèces exotiques ? Nous pensons que l'extension des plantations d'exotiques comme Pinus caribea ne doit pas se faire au détriment de la restauration de la forêt côtière sur sable. Il existe en effet, entre Toamasina et Fenoarivo Atsinanana, pour ne pas aller plus loin, des milliers d'hectares de terrains déforestés qui conviendraient bien

...

aux reboisements en Pinus ou en Eucalyptus.

Nous pensons que c'est une hérésie de s'enthousiasmer pour l'élimination de la forêt naturelle au profit de ces essences exotiques qui viennent bien sur les sols de savane.

Nous ne nions pas le fait que les espèces locales ont une croissance lente, mais il ne faut pas d'emblée et pour autant conclure qu'elles ne seront pas bénéfiques pour l'Économie du Pays. Il ne faut pas en effet ignorer que la forêt naturelle possède un potentiel économique considérable eu égard à la valeur de certaines espèces. Le Hintsy, essence de deuxième catégorie par exemple, a déjà connu la réputation de bois d'exportation et qui sait si ce bois précieux ne s'allignera pas un jour parmi les plus prisés sur le marché international du bois. Or, le rôle du forestier n'est-il pas un peu aussi de préparer sinon de prévoir l'avenir ?

Mais l'intérêt des travaux d'enrichissement avec les essences autochtones comme le Hintsy réside aussi dans la conservation de la flore et de la faune qui, à travers le monde, font la renommée de notre Ile. La présence de Lémuriens endémiques comme Avahi laniger (Fotsiefaka), Lemur fulvus (Vatika), Microcebus murinus (Tsidy) dans la forêt de Tampolo, Hapalemur griseus (Bokombolo) et de l'Oiseau protégé Lophotibis cristata (Akoholahinala) dans les peuplements forestiers d'Antetozana et ses environs, l'existence de nombreuses Orchidées dans les forêts naturelles notamment à Ambila Lemaitso, la vie possible du fameux Daubentonia madagascariensis (Aye-Aye) à Mahambo militent en faveur du maintien de la forêt naturelle par voie d'enrichissement avec des essences autochtones de valeur.

Par ailleurs, si on arrivait à aménager des lieux touristiques dans ces domaines forestiers, citons par exemple le Lac Tampolo et le lac Ampitabe (Ankanin'ny nofy), le tourisme international et le tourisme scientifique pourraient constituer pour nous une ressource supplémentaire en devises.

Les observations personnelles, les essais et les études entre-

...

pris à l'occasion de ce Mémoire ont humblement pour objectifs de contribuer à la mise au point de la sylviculture du Hintsy et d'orienter les sylviculteurs dans leurs travaux.

Parvenu au terme de notre travail, nous constatons que de nombreux problèmes restent encore à résoudre dont notamment les problèmes d'ordres génétique et physiologique; le problème de la détermination des caractéristiques de nutrition de cette espèce et surtout le problème dû à l'action de divers facteurs sur la production.

Comme avec les données et nos connaissances actuelles nous ne sommes pas en mesure de fournir solutions à ces problèmes qui nécessitent des études plus approfondies et de nouvelles méthodes d'analyses de données, nous faisons appel pour que des travaux de recherche auxquels nous participerions volontiers, soient faits dans ce sens car on n'arrête pas facilement ce que l'on a commencé.

Nous pensons avoir fait oeuvre utile si, par cette modeste contribution, nous avons réussi à attirer l'attention des responsables sur l'intérêt de la forêt naturelle et sur l'espèce dénommée :

Intsia bijuga (Colebr) O.K.

Antananarivo 27 Novembre 1982.

----- o o o -----

= BIBLIOGRAPHIE =

- ALDER (D.) - 1980  
Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers.  
Etude F.A.O., Vol.2-22/2.
- BECKER - 1979  
Une étude phyto-écologique sur les plateaux calcaires du Nord-Est (Massif de Haye 54).  
Ann. des Sc. Forest. Vol.36, 2, E.N.G.R.E.F & C.N.R.F.
- BENZECRI (J.P.) - 1976  
L'analyse des données  
I., Taxinomie; II., Analyse des correspondances ; (2 tomes)  
Dunod, PARIS.
- (1951) Fiche botanique du Hintsy  
B.F.T. , 16, 17.
- BROUARD (N.R.) - 1972  
Etudes sylvicoles des Forêts Naturelles de Madagascar.  
Etude F.A.O. P.N.U.D.
- CABANON (Y.) - 1969  
Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes.  
Tome I. B.D.P.A. MADAGASCAR.
- CATINOT (R.) - 1965  
Sylviculture tropicale en forêt dense africaine  
B.F.T. 100, 101, 102, 103, 104.
- CAUVIN (B.)- MARIEN (J.N.) - 1978  
Multiplication végétative des Eucalyptus en France. Quelques aspects de la juvénilité et de la réjuvenilisation.  
Ann. des rech. Forest. AFOCEL.
- DELORD (J.M.) -  
Monographie de la Côte Est de Madagascar.  
Bull. Techn. n° 2, E. & F. et Cons. des sols. MADAGASCAR.
- DUBOIS (J.M.) - 1977  
Etude sur essais sur taillis de charme dans le Nord-Est de la France.  
Ann. de rech. forest. AFOCEL.

DURAND (E.) - 1974

Solutions numériques des équations algébriques.  
Masson & C<sup>o</sup>, FRANCE

GACHET (Bhr.) - 1971

Premiers résultats d'une période d'observations phéno-  
logiques à Foulpointe. C.T.F.T. S/F. n<sup>o</sup> 50.

GUENEAU (P.) - 1969

Propriétés physiques et mécaniques des bois malgaches.  
C.T.F.T.

I.R.H.O. - 1967

Projet de création d'une nuciculture industrielle  
dans la région de SAMBAVA.  
T. III : Etude pédologique. n<sup>o</sup> 25.

KIENER (A.) - 1954

Note sur le Hintsy  
B.F.T., 38.

LEBRUN (C.) - 1970

Prétraitement des graines de Douglas à l'eau oxygénée.  
Rev. forest. franç. (R.F.F.), 4 juil. Aoû.

LERDY (D.J.) - 1976

La sylviculture de l'Okoumé.  
T. I. C.T.F.T.

MARTIN (B.) - QUILLET (G.) - 1974

Le bouturage des arbres forestiers au Congo.  
B.F.T., 154 - 157.

PAIRAUDEAU (C.) - 1966

Contribution à l'étude des principales associations  
végétales de l'étage alpin dans la chaîne des Aravis,  
Haute-Savoie.

Ann. des Sc. forest. E.N.G.R.F. & C.N.R.F.

ANDRIANIRINA (G.) - 1970

Production de plants de certaines essences autochtones et  
utilisations possibles en enrichissement des forêts.  
Communic. PROFORETS TOAMASINA.

...



- PARDE (J.) - 1961  
Dendrométrie  
E.N.E.F. NANCY. FRANCE.
- DE LA BATHIE (P.) - 1936  
Biogéographie des plantes de Madagascar.  
Soc. d'éd. géogr. maritimes et coloniales.
- PERRIN (H.) - 1963  
Sylviculture.  
T. I : Bases scientifiques de la Sylviculture.  
E.N.E.F. NANCY
- PERRIN (H.) - 1964  
Sylviculture.  
T.II : Théories et pratiques des techniques sylvicoles.  
E.N.E.F. NANCY
- RAKOTO RATSIMAMANGA (A.) - 1968  
Nouveau catalogue des noms malagasy des végétaux.  
I.M.R.A.
- RAKOTOMANANA (J.L.) - 1974  
Etudes pédologiques : Projet d'extension de l'Opération  
Cocottiers, Sambava.  
CENRADERU.
- RAKOTOMANAMPISON (A.) - 1974  
Pratiques des calculs dans certains dispositifs statistiques.  
D.R.F.P.
- SABOUREAU - 1949  
Le Hintsy.  
Bull. agric. de Madagascar.
- WRIGHT (W.J.) - 1963  
Aspects génétiques de l'amélioration des arbres forestiers.  
Etude F.A.O., n° 16.
- METEOROLOGIE NATIONALE - 1976.  
Evapotranspiration potentielle et bilan hydrique à  
Madagascar.
-

ANNEXES

. DONNEES METEOROLOGIQUES : 1931 - 1970.

A.I.1.

- AMBANJA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations : mm	518	443	303	145	47	32	24	38	40	65	177	323
Températures moyennes °C	27	27	27	27	26	24	24	24	25	26	27	27
E.T.P.	157	141	156	141	122	96	88	94	111	139	153	164
Réserve en eau utile à la végétation :R.E.U.V.	100	100	100	100	25	0	0	0	0	0	24	100

- SAMBAVA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations	296	273	209	230	146	153	145	156	102	98	131	240
Températures moyennes	27	27	27	26	25	23	22	22	23	24	25	26
E.T.P.	159	139	149	125	107	83	76	79	84	104	123	146
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100

- ANTALAHA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations	260	246	267	281	150	162	148	132	104	76	114	211
Températures moyennes	26	26	26	25	24	23	22	22	22	23	24	26
E.T.P.	145	129	136	115	100	79	72	75	79	97	114	136
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	79	78	100

- MARDANTSETRA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations	386	421	490	476	366	333	336	243	137	84	137	293
Températures moyennes	27	27	26	25	23	22	21	21	22	23	25	26
E.T.P.	158	135	142	117	92	73	67	69	75	96	120	145
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	89	100	100

...

- FENOARIVO ATSIANANA.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	A
Précipitations	340	419	407	276	182	169	153	146	118	111	156	251
Températures moyennes	27	26	26	25	23	22	21	21	22	23	25	26
E.T.P.	153	132	136	111	90	71	65	68	76	95	120	143
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

- TOAMASINA.

Précipitations	405	418	514	323	275	270	233	190	137	92	191	248
Températures moyennes	27	27	26	25	23	22	21	21	22	23	25	26
E.T.P.	156	135	137	111	90	70	66	69	78	98	121	144
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	100	100

- BRICKAVILLE.

Précipitations	345	395	537	236	199	231	196	171	118	78	147	230
Températures moyennes	27	26	26	24	23	21	20	20	22	23	24	26
E.T.P.	154	131	130	102	85	64	61	62	75	92	116	144
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87	100	100

- MAHANORO.

Précipitations	360	396	537	268	223	215	215	160	115	100	148	220
Températures moyennes	26	26	26	25	23	21	21	21	21	23	24	25
E.T.P.	147	128	129	107	85	65	62	66	75	94	114	138
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

- VATOMANDRY.

Précipitations	351	395	511	280	226	277	197	180	120	78	149	231
Températures moyennes	27	26	26	25	23	22	21	21	22	23	25	26
E.T.P.	154	132	133	109	88	67	64	67	76	98	118	144
R.E.U.V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100	100

...

FORMULAIRE MATHEMATIQUE D'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES.

I. Formulaire général:

(1)  $K(i) = \sum_j k(i,j) =$  somme des éléments d'une ligne : e.g. Tab. X.  
= 349

(2)  $K(j) = \sum_i k(i,j) =$  somme des éléments d'une colonne: e.g. Tab. X.  
= 5

(3)  $K = \sum_{i,j} k(i,j) =$  somme totale : e.g.  $K = 1\ 653$

(4)  $f(i/j) = k(i,j)/k(j) =$  fréquence conditionnelle de i quand j

(5)  $f(j/i) = k(i,j)/k(i) =$  fréquence conditionnelle de j quand i

(6) et (7)  $f(i) = k(i)/k$  ;  $f(j) = k(j)/k$  ;  $f(i,j) =$  fréquence.

Si l'on avait l'identité rigoureuse, on aurait :

$$\forall i,j \quad f(i,j) = f(i) \times f(j).$$

II. Formule pour le calcul des nombres  $s(i,i')$  éléments de la matrice S.

$$(8) \quad s(i,i') = \sum_j (k(i,j).k(i',j)/k(j).k(i).k(i'))^{\frac{1}{2}}$$

Résultats cf. Page 45.

III. Diagonalisation de la matrice carrée et calcul des valeurs propres.

Cette diagonalisation a été effectuée selon la méthode de JACOBI (cf. E. DURAND), in. "Solutions des équations numériques, T. II).

La méthode est itérative. Pratiquement les valeurs des éléments diagonaux se stabilisent à la 3<sup>e</sup> itération.

- Contrôle des calculs : les traces des matrices transformées doivent avoir la même valeur à la fin de chaque itération. Les éléments diagonaux fluctuent et se stabilisent tandis que les éléments extradiagonaux s'annulent au fur et à mesure.

IV. Calcul des valeurs propres  $\lambda_u$  (cf. E. DURAND).

Méthode :

On résoud à chaque fois le système d'équations linéaire d'ordre n; U étant la matrice unité.

$$(S - \lambda U) \begin{bmatrix} C \\ a_{n,1} \\ L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ x^r_u \end{bmatrix} = 0 \quad \text{où}$$

$$C = \begin{bmatrix} (s_{11} - \lambda_u) \\ s_{21} \\ s_{31} \\ \vdots \\ s_{n-1,1} \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} s_{1,2} & s_{1,3} & \dots & s_{1,n} \\ (s_{22} - \lambda_u) & s_{2,3} & \dots & s_{2,n} \\ s_{32} & (s_{33} - \lambda_u) & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ s_{n-1,2} & s_{n-1,3} & \dots & (s_{n-1,n-1} - \lambda_u) \end{bmatrix}$$

$$L = [s_{n,2}, s_{n,3} \dots (s_{n,n} - \lambda_u)] \quad \text{et}$$

$$X'_u = \begin{bmatrix} x_{2u} \\ x_{3u} \\ \vdots \\ x_{nu} \end{bmatrix}$$

- Résultats après les résolutions des 4 systèmes d'équations :

- Vecteurs propres X<sub>u</sub> :

1.000 000 000	1.000 000 000	1.000 000 000	1.000 000 000
0.846 278 7892	-0.353 145 7141	6.691 417 5180	-6.857 444 5230
0.984 661 4976	-0.103 589 0444	2.768 463 5460	-12.709 897 0697
1.087 753 3190	-0.297 405 4803	4.152 327 9730	0.056 424 7366
1.003 712 3400	-0.274 616 8600	0.577 758 4454	17.193 053 5000
X1	X2	X3	X4

V. Normalisation des vecteurs propres :  $\theta_u = \frac{X_u}{\|X_u\|}$

0.452 846 1751	0.877 291 8740	0.118 665 5552	0.044 491 9146
0.383 234 1128	-0.309 811 8654	0.794 040 7746	-0.305 100 8359
0.445 900 1930	-0.090 877 8269	-0.328 521 2637	-0.565 487 6547
0.492 584 9300	-0.260 911 4112	-0.492 738 3041	0.002 510 4446
0.454 527 2941	-0.240 919 1397	0.068 560 0267	0.764 951 8695
θ1	θ2	θ3	θ4

VI. Contrôle des calculs :

On peut à ce stade vérifier la précision et l'exactitude des calculs. Si chaque valeur de  $\lambda_u$  et chaque vecteur propre qui lui est associé sont justes, les produits scalaires :

$$\sum_j s'_{i,j} \cdot X_{jk} \quad \text{doivent être nuls}$$

On a les valeurs suivantes pour les 4 vecteurs propres trouvés :

...



0	$- 9.97 \times 10^{-12}$	$- 1.6 \times 10^{-12}$	$- 5 \times 10^{-12}$
0	0.000 000 0573	$- 9.0 \times 10^{-13}$	$- 6 \times 10^{-12}$
0	$8.2 \times 10^{-13}$	$- 2.0 \times 10^{-13}$	$- 4 \times 10^{-12}$
0	$1.8 \times 10^{-13}$	$- 1.0 \times 10^{-13}$	$- 7 \times 10^{-12}$
0	0.000 000 0004	0. 000 000 0001	0. 000 000 0205

Résultats :

- 1ère itération : Trace: 1.778 928 1741

1.2111920640				
-0.0606076887	0.2375572446			
0.0165842495	-0.014 6858613	0.1695615693		
0.0131718695	-0.0059433425	0.0003770698	0.0527722228	
-0.0289091907	0.0028621514	-0.0002013177	0	0.1078450744

- 2è itération : Trace : 1.778 928 1757

1.2161593650				
0.0003071587	0.2367050030			
-0.0000679104	-0.0000273722	0.1665199202		
0.0000177892	0.0000029420	-0.0000030018	0.0524 67881	
0.0000027393	0.0000002036	0.0000000202	0	0.1070760055

- 3è itération : Trace : 1.778 928 175

1.2161594660				
-0.0000000018	0.2367049174			
-4.4704476.10 <sup>11</sup>	0.0000000004	0.1665199052		
3.0137814.10 <sup>14</sup>	-0.0000000000	0	0.0524 678813	
-0.0000000000	0.0000000000	0	0	0.1070760055

Les valeurs propres ne sont autre que les éléments de la diagonale de la matrice après la troisième itération.

VII. Calcul des facteurs (Fu, Gu) : coordonnées.

Au vecteur propre  $u(i)$  correspond un facteur, c'est-à-dire un couple de fonctions (Fu, Gu); Fu sur I et Gu sur J, données par les formules.

$$Fu(i) = \frac{u(i)}{\lambda} \cdot (f(i))^{1/2} = \lambda^{-1/2} \sum_j Gu(j) \cdot f(j/i)$$

$$Gu(i) = \lambda^{-1/2} \cdot \sum_j f(i/j) \cdot Fu(i)$$

...

- MENSURATIONS SUR RAMIKELY EFFECTUEES DANS 48 PLACEAUX : AMBILA - LEMAITSO.

H: (m)	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	10 1/2	11	11 1/2	12	12 1/2	13	13 1/2		
0 - 5	5	12	11	16	16	18	3																				8x	81
5 - 10			3	5	21	36	39	29	14	10	3																	160
10 - 15			1					1	9	27	16	6	2															63
15 - 20								1	1	3	2				3	2	2											14
20 - 25													1		1	2	4	1			1							10
25 - 30																3	2	3	1									10
30 - 35																1	1	1	2	3	1							9
35 - 40																					2	1			3			7
40 - 45																					1	1	1	1	2	2		8
<b>5</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>362</b>	

- ESTIMATIONS DES PRODUCTIONS DANS LES PARCELLES DES STATIONS.

- NOTATIONS ET FORMULES.

n = nombre total des arbres mesurés

n<sub>i</sub> = fréquence

$\bar{c}$  = circonférence moyenne

$\sigma^2$  = variance

C<sub>var</sub> = coefficient de variation

E.T. = écart-type de la moyenne

e = erreur

d = densité par hectare

s = surface totale des placettes

$\bar{G}$  = surface terrière moyenne

G/Ha = surface terrière par hectare

$\Delta\bar{c}$  = accroissement moyen annuel en circonférence

-----

$$\bar{c} = (\sum n_i c_i) / \sum n_i$$

$$\sigma^2 = ((\sum n_i (c_i - \bar{c})^2) / (n-1))$$

$$\sigma = (\sigma^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{G} = (\sum n_i G_i) / \sum n_i$$

$$G / Ha = (\sum n_i G_i) / s$$

$$C_{var} = (\sigma \times 100) / \bar{c}$$

$$E.T. = C_{var} / (n)^{\frac{1}{2}}$$

$$e = 12 \times E.T.$$

$$\Delta c / an = \bar{c} / Nb \text{ années}$$

$$d = \sum n_i / s$$

...



AMBILA - LEWAITSO : ENVIRON 50 ANS.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
40	3	127.5	3 847.0683	431.2094
45	2	95.0	1 898.5122	359.0925
50	3	157.5	1 998.4683	658.0047
55	6	345.0	2 598.3366	1 578.6144
60	18	1 125.0	4 499.2098	5 595.2779
65	12	810.0	1 402.2732	4 350.8881
70	14	1 015.0	4 472.5854	5 855.8935
75	9	697.5	5.9049	4 301.6496
80	15	1 237.5	263.3415	8 124.3435
85	3	262.5	253.3683	1 827.7908
90	10	925.0	2 013.5610	6 808.8315
95	7	682.5	2 577.7927	5 295.3710
100	3	307.5	1 755.4623	2 508.1766
105	4	430.0	3 408.2244	3 678.4600
110	2	225.0	2 337.9122	2 014.3000
115	3	352.5	4 607.5683	3 295.9917
120	3	367.5	5 858.2683	3 582.4699
	117	9 162.5	39 797.8640	60 266.3650

$\bar{c}$	=	78.31 cm
$\sigma^2$	=	343.09
$\sigma$	=	18.52 cm
d	=	936 arbres/ha
C <sub>var</sub>	=	23.65 %
E.T.	=	2.19 %
e	=	± 4.38 %
$\Delta C$	=	1.57 cm/an
$\bar{c}$	=	515.097 cm <sup>2</sup>
G/ha	=	24.1065 m <sup>2</sup> /ha

ANTETEZANA . PARCELLE B 14 ; PLANTATION : 1939.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
10	-	-	-	-
15	3	52.5	4 414.4688	73.1115
20	4	90.0	4 451.5584	161.1440
25	7	192.5	5 530.0272	421.2621
30	16	520.0	8 731.0336	1 344.8560
35	27	1 012.5	9 101.4192	3 021.4512
40	25	1 062.5	4 462.2400	3 593.4125
45	32	1 520.0	2 236.4672	5 745.4816
50	29	1 522.5	327.3984	6 360.7121
55	42	2 415.0	112.9632	11 050.3010
60	53	3 312.5	2 336.7488	16 474.9860
65	39	2 632.5	5 284.0944	14 140.3860
70	26	1 885.0	7 199.1296	10 875.2310
75	8	620.0	3 746.3168	3 823.6888
80	10	825.0	5 416.2290	7 096.8960
85	5	437.5	5 005.4480	3 046.3180
90	3	277.5	4 027.4688	2 042.6493
95	-	-	-	-
Σ	329	18 377.5	74 063.6780	87 591.215

$\bar{c}$	=	55.86 cm
$\sigma^2$	=	225.80
$\sigma$	=	15.03
$\bar{G}$	=	266.2347 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	43.79 m <sup>2</sup> /Ha
C <sub>var</sub>	=	26.91 %
E.T	=	1.48 %
e	=	± 2.96 %
$\Delta\bar{c}/an$	=	1.33 cm/an
d	=	1 645 arbres/He

...

ANTETEZANA : PARCELE B 13 : PLANTATION 1939.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
10	1	12.5	1 584.04	12.4340
15	2	35.0	2 422.08	48.7410
20	5	112.5	4 440.20	201.4300
25	2	55.0	1 230.08	120.3606
30	11	357.5	4 312.44	924.5885
35	16	600.0	3 504.64	1 790.4896
40	18	765.0	1 728.72	2 587.2570
45	15	712.5	345.60	2 693.1945
50	20	1 050.0	0.80	4 386.6890
55	33	1 897.5	892.32	8 682.3792
60	24	1 500.0	2 496.96	7 460.3712
65	13	877.5	3 003.52	4 713.4620
70	9	652.5	3 672.36	3 764.5029
75	3	232.5	1 905.12	1 433.8833
80	1	82.5	912.04	541.6229
85	3	262.5	3 717.12	1 827.7908
90				
95				
$\Sigma$	176	9 205.0	36 168.04	41 189.2060

$\bar{c}$	=	52.30	cm
$\sigma^2$	=	206.67	
$\sigma$	=	14.38	
d	=	1 760	arbres/ha
C <sub>VAR</sub>	=	27.49	%
E.T.	=	2.07	%
e	=	±	4.14 %
$\Delta \bar{c}$	=	1.24	cm
$\bar{G}$	=	234.0295	cm <sup>2</sup>
G/ha	=	41.19	m <sup>2</sup> /ha

...

ANTETEZANA : PARCELLE B 12 : PLANTATION 1942.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
10	4	50.0	5 405.1904	49.7360
15	12	210.0	12 104.3710	292.4460
20	11	247.5	7 877.0736	443.1460
25	15	412.5	7 102.4640	902.7045
30	23	747.5	6 460.6448	1 933.2303
35	12	450.0	1 659.5712	1 342.8672
40	31	1 317.5	1 416.6256	4 455.8315
45	25	1 187.5	77.4400	4 488.6575
50	34	1 785.0	356.9184	7 457.3866
55	46	2 645.0	3 123.2896	12 102.7100
60	32	2 000.0	5 609.5232	9 947.1060
65	19	1 282.5	6 321.2544	6 888.9060
70	8	580.0	4 320.7808	3 346.2248
75	9	697.5	7 177.4784	4 301.6496
80	4	330.0	4 419.5904	2 166.4916
85	-	-	-	-
90	2	95.0	3 739.3952	1 218.5272
$\Sigma$	287	14 137.5	77 171.6110	61 337.6770

c	=	49.26 cm
$\sigma^2$	=	269.83
$\sigma$	=	16.43
d	=	1 913 arbres/HA
C <sub>var</sub>	=	33.35 %
E.T.	=	1.97 %
e	=	± 3.94 %
$\Delta \bar{c}$	=	1.26 cm/an
$\bar{G}$	=	213.7201 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	40.89 m <sup>2</sup> /Ha

ANTETEZANA : PARCELLE B 11 : PLANTATION 1942.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (m <sup>2</sup> )
10	2	25.0	2 809.5008	24.8680
15	14	245.0	14 769.3056	341.1876
20	9	202.5	6 796.3536	362.5740
25	9	247.5	4 548.1536	541.6227
30	27	877.5	8 249.8608	2 269.4445
35	18	675.0	2 803.5072	2 014.3008
40	23	977.5	1 286.8592	3 305.9395
45	25	1 187.5	153.7600	4 488.6595
50	28	1 470.0	177.8112	6 141.3772
55	39	2 242.5	2 205.4652	10 260.9940
60	39	2 437.5	6 113.2656	12 123.1060
65	15	1 012.5	4 604.2560	5 438.6100
70	10	725.0	5 071.5040	4 182.7810
75	7	542.5	5 301.4528	3 345.7277
80	8	660.0	8 460.4032	4 332.9832
85	2	175.0	2 815.5008	1 218.5272
90	1	92.5	1 807.9504	680.8831
	276	13 795.0	77 974.9100	61 073.5840

$\bar{c}$	=	49.98 cm
$\sigma^2$	=	283.54
$\sigma$	=	16.84
d	=	1 840 arbres/Ha
C <sub>Var</sub>	=	33.69 %
E.T.	=	2.03 %
e	=	± 4.06
$\Delta\bar{c}$	=	1.28 cm/an
$\bar{G}$	=	221.2811 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	40.72 m <sup>2</sup> /Ha

AN TETEZANA : PARCELLE B 10 : PLANTATION 1943.

c (cm)	$n_i$	$n_i c_i$	$n_i (c_i - \bar{c})^2$	G (cm <sup>2</sup> )
10	7	87.5	7 567.6608	87.0380
15	21	367.5	16 323.1820	511.7806
20	19	427.5	9 946.3936	765.4340
25	14	385.0	4 475.7216	842.5242
30	23	747.5	3 815.5712	1 933.2305
35	28	1 050.0	1 738.6432	3 133.3558
40	33	1 402.5	273.7152	4 743.3045
45	21	997.5	94.3824	3 770.4723
50	32	1 680.0	1 622.2208	7 018.7168
55	44	2 530.0	6 463.3536	11 576.5060
60	19	1 187.5	5 568.7936	5 906.1272
65	17	1 147.5	8 318.0048	6 163.7580
70	11	797.5	8 090.4384	4 601.0591
75	6	465.0	6 190.1664	2 867.1666
80	2	165.0	2 755.1888	1 083.2458
85	1	87.5	1 774.0944	609.2636
$\Sigma$	298	113 525.0	85 018.1310	55 616.5840

$\bar{c}$	=	45.38 cm
$\sigma^2$	=	286.26
$\sigma$	=	16.92
d	=	1 987 arbres/Ha
C <sub>var</sub>	=	37.28 %
E.T.	=	2.16 %
e	=	± 4.32 %
$\Delta \bar{c}$	=	1.23 cm/an
$\bar{G}$	=	186.6227 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	37.08 m <sup>2</sup> /Ha

...



ANTETEZANA : PARCELLE B 9 : PLANTATION 1944-1945.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	$\sum (c_i)^2$
10	9	112.9	8 643.4209	11 9060
15	15	262.9	10 132.2020	365.5575
20	22	495.0	9 692.7622	886.2920
25	13	357.5	3 323.8413	782.3439
30	27	877.5	3 261.0627	2 269.4445
35	36	1 350.0	1 291.6836	4 028.6016
40	23	977.5	22.5423	3 305.9395
45	37	1 757.9	594.9637	6 643.2131
50	39	2 047.5	3 166.0239	8 554.0611
55	38	2 185.0	7 458.6438	9 997.8912
60	18	1 125.0	6 504.8418	5 595.2784
65	13	877.5	7 494.2413	4 713.4620
70	11	797.5	9 257.3811	4 601.0591
75	13	1 007.5	15 036.8410	6 213.4943
80	5	412.5	7 608.9005	2 708.1145
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
95	2	95.0	3 873.7602	1 218.5272
$\Sigma$	321	13 960	97 363.1102	56 751.5140

$\bar{c}$	=	43.49 cm
$\sigma^2$	=	304.26
$\sigma$	=	17.44
d	=	2 140 arbres/Ha
C <sub>var</sub>	=	40.10 %
E.T.	=	2.24 %
e	=	± 4.48 %
$\Delta \bar{c}$	=	1.17 cm/an
$\bar{c}$	=	176.796 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	37.83 m <sup>2</sup> /Ha

...

ANTETEZANA : PARCELLE B 8 / PLANTATION 1949.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - c̄) <sup>2</sup>	g (cm <sup>2</sup> )
10	13	162.5	10 016.0290	161.6414
15	20	350.0	10 360.3520	487.4109
20	23	517.5	7 254.6048	926.5780
25	28	770.0	4 558.8928	1 685.0490
30	36	1 170.0	2 167.8336	3 025.9263
35	25	937.5	190.4400	2 797.6389
40	41	1 742.5	205.7216	5 893.1953
45	34	1 615.0	1 782.1984	6 104.5725
50	33	1 732.5	4 943.9808	7 238.0515
55	19	1 092.5	5 647.1344	4 998.9456
60	14	875.0	6 924.6464	4 351.8628
65	10	675.0	7 420.1760	3 625.7401
70	5	362.5	5 197.0880	2 091.3905
75	2	155.0	2 773.6352	955.9221
80	1	82.5	1 784.2176	541.6229
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Σ	304	12 240.0	71 228.9500	44 885.5680

c̄	=	40.26 cm
σ <sup>2</sup>	=	235.079
σ	=	15.33
d	=	2 026 arbres/Ha
C <sub>var</sub>	=	38.08 %
E.T.	=	2.18 %
e	=	± 4.36 %
Δc	=	1.26 cm
G	=	147.6499 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	29.93 m <sup>2</sup> /Ha
C <sub>g</sub>	=	43.07 cm



TAMPOLO : PARCELLE A 3 : PLANTATION 1949 . SUR 12 a 50 Ca.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
10	3	37.5	2 700.0	37.3019
15	5	87.5	3 125.0	121.8527
20	11	247.5	4 400.0	443.1460
25	15	412.5	3 375.0	902.7048
30	11	357.5	1 100.0	924.5886
35	11	412.5	275.0	1 230.9611
40	16	680.0	0.0	2 299.7835
45	19	902.5	475.0	3 411.3788
50	12	630.0	1 200.0	2 632.0187
55	8	460.0	1 800.0	2 104.8192
60	7	437.5	2 800.0	2 175.9414
65	4	270.0	2 500.0	1 450.2960
70	2	145.0	1 800.0	836.5562
75	2	155.0	2 450.0	955.9221
80	3	247.5	4 800.0	1 624.8687
$\Sigma$	129	5 482.5	32 800.0	21 152.1400

$\bar{c}$	=	42.5 cm
$\sigma^2$	=	256.25
$\sigma$	=	16.01
C var	=	37.67 %
E.T.	=	3.31 %
e	=	± 6.62 %
$\Delta c$	=	1.33 cm/an
$\bar{G}$	=	163.97 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	16.9217 m <sup>2</sup> /Ha

...

TAMPOLO : PARCELLE A 4 : PLANTATION 1951 : INVENTAIRE DANS 3 LAYONS : 12a50Ca.

c (cm)	n <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> c <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (c <sub>i</sub> - $\bar{c}$ ) <sup>2</sup>	G (cm <sup>2</sup> )
10	2	25.0	1 402.3803	24.8679
15	7	122.5	3 229.7328	170.5938
20	12	270.0	3 259.0848	483.4320
25	11	302.5	1 449.6944	661.9835
30	16	520.0	671.8464	1 344.8561
35	15	562.5	32.8560	1 678.5834
40	20	850.0	247.8080	2 874.7294
45	10	470.0	725.9040	1 795.4625
50	12	630.0	2 193.4848	2 632.0187
55	3	172.5	1 028.9712	789.3072
60	4	250.0	2 212.7616	1 243.3951
65	3	202.5	2 440.1712	1 087.7220
70	2	145.0	2 247.1808	836.5562
75	1	77.5	1 483.7904	477.9611
$\Sigma$	118	4 600.0	22 625.6670	16 101.4690

$\bar{c}$	=	38.98 cm
$\sigma^2$	=	193.38
$\sigma$	=	13.91
C <sub>var</sub>	=	35.68 %
E.T.	=	3.28 %
e	=	± 6.56 %
$\Delta C$	=	1.30 cm/an
$\bar{G}$	=	136.45 cm <sup>2</sup>
G/Ha	=	

CALCULS DES COEFFICIENTS DU TARIF DE CUBAGE

c	c <sup>2</sup>	c <sup>4</sup>	v	vc <sup>2</sup>	v <sup>2</sup>
14	196	38 416	3.121	611.716	9.741
17	289	83 521	7.723	2 231.947	59.645
18	324	104 976	6.950	2 251.800	48.303
20	400	160 000	12.531	5 012.400	157.026
21	441	194 481	7.022	3 096.702	49.308
23	529	279 841	14.793	7 825.497	218.833
25	625	390 625	17.659	11 036.875	311.840
26	676	456 976	14.289	9 659.364	204.176
29	841	707 281	23.344	19 632.304	544.942
30	900	810 000	22.201	19 980.900	492.884
31	961	923 521	31.497	30 268.617	991.431
31	961	923 521	26.911	25 861.471	724.202
32	1 024	1 048 576	28.790	29 480.960	828.864
32	1 024	1 048 576	37.962	38 873.088	1 441.173
34	1 156	1 336 336	28.695	33 171.420	823.403
36	1 296	1 679 616	41.804	54 177.984	1 747.574
37	1 369	1 874 161	48.360	66 204.840	2 338.690
38	1 444	2 085 136	36.823	53 172.412	1 355.933
39	1 521	2 313 441	53.527	81 414.567	2 865.140
40	1 600	2 560 000	62.421	99 873.600	3 896.381
41	1 681	2 825 761	48.567	81 641.127	2 358.753
41	1 681	2 825 761	59.514	100 043.034	3 541.916
42	1 764	3 111 696	69.490	122 580.360	4 828.860
42	1 764	3 111 696	74.204	130 895.856	5 506.860
44	1 936	3 748 096	56.306	109 008.416	3 170.366
44	1 936	3 748 096	67.206	130 110.816	4 516.646
44	1 936	3 748 096	80.589	156 020.296	6 494.587
45	2 025	4 100 625	73.073	147 972.825	5 339.663
45	2 025	4 100 625	85.908	173 963.700	7 380.184
46	2 116	4 477 456	100.112	211 836.992	10 022.413
47	2 209	4 879 681	77.357	170 881.613	5 984.105
47	2 209	4 879 681	91.385	201 869.465	8 351.218
48	2 304	5 308 416	106.505	245 387.520	11 343.315
49	2 401	5 764 801	99.446	236 769.846	9 889.507
51	2 601	6 765 201	85.761	223 064.361	7 354.949
52	2 704	7 311 616	105.462	285 169.248	11 122.233
53	2 809	7 890 481	93.710	263 231.390	8 781.564
54	2 916	8 503 056	104.586	304 972.776	10 938.231
55	3 025	9 150 625	108.702	328 823.550	11 816.125
.....	.....	.....	.....	.....	.....

56	3 136	9 834 496	129.682	406 682.748	16 917.421
56	3 136	9 834 496	126.529	396 794.944	16 009.588
57	3 249	10 556 001	137.788	447 673.212	18 985.533
58	3 364	11 316 496	122.452	411 928.528	14 994.492
59	3 481	12 117 361	127.065	442 313.265	16 145.514
60	3 600	12 960 000	128.789	463 640.400	16 586.607
61	3 721	13 845 841	163.897	609 860.737	26 862.227
64	4 096	16 777 216	174.283	713 863.168	30 374.564
65	4 225	17 850 625	152.397	643 877.325	23 224.846
67	4 489	20 124 196	153.312	688 217.568	23 504.569
67	4 489	20 124 196	184.299	827 318.211	33 966.121
69	4 761	22 667 121	191.037	909 527.157	36 495.135
70	4 900	24 010 000	231.791	1135 775.900	53 727.068
71	5 041	25 411 681	215.892	1088 311.572	46 609.356
73	5 329	28 398 241	248.025	1321 725.225	61 516.401
76	5 776	33 362 176	279.466	1614 195.616	78 101.245
78	6 084	37 015 056	259.761	1580 385.924	67 475.777
81	6 561	43 046 721	313.535	2057 103.135	98 304.196
82	6 724	45 212 176	283.904	1908 950.324	80 599.778
85	7 225	52 200 625	306.529	2 214 672.025	93 960.028
86	7 396	54 700 816	311.656	2305 007.776	97 729.462
89	7 921	62 742 241	389.076	3081 870.996	151 380.470
61	168 323	6.994 321	6 745.468	2.948 9777	1.260 621
		$\times 10^8$		$\times 10^7$	$\times 10^6$
n	$\Sigma c^2$	$\Sigma c^4$	$\Sigma v \text{ dm}^3$	$\Sigma v c^2$	$\Sigma v^2$

Equations normales :

$$\begin{cases} n \cdot a + \Sigma c^2 \cdot b = \Sigma v \\ \Sigma c^2 \cdot a + \Sigma c^4 \cdot b = \Sigma v c^2 \end{cases}$$

$a = ((\Sigma v/n) - (b \Sigma c^2)/n) = - 0.017 1503 ;$

$b = ((\Sigma v/n) - (\Sigma v c^2 / \Sigma c^2)) / ((\Sigma c^2/n) - (\Sigma c^4 / \Sigma c^2))$   
 $= 0.462 8978.$

• D'où le Tarif mathématique de la page 89 :

$$v = - 0.0171503 + 0.4628978 c^2$$

