



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

15977

ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Distr.  
RESTREINTE  
UNIDO/IO/R.222  
24 janvier 1986  
FRANCAIS

---

PRODUCTION DE PONTS MODULAIRES  
EN BOIS

UC/MAG/81/048

MADAGASCAR

Rapport Technique : Technologie du bois - choix et classement  
des essences - préservation \*

Etabli pour le Gouvernement Démocratique de Madagascar  
par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

D'après l'étude de Messieurs B. Parant et R. Schwariz,  
experts en technologie du bois

\* Ce document n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

V.86-50879

TABLE DES MATIERES

|  |     |
|--|-----|
| Résumé   | iii |
| 1 - Introduction   | 1   |
| 2 - Travaux effectués par les experts dans le cadre de leur mission  | 3   |
| 21 - Travaux préliminaires   | 3   |
| 22 - Travaux effectués à Madagascar  | 3   |
| 221 - Etat d'avancement du projet " Ponts modulaires "   | 3   |
| 222 - Stage sur les conditions de mise en oeuvre du bois dans le<br>cadre de la réalisation de ponts modulaires  | 4   |
| 3 - Conclusions et perspectives  | 17  |
| Annexe 1 - Méthodologie concernant la conception d'un pont modulaire   | 19  |
| Annexe 2 - Tableau synoptique du Tavolo  | 21  |
| Annexe 3 - Liste des Personnalités rencontrées   | 24  |
| Annexe 4 - Liste des stagiaires  | 25  |
| Annexe 5 - Tableaux permettant de déterminer la catégorie S ou SD de<br>résistance en fonction des caractéristiques mécaniques<br>d'un bois                | 27  |
| Annexe 6 - Défauts admissibles dans les pièces de bois destinées à<br>la construction des ponts modulaires   | 29  |
| Annexe 7 - Tableaux permettant de déterminer la classe de résistance<br>E d'un bois en fonction de sa catégorie de résistance S<br>ou SD et de son choix C | 37  |
| Annexe 8 - Choix des produits de préservation  | 38  |
| Annexe 9 - Note technique sur le traitement des bois en autoclave<br>et par trempage chaud et froid  | 40  |

RESUME

Dans le cadre du projet " PRODUCTION DE PONTS MODULAIRES EN BOIS " UC/MAG/81/048/11-02 et 11-03, il a été demandé à Messieurs Bernard PARANT et René SCHWARTZ du CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, Département Forestier du CIRAD, 45<sup>bis</sup>, avenue de la Belle Gabrielle - 94130 Nogent sur Marne (France), d'effectuer une mission d'assistance technique près le MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS de la République Démocratique de Madagascar.

Au cours de cette mission, les experts ont précisé les conditions de mise en oeuvre des bois pour la réalisation de ponts (sélection et choix des essences, durabilité naturelle, possibilité de traitement, etc.).

A l'issue de cette mission, les responsables malgaches ont fait part de l'intérêt qu'ils portaient à la continuation de ce projet en collaboration avec l'ONUDI.

## 1 - INTRODUCTION

En 1981, le Service des Travaux de la Direction des Etudes du Contrôle et des Travaux du Ministère des Travaux Publics a appris l'existence des ponts modulaires en bois mis au point par l'ONUDI (voir annexe n° 1).

Pour développer ce procédé, les responsables malgaches ont demandé l'assistance technique de l'ONUDI. A la suite de cette requête, l'ONUDI a détaché Monsieur FRANCIS pour coordonner la fabrication d'un prototype qui a été mis en place en Mai 1982.

En 1983, ce prototype s'est écroulé en raison du passage d'un engin lourd dont le poids était supérieur à la charge maximum admissible.

Lors de cet effondrement, dû incontestablement à la surcharge, il a également été noté :

- . la rupture d'un élément en bois, occasionnée très probablement par la pourriture (cf. rapport UF/MAG/81/048 du 24.09.82)
- . la présence d'assemblages non conformes aux plans (cf. rapport du Ministère des Travaux Publics du 09/09/83).

D'autre part, il faut aussi noter que, lors de la visite effectuée, en 1985, par les experts sur le site où avait été mis en place le pont, presque toutes les culées en maçonnerie avaient disparu.

Compte tenu de cette situation, une mission a été organisée, en Juillet 1985, afin de :

- . sélectionner trois à six essences malgaches susceptibles de convenir à la construction des ponts
- . préciser la classification de ces essences, selon la norme australienne AS. 2082 - 1979.
- . organiser des séances d'entraînement au classement des pièces de bois, selon la norme précitée.

- . évaluer l'état d'avancement de la construction de la station de traitement.
- . conseiller le meilleur type de traitement adapté aux essences retenues.
- . traiter, si la situation le permet, un volume de bois suffisant pour la construction d'un pont de 15 mètres (environ 15 m<sup>3</sup>) et procéder à sa mise en place.

## 2 - TRAVAUX EFFECTUES PAR LES EXPERTS DANS LE CADRE DE LEUR MISSION

### 21 - Travaux préliminaires

Les experts ont élaboré, en collaboration avec le FO.FI.FA, à partir des résultats d'essais effectués, tant en France qu'à Madagascar, un document de synthèse précisant, sous forme de tableaux synoptiques, essence par essence, les principales caractéristiques des bois malgaches (densité, compression, flexion, module d'élasticité, durabilité naturelle, imprégnabilité, etc.). Il est fourni en annexe n° 2, à titre d'exemple, le tableau correspondant au TAVOLO.

D'autre part, et grâce à l'aide des services techniques de l'ONUDI, il a été procédé à la traduction, en français, de la norme AS 2082 - 1979, indispensable pour la sélection des bois destinés à la construction des ponts et pour leur qualification en vue de la détermination du nombre de poutres à prévoir.

### 22 - Travaux effectués à Madagascar

Dès leur arrivée à Antananarivo, les experts ont pris contact avec les représentants de l'ONUDI et les responsables malgaches chargés de la réalisation des ponts modulaires (cf. annexe n° 3 : Liste des personnalités rencontrées).

Ces différents entretiens ont non seulement permis de faire le point sur l'état d'avancement des travaux, mais également de préciser le cadre de la mission et de prévoir, en accord avec les responsables du MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS, les dispositions à prendre en vue de l'organisation et du déroulement du stage sur le choix et les conditions de mise en oeuvre des bois dans le cadre de la réalisation des ponts modulaires.

### 221 - Etat d'avancement du projet " Ponts modulaires "

A la suite de l'effondrement du pont prototype, en 1982, le projet a été suspendu :

- . arrêt de la production d'éléments modulaires
- . non réalisation de la station d'imprégnation prévue initialement

Cette situation s'explique de plusieurs façons :

- . d'une part, la réorganisation des services du MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS. La responsabilité de la construction des ponts, qui était auparavant confiée, à la fois au " Service Travaux " du MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS et à la " Direction des Etudes, Contrôles et Travaux ", s'est vue transférée par la suite au " Service des Parcs et Ateliers " en collaboration avec la " Direction des Routes " et le " Centre Expérimental de l'Aménagement ".
- . d'autre part, il faut noter que les nouveaux responsables du " Service Parcs et Ateliers " ont hésité à entreprendre la réalisation de la station d'imprégnation par manque de plans suffisamment précis ou de notes techniques leur permettant la compréhension des croquis fournis par Monsieur FRANCIS.
- . enfin, les responsables malgaches n'avaient pas reçu tous les éléments nécessaires ou la formation adaptée pour maîtriser correctement la conception et la réalisation des ponts modulaires (importance des propriétés technologiques, qualité des bois, conditions de mise en oeuvre, méthodes de traitement, etc.).

222 - Stage sur les conditions de mise en oeuvre du bois dans le cadre de la réalisation de ponts modulaires

Dans le cadre de ce stage, il a été étudié plus particulièrement :

- . la reconnaissance et l'identification de bois malgaches
- . la qualification des bois en fonction de leurs caractéristiques mécaniques (S ou SD) et de leur choix (C)
- . la préservation des bois (durabilité, imprégnabilité, méthodes de traitement et produits)
- . la sélection des essences malgaches utilisables pour la construction des ponts.

Ces conférences ont été suivies de séances de travaux pratiques, tant en ce qui concerne le classement que l'imprégnation des bois.

Le contenu des principaux thèmes abordés lors de ce stage est résumé ci-après :



- Reconnaissance et identification des essences

Au cours de ces conférences, il a été fourni aux stagiaires (voir liste en annexe n° 4) les éléments d'identification macroscopique permettant, lors de la réception des bois, de vérifier la nature de l'essence commandée.

- Qualification des bois en fonction de leur caractéristiques mécaniques :  
catégorie de résistance

Ce point du programme a consisté à présenter la méthode de classement prévue dans les règles AS 2082 et dans le document SAA MISCELLANEOUS, publication MP 45 - 1979, et à appliquer cette méthode aux principales essences malgaches (voir annexe n° 5).

- Les règles de classement AS 2082

A l'occasion de l'exposé sur le principe de classement selon les règles AS 2082, une attention plus particulière a été apportée sur les prescriptions des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> choix, car il semble possible, à partir de sciages industriels (sciages provenant de scieries mécanisées en opposition aux sciages produits par les scieurs de long), de pouvoir se procurer une quantité suffisante de lots de bois constitués :

- de premier, deuxième et troisième choix lorsque l'essence retenue sera le pin (*Pinus patula* et *Pinus kesiya*)
- de premier et deuxième choix lorsque les essences retenues seront, soit les eucalyptus, soit les bois de forêts naturelles.

Afin de faciliter le travail des responsables du classement, il a été rédigé un document technique (voir annexe n° 6) qui prévoit des prescriptions, plus simples que la AS 2082, tout en garantissant une qualité égale ou supérieure aux différents choix admissibles selon ces règles.

Deux séances d'application ont été organisées lors du séminaire (Photos 1 et 2). Elles ont permis aux stagiaires de se familiariser avec ces règles et ont porté sur le classement des bois de forêt naturelle et sur le classement de *Pinus patula*.

Un exemplaire des règles de classement AS 2082 a été remis aux stagiaires.



Photos 1 et 2 : Séance de classement de Pinus patula.



- La qualification des bois (F), à partir de leurs caractéristiques mécaniques (S ou SD) et de leur choix (C) : classe

Le but de l'exposé a consisté à permettre la détermination de la qualification d'un bois connaissant, d'une part, ses caractéristiques mécaniques (S ou SD) et, d'autre part, la qualité des bois employés (C).

Le tableau des correspondances donnant F en fonction des deux autres caractéristiques (S ou SD et C) a été remis aux stagiaires (cf. annexe n° 7).

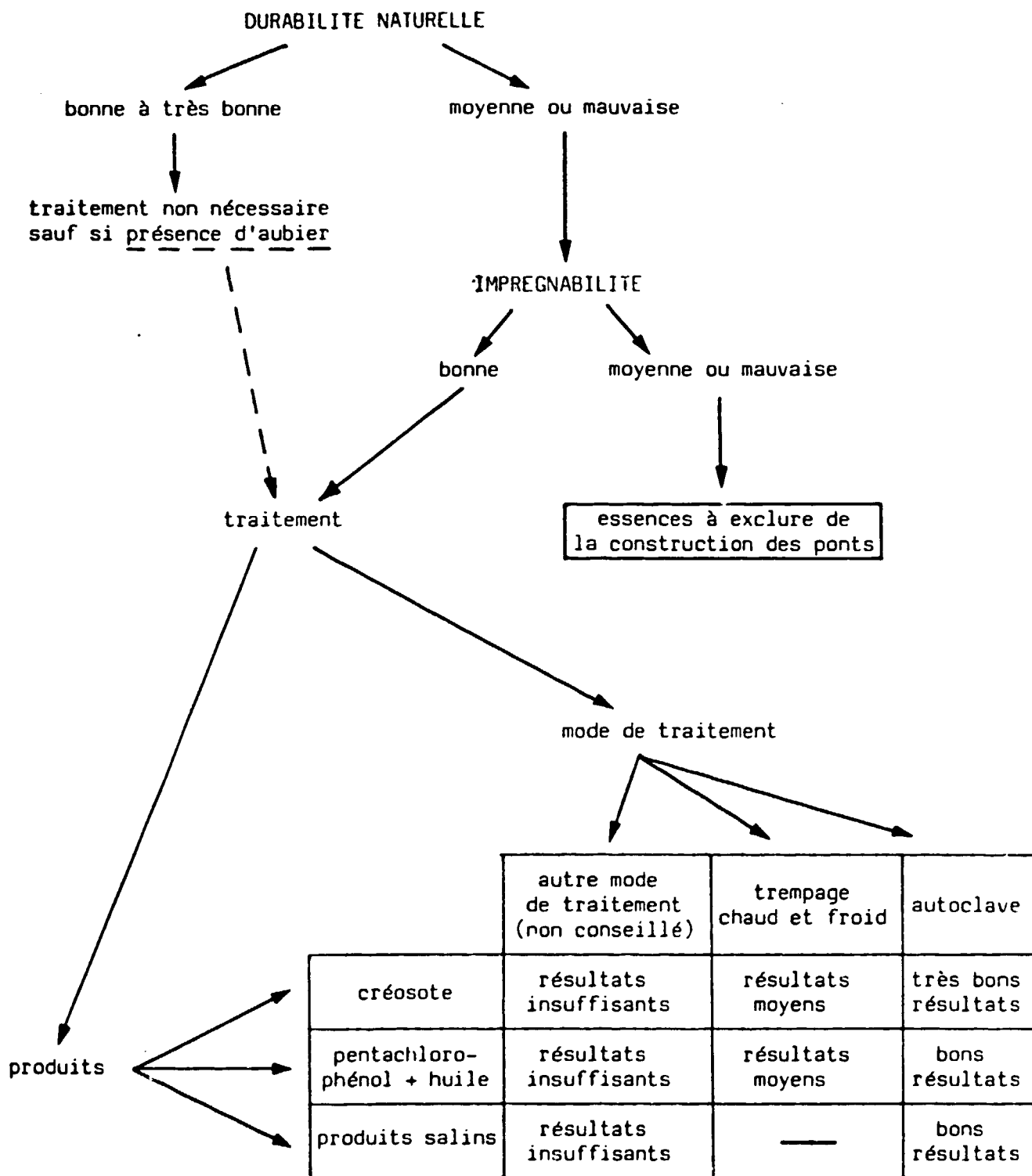
- Préservation des bois : durabilité, imprégnabilité, méthodes de traitement et produits de préservation

En ce qui concerne la préservation des bois, l'enseignement a porté sur différents points (agents destructeurs des bois, notion de durabilité naturelle, notion d'imprégnabilité, mode de traitement des bois, pesticides) permettant aux stagiaires de mieux comprendre les phénomènes biologiques et technologiques de la préservation et de pouvoir juger de l'opportunité d'un traitement.

Les principales conclusions à cet exposé, à savoir quand, comment et pourquoi traiter une pièce de bois sont résumées dans le schéma page suivante.

Le document " Présentation graphique des caractères technologiques des principaux bois tropicaux ", qui a été remis aux stagiaires et dont un extrait concernant le Tovofo figure en annexe n° 2, nous donne la durabilité naturelle et l'imprégnabilité des bois malgaches.

Pendant ce stage, qui avait également pour but de conseiller le meilleur traitement à administrer aux bois destinés à la construction de ponts, l'accent a été mis sur le type de produit à utiliser (annexe n° 8), sur l'injection en autoclave (sans nul doute le procédé le mieux adapté en ce qui concerne les ponts), et sur le trempage chaud et froid. Le détail de ces deux modes de traitement se trouve en annexe n° 9 sous forme de note technique.



Une séance de traitement par trempage chaud et froid a été organisée à titre de démonstration pour l'illustration de certains points particuliers du cours.

Pour ce faire, le service technique des Travaux Publics a fabriqué un bac de trempage expérimental constitué de deux cuves s'emboîtant l'une dans l'autre ( Photos 3 et 4 ). Le produit de traitement ( représenté par de l'huile de vidange uniquement, à défaut de tout autre produit de préservation ) se trouve dans le fût central et a été réchauffé au bain-marie.

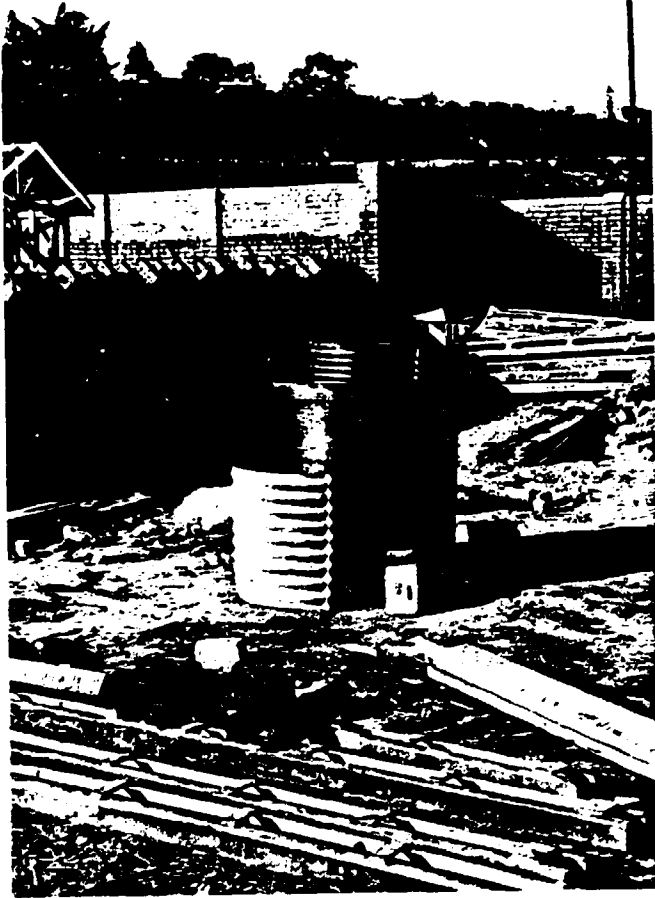
Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

|   |                            | poids initial<br>( g ) | poids final<br>( g ) | volume<br>( m <sup>3</sup> ) | Pf - Pi<br>( g ) | quantité produit absorbé<br>kg / m <sup>3</sup> | quantité de pentachlorophénol<br>kg / m <sup>3</sup> * |
|---|----------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|---|--|
| 1 | pin (sec)                  | 910                    | 1600                 | 0,00216                      | 690              | 319,5   | 15,9   |
| 2 | pin (sec)                  | 900                    | 1670                 | 0,00216                      | 770              | 356,5   | 17,8   |
| 3 | pin (vert)                 | 1800                   | 1860                 | 0,00216                      | 60               | 27,8  | 1,4  |
| 4 | pin (vert)                 | 1770                   | 1810                 | 0,00216                      | 40               | 18,5  | 0,9  |
| 5 | Eucalyptus maculata (vert) | 2000                   | 2050                 | 0,00202                      | 50               | 24,7  | 1,2  |
| 6 | Eucalyptus robusta (vert)  | 1400                   | 1400                 | 0,00147                      | ε                | ε   | ε  |
| 7 | Eucalyptus robusta (sec)   | 1290                   | 1300                 | 0,00178                      | 10               | 5,6   | 0,3  |

\* dans le cas d'une solution à 5% de pentachlorophénol

Cet essai réduit a permis de montrer :

- l'importance de la vérification du traitement, soit par le contrôle de la pénétration, soit par le contrôle de l'absorption du produit de préservation.
- la différence d'imprégnabilité d'une essence par rapport à une autre (le pin est très imprégnable par opposition à l'eucalyptus plutôt réfractaire à l'imprégnation).



Photos 3 et 4 : Bac de trempage expérimental. Traitement "chaud et froid".



- . la variabilité de l'imprégnabilité à l'intérieur d'une même essence\*. Cette variabilité peut être liée à l'espèce (*Eucalyptus maculata* plus imprégnable que *Eucalyptus robusta*) ou à l'humidité du bois au moment du traitement (pin sec plus perméable que le pin vert).

- Sélection des essences malgaches utilisables pour la construction des ponts

A partir des résultats des recherches effectuées depuis plusieurs années par le C.T.F.T. et le FO.FI.FA.. on a procédé à une sélection des essences susceptibles d'être utilisées pour la construction des ponts ( voir tableau ci-après ).

Pour cette sélection, on a retenu parmi les bois les plus couramment commercialisés :

- . les bois présentant une bonne durabilité (sous ce terme, on entend les qualifications bonne à très bonne. Elles correspondent à une catégorie de bois pouvant être mis en oeuvre à l'extérieur pendant une période minimum de 15 ans sans dégradation notable, à condition toutefois que les sections de pièces de bois soient suffisamment importantes et exemptes de zones aubieuses.
- . les bois présentant une durabilité moyenne ou mauvaise, mais de bonne imprégnabilité.
- . les bois présentant des caractéristiques mécaniques moyennes à fortes selon la qualification française NF.52 001 et ne montrant pas de difficultés particulières de mise en oeuvre.

---

\*N.B. Une telle variabilité peut également être liée à la présence dans certaines pièces de bois, de zones aubieuses plus ou moins importantes et qui sont plus perméables que le bois parfait.

TABLEAU N° 1

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES BOIS MALGACHES SUSCEPTIBLES  
D'ETRE UTILISES POUR LA CONSTRUCTION DE PONTS

| nom local     | nom scientifique   | répartition géographique         | abondance en forêt     | densité     | durabilité      | imprégnabilité | conditions de mise en oeuvre |
|---------------|--|----------------------------------|------------------------|-------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| ANAKARAKA     | <i>Cordylia madagascariensis</i>                           | Côte ouest                       | abondant               | 0,95        | très bonne      | mauvaise       | T.A.                         |
| ANJANANJANA   | <i>Leptolaena multiflora</i>                               | Hauts plateaux côte est          | rare                   | 1,09        | très bonne      | mauvaise       | T.A.                         |
| ANDY          | <i>Neobequea mahafalensis</i>                              | Côte ouest                       | plus ou moins abondant | 1,04        | très bonne      | mauvaise       | T.A.                         |
| AROFY         | <i>Commiphora</i> sp.                                      | Côte ouest                       | très abondant          | 0,45        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| BONARA        | <i>Albizia boivini</i>                                     | Côte est                         | abondant               | 0,50        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| DITIMENA      | <i>Protorhus ditimensa</i>                                 | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,75        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| ENDRANENDRANA | <i>Humbertia madagascariensis</i>                          | Côte sud-est                     | abondant               | 1,30        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| EUCALYPTUS    | <i>Eucalyptus</i> spp.                                     | Hauts plateaux côte sud          | très abondant          | 0,50 à 0,90 | moyenne         | mauvaise       | T.O.                         |
| FAHO          | <i>Chloroxylon faho</i>                                    | Côte nord-est                    | rare                   | 0,95        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| FARALAOTRA    | <i>Collubrina faralaoetra</i>                              | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,78        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| FOTONA        | <i>Rhodolaeba bakeriana</i>                                | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,98        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| HAZOMALANCA   | <i>Hazomalania voyroni</i>                                 | Côte ouest                       | rare                   | 0,40        | bonne (-)       | bonne          | T.O.                         |
| HAZONDRAHO    | <i>Ilex mitis</i>  | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,65        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| HINTSY        | <i>Intsia bijuga</i>                                       | Côte est                         | abondant               | 0,80        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| KATRAFAY      | <i>Cedrelopsis grevei</i>                                  | Côte ouest                       | abondant               | 0,95        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| LALONA        | <i>Weinmannia</i> sp.                                      | Hauts plateaux côte est          | très abondant          | 0,80        | bonne (-)       | mauvaise       | T.O.                         |
| LONGOTRA      | <i>Cryptocarya</i> sp.                                     | Hauts plateaux côte est          | très abondant          | 0,82        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| MANARY        | <i>Dalbergia</i> sp.                                       | Côte ouest                       | rare                   | 1,00        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| MAHAFOTRA     | <i>Mouloutchia</i> sp.                                     | Côte est                         |                        | 0,70        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| MAMBROQFAY    | <i>Trachyllobium verrucosum</i>                            | Côte est                         | abondant               | 0,88        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| MANOKA        | <i>Asteropeia</i> sp.                                      | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,97        | très bonne      | mauvaise       | T.A.                         |
| MERANA        | <i>Brachylaena</i> sp.                                     | Hauts plateaux côte est          | abondant               | 0,92        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| MOKARANA      | <i>Macaranga alnifolia</i>                                 | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,50        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| MOLANGA       | <i>Croton monque</i>                                       | Hauts plateaux                   | plus ou moins abondant | 0,50        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| MOLOMPANGANY  | <i>Breonia perrieri</i>                                    | Hauts plateaux côte est          | abondant               | 0,80        | bonne           | mauvaise       | T.O.*                        |
| NATO          | <i>Faucherea</i> sp.                                       | Hauts plateaux côte est et ouest | très abondant          | 0,98        | bonne (-)       | mauvaise       | T.A.                         |
| PINUS KESIYA  | <i>Pinus Kesiya</i>  | Hauts plateaux                   | très abondant          | 0,48        | mauvaise        | bonne          | T.O.**                       |
| PINUS PATULA  | <i>Pinus patula</i>  | Hauts plateaux                   | très abondant          | 0,52        | mauvaise        | bonne          | T.O.**                       |
| RAMAINDAFY    | <i>Tinopsis</i> sp. et <i>Neotina isoneura</i>             | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,85        | moyenne à bonne | bonne          | T.O.                         |
| RAMY          | <i>Canarium madagascariensis</i>                           | Hauts plateaux côte est et ouest | très abondant          | 0,60        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| ROTRA         | <i>Syzygium</i> sp.  | Hauts plateaux côte est et ouest | très abondant          | 0,80        | moyenne (+)     | mauvaise       | T.O.                         |
| TAVOLO        | <i>Cryptocaria thouvenotii</i> et <i>alseodaphnifolia</i>  | Hauts plateaux côte est          | très abondant          | 0,75        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| TENDROKAZO    | <i>Mimusops</i> sp.  | Côte est                         | abondant               | 1,10        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| TSITAKE       | <i>Rhus perrieri</i>                                       | Côte ouest-sud                   | abondant               | 1,00        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| VINTANINA     | <i>Callophyllum</i> sp.                                    | Hauts plateaux côte est          | très abondant          | 0,70        | assez bonne     | mauvaise       | T.O.                         |
| VIVAONA       | <i>Dilobeia thoursii</i>                                   | Hauts plateaux côte est          | abondant               | 1,00        | moyen (+)       | bonne (-)      | T.O.                         |
| VOANTSILANA   | <i>Polyscias</i> sp.                                       | Hauts plateaux côte est          | abondant               | 0,60        | mauvaise        | bonne          | T.O.                         |
| VOAFAKA       | <i>Croton</i> sp.  | Hauts plateaux côte est          | abondant               | 0,80        | moyen (+)       | moyen (-)      | T.O.*                        |
| VONGO         | <i>Mammea bongo</i>  | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 0,98        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |
| ZAHANA        | <i>Phyllanthron articulatum</i> et <i>madagascariensis</i> | Hauts plateaux côte est          | plus ou moins abondant | 1,11        | bonne           | mauvaise       | T.A.                         |

T.A. : traitement des parties sèches ou mise en oeuvre de bois sans aluier

T.O. : traitement obligatoire de l'aubier et du bois parfait. Vérification de la pénétration obligatoire.

\* : à n'employer que pour le platelage + contrôle périodique.

\*\* : bois de croissance rapide. Zone de coeur de faible densité. A n'employer pour la construction qu'après une sélection des planches ayant pour but l'élimination du coeur.



. dans cette sélection, on a retenu trois autres critères :

- les zones de production des essences
- leur abondance en forêt
- le prix du bois

Ce dernier critère doit être considéré avec précaution et sera à examiner cas par cas en fonction des essences retenues. En effet, les bois les plus légers sont souvent meilleur marché. Or, le principe même des ponts modulaires veut que, plus un bois est léger et peu résistant, plus on multiplie le nombre de poutres. En conséquence, on aura donc besoin d'un volume plus important de bois et, en plus, un surcroît de coût lié à la fabrication d'un plus grand nombre de modules.

A titre indicatif, il est fourni ci-après le prix des bois avivés vendus à Madagascar.

Bois de forêt naturelle (densité variant de 0,45 à 1,10)

90.000 FMG/m<sup>3</sup>, quelle que soit l'essence, à l'exception des bois de luxe tels que le palissandre ou le bois de rose.

Bois de plantation

Pin (densité 0,50 en moyenne) - 60.000 FMG/m<sup>3</sup>

Eucalyptus (densité 0,50 à 0,85) - 60.000 FMG/m<sup>3</sup>

Remarque n° 1

Le choix des essences s'effectuera à l'avenir à partir du tableau ci-dessus, mais également en fonction de l'implantation géographique de l'atelier de fabrication. A titre d'exemple, il est indiqué ci-après la liste des essences susceptibles d'être utilisées dans la région d'Antananarivo.

. catégorie n° 1 (bois très lourd - densité 0,95 - clouage très difficile)

NATO, VIVAONA, VONGO, ZAHANA

Bois conseillé dans cette catégorie : NATO\* pour des éléments non assemblés par clous

. catégorie n° 2 ( bois mi-lourd à lourd - densité 0,65 - clouage plus ou moins difficile )

EUCALYPTUS (de densité > 0,65), LALONA, LONGOTRA, ROTRA, TAVOLO

Bois conseillés dans cette catégorie : LONGOTRA\*, TAVOLO, EUCALYPTUS

. catégorie n° 3 (bois léger à mi-lourd - densité 0,45 - clouage facile)

EUCALYPTUS (de densité < 0,65), RAMY, VOANTSILANA, MOKARANA, MOLONGA

Bois conseillés dans cette catégorie : RAMY, EUCALYPTUS, PINS

(pour ces derniers, on n'utilisera que le bois présentant des cernes d'accroissement de moins de 10 mm de large et on aura soin de bien les traiter.

Remarque n° 2

A part l'approvisionnement en pin et en eucalyptus qui peut être assuré à partir de scieries spécialisées (photo 5), les autres essences ( bois de forêt naturelle) proviennent de la production de scieurs de long; cette dernière production est non seulement médiocre (commercialisation de planches présentant des défauts et des variations dimensionnelles importantes - photo 6 -), mais encore donne lieu à une commercialisation très hétérogène en ce qui concerne la nature des essences.

---

\* bois de bonne durabilité n'exigeant pas de traitement de préservation, sauf si on met en place des pièces de bois présentant des zones aubieuses.

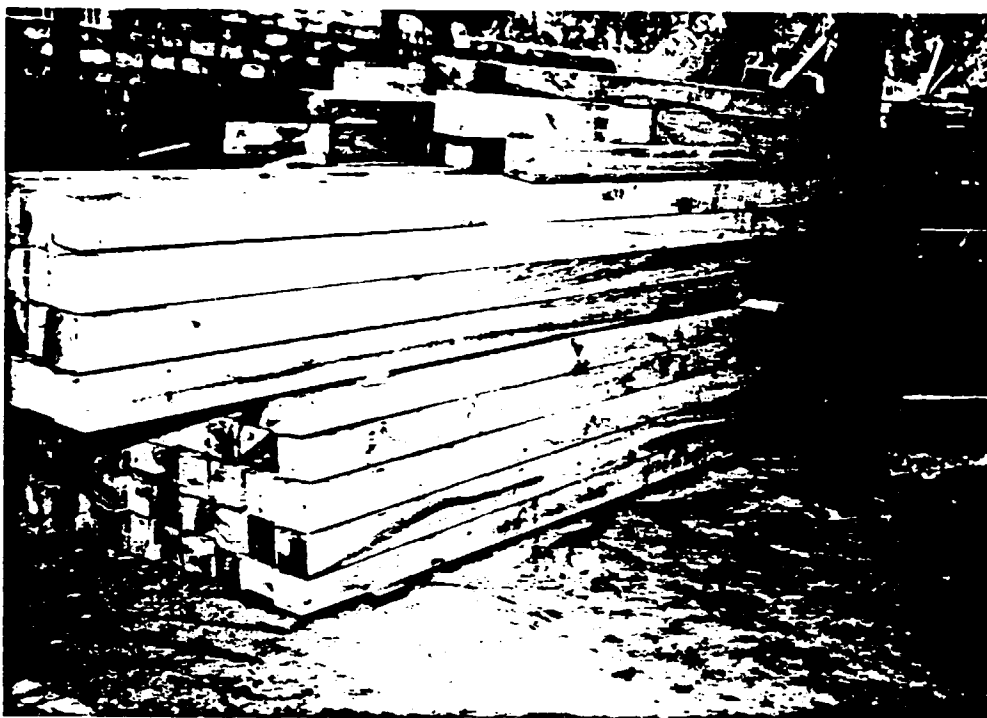


Photo 5 : Lot d'eucalyptus. Production de scierie spécialisée.



Photo 6 : Lot de bois de forêt naturelle. Production des scieurs de long.

Dans ce contexte, l'acquisition de 10 à 20 m<sup>3</sup> de bois de forêt naturelle pourra, dans de nombreux cas, donner lieu à des difficultés d'approvisionnement en quantité et en qualité.

Remarque n° 3

La réalisation des ponts du type O.N.U.D.I. exigeant dans certain cas des assemblages par clous, (platelage...), on veillera à mettre en oeuvre des bois facilement clouables, bois dont la densité est généralement inférieure à 0,80 - 0,85.

### 3 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Lors de la réunion de synthèse, organisée à la fin de la mission, Monsieur le Directeur Général près le Monsieur le Ministre des Travaux Publics, ainsi que Monsieur RATEFINJANAHARY, Chef du Centre d'Expérimentation de l'Aménagement, ont fait part de l'intérêt qu'ils portaient à la poursuite de ce projet.

Toutefois, afin d'éviter certaines difficultés rencontrées jusqu'à présent et de mettre en place tous les moyens possibles pour assurer le maximum de chance de réussite à ce projet, les personnalités souhaiteraient :

- dans un premier temps, obtenir un document technique sur la réalisation et le calcul des ponts dans lequel serait précisé :

- . le détail des calculs des sections des différents éléments (note de calculs)
- . le calcul des assemblages

Dans un deuxième temps, étudier la possibilité de réorienter le projet vers la création d'unités semi-mobiles de fabrication qui pourraient être implantées dans les parcs ou ateliers régionaux des Travaux Publics.

Ces unités mobiles seraient constituées :

- d'une scie mobile (scie + camion)
- d'une station d'imprégnation
- d'une unité d'usinage

L'implantation de ces unités permettrait :

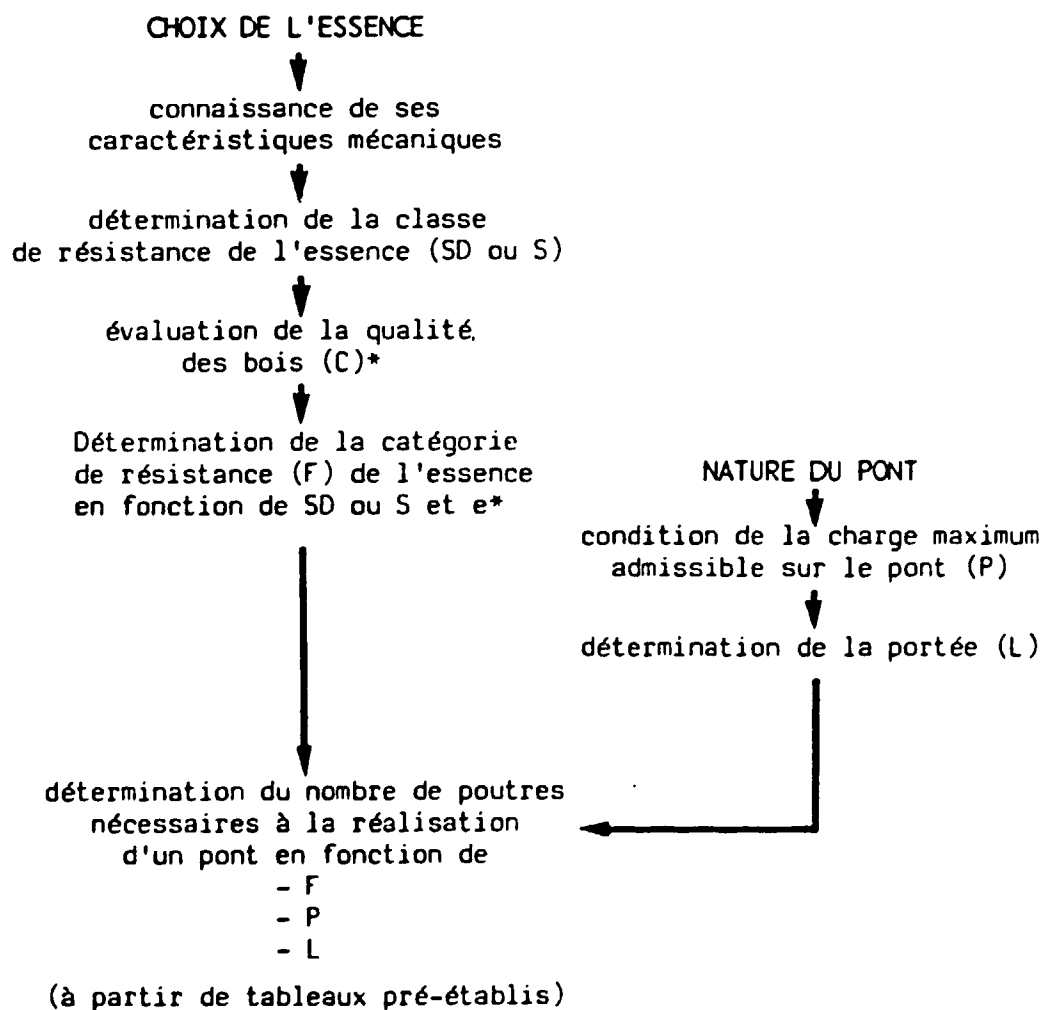
- de réduire, dans de fortes proportions, le prix des bois (l'exploitation des bois serait assurée par les services régionaux des Travaux Publics)
- d'obtenir des bois conformes aux exigences techniques (séchage, respect des dimensions, qualités désirées, etc.)
- de réduire les frais de transports (atelier-pont).

ANNEXE N° 1

METHODOLOGIE CONCERNANT LA CONCEPTION  
D'UN PONT MODULAIRE (TYPE ONUDI)

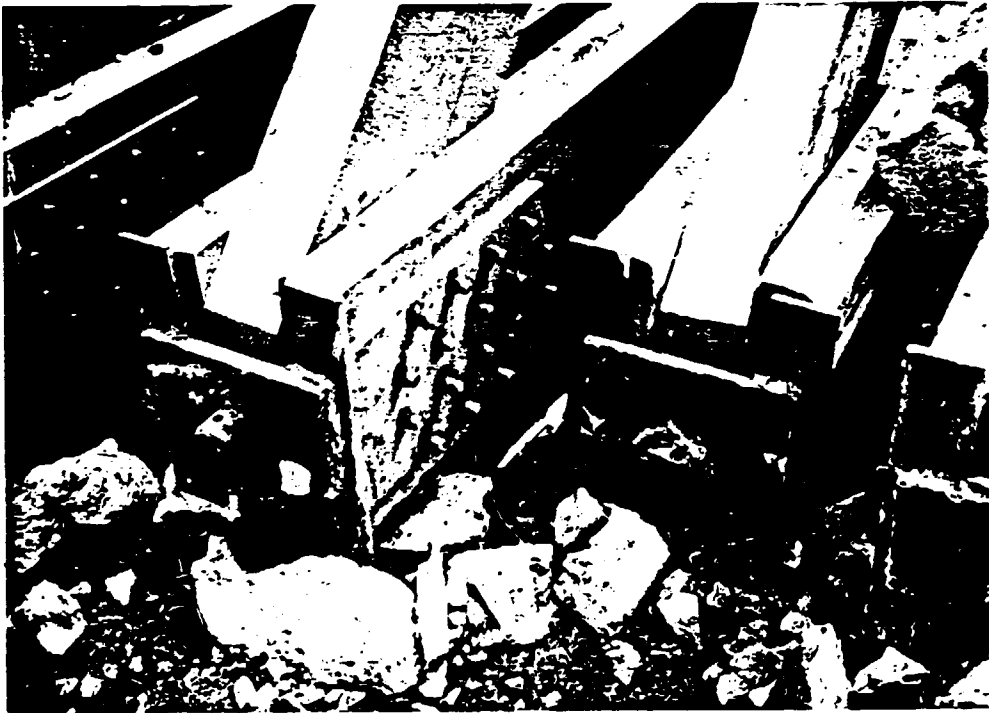
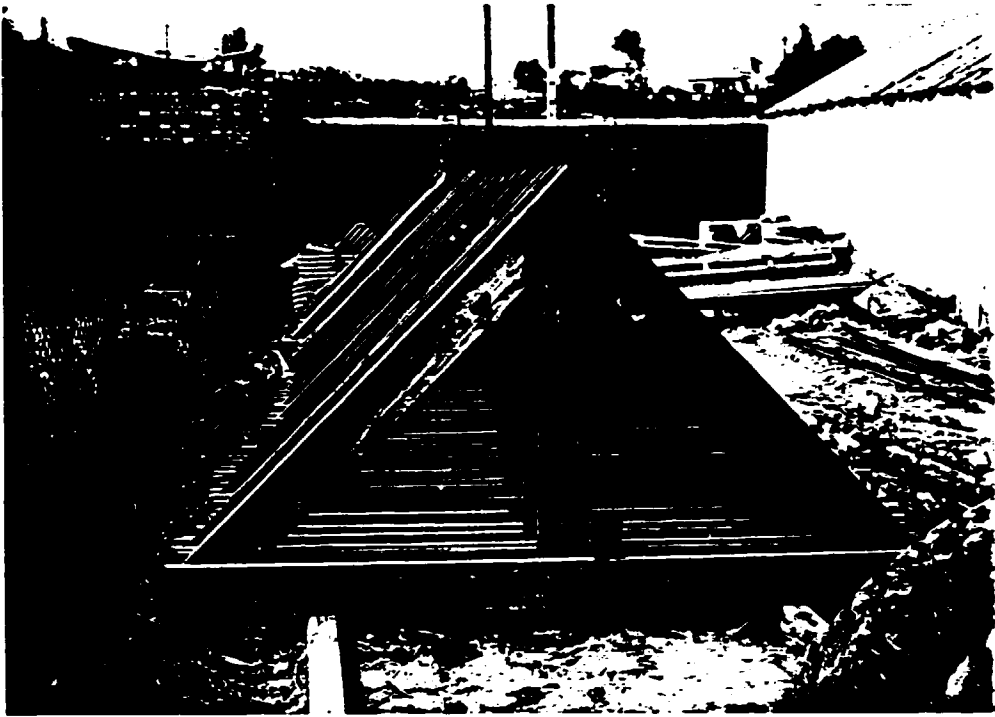
Le principe de la construction de ponts modulaires repose sur la réalisation de poutres en bois formées d'éléments triangulaires ( Photos 7 et 8 ). Le nombre de parties à mettre en place pour la réalisation d'un pont dépend de la résistance mécanique du bois utilisé, de sa qualité, de la charge admissible, de la portée.

Ce nombre est indiqué dans un tableau pré-établi, ce qui supprime tout calcul.



\* d'après prescription de la norme AS. 2082

Photo 7 et 8 : Eléments modulaires et type d'assemblage des ponts "ONUDI".



ANNEXE N° 2

TABLEAU SYNOPTIQUE DU TAVOLO

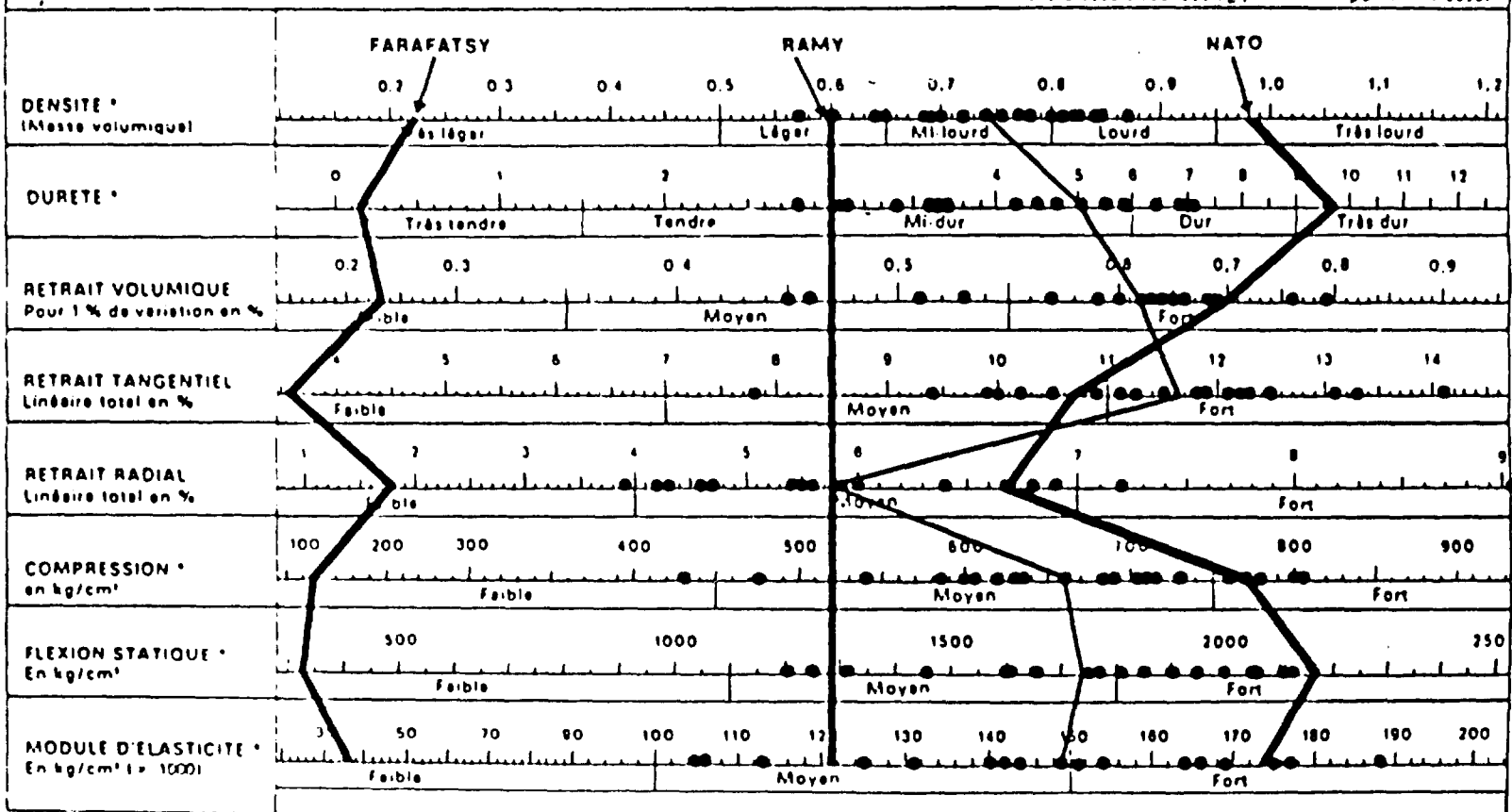


# TAVOLO (CRYPTOCARYA THOUVENOTII - C. ALSEODAPHNIFOLIA)

## PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES

### COMPARAISON A TROIS ESSENCES DE REFERENCE

Nbre d'essais réalisés : 21      1 point = 1 essai



\* - Valeur à 12% d'humidité

# TAVOLO (CRYPTOCARYA THOUVENOTII - C. ALSEODAPHNIFOLIA)

## PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE MISE EN ŒUVRE

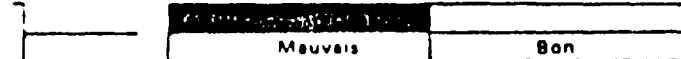
Les qualifications des principaux caractères de l'essence sont indiquées dans les tableaux ci-après par un trait gras (ou de couleur). Elles correspondent aux caractéristiques moyennes de l'espèce. La longueur du trait peut s'étendre parfois sur plusieurs qualifications selon la variabilité du caractère.

### DURABILITE ET IMPREGNABILITE

POURRITURE



LYCTUS



TERMITES



IMPREGNABILITE



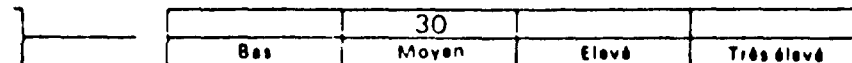
TAUX DE SILICE



SECHAGE



POINT DE SATURATION



OBSERVATIONS

ANNEXE N° 3

LISTE DES PERSONNALITES RENCONTREES

Monsieur JANNONE Ottorino

Représentant résident du Programme des Nations Unies  
pour le Développement

Monsieur RABESOA Cosimir

Directeur Général du Ministère des Travaux Publics

Monsieur RATEFINJANAHARY Clément

Chef du Centre d'Expérimentation de l'Aménagement  
(Travaux Publics)

Monsieur RATSIFEMERASON Romuald

Chef du Service Technique, Direction du Matériel  
(Travaux Publics). Ministère des Travaux Publics  
ANOSY - tél. 242-24

Monsieur RAZAFIMAHATRATRA Henri

Chef du Service des Parcs ateliers et Travaux  
(Travaux Publics)

ANNEXE N° 4

LISTE DES STAGIAIRES (photo 9)

Monsieur RAKOTOARIMANANA

S.R.P.C.H. - B.P. 296 - ANTANANARIVO  
tél. 253-64, 253-65

Monsieur RAKOTONDRA SOA Jean-Baptiste

D.MAT/S.P.A.T. - Brigade Génie Civil -  
B.P. 457 - ALAROBIA  
tél. 429-41 - poste 23

Monsieur RAKOTOSAINA Kristopera

D.MAT/S.P.A.T. - Bureau d'étude  
B.P. 457 - ALAROBIA  
tél. 429-41 - poste 23

Monsieur RAMANANKASAINA

S.R.P.C.H. - B.P. 296 - ANTANANARIVO  
tél. 253-64, 253-65

Monsieur RANDRIAMAMPIONANA Albert

D. Mat/S.T. - Bureau d'étude  
B.P. 457 - ALAROBIA

Monsieur RANDRIAMPARANY Henri

L.N.I.P.B.  
B.P. 1151 - ANTANANARIVO  
tél. 421.88 - poste 25

Monsieur RANDRIANARIMANANA Jules

D. Mat/S.T.  
Chef Division Fabrication  
B. P. 457 - ALAROBIA

Monsieur RANDRIANASOLO Raymond

D. Mat/S.P.A.T.  
Chef Division Intervention  
B.P. 457 - ALAROBIA  
tél. 429-41 - poste 23

Monsieur ROBISON Maurice

D. Mat/S.T.  
Ebéniste  
B.P. 457 - ALAROBIA

Monsieur SARAELY Edmond

S.R.P.C.H. - B.P. 295 - ANTANANARIVO  
tél. 253-64, 253-65



Photo 9 : Les stagiaires

ANNEXE N° 5

TABLEAUX PERMETTANT DE DETERMINER LA CATEGORIE  
S OU SD DE RESISTANCE EN FONCTION DES  
CARACTERISTIQUES MECANIKES D'UN BOIS

1. Classification pour bois humides (humidité > point de saturation)  
en fonction des contraintes à la rupture en MPa

Catégorie de résistance

|                     | S1    | S2    | S3    | S4    | S5   | S6   | S7   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| flexion             | 103   | 86    | 73    | 62    | 52   | 43   | 36   |
| module d'élasticité | 16300 | 14200 | 12400 | 10700 | 9100 | 7900 | 6900 |
| compression         | 52    | 43    | 36    | 31    | 26   | 22   | 18   |

2. Classification pour bois secs en fonction des contraintes à la rupture  
à 12% d'humidité en MPa

Catégorie de résistance

|                     | SD1   | SD2   | SD3   | SD4   | SD5   | SD6   | SD7  | SD8  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| flexion             | 150   | 130   | 110   | 94    | 78    | 65    | 55   | 45   |
| module d'élasticité | 21500 | 18500 | 16000 | 14000 | 12500 | 10500 | 9100 | 7900 |
| compression         | 80    | 70    | 61    | 54    | 47    | 41    | 36   | 30   |

3. Choix de la catégorie

Dans certains cas, un bois peut être classé d'après ses caractéristiques dans des catégories différentes.

En règle générale, on retiendra pour ces bois la catégorie correspondante à la classe la plus faible.

Toutefois, dans certains cas, il est possible de relever d'une classe la catégorie du bois dans les conditions suivantes :

| caractéristique<br>la plus basse | résistance minimum des<br>autres caractéristiques | catégorie<br>à retenir |
|----------------------------------|---|------------------------|
| compression = x                  | flexion = x - 1<br>module = x - 1                 | x - 1                  |
| flexion = x                      | compression = x - 1<br>module = x - 2             | x - 1                  |
| module = x                       | compression = x - 1<br>flexion = x - 2            | x - 1                  |

Exemple : un bois a les caractéristiques suivantes à 12%

flexion : 95 (classe : SD4)  
module : 19000 (classe : SD2)  
compression : 75 (classe : SD2)

Normalement, ce bois, compte tenu de la valeur de la flexion, devrait être classé en SD4; toutefois, il sera classé en SD3 en fonction des indications précisées ci-dessus.

ANNEXE N° 6

DEFAUTS ADMISSIBLES DANS LES PIÈCES DE BOIS DESTINÉES  
À LA CONSTRUCTION DES PONTS MODULAIRES (TYPE ONUDI)

Adaptation et simplification de la norme AS 2082  
dans le cadre de la construction de ponts modulaires

1. Remarques préliminaires

En cas de difficulté sur l'interprétation de ces présentes prescriptions, on se reportera au document officiel AS 2082 - 1979.

Le présent document énonce les prescriptions concernant les bois feuillus ou résineux, secs ou non secs, coupés aux dimensions finales d'utilisation, rabotés et destinés à la réalisation de ponts modulaires.

Si des bois classés selon ces règles devaient être redéfinis ou tronçonnés, les nouveaux éléments ainsi obtenus devraient obligatoirement être reclassés et leur choix devrait obligatoirement correspondre à celui retenu préalablement.

Ce présent document fournit des prescriptions qualitatives des choix II et III. Au moment de la sélection des bois, la pièce de choix I présentant peu ou pas de défaut serait naturellement admise.

Les prescriptions énoncées ci-après correspondent, soit aux prescriptions des règles de classement AS 2082 - 1979, soit à des prescriptions simplifiées, mais plus restrictives.

En conséquence, l'application des prescriptions de ce présent document garantit une qualité de bois égale ou légèrement supérieure à celle définie dans la norme AS 2082 retenue comme base de qualification qualitative des bois dans le cadre de la réalisation des ponts modulaires.



## 2. Prescriptions dimensionnelles

Les dimensions des pièces finies devront correspondre à celles indiquées sur les plans plus ou moins les tolérances admissibles.

Il conviendra, au moment des passations de commande de prévoir :

- les surcotes de séchage
- les surcotes de rabotage
- les surcotes de longueur habituelle (environ 10 cm)

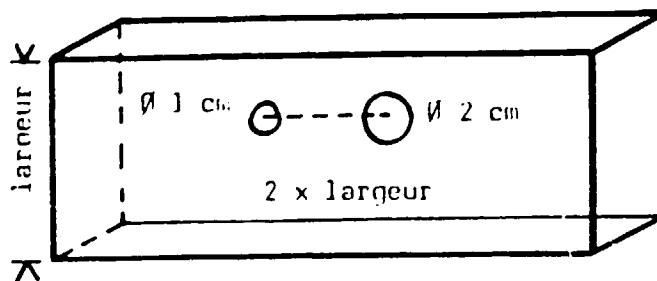
## 3. Méthodologie

Il est important de rappeler que le classement s'effectue sur la pièce de bois une fois usinée et aux dimensions définitives.

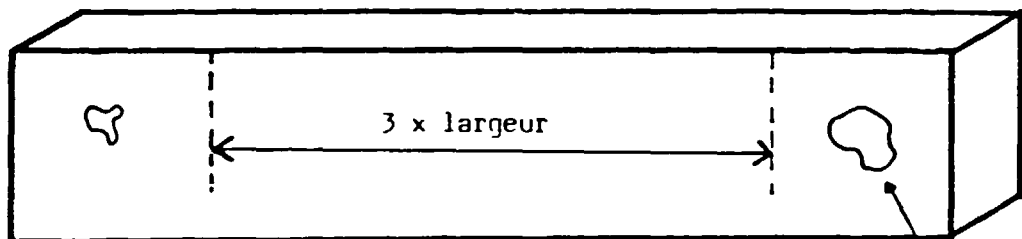
Le classement sera effectué sur la plus mauvaise face de la pièce de bois.

Combinaison de défauts. Lorsque deux défauts sont séparés d'une distance inférieure à deux fois la largeur de la pièce de bois, leur effet pourrait être cumulé, à condition que leur somme soit inférieure au défaut maximum admissible.

Exemple : un noeud de 1 cm proche d'un noeud de 2 cm serait assimilé à un noeud de 3 cm.



Les défauts de dimension maximale admissible devront être séparés par une distance supérieure à trois fois la largeur de la pièce de bois

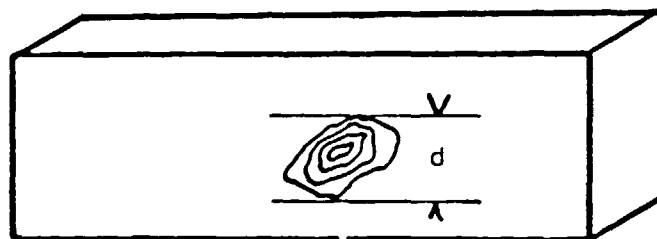


défaut maximum admissible

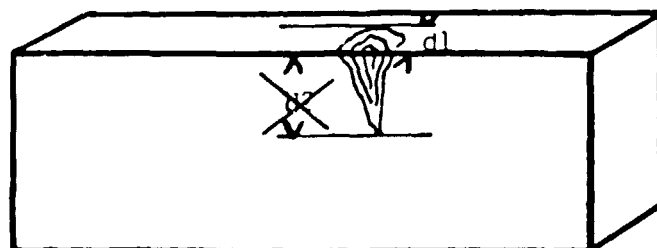
4. Prescriptions qualitatives pour le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> choix

Noeuds

Leur dimension est donnée par la distance mesurée entre les tangentes menées parallèlement aux arêtes de la pièce, aux noeuds



Pour les noeuds apparaissant sur deux faces adjacentes, on retiendra comme dimension celle qui pénalise le moins la pièce de bois



Le diamètre d'un noeud (ou les diamètres cumulés de plusieurs noeuds) ne devra pas être supérieur :

- . pour les bois de 2<sup>e</sup> choix à :  
1/4 de la largeur de la pièce sur laquelle il apparaît
- . pour les bois de 3<sup>e</sup> choix à :  
1/3 de la largeur de la pièce sur laquelle il apparaît

#### Piqûres\*

Toute pièce présentant des piqûres dites actives, vivantes ou blanches, sera à exclure du classement.

Les piqûres dites noires ou mortes pourraient être admises à condition de présenter un diamètre < à 3 mm et d'être inférieures en nombre à 20, sur toute surface de 100 cm<sup>2</sup>.

Si le diamètre des piqûres est supérieur à 3 mm, on assimilera ces dernières à des noeuds.

#### Fentes en bout\*

Elles sont tolérées si leur longueur cumulée est inférieure à la largeur de la face sur laquelle elles apparaissent.

#### Fentes de face\*

Seront exclues du classement toutes pièces de bois présentant une fente apparaissant simultanément sur deux faces, ou sur une face et une rive.

\* Prescriptions communes aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> choix (prescription simplifiée).

Seront également exclues toutes pièces de bois présentant une fente dont l'ouverture sera supérieure à 3 mm.

Seront tolérées la ou les fentes dont la longueur ou la longueur cumulée sera inférieure :

- . pour les bois de 2<sup>e</sup> choix, à 1/6 de la longueur
- . pour les bois de 3<sup>e</sup> choix, à 1/4 de la longueur

Gerces (petites fentes superficielles)

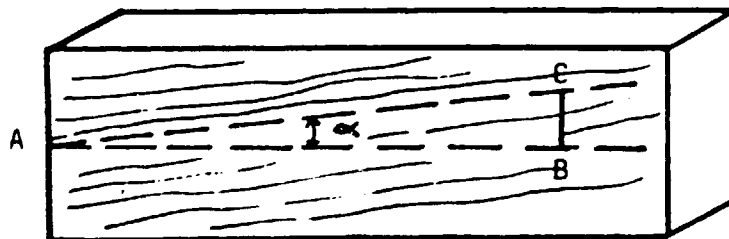
Elles sont tolérées, quel que soit leur nombre, à condition qu'elles ne pénètrent pas à plus de 5 mm environ à l'intérieur de la pièce de bois.

Pente du fil

Elle devra être inférieure :

- . pour les bois de 2<sup>e</sup> choix, à 1/10
- . pour les bois de 3<sup>e</sup> choix, à 1/8

La pente du fil se mesure par la tangente de l'angle formé par la direction du fil et la direction axiale de la pièce ( tangente =  $\frac{BC}{AC}$  )



### Canaux traumatiques\*

Dans la mesure où ces canaux demeureront fins (inférieurs au mm) et peu nombreux, ils pourront être admis en nombre illimité.

Dans les autres cas, ils seront assimilés à des fentes.

### Poches de résine\*

Leur longueur doit être inférieure au triple de la largeur de la face sur laquelle elles apparaissent.

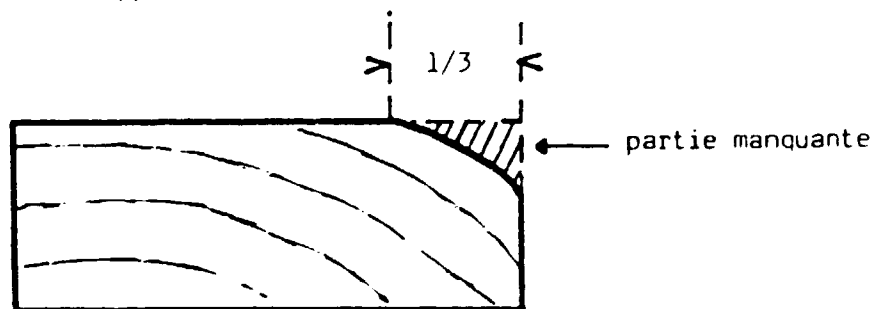
Leur largeur ne doit pas dépasser 1/3 de la largeur de la face sur laquelle elles apparaissent.

### Flaches ou épaufrures\*

La partie manquante du bois ne doit pas être supérieure :

- . pour les bois de 2<sup>e</sup> choix, au cinquième de la section
- . pour les bois de 3<sup>e</sup> choix, au quart de la section

Elles ne doivent pas s'étendre sur plus de 1/3 de la largeur de la face sur laquelle elles apparaissent.



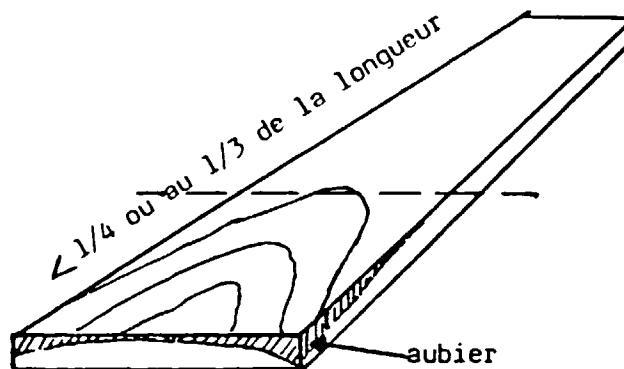
### Aubier

Mêmes tolérances que pour la flache. Toutefois, l'aubier pourra s'étendre sur toute la largeur de la face sur laquelle il apparaît, à condi-

\* Prescriptions communes aux choix II et III

tion que la présence continue d'aubier ne dépasse pas :

- . pour les bois de 2<sup>e</sup> choix, 1/4 de la longueur
- . pour les bois de 3<sup>e</sup> choix, 1/3 de la longueur



N.B. Quelle que soit la durabilité de l'essence employée, toute pièce aubieuse devra obligatoirement être traitée.

#### Pourriture

Toute pièce présentant des zones altérées, pourries ou de coeur mou, sera exclue du classement.

Ne seront tolérées que des traces de pourriture superficielle, sans effet sur la résistance mécanique du bois. Dans le cas de trace superficielle de pourriture, on devra toujours "sonder" le bois pour vérifier que cette dégradation n'a pas affecté la résistance du bois.

#### Autres défauts

Tout autre défaut comme :

- . fracture interne (coup de vent)
- . galerie de termites
- . présence de moelle ou de coeur

ne sera pas admis.

#### Déformation

Les voilements longitudinal et de rive, ainsi que le gauchissement, seront tolérés dans les limites suivantes :

- voilement longitudinal : maximum 7 mm
- voilement de rive : maximum 3 mm
- gauchissement : maximum 2 mm

Dans la mesure du possible, les pièces de bois ne devront présenter qu'exceptionnellement ces défauts.

ANNEXE N° 7

TABLEAUX PERMETTANT DE DETERMINER LA CLASSE  
DE RESISTANCE (F) D'UN BOIS EN FONCTION DE  
SA CATEGORIE DE RESISTANCE (S OU SD) ET DE SON CHOIX (C)

Cas des bois secs

| choix | catégorie de résistance |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | SD1                     | SD2 | SD3 | SD4 | SD5 | SD6 | SD7 | SD8 |
| I     |                         | F34 | F27 | F22 | F17 | F14 | F11 | F 8 |
| II    | F34                     | F27 | F22 | F17 | F14 | F11 | F 8 | F 7 |
| III   | F27                     | F22 | F17 | F14 | F11 | F 8 | F 7 | F 5 |
| IV    | F22                     | F17 | F14 | F11 | F 8 | F 7 | F 5 | F 4 |

Cas des bois humides

| choix | catégorie de résistance |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | S1                      | S2  | S3  | S4  | S5  | S6  | S7  |
| I     | F27                     | F22 | F17 | F14 | F11 | F 8 | F 7 |
| II    | F22                     | F17 | F14 | F11 | F 8 | F 7 | F 5 |
| III   | F17                     | F14 | F11 | F 8 | F 7 | F 5 | F 4 |
| IV    | F14                     | F11 | F 8 | F 7 | F 5 | F 4 | F 3 |



ANNEXE N° 8

**CHOIX  
DES PRODUITS DE PRESERVATION**

Les conditions générales auxquelles les produits de préservation doivent satisfaire sont les suivantes :

- . efficacité vis-à-vis de tous les agents biologiques de destruction
- . résistance aux facteurs d'usure
- . action antifongique éventuelle
- . non toxicité à l'égard de l'homme et des animaux domestiques.

Ces qualités idéales, jointes à un prix modeste, sont évidemment difficiles à trouver réunies dans un même produit.

Parmi tous les produits de préservation existant, ceux pouvant convenir au traitement des bois dans le cadre qui nous intéresse, se divisent en deux grandes familles :

- . les produits organiques huileux
- . les produits salins solubles dans l'eau

Parmi les produits huileux, deux types paraissent capables d'apporter au bois la protection de longue durée recherchée.

\* La créosote. Incontestablement la mieux adaptée à la situation, elle présente les qualités suffisantes de résistance au délavage par les intempéries, les propriétés biocides convenables et la possibilité d'une application simple.

\*\* Le pentachlorophénol en solution huileuse lourde à 5%. Fongicide d'utilisation courante, il convient néanmoins, pour obtenir un produit complet, de lui associer un insecticide tel que le lindane (à la dose de 1%).

Le solvant peut être une huile minérale capable de dissoudre 5% de pentachlorophénol. Dans la pratique, les huiles de vidange conviennent parfaitement.

Il est bon de rappeler ici que le Réseau National des Chemins de Fer malgaches (Andasibe), qui a l'habitude de manipuler ce pesticide, utilise comme solvant le " fuel " commercialisé par la SOLIMA à Tamatave.

ANNEXE N° 9

NOTE TECHNIQUE SUR LE TRAITEMENT DES BOIS  
EN AUTOCLAVE ET PAR TREMPAGE CHAUD ET FROID

L'imprégnation profonde sous pression en autoclave est indiscutablement le moyen le plus puissant et le plus efficace pour faire pénétrer n'importe quel type de produit dans la partie imprégnable d'un bois suffisamment séché au départ.

A l'inverse, tous les procédés d'imprégnation périphérique (badiageonnage, pulvérisation, trempage à froid) ont une efficacité notoirement insuffisante et sont de ce fait à écarter.

Néanmoins, une solution intermédiaire existe, et pourrait être un compromis : il s'agit du trempage chaud et froid en cuves ouvertes, en sachant que ce mode de traitement est moins efficace que l'injection en autoclave (cf. schéma page 8).

Injection en autoclave

Principe

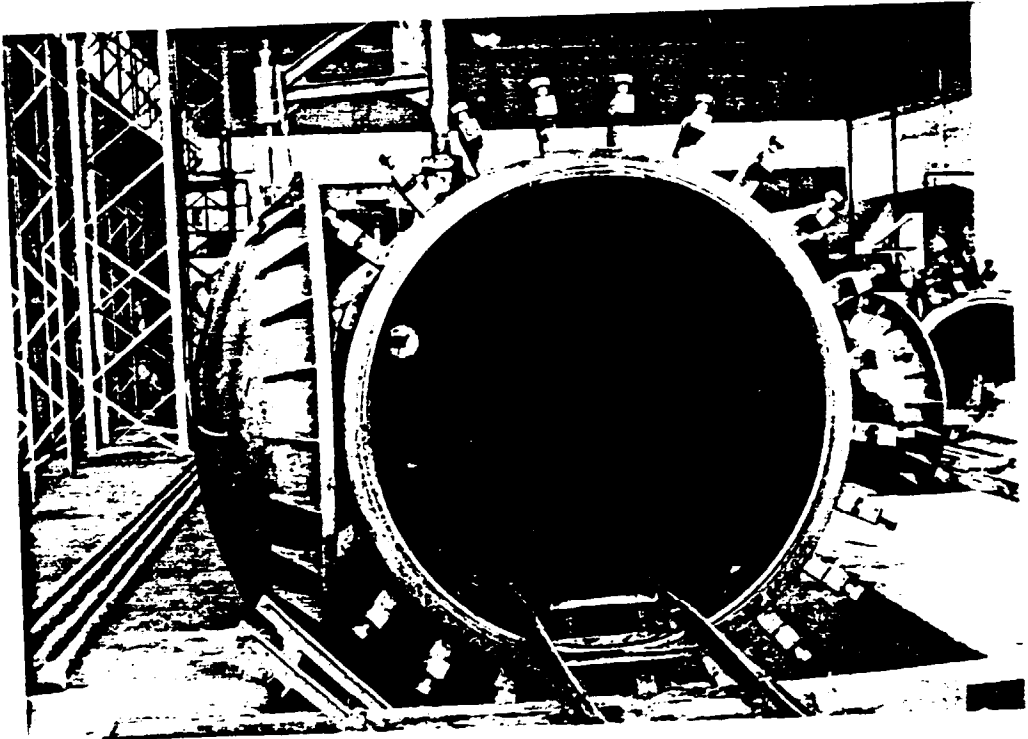
Divers cycles d'imprégnation en autoclave existent, mais il est conseillé ici de faire appel au procédé Bethell, ou procédé de traitement à cellules pleines, consistant à traiter à refus sous l'action du vide et de la pression, les cellules du bois par le produit de préservation.

Pratique

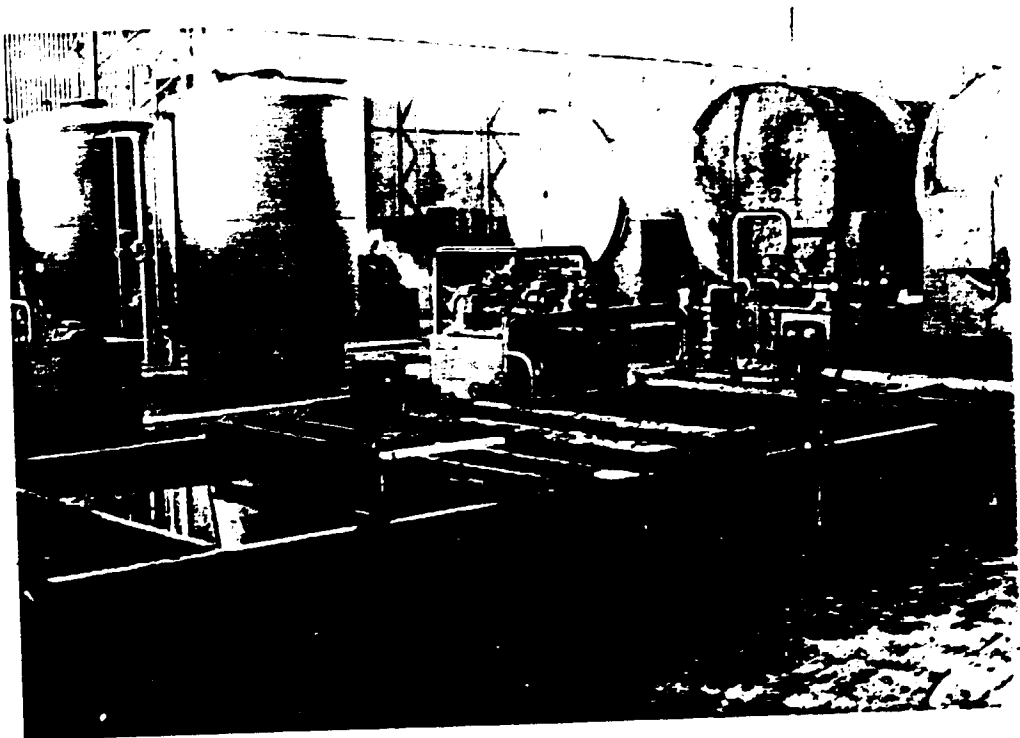
L'application de ce procédé ne peut se faire que dans une installation spécialisée : l'autoclave. Il est bon de rappeler ici qu'une telle installation existe à Madagascar au Réseau National des Chemins de Fer (Andasibe), photo 10 et 11.

Les phases successives de l'opération sont les suivantes :

- chauffage du produit (environ 90°C) utilisé, s'il s'agit d'une formulation huileuse
- introduction du bois dans le cylindre de traitement



Photos 10 et 11 : Installation de traitement des bois en autoclave. Réseau National des Chemins de Fer ( Andasibe ).



- fermeture de l'autoclave
- période de vide ayant pour but d'éliminer au maximum l'air contenu dans les cellules du bois. Ce vide initial doit être supérieur ou égal à 55 cm de mercure et appliqué au minimum 1/2 heure
- admission sous vide du produit jusqu'à remplissage complet du cylindre de traitement
- période de pression en phase liquide de 14 kg/cm<sup>2</sup>, appliquée pendant une durée de 2 heures.
- retour en pression atmosphérique
- vidange complète du cylindre de traitement
- période de vide, dit de ressuyage, qui a pour but d'enlever l'excès de produit encore sous pression dans le bois et d'éviter, particulièrement pour les produits de type créosote, une exsudation trop forte et peu esthétique des pièces imprégnées
- évacuation des bois et stockage sur parc pour parfaire le ressuyage

#### Trempage chaud et froid en cuves ouvertes

Avec ce type de traitement, on se trouve à un niveau différent de la combinaison rusticité-efficacité-coût.

#### Principe

Il consiste en un trempage des bois dans le produit de traitement chaud (produits huileux uniquement), suivi d'un trempage dans le même produit à température ambiante. L'air contenu dans les différents vides du bois se dilate lors du séjour dans la cuve chaude et est partiellement chassé. En même temps, la chaleur augmente la fluidité du produit qui aura pour conséquence une meilleure diffusion de celui-ci dans le bois. Lorsque ce bois est ensuite immergé dans la cuve froide, l'air des cellules se rétracte engendrant ainsi une succion supplémentaire de produit vers l'intérieur du bois.

#### Pratique

L'installation idéale est constituée de deux cuves, l'une permettant le trempage à chaud, l'autre le trempage à froid.

La cuve chaude est avantageusement formée de deux bacs métalliques emboîtés l'un dans l'autre, l'intervalle entre les deux constituant le bain-marie. Le bac central contient le produit de traitement et sa longueur devra être légèrement supérieure à la plus longue pièce de bois à traiter, sans pour autant devenir excessive.

Le chauffage de l'ensemble peut être obtenu, soit par un foyer à bois disposé en-dessous de la cuve, soit par tout autre moyen (brûleur à gas-oil, etc.), le chauffage par résistance électrique étant, bien entendu, le plus pratique.

Une fois la température de 90°C atteinte, les bois à traiter sont introduits dans la cuve. On les maintiendra dans ces conditions pendant environ 6 heures en veillant à ce qu'ils restent complètement immergés, puis ils seront transférés dans la cuve à température ambiante. Cette dernière aura approximativement la même contenance que la première et sera installée le plus près possible de la cuve chaude pour limiter le temps de manutention. La durée du trempage à froid sera de l'ordre de 12 à 18 h de telle sorte que le traitement complet d'un lot de bois est effectué, pour des raisons de commodité et toutes manipulations comprises, en 24 heures.

A la fin du trempage, et après un égouttage pouvant aller jusqu'à une heure, afin de récupérer le maximum de produit, les bois traités sont évacués et stockés sur parcs pour parfaire leur ressuyage avant mise en oeuvre.

Il n'est pas indispensable de disposer de deux cuves différentes (une chaude et une froide). Le refroidissement des bois et le trempage à froid peut se faire dans la cuve chaude sous laquelle on arrête le chauffage après 6 heures. Cette façon de procéder aura comme inconvénient de rallonger le temps de trempage à froid et, de ce fait, diminuera la cadence de traitement.

#### Remarque

\* Un problème à prendre en considération est celui de la manipulation des bois.

Si, pour le traitement en autoclave, un système de manutention des bois est, en règle générale, fourni avec l'appareillage, dans le cas du trempage chaud et froid, la descente des bois dans les cuves, l'acheminement vers

la cuve froide, la sortie des bois et leur transport jusqu'à l'aire de stockage restent des problèmes à résoudre.

Tous ces mouvements peuvent s'envisager au moyen d'un palan et d'un monorail supportés par des portiques.

Dans tous les cas, pour le traitement en série de bois ayant les mêmes dimensions, il est utile de prévoir un système de groupage des bois en faisceaux transportés en bloc pendant toutes les phases du traitement.

\* Les dimensions des appareils de traitement et les perfectionnements éventuels (pompe de remplissage, système de vidange, manutentions automatiques, etc.) sont naturellement fonction de l'importance de la station que l'on désire.

Dans le cas du trempage chaud et froid, et lorsque le mode de chauffage retenu est le foyer à bois, la protection des flammes devra être aussi bonne que possible. En effet, les produits huileux sont très inflammables. Une cause fréquente de bouillonnement et de débordement est la présence d'eau dans le produit de traitement (bois mouillé, pluie, etc.); il est donc souhaitable de prévoir un abri, même très rustique, protégeant les cuves des intempéries.

Outre le danger d'incendie, lié à l'inflammabilité de certains produits, il faut également tenir compte de la nocivité des produits pour les muqueuses et la peau (surtout la créosote chaude). Les personnes ayant à manipuler les bois au cours du traitement devront porter des gants de cuir montant jusqu'aux coudes et éviter les contacts des produits avec les yeux et le nez.

Enfin, il est important de rappeler à nouveau que l'efficacité d'un traitement de préservation ne repose qu'en partie sur le bon choix des produits et du mode d'imprégnation. En effet, chaque type de traitement a bien évidemment ses limites, mais il ne faut pas perdre de vue cette notion d'imprégnabilité.

Aucun mode de traitement ne pourra rehausser la résistance d'un bois présentant une mauvaise imprégnabilité.

### Contrôle du traitement

Lors de chaque chargement, une vérification du traitement s'impose.

Le contrôle de l'imprégnation peut se faire quantitativement, soit par pesée avant et après traitement de quelques échantillons témoins rajoutés au lot de bois à traiter et représentatif de celui-ci, soit par jaugeage des cuves permettant ainsi de suivre les absorptions.

Les échantillons témoins, une fois ressuyés correctement seront découpés transversalement et longitudinalement pour vérifier le niveau de pénétration du produit (photo 12).

Les absorptions à attendre des diverses essences sont très variables et les résultats quantitatifs des essais n'en donnent qu'un ordre de grandeur. Les quantités de produit retenues dépendent, en particulier, de la proportion d'aubier (en général, plus imprégnable que le bois parfait) dans les pièces de bois, de leur degré d'humidité, du mode de traitement utilisé et, évidemment, de l'essence même.

A titre indicatif, des absorptions de 100 kg et plus de créosote par mètre cube de bois imprégnable, ou des absorptions de 10 kg et plus de pentachlorophénol pur par mètre cube de bois imprégnable annoncent une préservation correcte et suffisante.



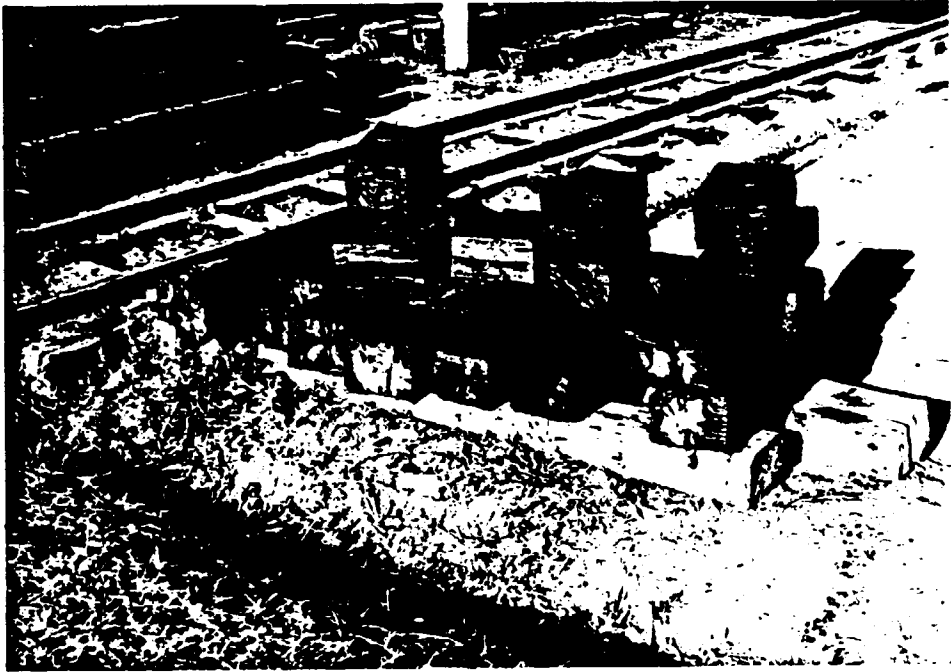


Photo 12 : Coupes transversales dans des pièces de bois peu imprégnable.  
Pénétration irrégulière du produit de préservation.