



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

09456

SI/RMA/79/802

(R)

Rapport technique: Assistance aux Papeteries du Rwanda*

Etabli pour le Gouvernement de la République du Rwanda par
l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
organisation chargée de l'exécution pour le compte du
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après les travaux de M. Louis Marenzi
expert en production de panneaux de fibre

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
Vienne

*/ Ce document a été reproduit sans avoir fait l'objet d'une mise
au point rédactionnelle.

Schéma pour le rapport sur le projet de panneaux de fibres au Rwanda

Introduction

Résumé

1. Amélioration de la production existante de panneaux isolants
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. Brève description de l'usine
 - 1.3. Situation actuelle de l'entreprise
 - 1.4. Améliorations proposées
 - 1.4.1. Amélioration de l'organisation de l'entreprise
 - 1.4.1.1. Service de vente
 - 1.4.1.2. Contrôle de la production
 - 1.4.1.3. Service d'entretien
 - 1.4.2. Augmentation de la production
 - 1.4.3. Amélioration de qualité
 - 1.4.3.1. Amélioration de la résistance à l'eau
 - 1.4.3.2. Panneaux gondolés
 - 1.4.3.3. Bords irréguliers
 - 1.4.3.4. Surface des panneaux
 - 1.4.4. Réduction du prix de revient
 - 1.4.5. Elargissement de la gamme des produits
 - 1.4.6. Séchoir solaire
 - 1.4.6.1. Considérations générales
 - 1.4.6.2. Conception d'un module
 - 1.4.6.3. Description d'un module
 - 1.4.6.4. Estimation du coût du séchoir
 - 1.4.6.5. Considérations économiques
 - 1.5. Conclusions
2. Etude d'un projet de panneaux de fibres durs
 - 2.1. Généralités
 - 2.2. Marché
 - 2.2.1. Le marché actuel
 - 2.2.2. La fabrication de caisses à thé
 - 2.2.3. Le marché potentiel

- 2.3. Approvisionnement en matières premières
 - 2.3.1. Choix entre bois et papyrus
 - 2.3.2. Approvisionnement en bois
- 2.4. Choix de la technologie de production
- 2.5. Description des unités de production considérées
 - 2.5.1. Unité de 8 tonnes par jour
 - 2.5.2. Unité de 5 tonnes par jour
 - 2.5.3. Production d'énergie électrique
- 2.6. Echancier possible de réalisation
- 2.7. Analyse économique
 - 2.7.1. Investissements
 - 2.7.2. Coût de production
- 2.8. Conclusions
- 3. Autres possibilités d'extension de l'usine de Zaza
 - 3.1. Papier et carton
 - 3.2. Carton ondulé bituminé
 - 3.3. Contre-plaqué
- 4. Conclusions générales

INTRODUCTION

A la suite d'une requête du Gouvernement du Rwanda au Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) a approuvé un projet d'assistance technique aux "Papeteries du Rwanda", entreprise d'état.

Au total, 6 mois de travail d'expert et US\$ 25.000,- pour l'achat d'équipement ont été approuvés.

La première phase du projet qui est décrite dans ce rapport a compris deux mois de travail, dont six semaines au Rwanda, de M. Louis Marenzi, un ingénieur spécialiste en panneaux de fibres. Dans sa mission, M. Marenzi avait comme tâche de faire des propositions pour améliorer et rentabiliser la production existante de panneaux de fibres mous et d'étudier un projet de production de panneaux de fibres durs.

Etant donné l'urgence des problèmes de l'usine, une note sur les mesures qui seraient à prendre immédiatement a été directement remise par le rapporteur au conseil d'administration des "Papeteries du Rwanda". Une autre note sur l'utilisation du laboratoire pour contrôler la production actuelle a été faite sur la demande du directeur de l'entreprise.

RESUME

Le présent rapport d'étude porte sur une entreprise d'état au Rwanda, les "Papeteries du Rwanda".

La première partie de l'étude traite les possibilités d'améliorer et de rentabiliser la production existante de panneaux de fibres mous (panneaux isolants).

En premier lieu, l'organisation de l'usine devra être améliorée. Surtout le service de vente, le laboratoire ainsi que le service d'entretien seront à organiser d'une manière plus efficace.

Avec un service de vente mieux organisé, il sera possible de vendre une production nettement plus grande. La production devra

être accrue en conséquence, ce qui sera possible avec des investissements très limités.

Par une série d'essais on devra essayer de perfectionner le processus de production. D'un côté, on cherchera à améliorer la qualité du produit, afin de vaincre les préjugés des acheteurs, de l'autre côté on réduira autant que possible le prix de revient en réduisant les consommations de matières et d'énergie.

Les perspectives de vente seront également améliorées par une gamme plus large de produits qui sera offerte au public.

L'installation d'un séchoir solaire sera justifiée par le caractère pilote qu'aurait une telle unité.

Ce programme d'investissements pourrait être réalisé avec les US\$ 25.000,- que l'ONUDI a prévus pour l'achat d'équipement.

La deuxième partie de l'étude traite un projet de production de panneaux de fibres durs.

Une production de 8 t/j sera très intéressante si on pourra utiliser les panneaux pour la fabrication de caisses à thé. Malheureusement, cette utilisation dépend essentiellement de l'accueil que donneront les importateurs de thé à Londres à la caisse faite de panneaux de fibres. Un essai de commercialisation de cette caisse à thé sera faite par la Société d'Etat Rwandaise qui s'occupe des exportations de thé.

Si le résultat de l'essai est négatif, comme il est à craindre, une unité de 5 t/j serait encore viable, mais serait basée sur un marché plus incertain.

Dans la troisième partie quelques autres possibilités d'extension d'activité de l'entreprise sont brièvement examinées.

La fabrication de papier et de carton devrait commencer par une véritable technologie intermédiaire utilisant comme matière première le papier de récupération.

La possibilité de fabriquer des éléments de couverture à base

de fibres et de bitume est brièvement examinée. Cette fabrication semble viable et mériterait d'être étudiée plus en détail.

Si le projet de fabrication des caisses à thé avec des panneaux de fibres durs s'avère infaisable, on devra étudier la possibilité de produire des feuilles de contreplaqué de petites dimensions, aptes à la fabrication de caisses à thé. L'étude détaillée de ce projet est vivement recommandée.

1. Amélioration de la production existante de panneaux isolants:

1.1 Introduction

La première partie de ce rapport, qui traite des améliorations possibles de la production existante de panneaux de fibres isolants, se base sur les observations directes du rapporteur pendant son séjour à Zaza et pour une grande partie aussi sur les entretiens qu'il a eus avec le personnel de l'usine, en particulier avec le directeur, M. Martin Bucyana, et avec le conseiller technique, M. Joseph Manteleers. Il est donc évident que les idées contenues dans ce rapport ne sont pas toutes nouvelles. En partie, elles sont même déjà à l'état de réalisation. Toutefois, il a semblé utile de rassembler toutes ces idées dans un seul rapport et de dresser ainsi un bilan de toutes les améliorations nécessaires ou souhaitables. De toute manière, la production de panneaux de fibres isolants doit être améliorée sous de multiples aspects, car la situation actuelle de l'entreprise est absolument insatisfaisante. Cette situation demande des mesures rapides et, sur la demande du Président du Conseil d'Administration des "Papeteries du Rwanda", le rapporteur lui a remis une brève note avant son départ. Cette note contient sur six pages dactylographiées l'essentiel des propositions du présent rapport.

1.2 Brève description de l'usine:

L'usine des "Papeteries du Rwanda", entreprise d'Etat, se

trouve dans la commune de Mugesera, préfecture de Kibungo, près de la localité Zaza, en bordure du lac Mugesera. Elle a été construite en 1976/1977. A partir de juin 1977, des essais de production ont été faits pour perfectionner le processus de production et les machines, dont beaucoup ont été construites sur place. La production industrielle a démarré en février 1978.

L'usine produit des panneaux de fibres isolants, utilisant comme matière première principale le papyrus (*Cyperus papyrus*).

Les tiges de papyrus sont coupées à la main, de préférence dans des endroits relativement secs où l'on peut accéder à pied. Les tiges sont séchées sur place, puis acheminées vers l'usine soit par bateau soit par camion.

A l'usine les tiges de papyrus subissent une désintégration à sec dans un moulin à marteaux. Les particules de papyrus sont trempées avec du lait de chaux dans des bacs ouverts pendant environ une semaine, puis défibrés dans un autre moulin à marteaux avec addition d'eau. La pâte ainsi obtenue passe par un cylindre égoutteur qui sert à éliminer les parties solubles et surtout la moelle qui a été réduite aux dimensions d'une fine poussière par l'action des deux moulins.

La pâte essorée passe à 3 bacs de mélange et de stockage où l'on ajuste la consistance. On y ajoute des matières chimiques qui rendent les panneaux plus hydrofuges. A la pâte de papyrus ainsi obtenue on ajoute la pâte de déchets de papier.

Les déchets de papier, qui viennent de l'Imprimerie Nationale, sont trempés et ensuite défibrés dans le moulin à marteaux avec addition d'eau.

Toujours par gravité, la pâte coule vers les quatre machines formantes dans lesquelles on forme les "gâteaux" de fibres. Les gâteaux sont portés à une presse hydraulique, actionnée à la main, qui comprime les gâteaux, exprimant l'eau, égalisant l'épaisseur et lissant la surface.

Les panneaux humides sont chargés sur des étagères contenant 30 panneaux chacune. Les étagères pleines sont poussées dans le tunnel de séchage qui est chauffé par deux petits fours et par l'air de refroidissement du groupe Diesel. Comme la capacité de séchage du tunnel est insuffisante, on extrait les panneaux dès qu'ils sont suffisamment secs pour être manipulés et on les met au soleil pour compléter le séchage.

Dans cette opération de séchage, les panneaux se gondolent fortement. Ainsi, on les stocke pendant plusieurs jours pour qu'ils s'aplatissent avant de les scier à leur format de 1 x 1 m avec de simples scies à main. Les panneaux sont enfin pressés une deuxième fois, à sec, pour les aplatir définitivement.

Les bords découpés et les panneaux défectueux sont réutilisés comme matière première.

1.3 Situation actuelle de l'entreprise:

L'usine de panneaux de fibres isolants a été prévue pour une production journalière de 200 panneaux et les calculs économiques ont été faits sur cette base. Les investissements étaient pratiquement terminés et la plupart du personnel était en place dès juillet 1977. La production industrielle n'a commencé qu'en février 1978. En 1978, l'usine a vendu environ 10 000 panneaux pour une recette d'environ 2,5 millions de FRw, clôturant l'exercice 1978 avec une perte d'environ 8 millions de FRw.

Actuellement (juillet 1979) l'usine peut produire environ 160 panneaux par jour en travaillant 8 heures, de 7 heures à 12 heures et de 14 heures à 17 heures, avec quelques services travaillant en continu, de 7 heures à 17 heures. L'usine a eu beaucoup d'interruptions de travail, surtout à la suite de pannes du groupe Diesel générateur d'électricité, et on ne peut donc compter que sur une production moyenne de 125 panneaux par jour.

De cette production, au moins 10% doivent être considérés comme étant de deuxième choix, à cause d'un manque d'épaisseur, d'irrégularité dans la surface ou de bords irréguliers. On peut estimer qu'encore 5% seront légèrement endommagés dans le transport et dans les manipulations au magasin de vente à Kigali. La production journalière vendable ne dépasse donc guère la centaine de panneaux de premier choix et une vingtaine de panneaux de deuxième choix.

Pour une production de 125 panneaux/jour le calcul du prix de revient des panneaux a été fait par le service comptable des "Papeteries du Rwanda" sur la base des dépenses effectives comme suit:

Matières Premières et auxiliaires	F/jour	F/panneau
Papyrus	p.m.	p.m.
Chaux 100 kgs x 15 F/kg	1.500	
Colophane 10 kgs x 132 F/kg	1.320	
Alun 20 kgs x 112 F/kg	2.240	
Soude caustique 4 kg x 87 F/kg	348	
	<u>5.408</u>	43,3
Frais de personnel (y compris 5% de charges sociales)		
Salaires direct. productifs	6.898	(55,2)
Salaires indirect. productifs	5.405	
Salaires de laboratoire	1.382	
Salaires du service commercial	1.210	
Salaires du service administratif	5.615	
	<u>20.510</u>	164,1
Matières et fournitures consommées		
Mazout 120 l x 40 F/l	4.800	(38,4)
Essence 30 l x 44,5 F/l	1.335	
Lubrifiant	150	
Bois de chauff. 1/2 stère à 220 F	110	
Fournitures diverses	477	
	<u>6.372</u>	55,0

grosses commandes de panneaux tous les panneaux légèrement endommagés.

Dans les 6 premiers mois de 1979 l'entreprise a vendu au total 3778 panneaux, pour une recette totale de 1 133 000 FRw considérant tous les crédits comme récupérés. Environ 7.000 panneaux, dont peut-être un tiers de deuxième choix, sont en stock à Zaza et à Kigali. Comme les frais d'exploitation de l'usine avec amortissement, charges financières etc. s'élèvent à environ 14 millions de FRw par an, il est évident qu'un grand effort doit être fait pour que l'usine ne continue pas à produire une perte financière qu'elle ne saurait supporter longtemps.

1.4 Améliorations proposées:

La situation difficile dans laquelle se trouve l'entreprise demande un grand effort général d'amélioration. On peut dire que l'usine constitue une réussite technologique qu'on peut même qualifier de surprenante si l'on considère que cette usine est unique au monde. Elle est probablement la seule usine de panneaux de fibres à utiliser le papyrus comme matière première et sa technologie de fabrication est tout à fait originale, ayant comme vague modèle seulement une unité à base de paille de céréales décrite dans une publication américaine.

Il faut malheureusement constater que le travail permanent d'amélioration et de perfectionnement que demande une telle entreprise pilote n'est pas continué. Il est dommage que les services de M. Manteleers, conseiller technique belge, ne sont plus utilisés. Il pourrait justement faire ce travail qui est difficile pour le personnel dirigeant occupé avec les problèmes de la production et de la gestion courante.

Seulement une petite partie des améliorations discutées lors de la dernière visite du rapporteur en septembre 1978 a été réalisée et certains matériels se sont même dégradés avec l'usure.

Autres services consommés	F/jour	F/panneau
Entretien	2.400	
P.T.T.	50	
Conseil d'administration	330	
Location de main d'oeuvre	100	
Missions	4 400	
Documentation	250	
Frais de représentation	100	
	<u>3.630</u>	29,0
Assurance	190	1,5
Intérêts bancaires	2.742	21,9
Amortissements	<u>9.061</u>	<u>72,5</u>
Totaux	<u>48.413</u>	<u>387,3</u>
	=====	=====

Les possibilités de réduire ce prix de revient seront examinées au chapitre 1.4.4. On peut observer tout de suite la lourdeur des charges fixes et des salaires non directement productifs. Elle s'explique en partie par le fait que l'entreprise est en train d'installer une deuxième unité de production qui produira des emballages en carton ondulé à partir de papier importé. Les services non directement productifs sont déjà prévus pour cette extension et, à la rigueur, on devrait donc considérer une partie de leurs frais comme frais de premier établissement de cette deuxième unité. Le laboratoire est conçu surtout pour des recherches sur la fabrication de pâte et de papier et ces frais aussi ne seraient à imputer que très partiellement à la production de panneaux isolants.

Les panneaux sont vendus au prix fixe de 300 FRw par panneau de 1 m², sans ristourne pour des commandes importantes ou pour les intermédiaires. Les ventes se font soit directement à Zaza, soit au magasin de vente à Kigali. Les panneaux de deuxième choix ne sont pas vendus séparément. Il y a actuellement un grand stock de panneaux trop minces à Zaza, alors qu'à Kigali on fait glisser dans les

1.4.1 Amélioration de l'organisation de l'entreprise:

1.4.1.1 Service de vente:

Les ventes se font uniquement à l'usine même ou au bureau de vente à Kigali. L'usine est très éloignée des centres de consommation et le bureau de vente est très peu connu. Même des personnes qui le connaissent associent avec "Papeteries du Rwanda" plutôt la vente de papier ou d'articles de bureau que de panneaux pour plafonds. Quelques visites auprès d'entreprises de bâtiment ont permis de constater qu'on ignore souvent l'existence d'une production locale de tels panneaux pour lesquels il y a une demande certaine.

L'amélioration de l'organisation du service de vente devrait porter sur plusieurs points.

En premier lieu il semble nécessaire d'étendre le réseau commercial. Kigali est de loin le marché le plus important du Rwanda, mais des villes comme Butare, Ruhengeri, Gisenyi etc. ne devraient pas être totalement négligées. Le plus simple serait de passer des accords avec des commerçants de matériaux de construction qui commercialisent déjà des produits similaires importés.

Bien entendu, une certaine marge bénéficiaire devrait être concédée à ces commerçants. Il semble également logique d'établir un barème de prix en fonction du volume des achats. Une certaine ristourne est déjà donnée aux acheteurs de gros lots car on leur fait un crédit sans compter d'intérêt. Cependant, ce système favorise les mauvais payeurs et il semble plus logique d'accorder des ristournes en fonction de la quantité achetée et de compter des intérêts bancaires normaux pour les achats à crédit.

On devrait également entreprendre une campagne de publicité pour faire mieux connaître les panneaux de Zaza. Les clients individuels pourraient être touchés par la radio. Pour les entreprises, les commerçants et les organismes publiques l'envoi direct d'une lettre et d'un échantillon devrait être plus efficace. Une centaine de lettres au maximum devrait suffire pour couvrir tout le Rwanda.

Le service de vente aurait un rôle important à jouer dans cette campagne de publicité. Il est composé de trois personnes qui sont largement sous-utilisées avec une moyenne d'une vente tous les deux jours. Un des deux vendeurs pourrait systématiquement visiter les acheteurs actuels et potentiels. Les visites auprès des personnages importants devraient, bien sûr, être faites par le directeur des "Papeteries du Rwanda".

Il conviendra également de vendre les panneaux de deuxième choix séparément, établissant différents prix suivant le manque d'épaisseur et les autres défauts. Les panneaux de deuxième choix actuellement en stock à l'usine représentent une perte financière alors que la vente de ces panneaux au prix normal risque de donner une mauvaise réputation à l'entreprise.

Avec un accroissement de la production, on devra également penser à l'exportation dans les pays voisins, surtout au Burundi et dans la province du Kivu du Zaïre. Même à des prix plus bas que sur le marché intérieur, l'exportation sera financièrement intéressante (voir 1.4.2).

Pour le marché intérieur, une certaine protection douanière devrait être cherchée. L'usine a actuellement au moins 7.000 panneaux en stock et elle est capable de satisfaire toute la demande intérieure. Il n'y a pratiquement pas d'importation de panneaux isolants, mais des produits concurrentiels sont importés sous un régime douanier excessivement favorable. Le contre-plaqué (TRIPLEX) ne paie que 5% de droits d'entrée, les panneaux de fibres durs (UNALITE) 15%. De ce fait, le contre-plaqué et les panneaux de fibres durs se vendent sensiblement au même prix par m² que les panneaux isolants fabriqués localement.

Les prix des principaux produits concurrents sont, chez les grossistes-importateurs:

contre-plaqué de 3 mm environ 1.000 FRw par panneau, soit	335 F/m ²
panneau de fibres dur de 3,2 mm, environ	335 F/m ²
plaque plate d'amiante-ciment, environ	450 F/m ²
panneau de tiges de papyrus des "Com- pagnons Bâtisseurs" 100 F/panneau de 60 x 60 cm, soit	278 F/m ²

1.4.1.2. Contrôle de la production:

On peut dire qu'actuellement aucun contrôle de la qualité de la production n'est effectué. D'autre part, il y a un laboratoire dans lequel travaillent un chimiste et deux auxiliaires. Le laboratoire est conçu plutôt pour fonctionner comme laboratoire de recherche pour la fabrication de pâtes et de papier, mais pour ce travail très délicat on manque d'équipement, de documentation et aussi de connaissances techniques (voir chapitre 3.1). Entretemps, le laboratoire aurait un rôle important à jouer dans le contrôle de la production courante de panneaux isolants. Une note provisoire dans ce sens a été remise au directeur des "Papeteries du Rwanda" par le rapporteur.

Les contrôles à faire seraient les suivants:

A. Epaisseur:

Le laboratoire ne dispose actuellement d'aucun appareil pour la mesure de l'épaisseur des panneaux, même pas d'un pied à coulisse. On a maintenant demandé une offre pour trois petits appareils de mesure d'épaisseur qui devront être commandés prochainement. Un tel appareil permettra au chef d'équipe de contrôler rapidement l'épaisseur des panneaux humides sortant de la presse et plus tard des panneaux finis. Un deuxième contrôle pourra être fait dans le laboratoire où on pourra découper quelques panneaux pour contrôler si l'épaisseur reste bien constante sur toute la surface du panneau. Les panneaux ayant moins de 9 mm d'épaisseur devront être vendus comme panneaux de 8 mm à un prix légèrement réduit.

Dans le passé, par un manque de directives et de contrôles, on a produit des panneaux avec une épaisseur descendant jusqu'à 6 mm. Il est évident que ces panneaux ont été mal accueillis par la clientèle qui s'attend à des panneaux de 10mm.

B. Poids spécifique:

Cette qualité n'est pas aussi directement appréciée par la clientèle que l'épaisseur, mais il sera important de surveiller cette propriété des panneaux. Sa détermination est très simple. Il suffit de mesurer et de peser un échantillon. A égalité de résistance mécanique, un panneau léger sera préférable, car il se gondolera moins par son propre poids, il sera un meilleur isolant thermique et il coûtera moins cher à la production. Pour les panneaux isolants on admet, d'après les normes ISO, un poids spécifique jusqu'à $0,35 \text{ g/cm}^3$. Les panneaux de Zaza se maintiennent autour de cette limite.

Avec les dimensions limitées des panneaux il sera plus simple de peser un panneau entier que de découper de petits échantillons. Un panneau de 1 x 1 m et de 10 mm d'épaisseur pèse autour de 3,5 kgs et peut donc être pesé sur la balance électrique du laboratoire.

Il sera utile de peser au moins un panneau de chaque charge du dernier bac de mélange. Il sera également utile de peser routinièrement les échantillons préparés pour les essais de rupture.

C. Humidité:

C'est encore une mesure très simple car il suffit de peser l'échantillon avant et après son séchage dans l'étuve de séchage. Si les panneaux sont trop humides, ils risquent d'être lourds et mous. S'ils sont trop secs, il sera difficile de les aplatir complètement dans le deuxième pressage qui se fait à sec. En outre, les panneaux trop séchés absorberont de l'humidité de l'air plus tard et risquent ainsi de se déformer. L'équilibre hygroscopique devrait s'établir autour de 3-10% d'humidité en poids. Les panneaux devraient être produits avec cette humidité.

D. Résistance mécanique à la flexion:

Pour pouvoir mesurer cette propriété très importante des panneaux, nous avons construit un appareil primitif qui devrait néanmoins permettre des mesures assez précises et dans des conditions très proches à celles prévues par les normes internationales ISC. On devra prendre un échantillon d'environ 75 mm de largeur et placer la charge bien au milieu entre les deux appuis. La résistance spécifique est donnée par la formule suivante:

$$\text{Rés. spéc. (en kp/cm}^2\text{)} = \frac{3 P l}{2b a^2}$$

où P est la charge en kp

l est la distance entre les appuis en cm
(30 pour cet appareil)

b est la largeur de l'échantillon en cm
(autour de 7,5)

a est l'épaisseur de l'échantillon en cm
(qui sera en général entre 0,7 et 1,3 pour ces panneaux)

Les panneaux isolants ont généralement une résistance à la flexion entre 15 et 55 kp/cm².

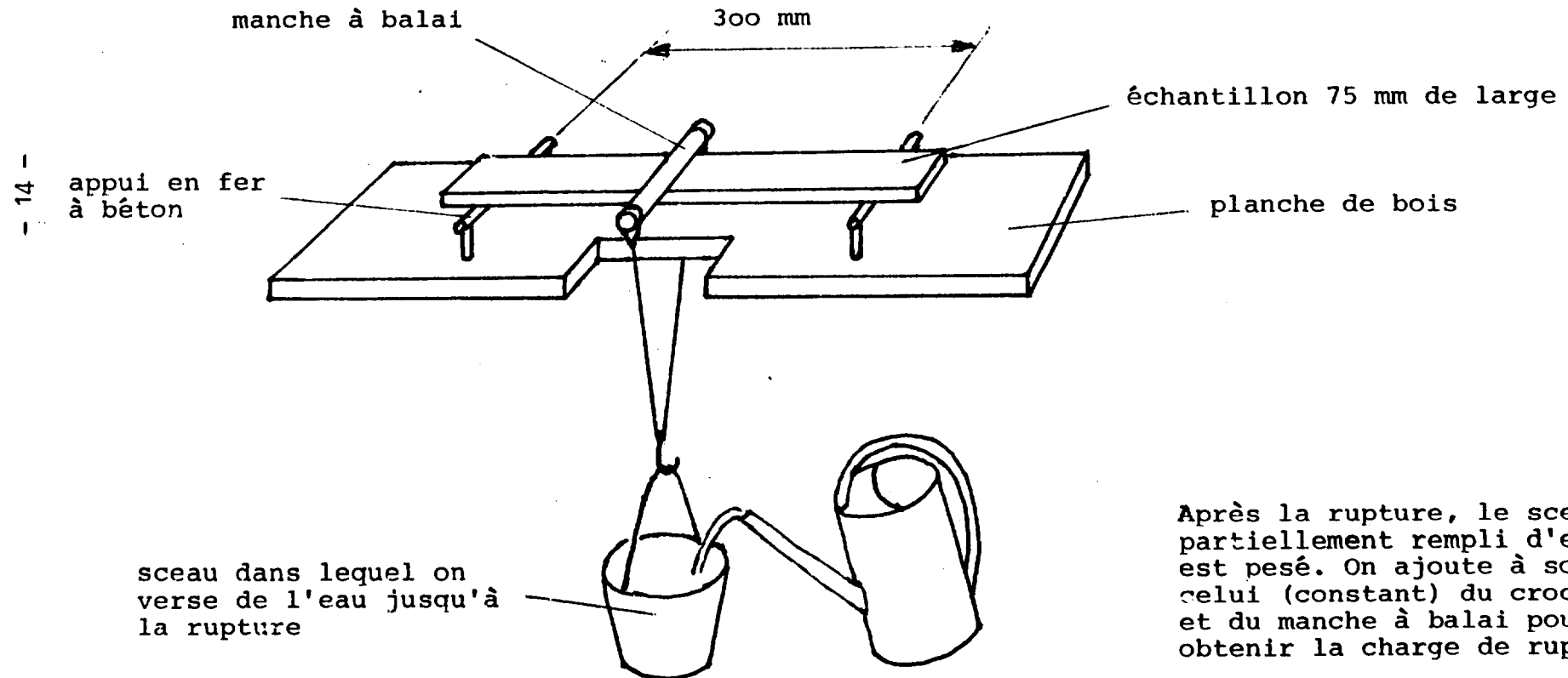
Dans les nouvelles normes ISO, les valeurs sont indiquées en N/mm², mais le kp/cm² est encore le plus employé.

E. Absorption d'eau:

Pour mesurer l'absorption d'eau, on pèse l'échantillon et puis on le tient immergé dans de l'eau à 20°C pour un certain temps, qui est généralement de 24 heures pour les panneaux durs et de 2 heures pour les panneaux isolants. Ensuite on essuie l'échantillon avec du papier buvard pour éliminer l'eau qui adhère simplement sans être absorbée et on le pèse de nouveau. On obtient ainsi l'absorption d'eau en 2 ou 24 heures d'immersion exprimé en pourcentage de poids.

Pour avoir des valeurs comparables, il faut employer des échantillons ayant toujours les mêmes dimensions. A qualité égale un échantillon petit et mince absorbe un plus grand pourcentage d'eau. Dans les normes ISO, il est spécifié que les échantillons devront mesurer 100 x 100 mm. A Zaza il pourra être plus convenable d'utiliser des échantillons cassés dans les preuves à la résistance mécanique.

Appareil pour la mesure
de la résistance à la flexion



Dans les normes ISO on ne fixe pas de limites pour l'absorption d'eau des panneaux isolants sauf si elles sont de qualité pour usage extérieur. Cependant, avec l'usage qui se fait de ces panneaux au Rwanda, c'est à dire comme plafond sous un toit qui est généralement de tôle ondulée et dont l'étanchéité n'est pas parfaite, la résistance à l'eau a une importance certaine pour l'utilisateur. Il sera donc important de surveiller et d'améliorer cette qualité (voir chapitre 1.4.3).

F. Rigidité:

La rigidité se détermine avec l'appareil pour la mesure de la résistance à la flexion, en mesurant le poids appliqué et la déflexion du panneau sous cette charge. On constatera que le panneau continue à fléchir avec le temps sous la même charge invariée. Ce phénomène, appelé 'creep' en anglais, est inhérent à tous les panneaux de fibres et il est un de leurs principaux désavantages par rapport à d'autres panneaux plus rigides. Une mesure de la rigidité des panneaux sera utile si les clients se plaignent que les panneaux se gondolent sous leur propre poids.

G. Examen visuel:

On contrôlera la surface qui devra ou être lisse ou présenter un dessin régulier imprimé lors du pressage à sec. On contrôlera également la couleur. En particulier, le panneau ne devrait pas présenter trop de taches constituées par des morceaux de papier de récupération mal défibré. Dans ce cas, on devra intensifier le trempage du papier de récupération. Il sera aussi très important que le panneau soit bien plat et que les bords soient bien découpés en respectant les dimensions et l'équerre.

H. Contrôle des produits utilisés:

On pourra contrôler le degré d'humidité du papyrus, car les résultats provisoires de quelques essais semblent indiquer que le papyrus ne doit être ni trop sec ni trop humide pour obtenir un bon défibrage à sec. Ce point sera encore traité à chapitre 1.4.2.

Il sera également très intéressant de contrôler la qualité de la chaux. Un essai fait sur un seul échantillon a donné que la chaux contient environ deux tiers de matière insoluble (voir chapitre 1.4.4). Dans l'épreuve de solubilité de la chaux, il faut utiliser beaucoup d'eau car la chaux n'est soluble que dans des proportions de l'ordre de 1 : 1000.

1.4.1.3 Service d'entretien:

L'entretien de matériel doit être amélioré. Il pourra être utile de définir plus nettement les responsabilités des différentes personnes qui s'occupent de l'entretien.

On peut citer plusieurs exemples pour le manque d'entretien. Les étagères du séchoir sont souvent endommagées ce qui provoque de fortes déformations dans les panneaux qui sèchent. Dans les machines formantes les joints élastiques sur lesquels reposent les tôles perforées sont en mauvais état, laissant échapper de la pâte et causant ainsi des irrégularités dans l'épaisseur des 'gâteaux'. La peinture des tôles de ces machines serait à renouveler plus souvent pour éviter une rouille excessive de ces tôles au contact avec la pâte légèrement acide. Le groupe Diesel, déjà vétuste, cause des pannes fréquentes qui diminuent sensiblement la capacité effective de production de l'usine.

1.4.2 Augmentation de la production:

On peut voir dans le calcul du prix de revient (chapitre 1.3) que les charges fixes ont une grande incidence. Une augmentation de la production ferait donc fortement baisser le prix de revient. Pour une production qui passerait de 125 à 200 panneaux par jour, le coût marginal de production se calcule comme suit:

	F/panneau
Matières premières et auxiliaires	43,3
Personnel (5 manoeuvres de plus, à 150F/j, pour 75 panneaux de plus)	10,-
Mazout 50 l/j de plus (rendement amélioré) 50 x 40 : 75 =	26,7
Essence	5,-
Bois de chauffe (voir 1.4.6.5.)	7,5
Entretien	10,-
Amortissement technique accéléré	10,-
Divers	10,-
total	120,5

Dans ce calcul, plusieurs valeurs ne sont évidemment qu'estimées.

Le prix de revient moyen sera donc pour une production de 200 panneaux par jour: FRw 288.

Ceci signifie qu'avec le prix actuel de 300 FRw par panneau, même avec quelques ristournes, l'usine ferait du bénéfice si elle produisait et vendait 200 panneaux par jour, sans considérer que dans un avenir très proche une partie des frais généraux sera supportée par la fabrication de cartons ondulés.

L'entreprise devra donc chercher à porter sa production d'abord de 125 à 200 panneaux par jour en continuant à travailler de 7 heures à 17 heures, avec repos de 12 heures à 14 heures pour la plupart des services. Avec un service de vente bien organisé, il devrait être possible de vendre cette production au Rwanda, sans exportations.

Le passage à une production de 200 panneaux par jour rencontre plusieurs obstacles au cours du processus de fabrication.

L'approvisionnement en matières premières ne posera pas de problèmes. Il suffira d'engager quelques manoeuvres supplémentaires pour couper le papyrus. Le prix de revient du papyrus baissera même légèrement, car le même chef d'équipe peut facilement diriger une équipe un peu plus grande. Ceci compensera largement un accroissement minime du coût du transport si on doit chercher le papyrus un peu plus loin.

Pour le broyage à sec du papyrus il n'y a également pas de problèmes de capacité. Pour obtenir dans le broyage à sec un certain défibrage et la séparation de la moelle plutôt que la simple désintégration des tiges de papyrus, nous avons essayé de prendre des tiges de papyrus non complètement séchées ou de les arroser la veille avant de les passer au moulin à marteaux. Ces essais ont été très encourageants et on pense maintenir ce procédé en saison sèche. En saison de pluie, les tiges de papyrus

se trouvent généralement déjà dans un état approprié au défibrage à la suite des conditions climatiques. Ce papyrus encore légèrement humide demande un travail accru au moulin à marteaux et donc une alimentation un peu plus lente. Une alimentation trop brutale risquerait de provoquer le blocage du moulin à marteaux. Les tiges de papyrus contiennent des faisceaux de fibres très longs qui s'enroulent autour du cylindre du moulin. Ce risque pourra être évité en installant avant le moulin à marteaux un hachoir comme il est couramment utilisé pour la paille. Ce hachoir devrait permettre non seulement d'augmenter la capacité de broyage du moulin, mais également de faire une nette économie d'énergie électrique. Une étude américaine indique qu'avec la paille de céréales l'introduction d'un hachoir réduit la consommation d'énergie électrique à moitié. Avec le papyrus, le résultat pourrait être aussi favorable. Dans une installation nouvelle, on devrait penser à une machine qui combine les fonctions du hachoir et du moulin à marteaux,, mais dans le cas présent il devrait être plus économique d'installer un simple hachoir ou coupe-paille. Une telle machine coûte, vendue au Rwanda, environ US\$ 4.000.

Actuellement, le moulin à sec travaille environ 4 heures par jour pour une production journalière de 150 panneaux. Il pourra donc facilement traiter assez de papyrus pour 200 panneaux par jour, même sans l'installation du coupe-paille.

La capacité de trempage dans les bacs en maçonnerie a été critique dans le passé, surtout en saison sèche. Quelques observations ont permis de conclure que cette différence dans le temps de trempage vient du fait que les papyrus parfaitement secs sont plutôt cassés que défibrés dans le broyage à sec.

Dans la dernière semaine du séjour du rapporteur, on a construit trois nouveaux bacs de trempage qui augmentent la capacité de ce département d'environ 50%. Même si le défibrage amélioré dans le broyage à sec n'apporte donc aucune accélération du trempage - les essais n'ont pas été parfaitement conclusifs

par manque de temps - il ne devrait donc plus y avoir de problème de capacité dans le trempage.

Le moulin humide travaille actuellement environ neuf heures de 7 heures à 17 heures avec quelques interruptions, pour produire la pâte pour 150 panneaux. Avec un meilleur trempage et une meilleure désintégration dans le moulin sec, le travail du moulin humide se trouvera facilité et il devrait être capable de fournir assez de pâte pour 200 panneaux avec un travail vraiment continu de 10 heures par jour.

Les papiers de récupération devront être bien trempés dans de l'eau pour faciliter leur défibrage. Si ces mesures devaient s'avérer insuffisantes, il sera nécessaire de faire travailler le moulin humide un peu plus longtemps, par exemple 12 heures par jour. La capacité de stockage de la pâte dans les trois bacs en béton sera largement suffisante pour ce régime de travail, chaque bac pouvant contenir assez de pâte pour environ 100 panneaux.

Le tamis rotatif qui sert pour l'essorage de la pâte semble avoir une capacité permettant un accroissement de la production (voir aussi le prochain chapitre).

Les trois bacs en béton pour le stockage et le mélange de la pâte, comme déjà dit, possèdent une bonne réserve de capacité.

Les quatre machines à former les panneaux peuvent produire les 200 panneaux en cinq heures environ. En plus il serait facile d'accélérer un peu leur rythme de production. Par exemple on pourrait substituer les vannes ordinaires qui règlent l'écoulement de l'eau en dessous des bacs formants par des vannes à fermeture rapide. Ceci permettrait de gagner quelques secondes à chaque cycle. Les opérateurs de ces machines pourront alors aussi prendre l'habitude de laisser encore de l'eau dans la caisse en dessous de la tôle perforée. Le remplissage de la caisse avec de l'eau se fera alors plus rapidement et on réalisera une

économie d'eau, donc d'énergie de pompage. En outre, on pourrait accélérer l'égouttage de la pâte dans les bacs formants en substituant à la tôle perforée une toile métallique supportée par une tôle perforée avec des trous beaucoup plus grands. La surface libre d'égouttage serait ainsi nettement accrue.

De toute manière, le département de formation des panneaux humides possède une bonne réserve de capacité.

C'est plutôt le pressage des panneaux dans la presse hydraulique qui détermine le rythme de travail de cette partie de l'usine. Ce pressage peut être accéléré sensiblement par l'installation d'une pompe hydraulique à moteur au lieu de la pompe à main. La pompe à moteur n'a pu être commandée jusqu'à présent car le nom et l'adresse du fournisseur de la presse ainsi que les données techniques de la presse étaient introuvables. Une nouvelle initiative dans ce sens a été prise qui devrait donner des résultats bientôt.

Avec un pressage beaucoup plus rapide, l'évacuation de l'eau qui est exprimée des panneaux humides pourrait être difficile. Actuellement, cette eau passe à travers des 'coussins' spéciaux qui sont mis entre les panneaux humides. Un tel coussin est essentiellement un sandwich de deux tôles perforées soudées ensemble avec au milieu une toile métallique. Ces coussins semblent maintenant partiellement obstrués. Un simple tissu métallique, en acier ordinaire, avec 5 à 10 fils/centimètre, posé sur une tôle permettrait également l'évacuation de l'eau et serait facile à nettoyer.

De telles modifications seront rapides à faire si elles devaient s'imposer à la suite des premiers essais avec la pompe à moteur. Un mètre carré de ce tissu métallique coûte environ US\$ 25,- en Autriche.

Le séchage des panneaux est actuellement l'obstacle le plus sérieux à une augmentation de la capacité à 200 panneaux par jour. En saison sèche, en travaillant environ neuf heures par

jour, le séchoir réussit à sécher 150 panneaux suffisamment pour qu'ils puissent être manipulés pour être étendus au soleil pour achever le séchage. En saison des pluies, cette capacité tombe à environ 125 panneaux par jour, et le séchage au soleil se fait aussi plus aléatoire.

Il devrait être possible d'améliorer le rendement du séchoir avec quelques petites modifications. D'abord, il conviendra de capter l'air de refroidissement du moteur Diesel d'une manière plus directe et de récupérer partiellement la chaleur des gaz d'échappement. Une petite construction en tôle ayant ce but a été commencée pendant le séjour du rapporteur à Zaza.

On devrait également améliorer un peu les deux petits fours, faits de vieux bidons à essence, qui chauffent le séchoir. Les grilles défoncées seraient à refaire et il faut arranger le tirage d'air de manière à ce que l'air passe à travers la grille et non au-dessus des flammes. Les grosses buches d'eucalyptus devraient être fendues. Pour cela il conviendra d'équiper les ouvriers de coins en acier. (On les trouve à Kigali chez RAMJI, Rue du Commerce).

L'augmentation de la consommation de bois qui résultera de ces mesures n'aura guère d'influence sur le prix de revient. Actuellement, le coût du bois de chauffe intervient pour moins d'un FRw dans le prix de revient total des panneaux. Il faut plutôt craindre que la tôle des bidons à essence se consommera plus vite avec une combustion plus vive, mais leur coût de remplacement n'est pas élevé.

La capacité de séchage sera certainement grandement accrue avec l'installation d'un nouveau groupe Diesel de 190 kVA qui approvisionnera en énergie électrique aussi bien l'usine de panneaux isolants que la nouvelle usine d'emballages de carton. Il conviendra alors de capter soigneusement la chaleur de ce moteur. Le petit calcul ci-dessous montre le potentiel de cette chaleur:

Puissance effective moyenne du Diesel environ 100 kVA - 80 kW
Rendement effectif moyen: environ un tiers, donc perte de deux tiers,
Energie perdue: $2 \times 80 \text{ kW} = 160 \text{ kW}$

De cette energie perdue de 160 kW, la presque totalité, soit environ 150 kW, se manifestera sous forme de chaleur dans l'air de refroidissement et dans le gaz d'échappement. Avec un rendement d'un tiers (entre le captage de cette chaleur et le séchage), une puissance thermique de 150 kW permet d'évaporer environ 70 kgs d'eau par heure ou 560 kgs d'eau par journée de 8 heures. Comme chaque panneau humide contient environ 6 kgs d'eau, 200 panneaux contiennent 1.200 kgs d'eau dont environ 1.150 kilos seront à évaporer. Le Diesel pourrait donc livrer à lui seul à peu près la moitié de la chaleur requise par le séchoir. Si le séchoir n'est utilisé que pour faire un séchage partiel qui sera complété par un séchage au soleil, ce rapport est encore plus favorable.

Une autre manière d'augmenter la production du séchoir serait de le faire fonctionner plus longtemps chaque jour. Après l'arrêt du travail à 17 heures, on pourrait mettre en route un petit groupe qui alimenterait le moteur (de 1,5 kW) du ventilateur du séchoir, alors que les trois gardiens de nuit de l'usine se chargeraient de mettre du bois dans les deux fours.

Un nouveau petit calcul permettra de déterminer les ordres de grandeur des coûts de cette opération.

Pour sécher 75 panneaux supplémentaires, il faudra évaporer 450 litres d'eau. Avec un rendement d'un tiers entre les fours et le séchoir, il faudra pour cela environ 250 kgs de bois, soit moins d'un demi-stère d'eucalyptus, soit environ 100 FRw de bois, valeur à l'achat. Avec transport, main-d'oeuvre, etc. le coût du bois pourrait être de 200 à 300 FRw par jour. Si pour ce travail supplémentaire le groupe doit tourner de 17 à 24 heures, soit 7 heures par jour, comme on peut raisonnablement supposer, sa consommation d'essence ou de carburant Diesel sera de l'ordre de 3 à 4 litres pour un coût d'environ 150 FRw. L'amortissement du groupe devrait être de l'ordre de 100 FRw par jour. En effet,

un groupe à essence Honda de 1,5 kW coûte 90.000 FRw chez MAHV, alors qu'un groupe Diesel LISTER de 3,5 kW, qui pourrait alimenter également les habitations à côté de l'usine, coûterait 394.000 FRw chez HATTON + COOKSON.

Au total, le coût de cette opération de séchage sera de l'ordre de 500 FRw par jour, soit environ 7 FRw par panneau. Ceci est très peu par rapport au prix de vente de 300 FRw par panneau et ce séchage de nuit, qui ne sera peut-être pas nécessaire après la mise en route du nouveau grand groupe Diesel, ne modifiera donc que très légèrement le calcul du coût de production marginal qui a été fait au chapitre 1.4.2.

Encore un autre possibilité d'augmenter la capacité de séchage serait l'installation d'un véritable séchoir solaire. Ce projet dépasse le cadre des petites améliorations et il sera traité à part dans le chapitre 1.4.6.

Après le séchage, les panneaux sont découpés à la main. Cette opération ne pose pas de problème de capacité, car il est facile, au besoin, d'y mettre quelques manoeuvres de plus. L'achat d'une scie mécanique, qui sera installée bientôt, se justifie néanmoins surtout par des raisons de qualité du découpage.

Après être découpés, les panneaux sont pressés une deuxième fois pour être bien aplatis. Cette opération, qui se fait assez rapidement même avec la pompe à main, a néanmoins une grande influence sur la capacité de toute l'entreprise. On peut considérer que les panneaux perdent environ 10% de leur épaisseur dans ce deuxième pressage. (Cette mesure d'épaisseur sera à refaire avec plus de précision à l'aide de nouveaux petits appareils mentionnés au chapitre 1.3.1.2.) Si on pouvait s'en passer, les panneaux gagneraient non seulement en qualité, mais pour la même épaisseur finale ils contiendraient 10% moins de pâte et d'eau à évaporer. La capacité de production de pratiquement tous les départements de l'usine se trouverait ainsi augmentée de 10% sans augmenter leurs frais, et le prix de revient se trouverait réduit d'autant.

Une modification du séchoir qui éliminerait la nécessité de

ce deuxième pressage serait donc un grand progrès et mérite quelques efforts. Elle sera discutée en détail dans le prochain chapitre qui traite de l'amélioration de la qualité.

Dans un avenir un peu moins proche, on devra chercher à augmenter la durée de travail. A ce propos, il faut remarquer que partout dans le monde les usines de panneaux de fibre travaillent à trois équipes à moins de se trouver dans une situation de marché qui rend ce fonctionnement absolument impossible. Même dans le cas d'un recul du marché, on préfère en général réduire les jours de travail par semaine, par exemple à quatre, mais continuer à fonctionner à trois équipes. Avec des machines modernes travaillant en continu, la marche à trois équipes est presque une nécessité technique. Ceci n'est pas vrai pour le processus discontinu employé à Zaza, mais les considérations économiques sont encore plus valables au Rwanda. Les investissements y sont chers, les machines et la plupart des matériaux de construction devant être importés, alors que la main-d'oeuvre est très bon marché. Une augmentation de la durée du travail plutôt qu'un agrandissement de la capacité technique de production s'impose donc absolument. La grande importance des amortissements et des autres frais fixes a déjà été soulignée.

Pour le passage à deux équipes, le calcul du coût de production marginal est un peu différent de celui fait pour la simple augmentation de la production sans augmentation de la durée du travail. Le calcul du coût de production marginal pour le passage à deux équipes peut être établi comme suit: (voir chapitre 1.3):

	F/panneau
Matières premières et auxiliaires	43,3
Personnel direct. productif	40
Autre personnel	20
Matières et fournitures consommées	40
Amortissement technique accéléré	10
Divers	10
	<hr/>
	173,3

Ce calcul montre qu'il sera très intéressant d'exporter vers les pays voisins, même à des prix nettement plus bas que pour le marché intérieur.

Un frein important à l'augmentation effective de la production a été la fragilité de l'approvisionnement en énergie électrique. L'usine possède actuellement deux anciens groupes Diesel, un de 65 kVA, qui suffit pour la production actuelle, et un autre de 35 kVA, qui permet de travailler avec quelques difficultés quand le grand groupe est tombé en panne. Avec un bon service d'entretien, au moins un des deux groupes devrait toujours être en bon état, mais on doit constater que les arrêts de travail dûs aux pannes d'électricité sont fréquents. On peut estimer la perte de production qui en résulte à un quart de la capacité de production.

La situation devrait être nettement améliorée avec l'installation du nouveau groupe de 190 kVA qui est déjà commandé et qui approvisionnera en même temps l'usine de panneaux et l'usine de carton ondulé.

A plus long terme, on peut espérer que l'usine sera rattachée au réseau public.

1.4.3. Amélioration de qualité:

Le volume bas des ventes est à attribuer en bonne partie au manque d'organisation du service de vente, comme déjà exposé, mais il faut également reconnaître que le public est réservé vis-à-vis des panneaux isolants. Un effort en vue d'une amélioration de la qualité doit être entrepris pour vaincre ces préjugés.

1.4.3.1 Amélioration de la résistance à l'eau:

La critique la plus sérieuse faite aux panneaux de Zaza semble être leur manque de résistance à l'eau. Sous cet aspect, on les compare défavorablement avec les autres produits utilisés comme panneaux pour plafonds, c'est à dire panneaux de fibre durs (Unalite), contre-plaqué (Triplex) et surtout panneaux d'amiante

ciment (Eternit). Il est évident qu'un panneau isolant ne peut pas être aussi résistant à l'eau qu'un panneau d'amiante-ciment. Toutefois, un bon panneau isolant possède une résistance suffisante pour ne pas laisser apparaître, avec une laide tache, quelques gouttes d'eau qui tombent d'un toit en tôle qui n'est pas parfaitement étanche.

Il n'y a pas de normes ISO pour l'absorption d'eau des panneaux isolants, comme déjà exposé au chapitre 1.3.1.2. Quelques essais faits avec les panneaux produits à Zaza ont permis de constater que l'absorption d'eau, avec deux heures d'immersion, varie d'environ 50% à environ 200%. Il n'a pas été possible de terminer ce petit programme d'essai car dans les derniers jours du séjour du rapporteur à Zaza la panne du groupe générateur a rendu impossible l'utilisation de la balance électrique du laboratoire.

Il a été encore moins possible de constater les causes de ces énormes variations de l'absorption d'eau. On ne peut exprimer que des hypothèses plausibles.

Dans les derniers mois, on a supprimé l'addition d'acide sulfurique à la pâte par un souci d'économie. On continue toutefois à ajouter de la colophane qui est dissoute avec de la soude caustique et de l'alun. Après l'addition de ces matières chimiques la pâte est pratiquement neutre, alors qu'auparavant avec l'addition d'acide sulfurique le pH était réduit à environ 4,5. Il est généralement admis qu'un milieu acide est nécessaire pour faire précipiter la colophane sur les fibres et pour rendre ainsi le panneau plus hydrofuge. Il faudrait absolument faire des essais de production dans ce sens avec et sans addition d'acide sulfurique.

Un autre facteur ayant une influence négative sur l'absorption d'eau pourrait être la suppression de la recirculation de l'eau récupérée en dessous des bacs formants. Cette mesure était due à une panne de la pompe correspondante. Il est évident qu'elle risque d'aggraver la perte de colophane et de ré-

duire ainsi la résistance à l'eau des panneaux, mais il est absolument impossible, sans essai correspondant, de chiffrer cette influence.

Il y a d'autres facteurs dont l'influence sur l'absorption d'eau serait à déterminer par des essais. Par exemple, les 'Papeteries du Rwanda' auraient la possibilité d'accroître le pourcentage de papier de récupération dans la pâte. Actuellement, l'entreprise n'utilise pas toute la quantité disponible gratuitement aux imprimeries. Une plus grande quantité de papier de récupération devrait plutôt améliorer les propriétés d'absorption d'eau, car le papier contient déjà des substances hydrofuges qui s'ajouteraient ainsi à la colophane.

On devra également chercher à éliminer la moelle aussi complètement que possible. Il est certain que la présence de la moelle dans les panneaux a une influence négative sur l'absorption d'eau et aussi sur la résistance mécanique. Dans une nouvelle usine, on devrait chercher à éliminer la moelle à l'état sec, immédiatement après le broyage à sec. Ceci pourrait se faire avec un tamis vibrant ou par ventilation. Dans l'usine actuelle il sera plus difficile d'apporter ces modifications. Un tamis vibrant de taille convenable coûte environ US\$ 2.200 FOB Allemagne avec accessoires et pièce de rechange (selon le devis de la Jöst GmbH., Münster) soit environ US\$ 3.000 rendu Rwanda.

Un système de ventilation serait à étudier et à adapter aux propriétés des fibres de papyrus.

Pour déterminer si une élimination plus poussée de la moelle déjà à l'état sec améliore réellement les qualités des panneaux, on pourrait faire un premier essai très simple. Si on remue le papyrus sec broyé dans les bacs de trempage, la moelle se dépose sur le fond sous forme d'une poussière sèche. On peut ainsi déjà obtenir une séparation partielle de la moelle et de la fibre avant le trempage.

Actuellement, la séparation de la moelle est opérée uniquement par le tamis égoutteur après le broyage humide. Ce tamis

rotatif cylindrique possède environ 600 000 trous de 1 mm de diamètre. On a l'impression que ces trous laissent passer très peu de fibres et que les pertes de fibre sont donc minimales, mais que des morceaux de moelle un peu plus grands ne sont plus éliminés. En outre, les trous ont tendance à se boucher avec le temps et alors l'élimination de la moelle fonctionne encore moins bien. L'usine a déjà changé une fois de tamis égoutteur, car l'ancien tamis était bouché.

On a essayé de déboucher les trous par voie chimique, avec de l'acide et de la soude caustique, mais en vain. Les trous de la tôle perforée devraient être nettoyés à la main avec un simple instrument qui pourrait consister d'une aiguille montée dans un petit manche. Avec un tel instrument il sera facile pour un ouvrier ou même pour une jeune fille de déboucher 600 trous par heure. Pour déboucher le total de 600 000 trous, il faudrait donc 1000 heures de travail pour un coût d'environ 10 000 FRw, ce qui représente une dépense tout à fait raisonnable par rapport à la valeur de la tôle perforée qui doit être en métal inoxydable.

On pourrait également essayer d'utiliser pour le tamis égoutteur une tôle perforée avec des trous légèrement plus grands.

1.4.3.2. Panneaux gongolés:

On reproche universellement aux panneaux de Zaza qu'ils ne sont pas parfaitement plats, mais qu'ils se gondolent facilement. Ceci peut se remarquer déjà avant l'achat, quand des panneaux sont encore stockés au magasins de vente.

Dans la fabrication, on n'empêche pas les panneaux de se gondoler fortement au cours du séchage. Ils sont aplatis dans le deuxième pressage qui se fait à sec. On peut observer que ce deuxième pressage réduit fortement l'amplitude des déformations mais ne les élimine pas complètement. Les panneaux sont alors stockés sur une surface plane et ils continuent à s'aplatir par leur propre poids. Toutefois, une certaine ondulation reste et les panneaux ne sont donc pas tout à fait plats déjà avant leur installation. Après leur installation, ils se dé-

forment par leur poids. La déformation élastique est très faible mais avec le temps une lente déformation plastique (en anglais: creep) se manifeste. Cette qualité est inhérente à tous les panneaux de fibre, mais doit être réduite autant que possible.

Pour réduire ces déformations, on devrait d'abord essayer de produire les panneaux bien plats dès le séchage, sans faire trop confiance au deuxième pressage qui se fait à sec. Ceci signifie qu'il faudrait empêcher les panneaux de se gondoler au séchage.

Le séchage se fait en deux temps, d'abord un séchage partiel dans le séchoir, puis le séchage complet au soleil.

Les panneaux se gondolent fortement déjà dans le séchoir. Ils sont supportés par des tamis métalliques qui sont simplement suspendus aux cadres des étagères par des crochets de fil de fer. Les tamis prennent donc naturellement la forme d'une courbe, surtout sous le poids des panneaux humides. En outre, les crochets déchirent souvent les tamis qui prennent alors des formes très irrégulières. Les panneaux, dans leur séchage, s'adaptent à ces formes.

On peut également observer que les tamis métalliques n'ont que 90 cm de longueur alors que les panneaux humides mesurent 108 x 108 cm. Si le panneau n'est pas placé exactement à cheval sur le tamis, il peut être en porte-à-faux d'un côté de 15 à 20 cm, et il se courbera alors fortement par son propre poids.

Cette construction des étagères est à améliorer. Il sera assez simple et bon marché de prendre des tamis plus larges, de 100 cm au moins, et de les appuyer sur des fers à béton de 6 ou 8 mm qui seront soudés sur les cadres de l'étagère. Déjà des fils de fer passant sous les tamis et les supportant réduiraient la flexion des tamis suspendus et rendraient beaucoup moins fréquent la rupture des suspensions des tamis.

A plus long terme, on devrait construire des supports rigides mobiles pour les panneaux humides. Actuellement les panneaux

humides sortant de la presse sont transférés, à l'aide d'une petite machine, sur des tôles inoxydables, puis portés aux étagères. De là on transfère les panneaux de ces tôles aux tamis en les poussant. Dans cette opération les panneaux sont quelquefois légèrement endommagés. Avec des supports rigides mobiles, les panneaux seraient transférés directement sur ceux-ci dans la petite machine à transférer, et les supports avec les panneaux seraient insérés dans les étagères. Les manipulations seraient donc simplifiées et le risque d'endommagement pratiquement éliminé. Les supports mobiles devraient être construits de telle manière que l'air chaud peut accéder également par en bas pour assurer un séchage uniforme sans déformation.

Les panneaux se gondolent également dans le séchage au soleil, car le côté exposé au soleil sèche plus rapidement et se contracte causant le panneau à se courber de manière à présenter au soleil une surface concave. Un petit essai fait avec quelques panneaux séchés sur une tôle plane a montré que les panneaux restent bien plats dans cette opération si on les retourne de temps à autre. Avec le nouveau groupe Diesel de 195 kVA peut-être le séchoir aura une capacité telle que les panneaux sortant du séchoir seront déjà bien rigides et ne se torderont plus dans le séchage au soleil.

Si les panneaux sont séchés sans qu'ils se courbent, la capacité de production se trouverait automatiquement accrue, comme déjà dit, et on améliorerait également la rigidité des panneaux. Des essais faits avec quelques panneaux dont une moitié était repressée et l'autre non, ont montré que la résistance à la flexion était légèrement supérieure avec le panneau qui n'était pas repressé à froid. Surtout, la lente déformation plastique (creep) était beaucoup plus grande avec le panneau repressé.

En résumé, on peut dire qu'une amélioration du séchage qui permettrait de se passer du deuxième pressage améliorerait énormément la production et mérite donc des efforts et des investissements considérables.

Un autre facteur qui réduira la déformation sera le retour à une épaisseur de 10 mm. Les panneaux minces de 6 à 8 mm ne se laissent pas bien aplatir avec le pressage à sec et ils se déforment d'avantage sous leur propre poids ou sous une charge même légère.

1.4.3.3. Bords irréguliers:

Des irrégularités sur les bords des panneaux peuvent être provoquées au cours de la fabrication, par exemple dans le formage ou après la fabrication dans le stockage et le transport. Un contrôle plus stricte sera nécessaire, comme déjà dit, d'abord à l'usine, puis au bureau de vente. Les panneaux endommagés pourront être vendus comme panneaux de deuxième choix à un prix réduit.

La présentation des panneaux s'améliorera si les bords sont plus lisses, ce qui sera le cas avec un découpage par une scie circulaire avec des dents fines. Cette scie est déjà commandée.

1.4.3.4. Surface des panneaux:

Si le papier de récupération n'est pas bien trempé avant d'être défibré par le moulin à marteaux on obtient un déchiquetage plutôt qu'un défibrage. Des morceaux de papier apparaissent alors sur la surface des panneaux qui présente des taches irrégulières blanches ou même colorées. La solution consiste dans un bon trempage du papier avant le défibrage.

Dans le pressage à froid, on essaie actuellement de donner aux panneaux un dessin superficiel, en pressant les panneaux entre des plaques de contre-plaqué revêtues d'une toile grossière. Cette toile doit donner aux panneaux une surface légèrement embossée. Avec le temps cette toile s'écrase et ne peut plus produire un dessin superficiel très net. Quelques clients semblent préférer une surface embossée plutôt qu'une surface lisse. Si d'autres enquêtes auprès des acheteurs des panneaux confirment cette préférence, on pourrait essayer d'utiliser, à la place du tissu, des toiles métalliques qui résisteraient mieux à l'écrasement.

1.4.4. Réduction du prix de revient:

Nous avons déjà vu au chapitre 1.3 que le prix de revient est élevé surtout à cause de l'incidence exagérée des frais non directement productifs qui ne devraient pas tous être imputés à la fabrication des panneaux isolants . La nouvelle unité de fabrication de carton ondulé assumera une partie de ces frais fixes et fera donc diminuer le prix de revient des panneaux isolants. Une production de panneaux de fibre durs aurait le même effet bénéfique, mais il faut considérer ce projet comme encore incertain. Entretemps, c'est surtout par une augmentation de la production de panneaux isolants qu'on peut faire baisser dramatiquement leur prix de revient, comme déjà discuté au chapitre 1.4.2.

D'autres facteurs importants dans le prix de revient sont les matières chimiques et l'énergie électrique.

La consommation d'énergie électrique devrait être réduite avec l'installation d'un petit hachoir qui découpe les tiges de papyrus en morceaux de 5 à 10 cm. Cette opération réduira l'effort demandé au moulin sec et au moulin humide qui sont de loin les plus gros consommateurs d'énergie électrique. On économiserait ainsi également sur la main-d'oeuvre qui coupe au panga les tiges de papyrus en morceaux d'environ 1m. Ces personnes pourront être employées d'une manière plus rentable pour d'autres travaux qui seront nécessaires avec la production accrue. Au total, comme déjà exposé au chapitre 1.4.2, l'installation d'un hachoir devrait être rentable.

L'énergie produite à Zaza avec des groupes Diesel coûte cher, aussi bien en carburant qu'en entretien, réparations et pertes de production à la suite de pannes. Un rattachement au réseau public serait donc très souhaitable. Le réseau public est alimenté par des centrales hydro-électriques et fournit de l'énergie à des tarifs très intéressants qui varient de 3 à 5 FRw par kWh suivant les conditions de travail de l'usine. Ce rattachement au réseau national est prévu par Electrogaz, mais sans date fixe. Il est prévu de construire une ligne à haute tension de Rinkwavu d'abord à Kibungo et puis à Zaza. Cette

ligne ne paraît pas très rentable car la consommation de la ville de Kibungo est de seulement 50 kW comme consommation de pointe, donc beaucoup moins que l'usine de Zaza. Malheureusement, il n'est pas prévu de prolonger la ligne qui va à la station de pompage au lac Mugesera jusqu'à l'usine de Zaza.

En attendant ce rattachement au réseau national qui ne sera certainement pas réalisé dans les prochaines années, il pourrait être intéressant de substituer aux moteurs Diesel des moteurs fonctionnant au gaz de gazogène à base de bois. On pourrait aussi adapter les moteurs Diesel existants à ce mode de fonctionnement. Ceci sera intéressant pour le nouveau groupe Diesel de 195 kVA qui a été acheté récemment. Cette forme de production d'énergie électrique est examinée plus en détail pour le projet de panneaux de fibres durs (voir chapitre. 2.5.3).

La réduction de la quantité d'additifs chimiques ne pourra se faire qu'avec des essais étroitement contrôlés. Comme déjà dit au chapitre 1.4.3.1., la suppression de l'acide sulfurique pourrait être responsable du fort accroissement de l'absorption d'eau. Un premier essai qui serait à faire, serait le trempage à l'eau, sans chaux. La chaux employée à Zaza est de très mauvaise qualité et on peut penser qu'elle n'a qu'une très faible action chimique sur le papyrus broyé. Sa suppression totale ne modifiera peut-être pas de beaucoup les effets du trempage. Sans addition de chaux à la fin du trempage la pâte devrait être légèrement acide au lieu d'être neutre. Il est possible qu'on pourra ainsi supprimer l'acide sulfurique sans effet négatif sur l'absorption d'eau des panneaux.

De toute manière, on pourra économiser sur la chaux en utilisant une chaux de qualité normale au lieu de la chaux incroyablement mauvaise actuellement utilisée, comme exposé au chapitre 1.3.1.2. Si le seul essai que le rapporteur a pu faire à Zaza est représentatif, une bonne chaux à un prix double permettrait encore de faire des économies. Il faudra contrôler la qualité de la chaux et il sera probablement nécessaire de changer de fournisseur. Il y a au total trois fournisseurs de chaux au Rwanda et on pourrait faire jouer la concurrence entre ces fournisseurs.

Une autre mesure avec un effet favorable sur le prix de revient serait l'augmentation du pourcentage de papier de récupération dans la pâte. Ce papier est disponible gratuitement chez l'Imprimerie Nationale et son coût est donc limité aux frais de transport de Kigali à Zaza, sur une distance d'environ 100 km. Comme c'est un frêt de retour pour le camion qui porte les panneaux de Zaza à Kigali, le coût du papier doit être de l'ordre de 1 FRw/kg rendu Zaza. Par contre, le papyrus coûte, par kg de panneau produit, environ 4 FRw. En tenant compte des pertes qui font qu'un kg de papier ne donne pas un kg de panneau, le papier coûte au maximum moitié du papyrus. Le gain possible serait toutefois modeste, de l'ordre de quelques FRw par panneau. Il faudra contrôler l'effet d'une telle mesure sur la qualité des panneaux (voir chapitre 1.4.3.)

1.4.5. Elargissement de la gamme des produits:

Quelques clients semblent se plaindre de la consommation excessive de peinture qui serait une conséquence de l'emploi des panneaux isolants de Zaza pour les plafonds au lieu d'autres panneaux comme les panneaux d'amiante-ciment, le contre-plaqué ou les panneaux de fibres durs. Quelques essais faits à Zaza ont permis de constater que ces plaintes ne sont pas basées sur des raisons économiques valables, car la consommation supplémentaire de peinture est de l'ordre de quelques FRw par mètre carré, alors que la différence de prix entre les différents types de panneaux dépasse facilement 100 FRw par mètre carré.

Toutefois, il pourrait être utile d'offrir à la clientèle, à côté des panneaux bruts, également des panneaux avec une surface déjà peinte. Il pourrait même y avoir trois types de panneaux: les panneaux non peints, les panneaux avec une première couche de peinture blanche, sur laquelle le client pourra encore mettre une couche finale d'une autre couleur, et les panneaux avec la peinture finie, prêts à être installés.

Le coût de l'application de la peinture sera très faible et il semble probable qu'il pourrait être plus que récupéré par un prix plus élevé des panneaux peints. Après quelques essais, on trouvera la manière la plus économique de peindre les panneaux, en

essayant différentes peintures et différentes manières de peindre. Les investissements nécessaires pour faire un essai de production et de commercialisation avec des panneaux peints seraient de l'ordre de 1.000 à 2.000 FRw. Il s'agirait d'acheter un pinceau et quelques pots de peinture.

Un autre produit qui pourrait être intéressant serait un panneau isolant imprégné de bitume. Un tel panneau aurait une résistance à l'eau beaucoup plus grande que les panneaux isolants ordinaires et sa résistance mécanique devrait également être améliorée. M. Manteleers a déjà fait des essais d'imprégnation qui semblent avoir donné de bons résultats.

La procédure la plus simple pour imprégner les panneaux consiste à asperger les panneaux encore chauds sortant du séchoir avec de l'émulsion de bitume. Si la quantité d'émulsion est faible, la chaleur des panneaux suffira pour faire évaporer une partie de l'eau contenue dans l'émulsion et de maintenir ainsi la teneur d'humidité des panneaux à un niveau acceptable qui sera de l'ordre de 8 à 10%. Avec une quantité plus forte d'émulsion il sera nécessaire de faire un deuxième séchage des panneaux imprégnés.

Il sera utile, bien entendu, que les panneaux aient une absorption d'eau faible déjà avant cette imprégnation de manière à ne pas absorber une quantité trop grande d'émulsion. Des essais seront certainement nécessaires pour déterminer la quantité nécessaire d'émulsion et ainsi le coût de cette transformation. Il sera très utile de pouvoir disposer des données déjà recueillies par M. Manteleers.

Evidemment l'imprégnation avec du bitume serait une solution radicale du très grave problème du manque de résistance à l'eau qui est reproché aux panneaux de Zaza (voir chapitre 1.4.3.1).

1.4.6. Séchoir solaire

1.4.6.1. Considérations générales:

Actuellement, on trouve encore dans la région de Zaza du bois de chauffe à des prix très bas et en quantité suffisante. Un changement rapide n'est pas à prévoir et on peut baser un projet industriel, par exemple la fabrication de panneaux de fibres durs, sur les disponibilités de bois de cette région. A long terme, toutefois, tout le pays risque de manquer de bois et il est donc intéressant de développer dès maintenant des prototypes pour l'utilisation d'autres sources d'énergie. L'utilisation de l'énergie solaire sera intéressante surtout où il s'agit d'une application directe de la chaleur avec des investissements limités réalisés en grande partie avec des matériaux locaux. Le séchage de panneaux humides est certainement un cas très favorable pour l'application de l'énergie solaire.

Il existe au Rwanda le Centre d'Etudes et d'Applications de l'Energie au Rwanda (CEAER) qui a fait beaucoup de recherches appliquées dans le domaine de l'énergie solaire. Le rapporteur a pris contact avec le CEAER pour connaître le coût et les modalités d'exécution d'un séchoir solaire. Les considérations suivantes sont basées essentiellement sur une note élaborée par le CEAER.

Pour la conception du séchoir solaire on a cherché un coût peu élevé, une construction simple et durable et une utilisation aussi grande que possible de matériaux locaux. En plus, on a prévu une construction par modules de manière à pouvoir perfectionner la construction d'abord sur un seul module avec un coût limité avant de passer à une véritable échelle industrielle.

1.4.6.2. Conception d'un module:

Un module disposera d'une surface de captage de 100 m².

L'énergie totale disponible est d'environ 20 MJ/m²/jour, donc 2.000 MJ/jour pour 100 m² de surface de captage.

L'efficacité du captage peut varier entre 35% et 60% et l'énergie disponible pour le séchage variera donc entre 700 et 1.200 MJ/jour.

Le rendement du séchage, à son tour, variera de 25% à 40%. L'énergie réellement utilisée pour le séchage peut donc varier entre un minimum de 175 MJ/jour correspondant aux minima de rendement de captage et de séchage, à 480 MJ/jour correspondant aux maxima de ces deux rendements.

Compte tenu qu'il faut évaporer 6 kgs d'eau par panneau et qu'il faut 2,5 MJ pour évaporer 1 litre d'eau, le nombre de panneaux séchés dans un module de séchoir par jour variera de 12 à 32. En moyenne on peut considérer que 20 panneaux peuvent être séchés par jour dans un module de séchoir avec 100 m² de surface de captage. Pour une production de 200 panneaux par jour il faudra donc disposer de 10 modules de séchoir.

Les 100 m² de surface de captage seront obtenus en disposant d'un séchoir d'environ 35 m² qui capte l'énergie solaire directement, entouré de capteurs solaires additionnels d'environ 65 m².

1.4.6.3. Description d'un module:

La chambre de séchage de chaque module aura environ 35 m² de surface. Elle contiendra environ 50 panneaux disposés en biais qui y resteront en moyenne environ 2,5 jours.

La chambre de séchage comprendra un plancher composé d'une dalle en béton armé et d'un deuxième plancher en brique sous lequel passent les canalisations d'air chaud. Le plancher sera peint en noir et isolé sur le dessous par des panneaux en sandwich composés de panneaux de papyrus recouverts de couches de plastique. Ce plancher sera supporté sur des colonnes en brique.

D'autres colonnes en brique, à l'extérieur de l'isolation, supporteront les murs et le toit. Les murs seront faits encore en sandwich de panneaux de papyrus et de plastique. A l'exté-

rieur, il y aura un revêtement en tôle ondulée.

Le faux plafond sera construit en jalousie (pour laisser passer les rayons du soleil de jour et éviter les pertes de chaleur de nuit) également avec des sandwichs plastique-panneaux de papyrus. Le toit sera en verre, supporté par une charpente métallique et rendu étanche avec un mastic au silicone.

La circulation d'air se fera surtout par convection naturelle avec une cheminée. Quelques ventilateurs dont la puissance sera déterminée par des essais sur le premier module activeront cette circulation d'air. L'air chaud sera fourni par les capteurs extérieurs qui seront construits suivant un modèle déjà expérimenté à Butare.

1.4.6.4. Estimation du coût du séchoir:

Par mètre carré de plancher on peut estimer le coût de la chambre de séchage comme suit:

Vitres pour le toit:	1.500 FRw
Toiture	2.500 FRw
Faux plafond en jalousies	1.500 FRw
Murs	2.000 FRw
Plancher	3.000 FRw
Isolation	1.000 FRw
Divers, imprévus	1.000 FRw
	<hr/>
	12.500 FRw

Avec une surface d'environ 35 m² la chambre de séchage coûte environ 450.000 FRw.

Le coût des capteurs par mètre carré de surface peut être estimé comme suit:

Tôles	450 FRw
Fond	600 FRw
Tôles pour jupe	1.500 FRw
Côtés	200 FRw
Vitres	1.500 FRw
Peinture	500 FRw
Supports	500 FRw
Mastic et divers	500 FRw
Imprévus	<u>1.000 FRw</u>
Coût par m ² de capteur	6.750 FRw

Avec une surface d'environ 65 m² les capteurs pour un module de séchoir coûtent environ 450.000 FRw.

Le coût total d'un module sera donc d'environ 450.000 + 450.000 = 900.000 FRw. Pour le premier module il sera utile de prévoir un investissement de 1 million de FRw car il faudra prévoir quelques pertes au cours du perfectionnement de ce premier module.

Pour les frais professionnels du CEAER dans la conception du séchoir et dans la supervision de sa construction il faut prévoir 300.000 FRw pour le premier module et 500.000 FRw pour l'ensemble des autres modules. Au total, un séchoir capable de sécher 200 panneaux par jour demandera un investissement d'environ 10 millions de FRw.

1.46.5. Considérations économiques:

Il faut comparer le séchoir solaire au séchoir conventionnel chauffé avec du bois.

D'un côté, le séchoir solaire ne demande pas de combustible, mais des investissements de l'ordre de 10 millions de FRw. Cet investissement équivaut à des frais annuels d'environ 1.200.000 FRw entre intérêt et entretien (sans tenir compte de l'inflation qui devrait s'appliquer également au coût du combustible.)

De l'autre côté, les investissements pour un séchoir conventionnel peuvent être estimés à la moitié, et le coût annuel correspondant sera donc de 600.000 FRw seulement. Le coût du bois de chauffe peut être pris comme étant 500 FRw par stère rendu

usine, avec transport et manutention. Avec le fendage et les manutentions à l'usine le coût du stère de bois peut être estimé à 700 FRw. S'il s'agit de bois d'eucalyptus frais, le poids du stère peut être estimé à 700 kgs. Le pouvoir calorifique d'un kg de bois frais sera d'environ 10 MJ qui coûtera donc 1 FRw par kilo. Pour évaporer les 6 litres d'eau contenus dans un panneau humide il faut 15 MJ de chaleur. Compte tenu d'un rendement de 20% entre la combustion et le séchage, il faudra fournir 75 MJ pour sécher un panneau. Le bois correspondant coûtera 7,5 FRw.

Avec une production de 200 panneaux par jour soit 50.000 panneaux par an le coût annuel du bois de chauffe sera de 375.000 FRw.

Dans ce calcul comparatif, on a négligé le coût de la main-d'oeuvre travaillant directement dans le séchoir et le coût de l'énergie pour les ventilateurs, car on peut prévoir qu'ils seront sensiblement les mêmes.

On voit donc que l'économie en bois de chauffe ne compense pas complètement le coût supplémentaire du séchoir solaire. Le séchoir solaire ne devient rentable que si on considère comme bénéfice également l'expérience technologique acquise. Il suffit, pour arriver à ce résultat, de valuer cette expérience à 250.000 FRw par an, ce qui semble très raisonnable.

L'ONUUDI pourrait financer la construction d'un prototype pour un tel séchoir, une somme de US\$ 25.000 ayant été prévue pour de l'équipement dans ce projet. L'on pourrait affecter une partie de cette somme pour développer le premier module qui servira de prototype.

A ce moment un séchoir solaire deviendrait un investissement intéressant pour l'entreprise.

Dans la construction du séchoir solaire, on devra étudier la possibilité de l'employer également pour utiliser la chaleur dégagée par le group Diesel. Si le séchoir solaire permet de se passer de l'autre séchoir chauffé par le groupe Diesel, sa rentabilité sera nettement meilleure.

Cette possibilité devrait même être étudiée en priorité. Si elle s'avère irréalisable pour des raisons techniques ou économiques, on devra améliorer le séchoir existant et faire un bon captage de la chaleur du nouveau groupe Diesel. En même temps on construira le premier module du séchoir solaire. L'expérience pratique montrera de combien de modules l'usine aura besoin pour ne pas avoir à recourir au bois de chauffe.

1.5 Conclusions:

La situation actuelle de l'entreprise est absolument insatisfaisante et des mesures de redressement urgentes doivent être prises.

En premier lieu, il s'agira de perfectionner le processus de production. Pour cela il sera nécessaire de faire un certain nombre d'essais dans la production même. Il sera difficile pour le personnel de l'usine, qui devra surtout faire l'effort d'organisation susmentionné, de réaliser un tel programme d'essais et d'amélioration, surtout après le départ du conseiller technique belge qui doit avoir lieu prochainement. Un recours à un expert expatrié pour une durée limitée (ne dépassant pas deux mois) semble s'imposer.

Les investissements en matériel qu'on peut préconiser dans la situation actuelle sont très limités.

La petite pompe à moteur pour la presse hydraulique devrait être achetée par l'usine dès que les données techniques seront communiquées par le fournisseur de la presse.

Si le broyage à sec avec des papyrus légèrement humides s'avère réellement intéressant, comme il semble très probable, on pourra installer un hachoir (coupe-paille) pour faciliter le travail du moulin à sec. Le coût du hachoir ne dépassera pas US\$ 4.000.

Le séchoir doit être amélioré. Les travaux correspondants pourront être exécutés localement avec des investissements limités, mais quelques essais seront nécessaires et il sera utile de faire

ces travaux pendant le séjour de l'expert expatrié. Il sera également utile d'acheter un petit groupe Diesel d'une puissance d'environ 3 kW pour permettre au séchoir de fonctionner plus longuement. Cet investissement également ne devrait pas dépasser US\$ 4.000.

L'installation d'un premier module d'un séchoir solaire sera intéressante tant pour l'usine que pour l'Université Nationale du Rwanda. L'ONUDI pourrait financer le coût du premier module des US\$ 25.000 affectés pour l'achat d'équipement dans ce projet.

L'utilisation de US\$ 25.000 approuvés par l'ONUDI est proposée comme suit:

Hachoir (coupe-paille)	US\$ 4.000
Petit groupe Diesel	US\$ 4.000
Premier module du séchoir solaire environ 1,300.000 FRw = environ	US\$ 14.000
Documentation technique	US\$ 500
Réserve (p.ex. pour tissus métalliques)	US\$ 2.500
	<hr/>
	US\$ 25.000

2. Etude d'un projet de panneaux de fibres durs:

2.1 Généralités:

Les panneaux de fibre durs sont généralement connus au Rwanda sous l'appellation de 'Unalite'. Le terme anglais hardboard est aussi quelquefois utilisé, surtout par les importateurs. Les panneaux de fibres durs ont une densité d'environ 1 g/cm^3 et leur format le plus usuel est de $122 \times 244 \text{ cm}$ (4 x 8 pieds) avec une épaisseur de 3,2 mm (1/8 pouce). Leur résistance à la rupture se situe autour de 400 kp/cm^2 (40 N/mm^2). Ils sont utilisés partout où un bas coût et une bonne résistance mécanique sont demandés, en concurrence surtout avec le contre-plaqué mince.

Un projet de production de panneaux de fibres durs à Zaza est intéressant sous plusieurs aspects. D'abord, c'est une des possibilités d'extension de l'usine existante qui, comme amplement démontré dans la première partie, aurait besoin d'une extension pour justifier économiquement une véritable organisation industrielle. La fabrication de panneaux de fibres

durs est une extension logique de celle de panneaux isolants. Elle pourrait bénéficier surtout de l'expérience technique et de la formation du personnel déjà acquises dans le fonctionnement de l'usine existante.

Les panneaux de fibres durs sont déjà fabriqués dans d'autres pays de l'Est Africain. Il y a à Madagascar une unité avec une capacité nominale de 10 tonnes par jour, en Tansanie une de 30 tonnes par jour et au Kenya de 24 tonnes par jour. Le marché du Rwanda est certainement plus restreint que celui des pays cités, même en tenant compte des possibilités d'exportation dans les pays voisins, mais d'autre part les produits importés, en particulier ceux avec une valeur relativement basse par rapport à leur poids, sont très chers à cause du coût très élevé du transport.

Un intérêt particulier aurait la fabrication de caisses à thé avec des panneaux de fibres durs. Les exportations de thé sont en croissance et la fabrication de caisses à thé est donc un marché très intéressant et en expansion. Jusqu'à présent on n'a pas trouvé la possibilité de fabriquer sur place le contre-plaqué qui est nécessaire pour les caisses à thé. (Cette possibilité sera examinée au chapitre 3.3). Les importations de contre-plaqué sont coûteuses, constituent une perte de devises et sont quelquefois incertaines, comme pendant la récente guerre en Ouganda, ce qui a conduit à des difficultés avec l'évacuation du thé.

En général, le Rwanda n'offre que très peu de possibilités d'industrialisation et tout projet industriel qui n'est pas déraisonnable à première vue mérite d'être étudié.

L'étude du projet de fabrication de panneaux de fibres durs a donc été incluse dans la requête présentée par le gouvernement du Rwanda à l'ONUDI.

2.2. Marché:

2.2.1 Le marché actuel:

Les besoins du marché Rwandais en panneaux de fibres durs sont satisfaits par des importations. Les prix sont relativement élevés, mais avec l'exception d'évènements extraordinaires comme la récente guerre en Ouganda l'approvisionnement fonctionne correctement. Les panneaux sont disponibles chez les vendeurs de matériaux de construction. Les importations donnent donc déjà une bonne indication du marché que pourrait trouver une fabrication locale. Comme il n'y a que quelques importateurs, il a été facile de contrôler les statistiques officielles d'importation par une petite enquête auprès de ces importateurs. Il n'y a pas eu de contradictions entre ces renseignements directs et les statistiques officielles et on peut donc se baser sur les statistiques pour connaître la consommation actuelle de panneaux de fibres durs et de produits concurrentiels. Ces importations ont été dans les quatre dernières années:

No. Stat.	Poids net kg	Valeur FRw
48.09.10 Panneaux de fibres		
1975	87.229	3.175.040
1976	127.605	7.004.036
1977	222.155	12.542.350
1978	258.229	16.818.061
44.05.10 Bois sciés longitudinalement		
1975	1.945.655	21.092.318
1976	500.822	5.944.312
1977	1.039.527	16.228.851
1978	950.734	18.236.127
44.15.10 Contreplaqué		
1975	279.971	21.774.812
1976	413.950	29.160.712
1977	558.571	41.159.545
1978	516.588	51.593.318
68.12.31 Plaques en amiente-ciment		
1975	1.193.945	47.138.097
1976	1.126.570	51.268.727
1977	988.119	47.235.733
1978	1.491.170	64.748.399

Les panneaux de particules (numéro de statistique 44.18.00) ne sont importés qu'en très faibles quantités et n'apparaissent pas dans les statistiques publiées.

Pour ces différents produits sont perçus à l'importation des droits de douane et des droits fiscaux qui sont au total de 5% sur la valeur pour les bois sciés et les contre-plaqués, de 15% pour les panneaux de fibres et les plaques en amiante-ciment, et de 30% pour les panneaux de particules.

Ces droits sont très faibles pour un pays en voie de développement et n'encouragent pas les productions locales. La différence de 10% dans les droits d'entrée entre le contre-plaqué et les panneaux de fibres explique pourquoi sur le marché Rwandais, pour la même grandeur et la même épaisseur, un panneau de fibres dur est sensiblement au même prix qu'un panneau contre-plaqué. Sur le marché mondial, les panneaux de fibres sont nettement meilleur marché. Etant plus lourds, leur transport au Rwanda coûte un peu plus cher et le faible avantage qui leur reste vis-à-vis du contre-plaqué est annulé par la différence dans les droits d'entrée. A prix égal, il est logique qu'on préférera généralement le contre-plaqué.

Les panneaux de fibres sont importés par les grandes maisons importatrices qui s'occupent du commerce de matériaux de construction et de matériel mécanique. Leur format est normalement de 4 x 8 pieds (122 x 244 cm), l'épaisseur 1/8 de pouce (3,2 mm) Ils sont vendus par les importateurs-grossistes à un prix d'environ 1.000 FRw par panneau.

Les panneaux de fibres proviennent pour la plupart de Suède, en faible partie du Kenya.

L'application la plus courante des panneaux de fibres durs est pour les plafonds où ils sont en concurrence directe avec les panneaux mous de Zaza. Les panneaux de fibres sont également utilisés pour la production de portes isoplanes et de meubles.

2.2.2. La fabrication de caisses à thé:

La production et exportation de thé est une activité économique très importante au Rwanda. La production actuelle est d'environ 6.500 tonnes par an. Les plantations sont en général encore jeunes et de nouvelles plantations entrefont en production prochainement. On prévoit pour 1982 une production de 12.000 tonnes. Une production de panneaux de fibres durs ne pourrait pas démarrer avant 1982 et c'est donc sur cette production de thé qu'on pourrait compter.

La plupart du thé est emballé dans des caisses traditionnelles. Seulement pour des transports en avion on peut prévoir que le transport en sacs de plastique s'imposera définitivement. Pendant la récente guerre en Ouganda, le transport par avion était pratiquement la seule voie d'évacuation pour le thé, mais en conditions normales le transport terrestre et maritime est préféré pour des raisons économiques évidentes.

Les caisses sont fabriqués avec du contre-plaqué, quelques listeaux de bois, des angles en tôle, une feuille d'aluminium et un papier spécial. Tous ces matériaux y compris les listeaux en bois sont importés en jeux complets.

Pour chaque caisse on utilise la quantité suivante de contre-plaqué:

$$\begin{array}{r} 2 \times 0,40 \times 0,50 = 0,40 \text{ m}^2 \\ 2 \times 0,50 \times 0,60 = 0,60 \text{ m}^2 \\ 2 \cdot 0,40 \times 0,60 = 0,48 \text{ m}^2 \\ \hline 1,48 \text{ m}^2 \end{array}$$

Si les caisses sont fabriquées en panneaux de fibres durs, on devrait utiliser des panneaux de 5 mm d'épaisseur. Une caisse contiendrait donc environ 7.50 kgs de panneaux de fibres durs. Chaque caisse contenant en moyenne 50 kgs de thé, la consommation de panneaux correspondrait à 15% de la quantité de thé exporté, exprimé en poids.

En 1982, on pourra compter sur environ 10.000 tonnes de thé exporté en caisses ce qui représente un marché potentiel de 1.500 tonnes de panneaux par an.

Les panneaux de fibres durs ont déjà été utilisés pour la fabrication de caisses à thé au Kenya en 1977 quand il y avait une demande très forte pour le thé et quand on manquait de contre-plaqué pour les emballages. Ces caisses en panneaux étaient bien acceptées par les importateurs de Londres aussi longtemps que la demande pour le thé était exceptionnellement vive. Plus tard, une déduction était faite sur le prix du thé pour les caisses en panneaux comme pour tout emballage différent des traditionnelles caisses en contre-plaqué. Cette pénalisation sur le prix du thé rendait l'utilisation des panneaux pour la fabrication des caisses absolument inéconomique et elle était donc abandonnée. Il est à noter qu'au Kenya les fabricants de panneaux de fibres durs sont en même temps fabricants de contre-plaqué et qu'ils n'avaient donc pas un grand intérêt à favoriser l'utilisation des panneaux.

Il est possible que la position des importateurs de thé ait évolué, car il ne semble pas y avoir de raisons techniques qui seraient contraires à l'utilisation des panneaux. Il est toutefois à craindre que le thé livré en caisses de panneaux soit de nouveau pénalisé.

Dans cette situation, l'OCIR (L'Organisation d'Etat qui s'occupe des exportations de thé et de café) a décidé de faire un essai avec 100 caisses en panneaux et de voir la réaction des importateurs de thé. Les panneaux seront importés du Kenya.

Comme les panneaux de fibres sont légèrement plus lourds que le contre-plaqué, le coût du transport terrestre jusqu'au port (Mombasa) sera légèrement plus élevé. Toutefois, cette différence sera plus que compensée par le prix inférieur des panneaux par rapport au contre-plaqué importé.

Pour le transport maritime il n'y aura pas de différence de prix, car dans le cas du thé le coût du transport est déterminé par le volume et non pas par le poids.

Il faudra donc attendre le résultat de cet essai de l'OCIR avant de pouvoir déterminer si la fabrication de caisses à thé à partir de panneaux de fibres est économiquement possible.

2.2.3. Le marché potentiel

Avec un prix de vente qui pourra être au moins de 30% inférieur au prix actuel (voir chapitre 2.6), il est évident que les panneaux de fibres durs produits localement pourront se substituer à d'autres produits actuellement importés.

En premier lieu, on doit penser au contre-plaqué. Cette substitution devrait être relativement facile pour les portes isoplanes du moment qu'on mettra à disposition des fabricants de portes un panneau avec un format "porte". Actuellement on trouve chez les importateurs en format porte des feuilles de contre-plaqué, mais non pas des panneaux de fibres. Toutefois, les fabricants de portes connaissent les panneaux de fibres qu'ils ont utilisés quand ils étaient en rupture de stock de contre-plaqué et ils n'ont pas d'objections techniques à leur usage.

Les feuilles de contre-plaqué format porte sont vendues par les grossistes à environ 700 FRw la pièce. Si les panneaux sont revendus à un prix de 500 à 600 FRw la feuille, il s'assurera certainement la plus grande partie du marché des portes isoplanes. Seulement les portes pour lesquelles une résistance particulière à l'humidité est requise seront encore fabriquées avec du contre-plaqué.

On produit actuellement au Rwanda environ 15.000 portes isoplanes par an, ce qui correspond à 30.000 feuilles par an. De ces 30.000 feuilles, au moins 20.000 devraient être des panneaux de fibres. Avec le format de 1 x 2 m qui est proposé (voir chapitre 2.4) et une épaisseur de 4 mm qui semble bien adaptée aux portes courantes, 20.000 feuilles correspondent à $20.000 \times 2 \times 4_{kg} = 160$ tonnes / an. Actuellement, la quantité des panneaux de fibres utilisés pour les portes ne dépasse pas 10 tonnes/an. Il y aurait donc un marché supplémentaire de 150 tonnes/an à trouver pour cette seule utilisation.

Une autre utilisation intéressante sont les plafonds, pour lesquels plusieurs produits se concurrencent. Il y a d'abord les panneaux isolants des 'Papeteries du Rwanda' pour lesquels il faut espérer une forte expansion. Un autre produit local sont les panneaux de papyrus des 'Compagnons Bâtisseurs', vendus à 100 FRw par panneau de 0,6 x 0,6 m.

Les produits importés utilisés pour les plafonds sont, en plus des panneaux de fibres, le contre-plaqué et les plaques plates d'amiante-ciment. Les importations de plaques plates d'amiante-ciment sont de l'ordre de 35.000 m² par an. Elles sont vendues par les importateurs-grossistes au prix d'environ 400 FRw/m². Les panneaux de fibres durs locaux seront donc nettement moins chers, avec un prix qui sera de l'ordre de 200 FRw/m², et on pourra s'attendre à un recul de l'utilisation des plaques d'amiante-ciment. D'autre part, il faudra faire un grand effort pour étendre le marché des panneaux mous de Zaza.

Au total, on peut estimer que ce seront uniquement les panneaux mous produits localement qui gagneront sur les plaques d'amiante-ciment pour la construction de plafonds.

Pour les autres utilisations, comme la menuiserie plus ou moins industrielle et le bricolage par les particuliers, les panneaux de fibres durs produits localement, grâce à leur prix relativement bas, gagneront certainement du terrain sur le contre-plaqué importé et les planches massives importées ou locales.

Si on déduit des importations actuelles de contre-plaqué la quantité utilisée pour les portes, soit environ 100 tonnes par an, (le contre-plaqué est plus léger que le hardboard), il reste environ 400 tonnes par an utilisées autrement. Avec une certaine augmentation de la fiscalité sur le contre-plaqué importé, le hardboard local pourrait, grâce à son avantage de prix, prendre entre le quart et la moitié de ce marché, disons 150 tonnes par an de contre-plaqué, ce qui équivaut à 225 tonnes par an de hardboard.

Avec les planches massives, la concurrence est moins directe. On peut estimer que les panneaux locaux gagneront encore 100 tonnes par an sur les planches et d'autres produits.

En se basant sur les chiffres des importations de 1978, on

peut établir le calcul suivant:

importations de panneaux de fibres durs	258 tonnes/an
+ gain sur le contre-plaqué pour les portes environ	150 tonnes/an
+ autres gains sur le contre-plaqué environ	225 tonnes/an
+ gains sur les planches et d'autres matériaux environ	100 tonnes/an
	<hr/>
total sans caisses à thé environ	733 tonnes/an

Jusqu'à la date d'entrée en production de l'usine de hardboard on peut penser que le marché intérieur total, sans les caisses à thé, sera de l'ordre de 800 tonnes/an. Ce sera à peine suffisant pour rentabiliser une usine (voir chapitre 2.7).

On devrait également compter sur des exportations dans les pays voisins. Malheureusement, les 'Papeteries du Rwanda' n'exportent pas encore leurs panneaux et on ne peut donc pas se baser sur une expérience pratique. Au Burundi il y a un projet de fabrication de panneaux de particules à base de déchets de palmier dont l'étude est déjà à un stade avancé. Ce projet ne devrait pas gêner le présent projet de panneaux de fibres durs, car ces deux produits sont beaucoup plus complémentaires que concurrentiels.

En Tanzanie il y a une usine de hardboard à Arusha qui cherchera également à exporter au Burundi, mais qui est défavorisée par son éloignement de ce marché. En Ouganda il n'y a pas d'usine de hardboard ni de projet sérieux, mais il y a la concurrence de l'usine kenyane 'Sokoro Fibreboards Ltd.' à Elburgon, sur le chemin de fer Nairobi-Kampala, appartenant en groupe 'Timsales' qui dispose d'une bonne organisation commerciale.

Au Zaïre il n'y a pas de production de hardboard ni de projet sérieux. Au moins la province du Kivu pourrait être approvisionnée en panneaux de fibres à partir du Rwanda.

Devant cette situation peu claire et pour une première étude forcément sommaire du projet, on ne peut qu'établir une estimation grossière pour les possibilités d'exportation. On

peut estimer que les exportations seront moitié de la consommation intérieure, soit 400 tonnes/an.

Al total, il y aurait donc un marché de 1.200 tonnes/an, toujours sans les caisses à thé.

Avec la fabrication de caisses à thé, qui consommerait 1.500 tonnes/an comme calculé au chapitre précédent, il y aurait un marché total de 2.700 tonnes/an, qui suffirait pour rentabiliser une petite unité de hardboard. Si on tient compte des nombreuses incertitudes contenues dans ce calcul, on peut conclure de l'étude du marché qu'on peut envisager la construction d'une usine de hardboard d'une capacité annuelle de 2.000 à 2.500 tonnes/an si l'essai de commercialisation de l'OCIR avec les caisses à thé donne un résultat positif. Dans le cas contraire, on doit examiner la rentabilité d'une unité avec une capacité de 1.200 tonnes/an.

2.3 Approvisionnement en matières premières:

2.3.1. Choix entre bois et papyrus:

La matière fibreuse et le combustible pour la chaudière sont les seules matières premières importantes dans la fabrication de panneaux de fibres durs. (La situation serait différente pour les panneaux de particules). Comme matières fibreuses s'offrent le bois, surtout d'eucalyptus, et le papyrus.

Comme combustible, il y a ces mêmes matières. Le fuel oil est à exclure pour son coût prohibitif par rapport au bois. Le Rwanda possède des réserves énormes de tourbe, mais surtout dans les marais d'altitude dans le Nord du pays, relativement loin de Zaza. La tourbe n'est actuellement pas disponible et, à cause du coût du transport, elle reviendrait beaucoup plus chère que le bois.

Il reste donc pour la matière fibreuse aussi bien que pour le combustible le choix entre le bois et le papyrus. L'usine de panneaux isolants de Zaza utilise des deux matières, le papyrus comme matière fibreuse et le bois comme combustible, et on peut donc se baser sur des expériences déjà acquises.

Le prix de revient du papyrus n'a jamais été évalué directement à Zaza. Il faudrait peser le papyrus et déterminer sa teneur d'humidité, ce qui serait d'un intérêt plutôt académique dans la production actuelle. Le papyrus qui à l'état frais contient environ 90% d'eau contre 10% de matière sèche, arrive à l'usine partiellement séché. De même, on ne connaît pas le pourcentage de la moelle qui est en grande partie éliminée dans le tamis égoutteur rotatif.

En mettant en relation les coûts du papyrus, qui sont essentiellement la main d'oeuvre pour la coupe et le transport par camion, avec la quantité de panneaux produits dans des conditions normales, on obtient comme résultat que ces coûts sont de 4 FRw par kg de panneau produit.

Dans l'utilisation du papyrus comme combustible, on doit considérer que la moelle n'est pas éliminée et qu'il n'y a pas de perte de fibres. D'autre part, le séchage devra être plus poussé pour avoir une bonne combustion, ce qui entraînera des coûts de main d'oeuvre. On peut estimer que le prix de revient du papyrus comme combustible sera au moins de 2 FRw par kg de matière sèche.

Ce prix est élevé par rapport au bois qui est acheté par l'usine de Zaza à environ 200 FRw par stère, et il peut surprendre pour une matière "gratuite".

Il faut considérer que la coupe du papyrus dans les marais est un travail lent et pénible et qu'on doit manipuler un poids frais énorme par rapport au poids sec. C'est donc à raison que l'usine de Zaza utilise le bois comme combustible et non pas le papyrus.

Comme matière fibreuse, le papyrus possède un avantage sur le bois car il est facilement défibré à froid. L'équipement très simple installé à Zaza et décrit dans la première partie de cette étude produit en effet une bonne fibre sans cuisson. Pour une production aussi faible que celle de l'usine existante,

le papyrus peut être plus avantageux que le bois car le coût supérieur de la matière peut être plus que compensé par les économies sur la chaudière et l'autoclave.

Par contre, dans la fabrication de hardboard on ne peut pas renoncer à la chaudière qui est nécessaire pour chauffer la presse à étages. En pratique, on ne pourra renoncer non plus à la cuisson dans l'autoclave. Le papyrus n'a pas encore été utilisé à l'échelle industrielle pour la fabrication de hardboard. Des essais à l'échelle semi-industrielle faits en Israël ont produit des panneaux acceptables, mais avec cuisson. Avec le papyrus on aura même des investissements supérieurs car il faudra prévoir un depithing (élimination de la moelle) très poussé pour obtenir des panneaux de bonne qualité.

On doit également considérer que malgré les essais israéliens la production de hardboard avec du papyrus présente un certain risque technique. Par contre, le bois d'eucalyptus est largement utilisé pour la fabrication de hardboard, non seulement dans les usines déjà citées de l'Est Africain (en Tanzanie, au Kenya et à Madagascar) mais aussi dans d'autres parties du monde. En particulier, la puissante industrie brésilienne des panneaux de fibres, qui travaille beaucoup pour l'exportation, est basée entièrement sur le bois d'eucalyptus.=

Pour le projet de panneaux de fibres durs au Rwanda on optera donc pour le bois comme matière première fibreuse et comme combustible.

2.3.2. Approvisionnement en bois:

Actuellement, l'usine de Zaza s'approvisionne sans difficulté en bois de chauffe qu'elle achète à des prix entre 120 et 220 FRw le stère. Ce prix s'entend pour le bois d'eucalyptus en tas sur le bord de la route. Pour avoir le prix rendu usine il faut y ajouter le coût du transport et des manipulations. Avec les besoins modestes de l'usine (1/2 stère par jour au maximum) les distances du transport sont faibles, de l'ordre de 10 km au plus.

Avec la production de panneaux durs les besoins seront nettement plus grands. Pour produire 2.000 tonnes de panneaux par an, avec une teneur d'humidité de 8%, on devra compter sur une consommation de 2.400 tonnes de bois en poids sec absolu en tenant compte des différentes pertes. Comme combustible pour la chaudière à vapeur on consommera encore près de 2.000 tonnes par an. Si on produit l'énergie électrique avec des groupes au gaz de gazogène de bois, cette utilisation demandera encore environ 1.300 tonnes par an, toujours en poids sec absolu (voir chapitre 2.5.3). Au total, la consommation de bois pour la production de hardboard pourra être de 5.700 tonnes par an, en poids sec. La consommation de l'usine de panneaux mous restera modeste, car les projets d'amélioration prévoient une meilleure utilisation de la chaleur du groupe Diesel et un séchoir solaire.

5.700 tonnes en poids sec correspondent, pour le bois d'eucalyptus, à environ $5.700 : 0,60 = 9.500 \text{ m}^3$ de bois solide frais.

Au Rwanda, on peut compter sur une croissance annuelle de 20 m^3 de bois par hectare et par an. Il faudra donc, pour approvisionner l'usine travaillant à pleine capacité, $9.500 : 20 = 475$ ha de plantations d'eucalyptus.

En Septembre 1978, il y avait dans la province de Kibungo 1973 ha de boisements communaux, 650 ha de boisements individuels et 75 ha de boisements domaniaux. Dans les trois derniers mois (c'est la saison des plantations) de 1978, 324 ha de boisements communaux ont été plantés. Pour 1979, une surface plus grande de nouvelles plantations était prévue. Les communes voisines de Zaza, qui sont Mugesera et Sake, disposaient d'un total de 231 ha de plantations communales au 30.9.78. On peut compter que les trois quarts de tous ces boisements sont de l'eucalyptus.

Le programme de boisements communaux est fortement encouragé par le Gouvernement Rwandais et sera certainement continué. Ce qui manque actuellement dans la province de Kibungo sont les acheteurs. Le prix de vente est officiellement de 250 FRW par stère, mais les 'Papeteries du Rwanda' trouvent des prix

plus intéressants. Les paysans, qui disposent de revenus monétaires très faibles, utilisent pour le chauffage surtout différents déchets végétaux.

On peut considérer que la plupart de ces boisements, surtout dans les communes voisines, seraient à la disposition d'une usine à Zaza, mais que dans les conditions actuelles on devrait chercher le bois à une certaine distance pour couvrir tous les besoins du projet de 8 tonnes/jour. A 250 FRw par stère les boisements d'eucalyptus sont considérés comme très rentables par les communes et l'usine pourrait passer des contrats de boisement et de fourniture de bois avec les communes voisines.

En outre, un programme de reforestation de l'assistance technique belge garantira l'approvisionnement d'une éventuelle future usine de panneaux durs. On financera un total de 6.000 ha de reforestation dans la province de Kibungo, dont 1.000 ha dans la commune de Mugesera et encore 1.000 ha dans la commune de Sake. Ces plantations seront composées de callitris, utilisé comme bois d'oeuvre, et d'eucalyptus. La distribution entre ces deux espèces dépendra des conditions locales. Ce projet est approuvé et son financement est assuré. On commencera en 1980 avec la création de pépinières et on continuera en 1981 avec les boisements à grande échelle. Le projet a été décidé plutôt pour des considérations écologiques et on sera content de trouver un acheteur régulier pour le bois. Les premières plantations seront prêtes en 1988 pour la coupe. Une rotation de 7 ans donne un bon rendement et le bois jeune est plus facile à défibrer pour la fabrication de panneaux.

On peut conclure que même l'unité de 8 tonnes/jour avec production d'énergie électrique à base de bois trouvera des approvisionnements suffisants dans un rayon qui ne dépassera pas 25 km. Si le projet belge était arrêté pour des raisons imprévisibles, l'usine pourrait encore assurer son approvisionnement avec des contrats passés directement avec les communes. Pour les années avant 1988 l'exploitation des plantations âgées existantes assurera un approvisionnement suffisant.

Le bois pourra être acheté à 250 FRw par stère. Pour le transport on peut prendre une distance moyenne de 15 km, dont le coût peut être estimé à 250 FRw par stère. Pour les manipulations, on peut compter qu'un manoeuvre coûtant 100 FRw par jour peut manipuler 4 stères par jour, soit une charge de 25 FRw par stère.

On arrive ainsi à un total de 525 FRw par stère. Chaque stère contient $0,92 \text{ m}^3$ de bois solide, soit $0,92 \times 0,60 = 0,55$ tonnes de matière sèche. Le kilo de bois, en poids sec absolu, revient ainsi à environ 1 FRw.

2.4 Choix de la technologie de production:

Il résulte de l'étude de marché que la capacité d'une usine de hardboard au Rwanda devrait être environ dix fois plus petite que celle d'une usine moderne dans un pays industrialisé, soit un maximum de 10 tonnes/jour. Il faudra donc chercher une technologie adaptée à une capacité si petite et aux conditions techniques et économiques du Rwanda qui est un pays isolé et très pauvre.

Des usines de hardboard de petite taille existent justement dans l'Est Africain, comme indiqué dans le tableau suivant:

Localité	capacité nominale	mise en route	remarques
Addis Abeba, Ethiopie	10 t/jour	1969	production arrêtée depuis plusieurs années
Moramanga, Madagascar	10 t/jour	1970	procédé discontinu
Arusha, Tanzanie	30 t/jour	1973	technologie classique
Elburgon, Kenya	24 t/jour	1975	procédé discontinu

La FAO a publié, dans sa collection 'Portfolio of Small-Scale Wood-Based Panel Plants', deux brochures sur les petites usines de panneaux de fibres durs.

La brochure de la maison suédoise Defibrator décrit une unité de la capacité nominale de 20 tonnes par jour qu'on peut considérer comme le minimum réalisable avec la technologie "classique" dont Defibrator a été le pionnier. L'équipement proposé comprend essentiellement un hachoir qui réduit les bûches de bois en copeaux, un "Defibrator" qui transforme les copeaux en pâte fibreuse, une machine type Fourdrinier qui forme les panneaux humides, et une presse chauffée à 12 étages produisant des panneaux durs qui mesurent 4 x 8 pieds (122 x 244 cm) après être équarris.

Avec cette technologie, une réduction ultérieure de la capacité à environ 10 tonnes par jour semble difficile et surtout anti-économique.

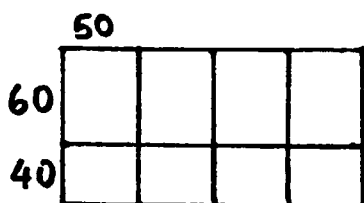
Dans la brochure de Ubersee Industrie Beratung, une firme d'ingénieurs conseils autrichiens, on décrit une unité de 24 tonnes par jour, basée sur l'usine existant au Kenya, et une de 12 tonnes par jour, basée sur celle de Madagascar. Cette dernière unité aurait donc une capacité intéressante. L'équipement comprendrait essentiellement un hachoir, un autoclave sphérique pour la cuisson des copeaux, un moulin défibreux, une presse formante qui forme les panneaux humides un par un, et une passe chauffée à 8 étages. La dimension des panneaux est de 122 x 244 cm comme pour Defibrator.

C'est justement la dimension des panneaux qui doit être étudiée avec attention dans le projet en question. Les dimensions de 4 x 8 pieds sont de loin les plus courantes dans le commerce international. La longueur de 8 pieds (244 cm) correspond à la hauteur d'une chambre et permet de faire des murs préfabriqués et des cloisons sans joints longitudinaux. Au Rwanda, toutefois, on ne peut pas prévoir une grande utilisation de panneaux pour des murs ou cloisons. Le projet se baserait essentiellement sur la production de caisses à thé. Une autre utilisation bien définie serait la fabrication de portes isoplanes. Les autres applications, comme plafonds et mobilier, ne demandent pas

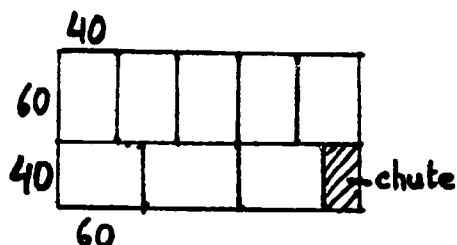
de dimension fixe.

Or, pour la production de caisses à thé dont les dimensions sont de 60 x 50 x 40 cm, un panneau de 122 x 244 cm ne peut pas être découpé sans un pourcentage élevé de chutes. De même, pour une porte qui mesure environ 200 x 80 cm, le panneau de 4 x 8 pieds donnerait une seule feuille, avec une perte de presque 50%.

Une bonne dimension pour la production de caisses à thé serait 100 x 200 cm. Un tel panneau pourrait être découpé de la manière suivante sans tenir compte de la largeur des coupes.



un panneau donne
4 pièces de 40 x 50 cm
+ 4 pièces de 50 x 60 cm



un panneau donne:
8 pièces de 40 x 60 cm

Pour faire une caisse on a besoin des pièces suivantes:

2 pièces de 40 x 50 cm

2 pièces de 50 x 60 cm

2 pièces de 40 x 60 cm

ce qui correspond à la moitié du premier panneau dessiné ci-dessus plus un quart du deuxième, soit trois quarts de panneau. Autrement dit, avec trois panneaux de 100 x 200 cm on peut produire 4 caisses de 40 x 50 x 60 cm.

Les chutes seraient de 0,2 x 0,4 m pour trois panneaux (6 m²) soit 1,3 %.

Dans cette étude sommaire, nous pouvons négliger la largeur des coupes au découpage des panneaux. Pour obtenir des caisses

des dimensions exactes de 40 x 50 x 60 cm, les pièces composant les parois devront être très légèrement plus petites pour tenir compte de joints imparfaits dans les coins. Nous pouvons supposer que la largeur de ces joints équivaldra à la largeur des coupes au découpage.

Pour les portes isoplanes, un panneau de 100 x 200 cm donnerait une feuille de 200 cm de longueur et d'une largeur allant de 50 à 100 cm. La largeur de 80 cm peut être considérée comme une moyenne et il y aurait donc 20% de chutes en moyenne. Ces bandes de panneau de 20 x 200 cm pourront être utilisées pour en faire les âmes (structures intérieures) des portes. Normalement, on utilise à cette fin des réseaux de carton alvéolé (en nid d'abeilles) qui sont importés à plat. Dans les conditions économiques du Rwanda il sera intéressant de faire des réseaux en lamelles de panneaux de fibres pour valoriser les chutes. 20% de chutes ne suffira pas pour satisfaire ces besoins, mais on pourra compléter les chutes obtenues dans le découpage des feuilles de portes avec d'autres matériaux comme les chutes de panneaux de fibres ou de contreplaqué dans la fabrication de meubles ou avec les panneaux mal réussis dans la fabrication.

Avec un format de 1 x 2 m au lieu de 1,22 x 2,44 m comme dans l'usine de 12 tonnes par jour décrite ci-dessus, la capacité de production baissera automatiquement de 12 tonnes par jour à 8 tonnes par jour si on maintient une seule presse formatante et une presse chauffée à 8 étages. La cadence de production resterait la même, soit 1 panneau par minute, et la production exprimée en poids sera donc proportionnelle à la taille des panneaux.

Cette capacité nominale de 8 tonnes par jour, soit 2.000 tonnes par an avec 250 jours de travail, correspond bien aux prévisions réalistes de marché si on peut compter sur la fabrication de caisses à thé. Toujours avec cette réserve, on pourrait envisager une capacité allant jusqu'à 10 tonnes par jour. Cependant, avec la technologie proposée la capacité de production ne peut pas être variée d'une manière continue si le format des panneaux est donné. Avec un format de 1 x 2 m, on devrait

alors opter pour deux presses formantes qui donneraient une production double, soit 16 tonnes par jour, qui serait trop grande. On pourrait également étudier d'autres formats, p. ex. 1,50 x 2 m, mais en considération des incertitudes contenues dans l'étude de marché du chapitre 2.2., la capacité de 2.000 tonnes par an semble adéquate.

C'est plutôt une unité encore plus petite qu'il faut étudier pour le cas que l'essai de l'OCIR avec les caisses à thé fabriquées avec du hardboard donne un résultat négatif, comme il est à craindre. Dans ce cas, le marché, même avec une certaine exportation, serait de l'ordre de 1.200 tonnes par an. Cette quantité correspond à une production journalière d'environ 5 tonnes.

Pour obtenir cette capacité, on pourrait maintenir le format d'environ 2 x 1 m, qui convient bien à la fabrication de portes et de dalles pour plafonds (de 1 x 1 m), et réduire le nombre des étages dans la presse chauffée de 8 à 5. La capacité de production baisserait en proportion, de 8 à 5 tonnes par jour, si le rythme de travail de la presse reste le même. Toutefois, pour rentabiliser une unité si petite, il sera utile de prévoir d'autres simplifications qui feront augmenter la durée du cycle de production de 8 à environ 10 minutes. Pour maintenir la capacité d'environ 5 tonnes par jour, le nombre des étages passera alors de 5 à 6.

Dans cette unité il s'agira donc de fournir à la presse chauffée 6 panneaux humides toutes les 10 minutes. Une presse formante hydraulique qui peut produire un panneau par minute travaillerait largement en dessous de sa capacité. On prévoit donc d'utiliser à la place de la presse formante trois bacs formants semblables à ceux qui fonctionnent actuellement dans l'usine de Zaza. Avec de petites améliorations, leur rythme de travail peut être porté à 5 minutes, et trois bacs formants produiront donc 6 panneaux humides toutes les 10 minutes.

Pour simplifier les opérations et pour réduire les investissements, on propose de renoncer à une pré-presse. Les panneaux

humides sont de toute manière pressés dans la presse chauffée à une pression d'environ 40 kg/cm², et le manque d'une pré-presse n'a donc qu'une faible importance sur la consommation de chaleur pour le séchage des panneaux dans la presse chauffée. (La situation est toute différente dans la fabrication de panneaux mous). A cause du manque de la pré-presse, la phase de compression dans la presse à étages se trouvera allongée d'environ 30 secondes.

Une autre simplification est proposée pour l'unité de cinq tonnes par jour par rapport à celle de huit tonnes par jour. Le chargement et déchargement des panneaux de la presse à étages ne se fera plus automatiquement, mais manuellement. Ceci prolongera le cycle de travail de la presse encore d'une minute, de manière à donner un cycle de près de 10 minutes, ce qui conduit, comme exposé ci-dessous, à augmenter le nombre des étages de 5 à 6 pour maintenir la capacité de 5 tonnes par jour.

Toutefois, cette simplification semble justifiée. Le coût du mécanisme de chargement et déchargement automatique avec 5 étages et un format net de 1 x 2 m est d'environ US\$ 50.000 départ Europe, soit près de US\$ 100.000 avec transport, installation et fondations spéciales. Par contre, le coût de l'étage de plus dans la presse chauffée sera d'environ US\$ 10.000 départ Europe, avec des frais supplémentaires d'installation négligeables, et les simples étagères nécessaires pour un chargement et déchargement manuel pourront être construits sur place avec un coût qui ne dépassera pas US\$ 2.000. L'économie par rapport au mécanisme automatique sera donc de l'ordre de US\$ 80.000. L'usine en gagnera également en simplicité et robustesse, et on peut considérer que le coût supplémentaire de la main d'oeuvre pour le chargement et déchargement manuel sera compensé rien que par l'économie d'entretien et de pièces de rechange sur ce mécanisme.

En résumé de ce chapitre sont donc proposées deux technologies. Si l'essai de l'OCIR est positif, la technologie sera celle de l'unité de 12 tonnes/jour décrite dans la publication de la FAO, avec un format de 1 x 2 m et une capacité de 8 tonnes par jour. Si l'essai de l'OCIR est négatif, on propose de pré-

voir trois bacs formants à la place de la presse formante hydraulique, de substituer un chargement et déchargement manuel au mécanisme automatique, et d'adapter les autres équipements à la capacité réduite (voir chapitre suivant).

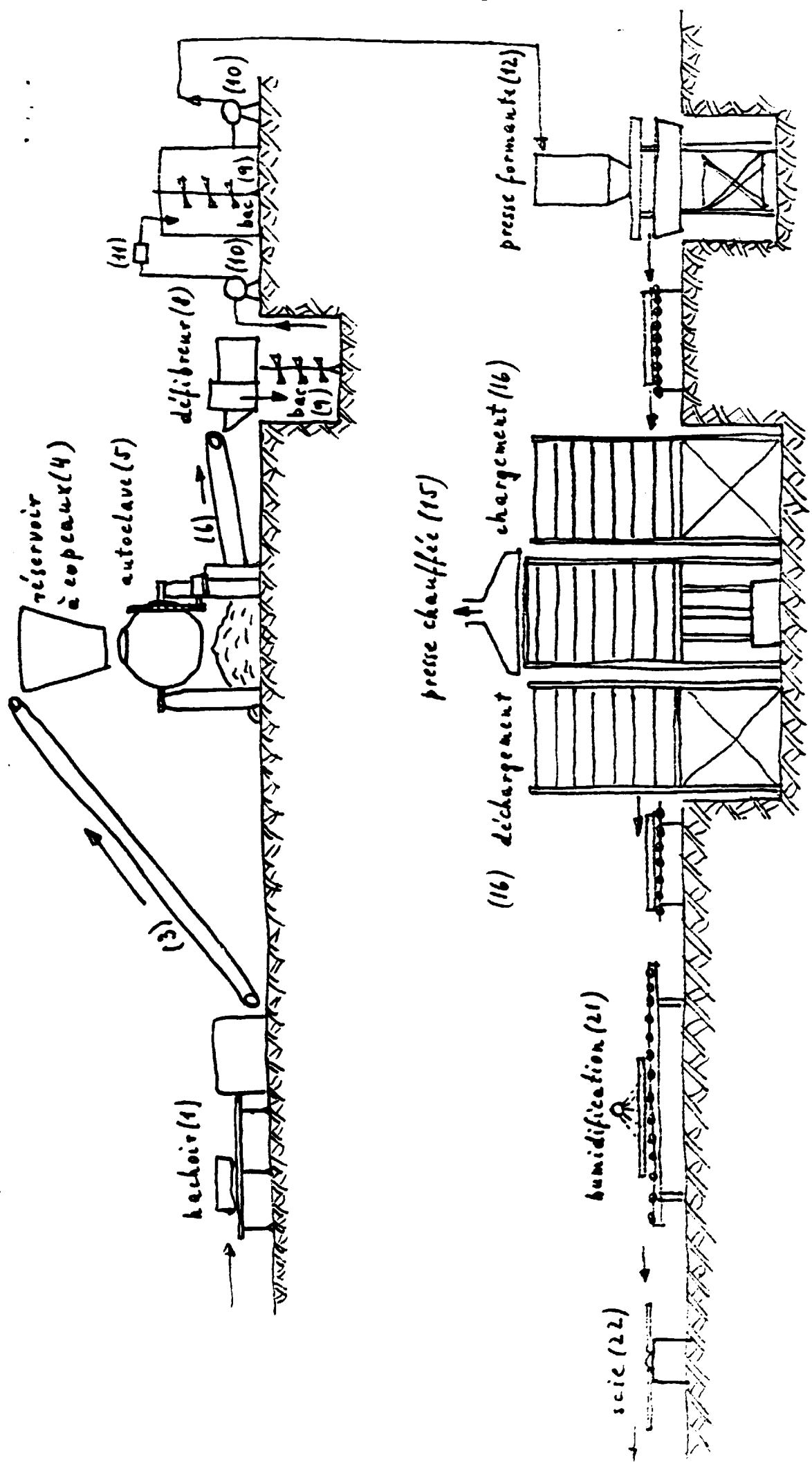
2.5. Description des unités de production considérées:

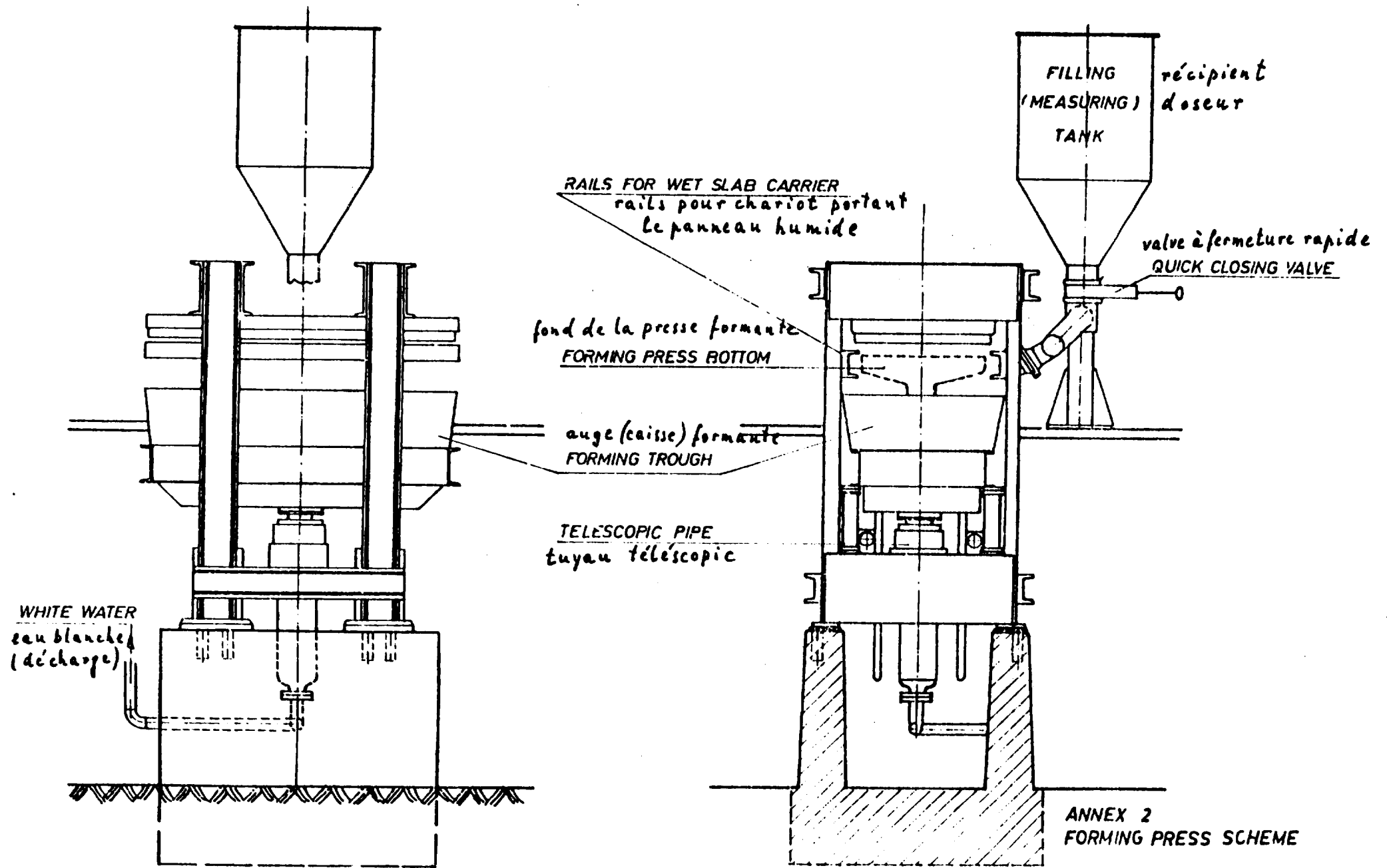
2.5.1. Unité de 8 tonnes par jour:

Comme exposé au chapitre précédent, c'est l'unité à considérer au cas où on peut compter sur la production de caisses à thé.

Un schéma (flow-sheet) de l'unité se trouve à la page suivante. Plus en détail, l'unité comprend les machines suivantes:

Pos.	Description	Capacité
1	1 hachoir (déchetuseuse à disque)	2 m ³ de bois massif / heure
2	1 tamis vibrant à 2 étages pour éliminer la poussière et les gros morceaux	2 m ³ de bois massif / heure
3	1 bande transporteuse inclinée de 15 m	10 m ³ de copeaux / heure
4	1 réservoir à copeaux	10 m ³
5	1 autoclave sphérique avec revêtement intérieur en acier inoxydable, Ø 2,50 m	8,2 m ³
6	1 bande transporteuse à vitesse réglable 3 m de long	3 m ³ de copeaux par heure
7	1 aimant permanent pour éliminer les impuretés métalliques	
8	1 moulin à disques	500 kgs de pâte sèche / heure
9	2 bacs avec agitateurs	20 m ³ chacun
10	2 pompes en acier inoxydable	70 m ³ /heure chacune
11	1 régulateur de consistance	
12	1 presse formante (voir schéma de fonctionnement en annexe)	60 panneaux par heure





ANNEX 2
FORMING PRESS SCHEME

ÜBERSEE INDUSTRIE BERATUNG

Pos.	Description	Capacité
13	1 pompe aspirante pour essorer la pâte dans la presse formante	200 m ³ par heure
14	1 station hydraulique pour alimenter la presse formante et la presse chauffée avec de l'eau à 250 bar	
15	1 presse chauffée à 8 étages	
16	1 système automatique de chargement et déchargement	
17	1 système à rouleaux pour le retour des tôles de transport	
18	24 tissus métalliques pour le pressage	
19	24 tôles de transport en acier ordinaire	
20	18 tôles polies en acier inoxydable	
21	1 appareil pour humidifier les panneaux après le pressage	
22	1 double scie circulaire à écartement réglable pour équerrir les panneaux	
23	1 pompe pour la circulation de l'eau de fabrication	80 m ³ /heure
24	1 pompe pour la circulation de l'eau surchauffée	120 m ³ /heure
25	1 pompe à égout fixe	10 m ³ /heure
26	1 pompe à égout mobile	10 m ³ /heure
27	1 compresseur d'air	1.000 litres/minute
28	1 chaudière à vapeur, brûlant des bûches de bois, pression 20 bar, avec tous les accessoires	1,5 Gcal/heure

Bien entendu, pour la réalisation du projet on devra également commander la tuyauterie, les vannes, le matériel électrique, l'isolation thermique et d'autres accessoires tels qu'ils résulteront d'une étude détaillée du projet. On pourra aussi passer un contrat global avec un seul fournisseur pour la livraison de tout le matériel complet, montage compris. En plus, il faudra prévoir un renforcement de la station de pompage déjà existante à Zaza. La consommation d'eau fraîche de l'usine de hardboard sera de 10 à 15 m³ par heure.

A Zaza, il faudra également prévoir un approvisionnement autonome en énergie électrique à moins d'attendre la réalisation de la liaison avec le réseau national. Ce problème de l'énergie électrique est particulier à Zaza et sera examiné plus en détail dans le chapitre 2.5.3.

Le bâtiment de l'usine aura une superficie couverte d'environ 1.200 m². Un sous-sol d'environ 80 m² accueillera les fondations spéciales des deux presses hydrauliques et du dispositif automatique de chargement et déchargement. L'autoclave aura besoin d'un support surélevé. Pour le reste suffira un hangar très simple qui pourra être construit par du personnel recruté directement par l'usine, dans la tradition des 'Papeteries du Rwanda'.

2.5.2. Unité de 5 tonnes par jour:

La description de cette unité sera sensiblement la même que pour l'unité de 8 tonnes par jour, avec la capacité des machines réduites en proportion. Pour encore réduire le coût de cette installation dont la rentabilité est délicate, les changements suivants seront à apporter:

- Suppression de la bande transporteuse à vitesse réglable (pos. 6). Le moulin aura une alimentation par vis qui à son tour sera alimentée simplement à la main avec des pelles.

- Suppression du régulateur de consistance (pos.11). La consistance sera réglée dans le deuxième bac suivant l'épaisseur des panneaux sortant de la presse.

- Substitution de la presse formante (pos. 12) par trois bacs formants, comme déjà décrit.

- Suppression de la pompe aspirante (pos. 13). L'élimination de l'eau dans les bacs formants se fera par gravité.

- Substitution de la presse chauffée à 8 étages par une à 6 étages, comme décrit.

- Substitution du mécanisme de chargement et déchargement automatique (pos. 16) par de simples étagères, comme décrit.

- Substitution de la double scie circulaire (pos. 22) par une simple scie circulaire.

2.5.3. Production d'énergie électrique:

Bien que le procédé proposé ait plusieurs caractéristiques qui réduisent la consommation d'énergie électrique, telles que la cuisson poussée dans un autoclave, la formation discontinue des panneaux et de nombreuses opérations manuelles, il faut compter avec une consommation moyenne de 600 à 700 kWh par tonne de produit pour une unité si petite.

Avec un rattachement au réseau national, le prix du kWh serait d'environ 4 FRw, et une consommation de 650 kWh/tonne se répercuterait sur le prix de revient avec 2.600 FRw/tonne. Si on doit produire l'énergie avec un groupe Diesel, avec le prix du carburant Diesel à 40 FRw, le kWh coûte 10 à 15 FRw en carburant seul. Avec tous les autres coûts comme entretien, pièces de rechange etc. qui sont élevés (voir l'exemple de la fabrication de panneaux isolants), le prix de revient du kWh est de l'ordre de 20 FRw.

Toujours avec une consommation de 650 kWh/tonne, le prix de revient serait grévé de 13.000 FRw/tonne uniquement par l'énergie électrique.

Dans cette situation, on peut décider d'attendre, avec la réalisation du projet de hardboard, le rattachement au réseau national. Malheureusement on ne peut donner aucune indication sur la date probable de la réalisation de cette liaison.

Une autre possibilité serait de choisir un autre emplacement pour l'usine, où il y aurait un rattachement au réseau national. La recherche d'un nouveau site pour l'usine de hardboard n'a pas été prévue dans l'étude présente. Il est certain que Zaza présente des désavantages qui sont surtout son éloignement et le manque d'énergie électrique. D'autre part, on trouve à Zaza du bois en quantité suffisante à des prix intéressants et il n'y a pas de problème avec l'approvisionnement en eau ni avec l'évacuation des eaux usées. Il serait probablement possible de trouver un endroit encore plus propice, toujours dans la province de Kibungo, mais près de la route goudronnée Kigali-Kibungo et près de la ligne à haute tension qui rejoint Rinkwawu.

Le grand désavantage de tout nouveau site serait qu'on ne pourrait pas profiter pleinement de l'expérience déjà acquise par le personnel de Zaza.

De toute manière, l'examen de cette possibilité sort du cadre de l'étude présente.

On peut également chercher des moyens pour réduire le prix de revient de l'énergie électrique produite sur place.

Il n'a aucune chute d'eau dans les environs de Zaza. C'est un paysage de collines peu élevées et de vallées marécageuses. L'énergie du vent et l'énergie solaire ne sont pas, du moins actuellement, des alternatives sérieuses aux groupes Diesel.

Une possibilité plus réaliste serait une machine à vapeur (la machine alternative est à préférer à la turbine pour de faibles puissances), car, de toute manière, on doit prévoir une chaudière à vapeur.

Une telle machine est particulièrement économique si elle travaille en contrepression, c'est à dire si on utilise la chaleur contenue dans la vapeur d'échappement. Ceci ne sera pas possible dans le cas présent car les consommateurs de chaleur, qui sont l'autoclave sphérique et la presse chauffée, demandent de la vapeur à une pression relativement élevée (10 bars pour le lessiveur, 15 à 20 bars pour la presse). En outre, la consommation de chaleur n'est pas constante. Dans ces circonstances, l'installation d'une machine à vapeur paraît trop coûteuse.

La solution qui paraît la plus prometteuse serait l'utilisation d'un moteur à gaz de gazogène. Le combustible serait encore de bois. A long terme, le bois pourra être remplacé par la tourbe. D'après la maison allemande Imbert Energietechnik GmbH, qui est spécialiste de ces installations, (pour cette étude sommaire d'autres fournisseurs potentiels n'ont pas été cherchés) il faut 3 à 3,5 kgs de bois à 15 à 20% d'humidité pour remplacer un litre de carburant Diesel. Avec un prix du bois rendu usine d'environ 1 FRw/kg sec contre 40 FRw/litre pour le Diesel, le coût du bois, par kWh produite, sera de l'ordre du dixième du coût du carburant Diesel. Cette économie énorme de

2.5.3. Production d'énergie électrique:

Bien que le procédé proposé ait plusieurs caractéristiques qui réduisent la consommation d'énergie électrique, telles que la cuisson poussée dans un autoclave, la formation discontinue des panneaux et de nombreuses opérations manuelles, il faut compter avec une consommation moyenne de 600 à 700 kWh par tonne de produit pour une unité si petite.

Avec un rattachement au réseau national, le prix du kWh serait d'environ 10 FRw, et une consommation de 650 kWh/tonne se répercuterait sur le prix de revient avec 2.600 FRw/tonne. Si on doit produire l'énergie avec un groupe Diesel, avec le prix du carburant Diesel à 40 FRw, le kWh coûte 10 à 15 FRw en carburant seul. Avec tous les autres coûts comme entretien, pièces de rechange etc. qui sont élevés (voir l'exemple de la fabrication de panneaux isolants), le prix de revient du kWh est de l'ordre de 20 FRw.

Toujours avec une consommation de 650 kWh/tonne, le prix de revient serait grévé de 13.0% FRw/tonne uniquement par l'énergie électrique.

Dans cette situation, on peut décider d'attendre, avec la réalisation du projet de hardboard, le rattachement au réseau national. Malheureusement on ne peut donner aucune indication sur la date probable de la réalisation de cette liaison.

Une autre possibilité serait de choisir un autre emplacement pour l'usine, où il y aurait un rattachement au réseau national. La recherche d'un nouveau site pour l'usine de hardboard n'a pas été prévue dans l'étude présente. Il est certain que Zaza présente des désavantages qui sont surtout son éloignement et le manque d'énergie électrique. D'autre part, on trouve à Zaza du bois en quantité suffisante à des prix intéressants et il n'y a pas de problème avec l'approvisionnement en eau ni avec l'évacuation des eaux usées. Il serait probablement possible de trouver un endroit encore plus propice, toujours dans la province de Kibungo, mais près de la route goudronnée Kigali-Kibungo et près de la ligne à haute tension qui rejoint Rinkwawu.

combustible justifie des investissements considérables, comme le montre le calcul suivant:

Par kWh installé on peut supposer une production annuelle de 4.000 kWh (250 jours à 16 heures de pleine utilisation). L'économie de combustible, comme déjà calculé, est d'environ 10 FRw par kWh, soit 40.000 FRw par kW installé par an. Comme le coût d'un groupe fixe à gazogène avec une puissance à partir de 100 kW est de l'ordre de 60.000 FRw par kW de puissance, l'installation d'un groupe à gazogène amortirait son investissement en un an et demi par l'économie sur le combustible, sans même considérer le prix d'achat du groupe Diesel conventionnel.

Ce problème de l'approvisionnement en énergie électrique mériterait une étude spéciale, car elle n'intéresse pas uniquement les 'Papeteries du Rwanda'. Par exemple, la ville de Kibungu est alimentée par un groupe Diesel. On pourrait probablement adapter ce moteur à un fonctionnement au gaz de gazogène ou, au moins, au fonctionnement avec 90% de gaz et 10% de carburant Diesel. Une légère perte de puissance qui serait provoquée par cette adaptation n'aurait pas d'importance dans le cas de Kibungu car le groupe générateur possède une ample réserve de capacité de production.

Dans l'analyse économique du projet de hardboard, deux variantes seront supposées pour l'approvisionnement en énergie électrique: le rattachement au réseau public et la production avec une petite centrale au gazogène. Pour simplifier les calculs financiers, la centrale sera traitée comme une unité séparée.

Le coût du kWh produit dans cette centrale peut être calculé comme suit:

consommation moyenne avec 8 tonnes par jour de production
 $650 \times 8 = 5.200 \text{ kWh/jour} = 217 \text{ kW}$

Pour garantir l'approvisionnement, on aura trois groupes Imbert F12L413F de 144 kVA chacun, dont un de réserve. Chaque groupe coûte, avec un dispositif de chargement automatique et

avec pièces de rechange, 180.000 DM (US\$ 100.000) départ usine, soit environ US\$ 150.000 installé au Rwanda, avec un abri simple.

L'investissement total pour la centrale électrique sera donc:

3 x 150.000 =	US\$ 450.000
Amortissement, intérêt, entretien 20% par an soit	US\$ 90.000 par an
Personnel	US\$ 10.000 par an
Total frais fixes	US\$ 100.000 par an

Avec une production de 5.200 kWh/jour x 250 j/an = 1,300.000 kWh/an on obtient $100.000 : 1,300.000 = 0,077 \text{ \$/kWh}$

soit 7 FRw / kWh

Comme combustible il faut environ 1 kg de bois sec par kWh soit 1 FRw/kWh.

Le coût total est donc de 8 FRw/kWh.

Ce prix de revient est le double du prix de l'énergie hydroélectrique fournie par le réseau public, mais seulement la moitié du prix de revient obtenu avec les groupes Diesel.

Pour les calculs économiques nous retenons un prix de l'énergie de 4 FRw/kWh pour le réseau public et de 8 FRw/kWh avec la centrale autonome. Avec un rattachement au réseau public, le prix de la tonne de hardboard serait donc plus bas de $650 \times 4 = 2.600 \text{ FRw}$.

2.6. Echéancier possible de réalisation:

Si on décide d'attendre le rattachement de Zaza au réseau national, aucune date pour la réalisation du projet de hardboard ne peut être avancée, comme déjà expliqué. Par contre, si une centrale autonome est choisie, on peut déterminer un calendrier possible pour la réalisation du projet comme suit:

Décision de principe sur le projet	1. 1.1980
Requête pour une étude détaillée adressée à un organisme d'assistance technique (p.ex. ONUDI)	1. 2.1980
Envoi d'un expert pour l'étude détaillée	1. 6.1980
Remise de l'étude détaillée	1. 9.1980
Décision finale sur le projet	1.10.1980
Commande soit de l'usine complète soit, avec l'assistance d'un consultant, des différentes machines directement	1.12.1980
Livraison des machines départ Europe	1.12.1981
Début du montage au Rwanda	1. 2.1982
Mise en route de l'usine	1. 7.1982
Début de la production industrielle avec une équipe de travail	1. 8.1982
Début du travail à deux équipes	1.11.1982
Début du travail à trois équipes	1. 1.1983

2.7. Analyse économique

2.7.1. Investissements:

Les investissements sont estimés globalement sur la base des expériences avec des usines similaires au Kenya et à Madagascar.

Pour l'unité de 8 tonnes par jour, les investissements se composent comme suit:

Contrat compréhensif pour la livraison du matériel complet f.o.b. port européen, avec engineering, know-how, direction des travaux d'installation, formation du personnel	US\$ 1,400.000
Frêt maritime et assurance	US\$ 70.000
Transport terrestre	US\$ 200.000
Coût des travaux d'installation	US\$ 100.000
matériel non couvert par le contrat compréhensif (véhicules, équipement de bureau, outillage, approvisionnement d'eau)	US\$ 50.000
Divers et imprévus	US\$ 100.000
Total matériel installé	US\$ 1,920.000

Total matériel installé	US\$ 1,920.000
Terrain avec préparation	US\$ 50.000
Bâtiments	US\$ 300.000
Total génie civil	US\$ 350.000
Frais de premier établissement	US\$ 50.000
Fonds de roulement	US\$ 1 100.000
Investissement total	US\$ 2,420.000

soit $2,420.000 \times 92 = 226.640.000$ FRw

Pour l'unité de 5 tonnes par jour, tous les coûts seront réduits par rapport à l'unité de 8 tonnes par jour. L'investissement peut être estimé comme suit:

Matériel installé	US\$ 1,200.000
Génie civil	US\$ 250.000
Frais de premier établissement et fonds de roulement	US\$ 100.000
Total	US\$ 1,550.000

soit $1,550.000 \times 92 = 142.600.000$ FRw

2.7.2. Coût de production:

Frais proportionnels

Matières premières:

bois 1.200 kgs (poids sec) à 1 FRw	1.200 FRw/tonne
paraffine solide 7,5 kgs à 120 FRw	900 FRw/tonne

Electricité:

avec groupe au gazogène 650 kWh à 8 FRw	5.200 FRw/tonne
---	-----------------

Combustible pour la chaudière

1.000 kgs à 1 FRw	1.000 FRw/tonne
-------------------	-----------------

Matières consommables (lubrifiants, couteaux du hachoir, disques du moulin, tissus métalliques) et pièces de rechange

1.000 FRw/tonne

Total frais proportionnels

9.300 FRs/tonne

Personnel en trois équipes (en parenthèse pour 5 tonnes/jour)

Unité de	FRw par an	
	8 tonnes par jour	5 tonnes par jour
1 chef d'usine	500.000	400.000
1 chef adjoint	300.000	240.000
4 chefs d'équipe	480.000	480.000
15 (12) ouvriers	1.080.000	864.000
60 manoeuvres	2.160.000	2.160.000
3 (2) mécaniciens	432.000	288.000
1 électricien	180.000	180.000
Personnel administratif	500.000	400.000
Total personnel	5.632.000	5.012.000

Ce calcul suppose que l'usine de hardboard soit annexée aux unités existantes pour la production de panneaux isolants et de carton ondulé et qu'elle puisse profiter des services généraux déjà en place.

Total coût annuel	FRw par an	
	8 tonnes par jour	5 tonnes par jour
Consommations		
9.300 FRw/t x 2.000 (1.250) tonnes par an	18.600.000	11.625.000
Personnel	5.632.000	5.012.000
Frais généraux	5.000.000	4.000.000
Amortissement sur matériel (10%)		
\$ 192.000 x 92 FRw/\$	17.664.000	
\$ 120.000 x 92 FRw/\$		11.040.000
Amortissement sur génie civil (5%)		
\$ 17.500 x 92 FR2/\$	1.610.000	
\$ 12.500 x 92 FRw/\$		1.150.000
Total coût annuel (sans frais financiers)	48.506.000	32.827.000

Ceci donne un coût de production de
 24.253 FRw/t pour l'unité de 8 tonnes/jour et de
 26.262 FRw/t pour l'unité de 5 tonnes/jour.
 toujours sans frais financiers.

Les frais financiers dépendent du financement qu'on trouvera pour le projet. Comme il est difficile de faire des prévisions sur le financement, il sera plus utile de voir quelle peut être la rémunération de l'investissement avec le prix de vente probable.

Le prix de vente pourra être de 200 FRw le mètre carré, cépart usine, contre un prix de plus de 300 FRw pour le panneau importé (voir chapitre 2.2.1)

200 FRw par mètre carré de 3,2 mm d'épaisseur correspondent à 62,50 FRw par kg ou 62.500 FRw par tonne.

Les ventes annuelles seraient de:

$62.500 \times 2.000 = 125.000.000$ FRw pour l'unité de 8 tonnes par jour et de

$62.500 \times 1.250 = 78.125.000$ FRw pour l'unité de 5 tonnes par jour.

Le bénéfice brut, sans frais financiers, sera de 76.494.000 FRw et de 45.298.000 FRw respectivement. Le rendement annuel par rapport à l'investissement total sera de 33,75 % et de 31,77% respectivement.

Un rendement acceptable de 10% sera encore obtenu avec un volume de vente qui sera de

988 tonnes/an, soit 49% de la capacité, pour l'unité de 8 tonnes par jour et de

667 tonnes/an, soit 53% de la capacité, pour l'unité de 5 tonnes par jour.

tout en considérant tous les frais de personnel comme des frais fixes.

Avec le rattachement au réseau électrique national, le prix de revient par tonne de produit sera baissé de 2.600 FRw la tonne, comme calculé au chapitre 2.5.3.

Le bénéfice brut serait augmenté de

$2.600 \times 2.000 = 5,200.000$ FRw pour l'unité de 8 t/j et de

$2.600 \times 1.250 = 3,250.000$ Frw pour l'unité de 5 t/j.

Le rendement financier s'en trouverait amélioré et serait de 36% et de 34% par an, avec pleine utilisation de la capacité de production.

2.8. Conclusions:

L'étude du projet de fabrication de panneaux de fibres durs confirme son grand intérêt. Ceci ne saurait surprendre. Les panneaux de fibres sont un produit pauvre, le Rwanda est un pays très éloigné des exportateurs de panneaux et la matière première se trouve sur place, à bon marché. La seule incertitude réside dans le marché. Si l'essai de l'OCIR avec les caisses à thé donne un résultat positif, un marché largement suffisant sera assuré pour l'unité de 8 tonnes par jour et l'étude détaillée du projet en vue d'une prompte réalisation devra être entreprise au plus vite.

Par contre, si l'essai de l'OCIR ne réussit pas, ce qui est à craindre, on devra s'orienter vers l'unité de 5 tonnes par jour. Cette unité aura besoin d'un marché de près de 700 tonnes par an pour assurer un rendement financier acceptable. Ce marché semble exister au Rwanda même, sans exportations. Il serait toutefois nettement supérieur aux importations qui ne sont actuellement que de 250 tonnes par an, et tout risque ne peut pas être exclu de ce côté. Si on trouve un financement favorable pour le projet, sa réalisation peut être recommandée.

3. Autres possibilités d'extension de l'usine de Zaza:

3.1. Papier et carton:

Les "Papeteries du Rwanda", comme leur nom l'indique, ont depuis leur fondation la destination de fabriquer du papier. Le laboratoire a été équipé surtout pour faire des essais sur différentes plantes locales en vue de leur aptitude à la fabrication de pâte à papier.

On doit toutefois constater que ces essais ne donnent pas de résultats valables. Ils sont menés sans but précis, avec des connaissances techniques insuffisantes et sans connaître les résultats déjà obtenus ailleurs dans le monde. Il faudrait d'abord se fixer un but réaliste. La fabrication de pâte à papier et de papier à partir de matières végétales locales comme le papyrus et les feuilles de bananes semble trop compliquée et trop coûteuse par rapport à la taille du marché Rwandais.

On pourrait d'abord utiliser le papier de récupération comme matière première. En premier lieu, on pourra utiliser les chutes de la nouvelle unité de carton ondulé. Un simple pulper suffira pour réduire ces chutes en papier en pâte.

Pour l'utilisation de cette pâte il faudra chercher des technologies intermédiaires adaptées aux besoins du Rwanda. On pourrait ainsi produire des objets de carton moulé comme les boîtes à oeufs, pour lesquels il devrait y avoir un marché limité, et des cartons pleins.

Un examen détaillé de ces possibilités sortirait du cadre de cette étude. Pour avoir plus de détails, les "Papeteries du Rwanda" pourront s'adresser par écrit à M. Manfred Judd, UNIDO, UNO-City, Boîte Postale 300, A-1400, Vienne, Autriche.

3.2. Carton ondulé bituminé:

Le carton ondulé bituminé n'est pas connu au Rwanda. En Europe, il est fabriqué sous différentes marques, par exemple 'Onduline' en France et 'Guttanit' en Allemagne.

Le produit est un carton gris ondulé qui est imprégné de bitume. Il est utilisé comme élément de couverture en concurrence avec l'amiante-ciment ondulé et la tôle ondulée.

Le marché potentiel au Rwanda serait vaste, car les importations en 1978 ont été de

702 millions de FRw pour les tôles de fer et de

65 millions de FRw pour les plaques en amiante-ciment.

On peut compter que 90% de ces valeurs était constitué par des éléments de couverture.

La matière première pour la fabrication de carton gris serait le papier de récupération, dont les disponibilités ne suffiront pas pour un tel projet. Il faudrait faire des essais pour déterminer dans quelle mesure une fibre locale, par exemple de papyrus, pourra être substituée au papier.

Une usine moderne d'une capacité annuelle de 3.000.000 m² à trois équipes demande un investissement d'environ US\$ 4.000.000 d'après le groupe "ELDA", qui produit 'Guttanite'. Il faudrait étudier la possibilité d'adapter la technologie de production et la taille de l'usine aux conditions Rwandaises.

Etant donné le grand intérêt potentiel d'une telle fabrication, le financement d'une étude technique-économique complète pourrait être demandé à une organisation de coopération économique, par exemple à la Coopération Allemande.

3.3. Contre-plaqué:

Apparemment, la production de contre-plaqué n'a jamais été étudiée sérieusement au Rwanda car il était accepté qu'on ne disposait pas des bois idoines. Ceci est presque certainement vrai pour les feuilles de contre-plaqué des dimensions standard. Pour la fabrication de caisses à thé, toutefois, on n'a besoin que de feuilles de 50 x 60 cm au maximum (voir chapitre 2.2.2) et la production de contre-plaqué pour cette utilisation mériterait d'être étudiée.

Comme déjà exposé, il faut craindre que les caisses à thé en hardboard ne seront pas acceptées par les importateurs Européens. Un marché de 200.000 caisses par an resterait alors réservé au contre-plaqué.

D'après le Groupe "Timsales" qui produit au Kenya du contre-plaqué exclusivement pour la fabrication de caisses à thé dans des conditions techniques-économiques assez proches de celles du Rwanda, plusieurs espèces locales peuvent être utilisées avec un bon traitement à la vapeur. L'eucalyptus, le grévilléa, le pin et le cyprès seraient à étudier et surtout à essayer.

Avec une machine à dérouler adaptée à de petits diamètres on pourra utiliser des troncs avec un diamètre à partir de 20 cm. La production, en travaillant à trois équipes, suffirait pour 150.000 à 200.000 caisses par an. L'investissement pour une telle unité complète peut être très grossièrement estimé à 1,5 à 2 millions de dollars.

Pour s'assurer de la viabilité d'un tel projet, une étude relativement simple pourrait être faite. En collaboration avec les services des Eaux et Forêts et les agronomes affectés aux différentes préfectures, on étudierait d'abord les disponibilités en bois. L'étude du projet de hardboard a montré que les quantités nécessaires sont disponibles. L'aptitude de ces bois à la fabrication de contre-plaqué serait déterminée en envoyant un camion avec des troncs-échantillons au Kenya où on fera des essais à l'échelle industrielle.

Le projet technique et la rentabilité seront étudiés ensuite, mais une excellente rentabilité devrait être assurée si on trouve des bois idoines en quantité suffisante.

4. Conclusions générales:

La production actuelle de panneaux mous devra être améliorée sous de multiples aspects.

Le projet de fabrication de hardboard semble viable. Si l'essai de l'OCIR avec les caisses à thé donne un résultat positif, ce sera même un projet extrêmement intéressant.

Dans le cas contraire, la production de contre-plaqué pour des caisses à thé devrait être étudiée en priorité.

Sur les six mois de travail d'expert que l'ONUDI a approuvés restent encore 4 mois à utiliser. Ils pourront être utilisés pour réaliser les améliorations de l'usine existante proposées dans ce rapport et pour étudier plus en détail un nouveau projet, qui sera probablement (suivant l'issue de l'essai de l'OCIR) le contre-plaqué pour caisses à thé. Ces deux opérations pourront être menées par un seul expert au cours d'un seul séjour au Rwanda.



