



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

19301

64 P

1/2000
1/2000
1/2000

Project No. / Projectnr. |
XA/MAG/90/629

Title / Titel |
**PRODUCTION DU CHARBON DE
BIOMASSE AU MADAGASCAR**

RAPPORT FINAL

original contains
color illustrations

Date / Datum |
Août 1991

Prepared for / Voor |
ONU DI

2 1 0

REMERCIEMENT

Les consultants présentent cordialement leur remerciements aux personnes suivantes qui ont été de grande valeur d'assistance à ce projet:¹

François d'Adesky et Issoufou Issa (ONUDI), pour leur excellent support logistique et poursuite du projet;

Perle A. Raniriharison Rasoloarimanana (MIEM), pour ses conseils propres en cherchant des partenaires dans le projet;

Johan Lejeune (FAO) pour son imagination entreprenante et son bon accueil;

Professeur Rakotomaria et Josua Randriamorasata (CNRIT) pour leur assistance scientifique efficace;

Andrianjohary Rabetaliana, Paul Randriambolanoro et Claude Ramilison (FANALAMANGA) pour leur coopération enthousiaste;

Olivier Ramanarivo (Ingénieur de CIMELTA - JEUMONT) pour son empressement de tester les briquettes produites par le projet;

M. Beantanana (SIRAMA) and Richard Knodt (GTZ) pour l'approvisionnement des matières premières essentielles.

¹Ce projet est effectué par Roland V. Siemons, Ahmed Mohamed Hood et Wim van Essen, des consultants de BTG.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT	1
TABLE DES MATIERES	2
ACRONYMES ET ABREVIATIONS	5
CHIFFRES GENERAUX	5
I SOMMAIRE	6
I.1 OBJET DU PROJET	6
I.2 ACTIVITES PREVUES	7
I.3 MODIFICATION DES ACTIVITES	8
I.4 ACTIVITES EXECUTEES DANS LE CADRE DU PROJET	8
II DEMANDE DE CHARBON EN BRIQUETTES	10
II.1 LE MARCHE DOMESTIQUE DU CHARBON DE BOIS ...	10
II.2 LE MARCHE DOMESTIQUE DU CHARBON EN BRIQUETTES	14
II.3 LE MARCHE INDUSTRIEL DU CHARBON EN BRIQUETTES	14
II.4 LE CHARBON DE BIOMASSE EN RELATION AVEC LES MARCHES EXISTANTS	15
III RESSOURCES POUR LE CHARBON EN BRIQUETTES	16
III.1 RESIDUS AGRICOLE ET AGRO-INDUSTRIEL	16
III.1.1 GENERAL	16
III.1.2 RESIDUS AGRICOLE ET AGRO- INDUSTRIEL SELECTIONNES	18
III.2 ECLAIRCISSAGES DE BOIS DE PIN A HAUT MANGORO	19
III.3 DECHETS DES MARCHES DE CHARBON DE BOIS	20
III.4 CONCLUSION	20
IV TECHNOLOGIES POUR LA PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES	21
IV.1 CARBONISATION APRES LE BRIQUETAGE	21
IV.2 COMPACTAGE APRES LE CARBONISATION	22

IV.3	CONCLUSION	23
V	DEVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES PAR LE PROJET ..	25
V.1	EXPERIENCES DE PRODUCTION	25
V.2	SUBSTITUTION DU COKE INDUSTRIEL	25
V.3	CONCLUSION	26
VI	LA FAISABILITE DE LA PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES	32
VI.1	FANALAMANGA: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DE CHARBON PRODUIT A LA BASE DES ECLAIRCISSEMENTS DE BOIS DE PIN	32
VI.2	BRIQUETTES ARDENTES: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DES MARCHES DE CHARBON DE BOIS	34
VII	PROPOSITION POUR UNE DEUXIEME PHASE DU PROJET ..	36
VII.1	OBJET	36
VII.2	JUSTIFICATION	36
VII.3	ACTIVITES	36
VII.4	ORGANISATIONS HOMOLOGUES	37
	BIBLIOGRAPHIE	38
ANNEXE I	PERSONNES CONSULTEES	39
ANNEXE II	COMPARAISON DE L'INVESTISSEMENT POUR TROIS TECHNOLOGIES DE LA PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES	41
ANNEXE III	ACCORD DES PARTENAIRES: FANALAMANGA, CNRIT, BTG	43
ANNEXE IV	LES ANNEXES AUX PROPOSITIONS BANCABLE ..	46
ANNEXE IV.1	FANALAMANGA: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES ECLAIRCISSEMENTS DE BOIS DE PIN	47

ANNEXE IV.2	BRIQUETTES ARDENTES: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DES MARCHES DE CHARBON DE BOIS	56
-------------	---	----

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

BDE	Banque de Données de l'Etat
CNRIT	Centre National de Recherches Industrielles et Technologiques
DEE	Direction de l'Energie et de l'Eau (MIEM)
DEF	Direction des Eaux et Forêts
FAO	Organisation des Nation Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FF	Franc Français
FMG	Franc Malgache
FOFIFA	Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural
MIEM	Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines
ONE	Office National de l'Environnement
ONUDI	Organisation des Nation Unies pour le Développement Industriel
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
US\$	Dollar des Etats Unis

CHIFFRES GENERAUX

Courses du change:

1 US\$	=	1900 FMG, Juillet 1991
1 FF	=	310 FMG, Juillet 1991

I SOMMAIRE

I.1 OBJET DU PROJET

A longue échéance, le but global du projet est la création des conditions et compétences nécessaires pour monter des petites unités de production des briquettes à base de charbon de biomasse. Il est prévu d'atteindre cet objet en trois phases, desquelles la première phase est maintenant exécutée par l'ONUDI. Les phases en question sont les suivantes:

Phase 1: Estimation des ressources;
Estimation du marché;
Etude de pré-investissement.

Le but de phase I est de vérifier s'il y a assez des déchets qui sont disponibles, s'il existe une couche dans le marché pour les briquettes de charbon de biomasse et si des sites convenables à la production des briquettes peuvent être identifiés. En plus, les besoins pour le développement et l'adaptation des technologies sont déterminés dans l'étude de pré-investissement. Cette phase permet de prendre des décisions qui concernent les activités suivantes du projet.

Phase 2: Développement de la technologie;
Usine pilote;
Campagne de promotion adressée aux consommateurs.

L'usine pilote doit établir si une telle entreprise est financièrement attractive. Alors cette activité doit être accompagnée par une campagne de promotion, adressée aux consommateurs potentiels. La phase de dissémination de la technologie doit être basée sur des bons résultats dans la phase 2:

Phase 3: Programme d'extension, adressé aux investisseurs industriels.

Dans cette approche plusieurs points de décision sont prévus. Basé sur les expériences dans le cours du projet, une technologie doit être développée, une usine pilote doit être conçue et une campagne de promotion, adressée aux investisseurs, doit être conçue.

Conforme aux principes décrits ci-dessus, le projet se concentre sur la phase I et exécute les activités qui sont nécessaires pour une continuation sans problèmes dans les phases suivantes proposées. Les tâches principales sont les suivantes:

-
- Identification d'un organisation homologue;
 - Coopération avec l'organisation homologue (Formation sur place, extension si nécessaire);
 - Estimation des ressources;
 - Estimation du marché;
 - Etude de pré-investissement.
 - Identification des investisseurs possibles et des sites pour les unités de production;
 - Préparation du document de projet pour les phases suivantes.

L'étude de pré-investissement inclut une identification des technologies et processus propres, aussi bien qu'une identification des développements du technologie, nécessaire pour que les unités de production commercial seront, techniquement et économiquement, réalisable.

I.2 ACTIVITES PREVUES

Dans son offre pour l'exécution du projet, BTG, le consultant dans ce projet, a proposé de bénéficier le plus que possible des résultats d'un projet similaire au Soudan, financé par ONUDI et des autres bailleurs de fonds. Par l'organiser d'une visite du homologue Malgache à l'usine de briquetage commerciale au Soudan, aussi bien que par l'importation des briquettes du Soudan pour les tests de marketing, les investissements pour l'érection d'un unité de production pilote au Madagascar et les coûts pour l'exploitation de cette unité (ouvriers, direction) pourraient être omis. Il était attendu que de cette façon les buts de la formation de l'organisation homologue et l'étude marketing pourraient être réalisé dans le budget disponible.

Les estimations des ressources et du marché seraient être exécuté sur la base des résumés de la littérature disponible sur le Madagascar. Plus spécifique ce concernerait les sujets suivantes:

- Utilisation et valeur actuel et potentiel (nourriture animaux, matériaux de construction, additifs et combustibles dans les briqueteries, combustibles industriels et domestiques);
- Traitements nécessaires (récolte, collection, transportation, stockage);
- Qualités physiques à la réception (taux d'humidité, morphologie);
- Disponibilité pendant les saisons;
- Locations;
- Genre de la disponibilité (concentration sur les sites, rapport spécifique par surface, rapport en relation avec le rapport du produit principal);

Les résultats serviraient aussi à l'identification des investisseurs possibles et des sites pour les unités de production.

I.3 MODIFICATION DES ACTIVITES

Pendant la première visite au Madagascar pour le démarrage du projet, le consultant a constaté que la situation locale justifiait de amplifier et adapter les activités prévu. Les observations en question étaient les suivantes:

- Il y a un entrepreneur (M. Pascal Rasoloson) à Antananarivo qui a développé un marché pour le charbon en briquettes ("Briquettes Ardentes").
- A la société FANALAMANGA il y a une unité laboratoire d'agglomération de charbon (c'est une technologie pour la production des briquettes).

Il était donc possible d'enlever la visite du homologue Malgache à l'usine de briquetage commerciale au Soudan, parce que la technologie, en principe, était connu. Aussi l'importation des briquettes du Soudan pour les tests de marketing n'était pas vraiment nécessaire.

Le budget dégagé était utilisé pour développer et adapter la technologie d'agglomération pour la situation Malgache (attendu dans le phase 2 du projet), et de tester l'application du charbon compacté dans l'industrie, ce qui est un nouveau marché (voir le Chapitre II). Surtout il était possible de s'engager même plus dans les phases du projet décrit ci-dessus: Il était possible de préparer des propositions bancables pour la production de briquettes de charbon de bois de basse qualité et de fine de charbon (voir l'Annexe VI, IV).

I.4 ACTIVITES EXECUTEES DANS LE CADRE DU PROJET

Missions

Le projet a eu lieu de mars jusqu'à juillet 1991. Le total des visites des consultants expatriés était trois. La première mission par le chef du projet était consacrée à faire démarrer le projet. La deuxième mission, par un technicien et un senior-consultant, était utilisée pour mettre-au-point un système de compactage dans la plantation de Pin de la FANALAMANGA et direction de la développement technologique. Pendant la troisième mission, le senior-consultant et le chef du projet ont préparés des études de faisabilité, des propositions et ce rapport final.

Sélection de et coopération avec les organisations homologues

Tandis que la perspective du projet était élargie, il y avait déjà un partenaire, c'est à dire la société FANALAMANGA, qui pouvait faire disponible des facilités pour la mise-au-point de l'unité pilote et le développement technologique.²

A cause des intérêts commerciaux de la FANALAMANGA, on a cherché une institution propre pour la diffusion future de la technologie. Une telle institution devrait être capable de faire de la promotion, d'évaluer des propositions financièrement et techniquement, de rendre de l'assistance technique ou administrative, de surveiller les résultats après l'établissement d'une installation, etc., tous focalisés aux technologies adaptées au niveau rural ou l'infrastructure de Madagascar. Le consultant n'a pas découvert une telle organisme (Voir aussi le Chapitre VII). Quand même, on a trouvé la coopération du Centre National de Recherches Industrielles et Technologiques (CNRIT), un institut scientifique, la participation duquel préservera une sorte de l'indépendance des connaissances gagnées en exécutant le projet. Le CNRIT a contribué au développement de la technologie de séchage des briquettes.

Pour assurer une coopération propre la FANALAMANGA, le CNRIT et le consultant ont préparés une description précise des activités et des responsabilités. Le plus essentiel est inclus dans l'Annexe III.

Pour les expériences industrielles la société CIMELTA - Jeumont, une industrie métallurgique, était disposé à rendre l'occasion de tester la substitution de coke avec le charbon en briquettes. A cet effet on a utilisé les briquettes produits à la FANALAMANGA pour la fonte de bronze.

²Il faut stipuler ici que le FAO (i.e. M. Johan Lejeune, CTA du projet MAG/89/016 - Privatisation des producteurs de charbon) a fortement supporté cette coopération entre le projet et FANALAMANGA.

II DEMANDE DE CHARBON EN BRIQUETTES

Pour le Madagascar le produit considéré ici (de charbon en briquettes de biomasse) est nouveau et en concurrence directe avec le charbon de bois domestique et, possiblement, avec le coke industriel. Il est alors important d'étudier ces marchés et d'identifier les avantages et désavantages du produit nouveau.

II.1 LE MARCHE DOMESTIQUE DU CHARBON DE BOIS

Combustibles domestiques

L'étude la plus récente et élaborée sur l'énergie domestique est [Angovo, 1989]. Elle est focalisée aux régions rurales mais donne aussi quelques chiffres sur les villes. Une perspective national est représentée dans l'étude de l'ESMAP [ESMAP, 1987]. Tandis que cette étude est maintenant démodée, une étude spécifique en vue de la planification de l'énergie domestique, en concernant les villes, a justement commencée (Mars 1991) sous tutelle du MIEM et est attendue de durer trois ans.

Les chiffres de 1983 [ESMAP, 1987] montrent que le secteur domestique représentent 83 % du consommation net de l'énergie. De cette quantité 87 % est en forme de bois, 9 % est en forme de charbon et 4 % sont des combustibles plus cher: de l'électricité, du GPL et de la pétrole. Basé sur des sondages et des chiffres sur la population les estimations de l'[Angovo, 1989] montrent que, en 1989, la consommation total de charbon de bois monte à 270,000 t/an (Voir le Tableau 1). Si le rendement de la carbonisation est de l'ordre de 10 % (à base du poids), on peut estimer que la consommation énergétique en forme de bois primaire relève d'environ 9.1 million t/an (1989), duquel 2.7 million t/an (30 %) est utilisée pour la production de charbon de bois.

L'analyse d'[Angovo, 1989] montre que, dans les régions rurales, les combustibles domestiques (y inclus des résidus agricole) ne sont pas monétarisés. L'approvisionnement du bois de feu pour la population rurale est basé sur le rassemblement. Egalement, c'est une affaire qui ne prends pas beaucoup de temps et qui est, pour cela, appréciée comme un besoin le plus moins important (Selon [Angovo, 1989]: 1) la terre, 2) la nourriture, 3) l'eau, 4), l'énergie). On peut conclure alors que l'approvisionnement de l'énergie domestique des zones rurales ne nuit à l'environnement.

Le bilan de l'approvisionnement et la demande

La Figure 1, conçue à la base des données de [ANGOVO, 1989], montre l'évolution de la demande et de l'offre de l'ensemble des combustibles traditionnels. Si les conditions ne s'améliorent pas et des actions propres ne sont pas prises, une grave insuffisance des combustibles ligneux se développera pendant la décennie à venir.

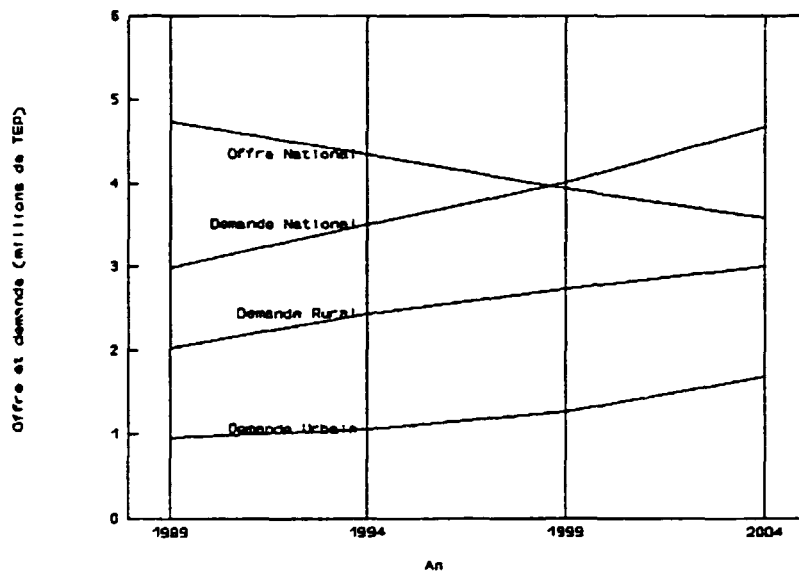


Figure 1. L'évolution projetée de la demande et de l'offre des combustibles ligneux (Source [ANGOVO, 1989], avec des modifications).

Du Tableau 1 on peut constater aussi que la population rurale n'utilise pas le charbon. C'est un combustible tout à fait urbain. En considérant que les prix de bois de feu, en unités énergétiques, sont plus bas que ceux de charbon de bois, on arrive à la conclusion que le charbon est un combustible de luxe qui est produit aux dépenses (avec un déséquilibre du croissancement de bois et de l'utilisation) de l'environnement rural. A ce-ci, cependant, il faut qu'on prend conscience du fait que, en fonction de la définition du milieu rural utilisé dans [Angovo, 1989], aussi dans les régions rurales il y a des formations urbaines secondaires où on utilise le charbon de bois.

Province	Urbain			Rural		
	Population	Consommation de bois de feu (,000 t/an)	Consommation de charbon de bois (,000 t/an)	Population	Consommation de bois de feu (,000 t/an)	Consommation de charbon de bois (,000 t/an)
Hauts plateaux:	1490000	105,0	209,0	4370000	3490	0
Antananarivo	1170000	82,0	164,0	2240000	1600	0
Fianarantsoa	322000	22,5	45,0	2130000	1890	0
Plaines:	846000	84,6	59,2	4194000	2720	0
Antsiranana	214000	21,4	15,0	632000	394	0
Toamasina	252000	25,2	17,6	1380000	1260	0
Mahajanga	195000	19,5	13,7	942000	444	0
Toliary	185000	18,5	12,9	1240000	626	0
Total	2340000	190,0	268,0	8560000	6210	0

Demande de charbon en briquettes

Le marché du charbon de bois

Pour des données sur le marché du charbon de bois on en est en grande partie réduit à [ESMAP, 1987], bien qu'il y a quelques chiffres disponibles chez le BDE. Le prix moyen consommateur du charbon de bois est maintenant 100 FMG/kg (53 US\$/t) (Juillet 1991). La Figure 2 montre l'histoire de ce prix à la base des sources différentes.

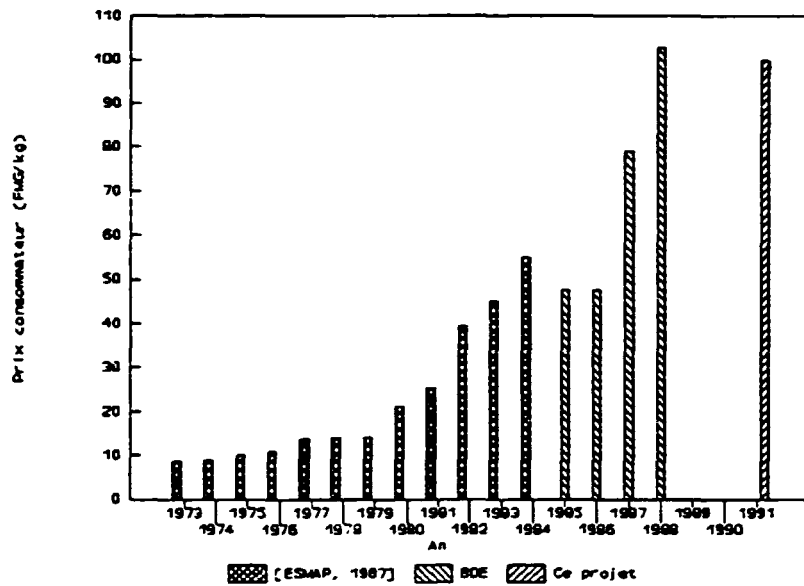


Figure 2. L'histoire du prix consommateur de charbon de bois à Antananarivo.

Production et distribution du charbon de bois

[Angovo, 1989] décrit aussi la production du charbon de bois (les technologies, les localisations, les producteurs). Le charbon est produit à proximité des rues d'où le transport vers les villes est effectué. Dans l'avis de cette source, et beaucoup des informants questionnés, il s'agit d'une production illicite, c'est à dire qu'elle échappe au contrôle de la DEF, responsable pour la gestion des domaines gouvernementaux.

Malheureusement, des données sur les distances par lesquelles le charbon est transporté pour approvisionner les villes diverses, ne sont pas disponibles. Mais pendant le séjour des consultants on a vu de charbon de bois à Moramanga. offrit pour transport vers Antananarivo. C'est une distance de 130 km.

Il manque aussi une analyse de la distribution (le rôle des transporteurs, des négociants et des détaillants).

II.2 LE MARCHÉ DOMESTIQUE DU CHARBON EN BRIQUETTES

Il est de mise de mentionner le fait que le marché du charbon en briquettes existe déjà à Antananarivo, bien que très limité. Il y a une entreprise qui produit de charbon compacté à la base de fine de charbon (les déchets du marché). A cet effet, le fine est ramassé aux points de vente diverses. Avec un technologie de très bas capacité de production, le fine est compacté avec un liant. La qualité du produit est très pauvre, par rapport à la dureté, le confort d'allumage et les odeurs et la fumée. Cependant, on réussit à obtenir un prix élevé des distributeurs (270 FMG/kg). La quantité des points de vente est environs 45. Le prix consommateur monte vers 400 FMG/kg.

II.3 LE MARCHÉ INDUSTRIEL DU CHARBON EN BRIQUETTES

Un marché industriel du charbon en briquettes n'existe pas encore au Madagascar. Mais il peut être possible de remplacer d'houille et du coke dans l'industrie pour certaines applications (la forge, la fonte). De cette façon une substitution d'import peut avoir lieu.

Pendant 1986 à 1989 d'houille d'un valeur (CAF) de $550 \cdot 10^6$ à $1,500 \cdot 10^6$ FMG était importé (Source: BDE), Tableau 2. En 1989 il s'agissait de 13400 t. Les quantités de coke et semi-coke d'houille était 1072 t en 1989 (Valeur CAF $148 \cdot 10^6$ FMG) et 1900 t en 1988 ($320 \cdot 10^6$ FMG). Les pays fournissant étaient surtout le Mozambique et la France. D'ailleurs il est étonnant que les prix rendus usine varient de 900,000 à 1,500,000 FMG/t, 10 fois plus que les prix CAF cités par le BDE.

Tableau 2. Les importations de houille, coke et semi-coke au Madagascar.

Year	Houille	Coke et semi-coke	
	Valeur CAF (000,000 FMG)	Quantités (t)	Valeur CAF (000,000 FMG)
1986	546		
1987	739		
1988	1,126	1,900	323
1989	1,478	1,072	148

II.4 LE CHARBON DE BIOMASSE EN RELATION AVEC LES MARCHES EXISTANTS

En général, la production de charbon en briquettes de biomasse est plus cher que la production de charbon de bois. Bien qu'il y a des différences pour des ressources diverses, c'est à cause des coûts plus élevés pour la collection de la matière première (disponibilité dispersée), la carbonisation (équipement plus cher) et la briquetage (des investissements). Ce désavantage de production doit être compensée par des avantages comme des frais d'acquisition réduites des matières premières, des coûts réduites de la distribution (fourniture directe au détaillants, transport limité) ou des prix de consommation plus élevés (à cause de la qualité).

Au Madagascar, par rapport au marché des combustibles domestiques, il sera difficile de faire concurrence au charbon de bois. Par exemple, pour la ville d'Antananarivo, il n'y pas une ressource des résidus agricoles ou agro-industriels qui ont un avantage de distance de transport. Par manque des données il n'est pas possible de conclure déjà sur cet aspect pour les autres villes. Mais, une ressource alternative pour ce marché à Antananarivo, qui peut avoir cet avantage, est le fine de charbon de bois (Voir le Chapitre III).

Une condition Malgache négative pour le charbon en briquettes est l'illégalité de la production de charbon de bois. Dans cette façon, le charbon en briquettes perd l'avantage des frais d'acquisition réduites des matières premières.

III RESSOURCES POUR LE CHARBON EN BRIQUETTES

III.1 RESIDUS AGRICOLE ET AGRO-INDUSTRIEL

III.1.1 GENERAL

Ici il est essayé d'identifier des ressources potentielles pour le charbon en briquettes. Parce que, en principe, tous les matières ligneuse sont propre à la carbonisation, ce sont aussi les résidus agro-industriel et agricole qui sont examinés ici. On prend conscience du fait que beaucoup des résidus sont actuellement utilisés, également pour des applications énergétiques, surtout dans les régions rurales, qu'autrement. Seulement dans un cas spécifique est-t-il possible de sélectionner la valorisation optimale, soit du charbon, soit un combustible non-carbonisé, soit d'une modalité tout à fait différente. Tandis alors, il est évident que, pour le charbon, un résidu non-valorisé est préféré, l'étude ne doit pas être restreint au résidus non-utilisés.

Ce chapitre sur les ressources de la biomasse au Madagascar est basé sur deux études: L'étude effectuée par l'ESMAP [ESMAP, 1987] publiée en 1987, et basée sur le chiffres de 1984 et 1985, et l'étude publié par l'ONE [Angovo, 1989]. En outre, des diverses entretiens avec les responsables nationaux, gouvernemental ou privé (BDE, MIEM (DEE), SIRAMA, HASYMA, autres), et experts des divers organismes internationaux au Madagascar (FAO, Banque Mondiale, ONUDI, PNUD), ont eu lieu. Et en fin, une étude pour trois résidus spécifiques (résidus plantation, balle de riz et bagasse), faite dans le cadre du projet Energie I sous tutelle du MIEM, est utilisé [Lahmeyer/SERDI, 1989 A].

Le Tableau 3 inclut les chiffres pour le niveau national donnés par [ESMAP, 1987]. Sur les balles et la paille de riz, les rafles et tiges de maïs et le coque de café [Angovo, 1989] ne présente pas seulement les quantités nationaux (aussi citées dans le Tableau 1), mais également les volumes produits par province (faritany) et préfecture (fivondronana). Pour les coques de coco cette étude montre la production pour huit régions sélectionnés.

Tableau 3. Estimations des résidus agricole et agro-industriel au niveau national.

Résidu	Production (t/an)		Disponibilité
	[ESMAP, 1987]	[Angovo, 1989]	
Riz, paille	4 050 000	34 400 000	Dans les champs (C)
Riz, balles	533 000	482 000	Industrielle (I)
Maïs, tiges	423 000	1 080 000	C
Maïs, rafles		56 000	
Cassave, tiges	410 000		C
Coton, tiges	150 000		C, Culture mécanisée (50 %)
Pommes de terre doux, tiges	92 000		C
Pommes de terre, tiges	53 000		C
Café, coques et parches	33 000	80 700 ¹	I
Bagasse de cane à sucre ²	29 000		I
Taro, tiges	19 000		C
Sisal, tiges	15 000		I
Sorgho, tiges	3 000		C
Cacao, coques et parches	1 000		I
Arachides, coques		12 300	I

1/ Parche exclue.

2/ Surplus potentiel, à base sèche.

Il y a une grande divergence entre [ESMAP, 1987] et [Angovo, 1989] en concernant la paille de riz et les résidus de café. Parce que [ESMAP, 1987] n'est pas spécifique sur la méthode d'estimation, il n'est pas facile de éclairer ces différences. Cependant, c'est probablement une l'instabilité de production qui peut expliquer les variations. Cette instabilité, une caractéristique de l'économie Malgache, est observée aussi par [Dirasset, 1991], par exemple pour la production des arachides. On peut attendre que les développements vers la libération économique résulteront aux changements et même à une augmentation de la production des résidus, surtout agro-industriel.

Ce sont surtout des résidus ligneuses et les résidus agro-industriel qui sont intéressants pour une évaluation plus profonde (Voire ci-dessous).

III.1.2 RESIDUS AGRICOLE ET AGRO-INDUSTRIEL SELECTIONNES

Bagasse

Selon le Directeur Général de SIRAMA actuellement il n'y a pas un excédent de bagasse de canne à sucre, à raison de l'état obsolète de l'équipement installé dans les sucreries et la fréquence des arrêts de production pendant la campagne à cause de l'insuffisance de canne à sucre. Cette situation était confirmée dans [Lahmeyer/SERDI, 1989 A].

Tiges de coton

Les tiges de coton sont un produit ligneuse duquel il est prouvé qu'il peut servir comme matière première pour le charbon en briquettes.

Pour mieux comprendre la culture de coton et son résidu, on a visité le HASYMA (aussi bien le bureau central à Antananarivo que l'office régional à Mahajanga), et un entretien avec un grand planteur à Mahajanga (CIB) a eu lieu. HASYMA est le coordinateur de toute la culture de coton au Madagascar.

La culture de coton Malgache est concentrée à deux régions, Mahajanga (dans le Nord-Ouest) et Toliary (dans le Sud-Ouest). Les cultivateurs de coton au Toliary sont des petits fermiers qui ne sont pas organisés. Leur culture est pluviale. La récolte au Toliary a lieu de Mai à Août ou Septembre, tandis que les semailles en Novembre. Au Mahajanga il s'agit de la culture décrue, mécanisée et irriguée. Là-bas, les fermiers sont regroupés dans le Syndicat de Planteurs. La récolte a lieu de la mi-Août à Décembre, et les semailles en Mars. La production Malgache est maintenant environ 40,000 t de coton grain par

année. De cette quantité 60 % provient de la région Mahajanga, pendant que 40 % de la région de Toliary.

Sur la base de ces chiffres on peut estimer (grossièrement) qu'une quantité de 120,000 t/a de tiges de coton est produit au Madagascar. Pour protéger la culture contre des maladies, il est obligatoire de détruire tous les tiges après la récolte. Pour la région de Mahajanga on pouvait confirmer que les tiges sont haché mécaniquement et laissé pour l'inondation annuelle pour les amener. Même si un part des tiges est utilisé comme combustible domestique, les tiges de coton forment grosso modo un résidu non-valorisé.

Autres résidus

Concernant les balles de riz il faut constater qu'il est difficile sinon impossible de fabriquer un produit acceptable pour les ménages comme substitut de charbon de bois. Les raisons sont, d'une part, la teneur en cendre qui, dans le charbon, peut atteindre un niveau de plus de 50 %, et d'autre part, la réactivité faible du charbon à cause du silicium du cendre. Il y a des projets où on produit des briquettes à base de la balle de riz sans carbonisation antérieure (par exemple en Thaïlande), mais là-bas aussi la commercialisation est difficile. L'étude [Lahmeyer/SERDI, 1989 B] montre que cette proposition n'est pas rentable dans les conditions actuelles de Madagascar.

Par rapport a leur disponibilité (qui est industrielle: concentrée dans un endroit) aussi le coque de café et le coque d'arachide peuvent être intéressants. En concernant les arachides, cette industrie a souffrit sous les développements économiques récents, mais il y a des signes d'une réhabilitation.

III.2 ECLAIRCISSEMENTS DE BOIS DE PIN A HAUT MANGORO

Les plantations de Haut Mangoro sous tutelle de la société FANALAMANGA, à l'origine établie pour la production de pâte à papier, ont des grandes ressources des résidus résultants de l'éclaircissage. [ESMAP, 1987] cite une quantité de 90,000 - 400,000 m³/an, l'équivalent de 40,500 - 180,000 t/an. FANALAMANGA participe dans un projet du FAO pour stimuler la production de charbon de bois de cette ressource. Le succès dans le rayon domestique est très limité, à cause de l'appréciation exigüe de ce type de charbon par rapport à le charbon fait d'Eucalyptus.

III.3 DECHETS DES MARCHES DE CHARBON DE BOIS

Aux lieux de production et aux points de vente du charbon, il se trouve de grande quantités de fine de charbon. Au moins 10 % du charbon vendu consiste de ces déchets. Avec une consommation national de 270,000 t/an (1989), la quantité de fine est de l'ordre de 27,000 t/an. Pour les zones urbaines d'Antananarivo il s'agit de 16,000 t/an.

III.4 CONCLUSION

En tant qu'on peut déterminer à la base des données limités, il y a au moins trois résidus qui sont intéressants pour une étude plus approfondie. Ce sont les tiges de coton, le fine de charbon et le bois de l'éclaircissage de Haut Mangoro.

Déjà les tiges de coton et le fine de charbon constituent des ressources potentiellement importantes. Ils représentent 14 % de la consommation de charbon de bois (A ce-ci un rendement moyenne de carbonisation de 20 % des tiges de coton est assumé. C'est justifié parce qu'il s'agit d'une production contrôlée).

Le compactage du charbon produit du Pin est un façon d'améliorer la qualité de sorte qu'il peut être apprécié par les ménages. A cause du prix de revient, qui est dans tout façon plus haut que celui du charbon de bois, à moins qu'on utilise le sous-produit de fine, ce produit doit être vendu au consommateurs riche. Ce marché existe comme démontré par Charbon Ardente. Une application alternative est le marché industriel, si on est capable de produire un substitut attractive pour l'houille ou le coke importé. Ici la justification serai carrément la substitution d'imports et le développement de l'industrialisation.

IV TECHNOLOGIES POUR LA PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES

Les ressources considérées ici (les résidus agricole ou agro-industriel, sauf les déchets du marché de charbon de bois (le "fine")) sont caractérisées par une densité faible qui empêche une utilisation directe comme combustible (Pour le fine du charbon c'est la forme granulaire qui l'empêche). C'est pourquoi il est nécessaire de convertir ces matières premières à un produit utilisable. Pour les résidus agricole et agro-industriel on peut considérer le "briquetage direct", pour la substitution de bois de feu, ou la production de charbon.³ A la base de l'analyse physico-chimique des résidus agricole ou agro-industriel (ce sont des matières ligno-cellulosiques) on peut constater qu'ils sont propre pour carboniser, bien qu'ils donnent un charbon d'une qualité poreuse et faible, impropre à servir le marché de charbon de bois. Pour obtenir un produit d'une qualité acceptable, ou même mieux, une compactage est nécessaire.

Pour les résidus qui ne sont pas déjà carbonisés, en vu de l'application énergétique dans les industries et dans le cuisson domestique, on peut distinguer deux procédés différents:

- 1 Briquetage du résidu ("briquetage direct") suivi par carbonisation.
- 2 Carbonisation du résidu suivi par compactage;

Le compactage du charbon, comme dans le deuxième procédé, est appliqué aussi pour le fine de charbon de bois (les déchets du marché).

IV.1 CARBONISATION APRES LE BRIQUETAGE

Les briquettes directes peuvent être carbonisées en donnant un substitut pour le charbon de bois. Plusieurs de types de four sont possible à cet effet. Cette méthode est appliqué pour des briquettes fait de la sciure, par exemple en Thaïlande. Pour que les briquettes en charbon sont de bonne qualité, le briquetage direct doit être exécuté selon le processus d'extrusion (par opposition au briquetage à piston). Mais même avec cette technologie supérieure, une qualité acceptable n'est pas garantie pour toutes les espèces de biomasse. Une confirmation expérimentale est en tous cas nécessaire.

Pour beaucoup des pays Africains, le briquetage direct implique l'importation d'une technologie étrangère, dépendant fortement des composantes vulnérables

³En général, les "briquettes directes", non-carbonisées, sont d'une qualité inférieure au bois de feu par rapport à la durabilité dans une atmosphère humide et la génération de la fumée. Cette qualité, néanmoins, peut être acceptable dans l'industrie mais prévient, le plus souvent, la commercialisation dans les ménages.

(matrices, extrudeuses), qui, eux aussi, doivent être importées. Pour le Madagascar on peut attendre que l'industrie métallurgique à Antananarivo est capable de fournir ces composantes, bien que la technologie soi-même doit être importée.

IV.2 COMPACTAGE APRES LE CARBONISATION

Le carbonisation suivi par compactage donne une voie alternative pour la production d'un vrai substitut de charbon de bois. En vu de la carbonisation, des genres divers de biomasse et en fonction de la capacité de production, il est nécessaire de concevoir des techniques spécifiques. Cet à dire que chaque genre de biomasse, a sa propre technologie de carbonisation.

Pour le compactage, aujourd'hui, il y a des techniques adaptées au niveau technologique des pays en développement. A cet effet on broie le charbon produit avant de former une briquette. L'application d'un liant est nécessaire. Bien qu'on peut se servir d'une presse à rouleaux (capacité typique de 2 à 4 t/hr), il est aussi possible d'utiliser un agglomérateur. La technologie dernière est maintenant en opération au Soudan, où on produit un substitut pour le charbon de bois domestique à la base des tiges de coton. L'agglomération, à l'échelle de l'application présente, a l'avantage d'une investissement peu élevée, bien que le main d'oeuvre est plus intensif. En outre les unités d'agglomération sont disponibles à des capacités exiguës (dès de 50 kg/hr et plus), ce qui permet d'édifier un système de production à la base de plusieurs unités, de sort que le système total est moins vulnérable. L'expérience au Soudan montre que ce produit peut être d'une très bonne qualité, même mieux que la qualité du charbon de bois.

En dehors de la biomasse, le liant est une matière première essentiel pour le processus de la compactage du charbon de biomasse. Il y a des liants différents utilisés par l'industrie du charbon briqueté: l'amidon, les goudrons (sous-produit de la carbonisation), la mélasse (sous-produit de la sucre), etc. Tous ces liants comportent leur propre technologie de préparation, addition et traitement (mixage, chaleur, séchage, etc.). Pour l'agglomération le seul liant éprouvé à une échelle commerciale est la mélasse.⁴ Pour l'instant, à cause de la qualité et des coûts du procédé, le liant qu'on peut recommander pour le Madagascar est donc la mélasse.

⁴A l'échelle de la laboratoire (chez BTG), la faisabilité technique de deux autres liants est démontrée: l'huile pyroligneuse et l'amidon. Après le propre mise-au-point de ces technologies: la dépendance sur la mélasse sera aboli.

Un deuxième facteur, à côté de la disponibilité des résidus, déterminant la quantité de charbon de biomasse qu'on peut produire de cette façon au niveau national, sera donc la disponibilité des liants.

Après l'agglomération, les briquettes, qui contiennent environ 40 % de l'eau (solvant du liant et moyen d'agglomération), doivent être séchées. Dépendant du climat on peut appliquer un séchage atmosphérique, ou artificiel (thermique), ou bien une combinaison. Dans un climat aride le séchage peut se passer en plain air sur une grille. Au Soudan ça s'accorde dans 24 hr. Au Madagascar il y a des régions climatiques tout à fait différentes, aride ou bien humide. C'est pourquoi, pour certaines régions au Madagascar, un séchoir artificiel sera nécessaire. Parce que les séchoirs industriels, comme utilisé en Europe, sont assez cher, il est nécessaire de développer une technologie de séchage adaptée à l'infrastructure locale.

Sans autres traitements le produit est hygroscopique, c'est à dire que les briquettes adoucissent et perdent leurs durabilité dans une atmosphère humide. Aussi, pendant l'allumage ce produit donne de la fumée. Cependant, avec une emballage propre le produit séché peut être acceptable pour le marché domestique. C'est éprouvé au Soudan, bien que le marché domestique Malgache peut stipuler ses propre conditions.

La hygroscopicité et la formation de fumée d'allumage sont deux caractéristiques qu'on peut ôter avec un traitement thermique. Le produit devient extraordinairement fort et complètement insensible à l'eau.

Avant l'exécution du projet les technologies pour le séchage artificiel et le traitement thermique étaient seulement connues au niveau de la laboratoire de BTG. Il était donc nécessaire de les développer à l'échelle pilote.

IV.3 CONCLUSION

Une comparaison financière des trois technologies discutées ci-dessus (briquetage direct suivi par carbonisation, compactage par agglomération ou par presse à rouleaux) peut être fait par une évaluation de l'équipement de base pour les trois alternatives. Une indication des investissements spécifiques est donnée dans la Figure 3. Il est présumé que l'investissement dans des fours de carbonisation sont pareil pour toutes les trois technologies. Des données de base sont incluses dans l'Annexe II. C'est évident que l'agglomération est le plus attractive du point de vue de l'investissement. Deux autres avantages sont la vulnérabilité exigüe (tant qu'une unité de production peut être composé de plusieurs agglomérateurs), et, pour l'économie nationale, l'intensité du main

d'oeuvre plus élevé (l'emploi). Finalement, l'agglomération peut être une technologie intéressante pour des résidus agricole ou agro-industriel qui sont disponible en quantités petites, parce qu'il est possible d'installer des petites unités de production, à partir de 50 kg/hr.

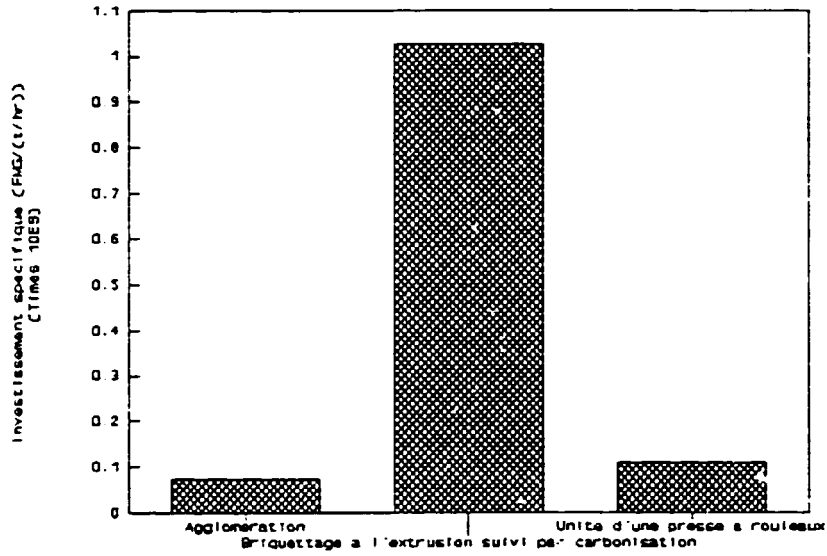


Figure 3. Comparaison financière pour trois technologies de production de charbon en briquettes.

V DEVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES PAR LE PROJET

Chez FANALAMANGA (à Antsiranala (Moramanga)) il y avait des matériaux avec lesquels une unité pilote de compactage a été construite. A cet effet le projet a utilisé un agglomérateur, une bétonnière et un broyeur à marteaux. L'agglomérateur était adapté, et la bétonnière transformée, selon le projet de BTG, pour obtenir deux agglomérateurs fonctionnant bien. Après l'acquisition des tamis de taille correcte il était aussi possible d'utiliser le broyeur (Voir Figure 4, Figure 5).

La production des briquettes et le développement technique était possible avec de la mélasse mise à la disponibilité du projet par SIRAMA.

V.1 EXPERIENCES DE PRODUCTION

Le procédé de l'agglomération était adapté à la matière première (le charbon de bois de Pin). A cet effet on a exécuté des expériences avec le façon de broyage (le choix du tamis) et la concentration du liant. L'indicateur le plus important était la dureté du produit (Voir la Figure 8).

A cause du climat humide, particulièrement à Antsiranala, il était nécessaire de développer une méthode de séchage artificiel. Ensuite, il était nécessaire de développer une four pour le conditionnement du produit au climat humide. Ce conditionnement sert à prévenir que les briquettes affaiblissent à cause de la humidité atmosphérique (hygroscopicité du liant et champignon dans le liant). On a testé deux genres de four à conditionner. Le four le plus simple a une capacité de 34 kg par charge (l'opération est discontinue). Une charge prends 3 heures. La perte de charbon est 15 % (Voir Figure 6, Figure 7).

Comme prévu, tous ces expériences sont exécutées avec l'assistance du personnel de FANALAMANGA et du CNRIT. En même temps, le personnel de FANALAMANGA était formé dans la fabrication des briquettes.

V.2 SUBSTITUTION DU COKE INDUSTRIEL

Malheureusement la quantité de mélasse disponible était très limitée (A cause d'un démarrage plus tard qu'attendu du saison de sucre). Ceci a aussi limité la quantité des briquettes disponible pour les tests de substitution du coke. On a eu justement assez pour un test de fonte de bronze. Exécution de plusieurs de

testes n'était pas possible, soit avec le bronze soit avec la fonte de fer dans un cubilot.

L'expérience avec la fonte de bronze a montré qu'il est techniquement possible de remplacer le coke avec le charbon en briquettes (Voir Figure 9, Figure 10, Figure 11). Cependant, la consommation de briquettes était trop, environs 3 fois que le coke (à base massique). La raison était une grande perte d'énergie dans l'environnement à cause d'une flamme haute au dessus du four au lieu de dans l'intérieur du four. Ce résultat implique que, sans adaptations, il n'est pas encore attractive de substituer le coke avec le charbon en briquettes. Il est donc nécessaire de continuer les tests pour identifier des adaptations faisables.

Dans le seul test exécuté, on a opéré le four comme avec le coke: on a utilisé la même quantité de l'air. Probablement des résultats mieux peuvent être obtenus avec moins d'air, mais il est nécessaire de continuer les expériences pour le vérifier. Quant il n'est pas possible de opérer le four dans un façon satisfaisant, il sera nécessaire d'adapter le four, par exemple par faciliter de l'air secondaire.

On n'a pas pu exécuter des expériences avec la fonte de fer dans un cubilot. Il est donc nécessaire de les planifier. A cet effet il est nécessaire de comprendre que, tandis que les valeurs du pouvoir calorifique inférieur (kJ/kg) du coke et du charbon en briquettes sont essentiellement identiques, les volumes sont différents. La densité du coke est environs 2 fois celle du charbon en briquettes. Ça veut dire que le cubilot, quant chargé avec du charbon en briquettes, ne peut pas contenir la même quantité d'énergie qu'avec du coke. La capacité du cubilot sera à peut près divisée en deux. Il est donc nécessaire d'adapter la proportion de fonte par rapport au combustible. Ensuite il est important de projeter les tests de manière qu'un solidifier de la fonte au fond du cubilot est évité. Ça peut se passer si le charbon d'allumage, c'est la couche la plus basse dans le cubilot, brûle plus vite que prévu et peut détériorer le cubilot gravement.

V.3 CONCLUSION

Dans la période limitée du projet il n'était pas possible de finir tous ces expériences et développements. Mais il était possible de achever une méthode de production qui pouvait servir la fabrication d'une quantité limité, suffisant pour les tests de fonte. Le produit peut être caractérisé comme suite:

Densité des briquettes	370 kg/m ³ (Densité du charbon primaire: 140 kg/m ³)
Ø _{maximum} des briquettes	40 mm
Quantité de la mélasse	20 % de la masse des briquettes (qualité domestique) 25 % (qualité le plus fort, utilisé dans le test de fonte)
Tamis de broyage	2 mm

A la base de ces développements il est possible de proposer des unités de production d'une capacité basse (< 600 t/an).

Avec l'expérience limitée on ne peut pas conclure sur la faisabilité financière de la substitution de coke, mais on a montré qu'il est justifiable de continuer des tests techniques.

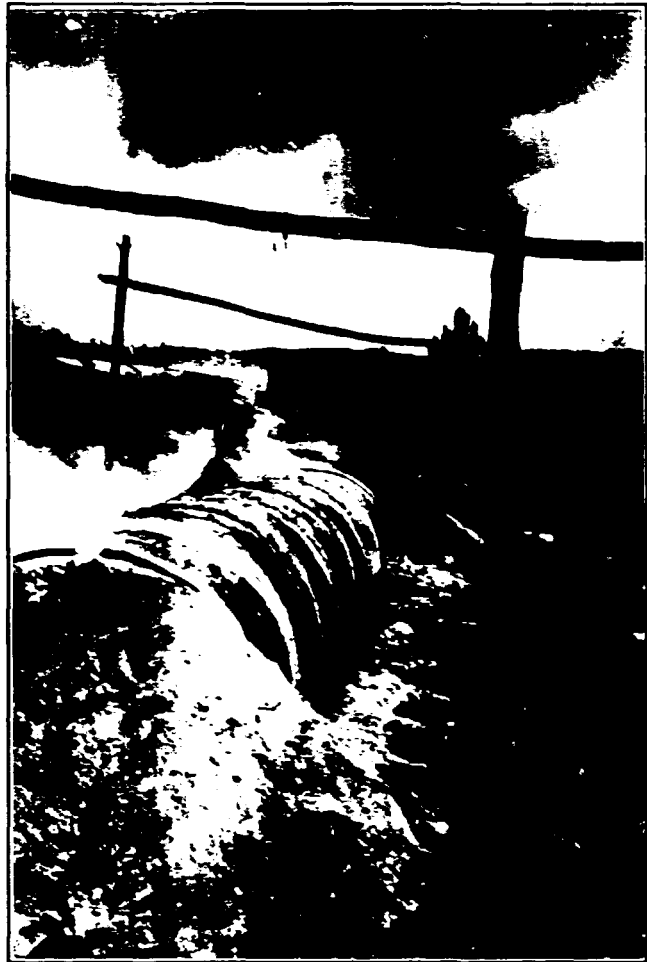


Figure 4. Production de charbon de bois de Pin à Haut Mangoro (FANALAMANGA)



Figure 5. Production des briquettes de charbon de Pin à Antsiranala (FANALAMANGA)



Figure 6 Un des fours construits avec l'assistance du CNRIT pour le conditionnement des briquettes



Figure 7. Un des fours construits avec l'ANMAMANGA pour le conditionnement des briquettes

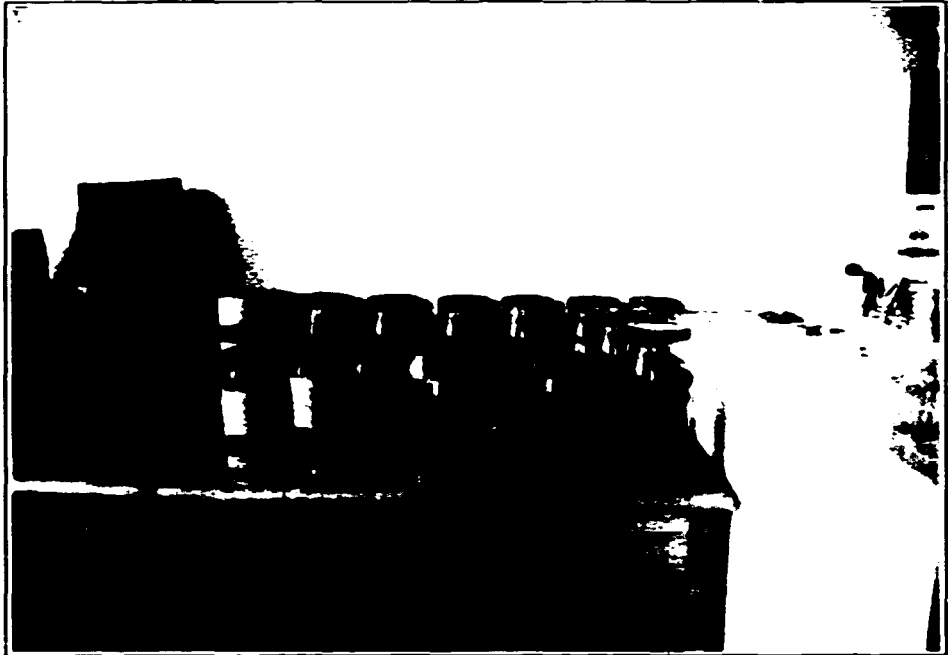


Figure 8. Les échantillons des briquettes dans le laboratoire de FANALAMANGA



Figure 9. Le fonte de bronze dans un four chauffe avec les briquettes produits dans le projet



Figure 10. L'enlever du bronze fondu du four



Figure 11. Le jeter du bronze fondu dans les moules

VI LA FAISABILITE DE LA PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES

Parce que on est capable de produire des briquettes de bonne qualité, d'une ressource disponible (le fine de charbon de bois), pour un marché démontré (le marché domestique), il est justifiable de proposer la commercialisation immédiate de la technologie. A cet effet on a préparé deux études de faisabilité, pour deux genres de ressources:

- Un projet pour la production de charbon en briquettes à la base de fine de charbon déchet aux sites de la carbonisation de bois (C'est le projet FANALAMANGA).
- Un projet pour la production de charbon en briquettes à la base de fine de charbon déchet aux lieux de ventes de charbon de bois (Le projet Briquettes Ardentes).

Les deux projets sont financièrement et économiquement faisable. Cependant de l'assistance technique sera nécessaire.

La technologie est décrite dans les Chapitres IV et V. Les résultats d'une évaluation financière (inclus dans l'Annexe VI, IV) sont données ci-dessous. Pour une évaluation économique il faut considérer le suivant:

- Chaque projet de production des substituts pour le charbon de bois produit illégalement est une contribution à la lutte contre la déforestation.
- La main-d'oeuvre pour la production des briquettes, avec la technologie proposé, n'est pas moins que pour la production du produit substitué.
- En principe l'industrie Malgache est capable de produire tous les équipements nécessaires dans un tel projet, bien qu'il est nécessaire d'importer les matières premières. C'est une contribution au développement industriel.

VI.1 FANALAMANGA: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DE CHARBON PRODUIT A LA BASE DES ECLAIRCISSEMENTS DE BOIS DE PIN

Dans la plantation de FANALAMANGA à Haut Mangoro du charbon de bois est produit pour des marchés industriels et étrangères. Cette production donne beaucoup de fine non-valorisé, ce qui est envisagé d'utiliser comme matière première dans le projet proposé ici. Le marché considéré est le marché domestique d'Antananarivo.

Product: Charcoal briquettes for domestic use
 Location: Antsiranana
 Design capacity (t/yr): 600

Year	Operating capacity (% of design capacity)	Break-even point (% of planned operating capacity)
1	0	
2	0	
3	70	0,70
4	80	0,61
5	90	0,54
6	100	0,49

Total project cost (,000 FMG)

Foreign	Local	Total
62 000	76 000	138 000

Year	Annual production cost (,000 FMG)	Annual net profit (,000 FMG)
1	0	0
2	0	0
3	168676	-2154
4	178877	14045
5	189077	17688
6	197821	41422

Pay-back period (yr): ± 7,5 (incl. 2 yr construction period)
 IRR: 45 %

VI.2 BRIQUETTES ARDENTES: PRODUCTION DE CHARBON EN BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DES MARCHES DE CHARBON DE BOIS

Product: Charcoal briquettes for domestic use
 Location: Antananarivo
 Design capacity (t/yr): 600

Year	Operating capacity (% of design capacity)	Break-even point (% of planned operating capacity)
1	0	
2	0	
3	70	0.45
4	80	0.40
5	90	0.35
6	100	0.32

Total project cost (,000 FMG)

Foreign	Local	Total
62 000	75 000	137 000

Year	Annual production cost (,000 FMG)	Annual net profit (,000 FMG)
1	0	0
2	0	0
3	119583	-2154
4	122412	14045
5	125240	17688

6

127109

41422

Pay-back period (yr): ± 4.5(incl. 2 yr construction period)

IRR: 115%

VII PROPOSITION POUR UNE DEUXIEME PHASE DU PROJET

VII.1 OBJET

L'objet primaire est la diffusion des technologies de production de charbon en briquettes. Ça inclut la production des équipements (fours de carbonisation, de séchage et de conditionnement, l'équipement de briquetage) et la technologie de la production des briquettes.

Deuxièmement le projet sera développer et adapter les technologies aux conditions Malgaches. Ces développements et adaptations concernent des liants, le séchage et le conditionnement des briquettes.

VII.2 JUSTIFICATION

Par la substitution du charbon de bois, qui est produit aux dépenses de l'environnement rurale, le projet contribue au lutte contre la déforestation et désertification. La substitution potentielle du charbon de bois est, au moins, de l'ordre de 15 %. De cette façon le projet contribue à sauvegarder l'approvisionnement, de manière conscient des problèmes d'environnement, des combustibles domestiques. Tandis que le plupart des activités est focalisé aux régions rurales, le projet sert le développement rural. L'économie Malgache est supporté par l'utilisation des produits non-valorisés, le développement industriel et la création de l'emploi.

VII.3 ACTIVITES

Les activités proposées sont les suivantes:

- L'installation de deux unités de production (matière première: fine de charbon), c'est à dire chez FANALAMANGA et Briquettes Ardentes;
- Formation à FANALAMANGA (complémentaire) et Briquettes Ardentes en production de briquettes;
- Développements techniques des systèmes de séchage et de conditionnement
- Continuation des tests de substitution de coke (briquettes industriels);
- L'effectuer de deux études de faisabilité (Tiges de coton, tiges de tabac)
- Développement du liant de l'huile pyroligneuse;

VII.4 ORGANISATIONS HOMOLOGUES

Il est évident qu'une coopération directe est nécessaire avec le secteur privé (FANALAMANGA, Charbon Ardentes, Constructeurs). Pour les développements techniques il est proposé de chercher l'assistance de CNRIT. Tous les études et développements sont dirigé par le consultant responsable, mais l'assistance des experts nationaux est indispensable. A cause d'une manque d'une organisation nationale spécialisée dans la diffusion des technologies de l'énergie nouvel et renouvelable il est proposé de travailler avec les experts nationaux sous tutelle du PNUD.

BIBLIOGRAPHIE

Dirasset (1991): Régions et développement, programmes régionaux et projets locaux, Ministère de l'économie et du plan, PNUD, PNUD/OPS/MAG/89/018, Dirasset, 1991.

ESMAP (1987): Madagascar: Issues and options in the energy sector, 5700-MAG, UNDP/WorldBank, 1987.

Lahmeyer/SERDI (1989 A), Biomasse: déchets de bois, balle de riz, bagasse, Groupement Lahmeyer International/SERDI, Projet Energie I, Planification Energétique, 1989.

Lahmeyer/SERDI (1989 B), Briquetage de balles de riz, version finale, Groupement Lahmeyer International/SERDI, Projet Energie I, Planification Energétique, 1989.

Angovo (1989), Etude complémentaire sur l'utilisation des combustibles ligneux en zones rurales, MARCHE N° 02/PRDM/DGP/ENV, Plan d'Action Environnemental, Office National de l'Environnement, 1989.

ANNEXE I PERSONNES CONSULTEES

Banque Mondiale	Patricio Millan, Industry and Energy Operations Division (Washington). Christopher Ward, Charge des Projets Agricoles
BDE	Tantely Rabenjambalason, Documentaliste.
Briquettes Ardente	Louis Pascal Rasololon, Owner/Manager.
CIMELTA - JEUMONT S.A.	Olivier Ramananarivo, Ingénieur
CNRIT	Pr. Rakotomaria, Directeur. Dr. ir. Josua Randriamorasata.
DUEN	Prof. Razafindrakoto
DEF	J.P. Randrianantoandro, Chef Service Provincial des Eaux et Forêts de Mahajanga.
FANALAMANGA	Andrianjohary Rabetaliana, Directeur Général. Paul Randriambolanoro, Directeur du Département de Mise en Valeur des Reboisements. Claude Ramilison, Ingenieur des Eaux et Forets.
FAO	Jacques H. Lepissier, Représentant. Johan Lejeune, Conseiller Technique Principal, Privatisation des producteurs de charbon. Marcel Mouellé, Conseiller Technique Principal, Système permanent des statistiques agricoles.
FOFIFA	Yvonne Rabenantoandro, Directeur Scientifique.
HASYMA	Elie R. Ramenason, Directeur Général. M. Tsialetra

MIEM	<p>Directeur Régional Mahajanga. Perle A. Raniriharison Rasoloarimanana, Chef du Service de Ressources et Opportunistes. Nilsen Raoeliarivony, Ingénieur. Rodolphe Ramanantsoa, Chef du Service de la Planification Energétique. Bertin Andriamanantsoa, Ingenieur d'Etudes, Service de la Planification Energétique. René Massé, Chef du projet Energie II.</p>
ONUUDI	<p>François d'Adesky, Directeur. Issoufou Issa, Administrateur de Programme Adjoint. Robert A. Spurling, Conseiller Technique Principal, Promotion de la petite et moyenne industrie. Olivier Rasoldier, Expert national, Programme de recherche/développement en énergies nouvelles et renouvelables.</p>
PNUD/Madagascar	<p>Jules Frippiat, Représentant résident. Michiel Hendriks, Administrateur de Programme Adjoint.</p>
SIRAMA	<p>Roland Rasamoely, Directeur Général.</p>
VY - TAOBAVY S.A.	<p>Gerard Ralambozafy, Chef de Département Travaux.</p>

**ANNEXE II COMPARAISON DE L'INVESTISSEMENT POUR
TROIS TECHNOLOGIES DE LA PRODUCTION DE
CHARBON EN BRIQUETTES**

Agglomération:

Capacité typique (t/hr, charbon en briquettes séché) 0,50

Equipement de base:

MACHINE	NOMBRE	COUT UNITE (,000 FMG)	COUT TOTAL (,000 FMG)
Agglomérateur	10	1425	14250
Broyeur à marteaux	3	7600	22800
TOTAL			37050
Investissement spécifique (,000,000 FMG/(t/hr))			74

Briquetage à l'extrusion suivi par carbonisation:

Capacité typique (t/hr, briquettes carbonisée) 0,10

(Un rendement de 20 % pour la carbonisation est assumée)

Equipement de base:

MACHINE	NOMBRE	COUT UNITE (,000 FMG)	COUT TOTAL (,000 FMG)
Extrudeuse	1	95000	95000
Broyeur	1	7600	7600
TOTAL			102600

Investissement spécifique (,000,000 FMG/(t/hr) 1 026

Unité d'une presse à rouleaux

Capacité typique (t/hr, charbon en briquettes séché) 2

Equipement de base:

MACHINE	NOMBRE	COUT UNITE (,000 FMG)	COUT TOTAL (,000 FMG)
Presse à rouleaux	1	142097	142097
Malaxeur/doseur	1	30856	30856
Broyeur à marteaux	1	47500	47500
TOTAL			220453
Investissement spécifique (,000,000 FMG/(t/hr)			110

ANNEXE III ACCORD DES PARTENAIRES: FANALAMANGA, CNRIT, BTG

Ci-dessous les éléments les plus essentielles de l'accord entre la FANALAMANGA, le CNRIT, et le BTG sont données.

Objet général: Développement de la technologie de briquetage pour des applications industriel

Objets partiels:

- 1 Séchage: Conception d'un séchoir adapté au climat et l'infrastructure Malgache;
- 2 Conditionnement au climat et post-carbonisation des briquettes brutes: Conception d'un système pour la post-carbonisation, si possible intégré avec le séchoir.
- 3 Application industriel: Expériences de l'usage des briquettes pour la production de fonte en remplaçant du coke.

Méthode:

Séchage:

- 1 Optimisation du temps de résidence et de la consommation de l'énergie.
- 2 Conception et construction d'un four à sécher utilisant la fumée du carbonisation (purification).

Conditionnement:

- 1 Conception et construction d'un four à conditionner utilisant la fumée de carbonisation (purification), à base des données du laboratoire de BTG (sous-contraiteur de l'ONUDI dans ce projet).

Application industriel:

- 1 Exécution des expériences d'échelle laboratoire avec un modèle d'un cubilot.
- 2 Exécution des expériences d'échelle pratique avec l'industrie.

Les modes d'exécution sont données dans le tableau ci-dessous.

Mode d'opération.

Séchage:

- | | | |
|---|---|-----------------------|
| 1 | Optimisation du temps de résidence et de la consommation de l'énergie. | CNRIT |
| 2 | Conception et construction d'un four à sécher utilisant la fumée de carbonisation (purification). | CNRIT,
FANALAMANGA |

Conditionnement:

- | | | |
|---|---|-------------|
| 1 | Conception et construction d'un four à conditionner utilisant la fumée de carbonisation (purification), à base de des données du laboratoire de BTG (sous-contraiteur de l'ONUDI dans ce projet). | FANALAMANGA |
|---|---|-------------|

Application industriel:

- | | | |
|---|--|-----------------------|
| 1 | Exécution des expériences d'échelle laboratoire avec un modèle d'un cubilot. | CNRIT |
| 2 | Exécution des expériences d'échelle pratique avec l'industrie. | FANALAMANGA,
CNRIT |
-

Planification:

Mois	Avril				Mai				Juin				Juillet				
Semaine	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Production expérimentale																
Séchage:																	
Optimisation du temps de résidence et de l'énergie																
Design et construction d'un four à sécher																
Conditionnement:																	
Design et construction d'un four à conditionner																
Application industriel:																	
Expériences laboratoire																
Expériences pratique																

ANNEXE IV LES ANNEXES AUX PROPOSITIONS BANCABLE

ANNEXE IV.1

**FANALAMANGA: PRODUCTION DE CHARBON EN
BRIQUETTES POUR LE MARCHÉ DOMESTIQUE
D'ANTANANARIVO A PARTIR DES ECLAIRCISSAGES DE
BOIS DE PIN**

SUMMARY

Product: Charcoal briquettes for domestic use
Location: Antsiranana
Design capacity (t/yr): 600

Year	Operating capacity (% of design capacity)	Break-even point (% of planned operating capacity)
1	0	
2	0	
3	70	0.70
4	80	0.61
5	90	0.54
6	100	0.49

Total project cost (,000 FMG)

Foreign	Local	Total
62,000	76,000	138,000

Year	Annual production cost (,000 FMG)	Annual net profit (,000 FMG)
1	0	0
2	0	0
3	168676	-2154
4	178877	14045
5	189077	17688
6	197821	41422

Pay-back period (yr): \approx 7.5 (incl. 2 yr construction period)
IRR: 45%

Preliminary data

- Factory nominal capacity (t/yr, conditioned briquettes)	600
- Dry briquettes weight loss on conditioning (%)	12
- Factory capacity (t/yr dry briquettes)	682
- Molasses content of dry briquettes (%)	70
- Moisture content of wet briquettes as produced (% wet basis)	40
- Moisture content of raw molasses as delivered (% wet basis)	25
- Moisture content of charcoal powder (% wet basis)	12
- Required amount of raw charcoal fines (t/yr)	600
- Required amount of raw molasses (t/yr)	200
- Volume of molasses (m ³ /yr)	282
- Required water/molasses volume ratio for molasses dilution	3
- Total water consumption (m ³ /yr)	1128
- Agglomerator capacity (kg/day, dry briquettes)	350
- Hammer mill capacity (kg/hr)	100
- Factory operating days per year	220
- Number of working shifts per day (6 hours effective time)	1
- Required number of hammer mills	5

- Required number of agglomerators	9
- Currency unit (FMG)	1000
- Raw charcoal fines price, collection cost only (,000 FMG/t)	60
- Molasses price including transport (,000 FMG/t)	60
- Briquette transport cost (Factory - Antananarivo) (,000 FMG/t)	100
- Briquette selling price (,000 FMG/t)	400

Machinery and equipment

Item	Number	Unit cost	Total cost
- Agglomerator	9	1425	12825
- Hammer mill	3	7600	22800
- Binder preparation unit	1	4750	4750
- Binder distribution system	1	570	570
- Raw molasses pump	1	380	380
- Drying unit	1	2850	2850
- Conditioning system	1	3800	3800
- Wheel barrows	20	67	1330
- Water storage tank	1	2850	2850
- Raw molasses storage tank	1	950	950
- Electrical wiring	1	950	950
- Balance	1	1140	1140
- Bags/Sacks sealing machine	1	0	0
- Fire fighting system	1	1900	1900
- Miscellaneous	5%	1462	1462
TOTAL			58557

Land and buildings

Item	Area (m2)	Unit cost	Total cost
- Land	5000	0	0
- Site preparation	1	0	0
- Site fencing and development	1	0	0
- Production hall and office	200	0	0
- Storage facility	100	0	0
- Workshop	20	0	0
- Facilities	20	0	0
- Miscellaneous (maintenance of existing facility)	1	3000	3000
TOTAL			3000

Manpower cost

Description	Number	Salary (/month)	Total (/month)	Total (/year)
A Indirect labour:				
- General manager	1	350	350	4200
- Production manager	Option	0	0	0
- Financial manager	Option	0	0	0
- Personnel manager	Option	0	0	0
- Accountant	1	170	170	2040
- Storekeeper	1	120	120	1440
- Secretary	Option	0	0	0
- Clerk	Option	0	0	0
- Driver	1	100	100	1200
- Guard	2	70	140	1680
TOTAL A	6		880	10560

B Direct labour:

- Labour supervisor	1	150	150	1800
- Agglomerator operator	9	110	990	11880
- Hammer mill operator	6	110	660	7920
- Molasses solution preparation	2	110	220	2640
- Briquettes conditioning unit	2	110	220	2640
- Maintenance crew (one mech. and one elect.)	2	200	400	4800
- Unskilled labour	10	80	800	9600
TOTAL B	32		3640	41280
TOTAL A + B				51840

Rolling stock

Item	Number	Unit Cost	Total
- Pick-up	1	34500	34500
- Lorry	0	100000	0
TOTAL	1		34500

Furniture

Item	Unit	Unit cost	Total
- General manager office	Set	300	300
- Production manager office	Option	0	0
- Financial manager office	Option	0	0
- Personnel manager office	Option	0	0
- Office table	3	30	90
- Desk chair	5	10	50
- Arm chair	3	25	75
- Typewriter	1	2000	2000
- Cabinet	2	50	100
- Cupboard	1	50	50
- Safe	1	2000	2000
- Heater	Option	0	0
- Calculating mach.	1	50	50
- Miscellaneous	1	1000	1000
TOTAL			5715

Project development and technical assistance costs

Description	Total
A Technical assistance (offered by bilateral or international donor)	
- Project engineering	0
- Supervision and commissioning	0
- Training	0
SUBTOTAL A	0
B Project development expenses:	
- Installation	5000
- Administration build-up	5000
- Other	2000
SUBTOTAL B	12000
TOTAL A + B	12000

Annual cost of production materials (at full capacity)

Description	Quantity (t)	Unit cost	Total
- Charcoal (incl. transport)	600	60	36000
- Molasses (including transport)	200	60	12000
- Packing material (One sack is recycled 4 times)	3750	1	3750
- Electricity (kWh)	50000	0.10	5000
- Water (m ³)	1128	0 195	220
- Fuel (gas oil) - (liters)	3667	0	1547
- Lub. oil (liters)	96	2	230
- Grease (kg)	50	3	170
- Briquette transport to Tana (t)	600	100	60000
TOTAL			118918

Summary of annual cost of production materials

Production year	1	2	3	4	5
- Factory utilization capacity %	70	80	90	100	100
- Annual cost of production materials	83242	95134	107026	118918	118918

Annual depreciation

Item	Useful life	Depreciation value
- Buildings	15	200
- Machinery and equipment	10	5856
- Rolling stock	5	6900
- Furniture	5	1143
TOTAL		14099

Annual insurance

Item	%	Insurance value
- Buildings	0.4	12
- Machinery and equipment	0.6	351
- Rolling stock	3	1035
TOTAL		1398

Annual repairs and maintenance cost

Item	%	Repairs and maintenance
- Buildings	1	30
- Machinery and equipment	3	1757
- Furniture	10	572
- Rolling stock	3	1035
TOTAL		3393

Summary of annual repair and maintenance cost

- Production year	1	2	3	4	5
- Factory utilization capacity (%)	70	80	90	100	100
- Annual repairs and maintenance cost	2375	2715	3054	3393	3393

Initial investment cost

Item	Foreign	Local	Total
- Land	0	0	0
- Buildings and civil work	0	3000	3000
- Machinery and equipment	40990	17567	58557
- Rolling stock	20700	13800	34500
- Furniture	0	5715	5715
TOTAL	61690	40082	101772

Development expenses

Description	Foreign	Local	Total
- Technical assistance	0	0	0
- Administration build-up and others	0	12000	12000
TOTAL	0	12000	12000

Net working capital

Description	Minimum day coverage	Turn-over coefficient	Requirements
A Current assets:			
I Accounts receivable	30	12	14919
II Inventories:			
1 Raw materials:			
- Charcoal	14	26	1400
- Briquette transport	14	26	2333
- Molasses	60	6	2000
- Other (packing materials)	60	6	625
2 Work in progress	6	60	2984
3 Finished product	15	24	7460
III Cash in hand	15	24	7460
SUBTOTAL A			39181
B Current liabilities:			
I Accounts payable	30	12	-14919
SUBTOTAL B			
TOTAL A + B			24261

Total initial investment

Description	Foreign	Local	Total
- Initial fixed investment (fixed assets)	61690	40082	101772
- Development expenses	0	12000	12000
- Working capital		24261	24261
TOTAL	61690	76343	138033

Project finance

Sources	Fixed investment	Working capital	Total
- Short term borrowing (commercial bank)	0	24261	24261
- Long term loan	93057	0	93057
- Equity capital	20715	0	20715
TOTAL	113772	24261	138033

Repayment of long-term loan

Year	Principal	Installment	Interest	Total
1	52067	0	0	0
2	40990	0	0	0
3	0	18611	9306	27917
4	0	18611	7445	26056
5	0	18611	5583	24195
6	0	18611	3722	22334
7	0	18611	1861	20472
TOTAL	93057	93057	27917	120974

Annual cost of production (full capacity)

Description	Annual cost	% of total cost
A Fixed costs:		
- Salaries and wages	51840	26
- Repair and maintenance (50%)	1697	1
- General and administrative costs	2098	1
- Other expenses (5% of total)	2782	1
SUBTOTAL A	58416	30
B Variable cost:		
- Production materials	118918	60
- Electricity and water	0	0
- Fuels, lub. oil and grease	0	0
- Repair and maintenance	1697	1
SUBTOTAL B	120614	61
TOTAL A + B	179030	91

C Financial costs (interests)	4693	2
D Depreciation	14099	7

TOTAL A + B + C + D (Production cost)	197821	

Production cost per ton	330	

A Cash inflows:												
1 Sales revenue	0	0	168000	192000	216000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
B Cash outflows:												
1 Investment costs:												
- Equity funds	12429	8286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Repayment of long term loan	0	0	18611	18611	18611	18611	18611	0	0	0	0	0
- Interest on long term loan	0	0	9306	7445	5583	3722	0	0	0	0	0	0
- Repayment of bank overdraft	0	0	9306	7445	5583	3722	0	0	0	0	0	0
- Interest of bank overdraft	0	0	2426	2426	2426	970	243	0	0	0	0	0
2 Operating costs	0	0	142846	154907	166969	179030	179030	179030	179030	179030	179030	179030
3 Profit tax	0	0	0	0	0	0	0	2109	4218	8437	12655	16874
TOTAL B	12429	8286	182495	190834	199173	206056	197884	181139	183249	187467	191685	195904
C Net cash flow (A - B)	-12429	-8286	-14495	1166	16827	33944	42116	58861	56751	52533	48315	44096

IRR 45%

Payback period

Year	Net profit	Interests	Depreciation	Gross profit	Investment	Balance at end of year
1	0	0	0	0	138033	
2	0	0	0	0	138033	
3	-19288	11732	14099	6543		131490
4	-5480	9871	14099	18481		113009
5	-6245	8010	14099	15863		97145
6	16289	4693	14099	35080		62065
7	20739	2104	14099	36941		25124
8	44762	0	14099	58861		-33737

Payback period is about 7.5 yr (including construction period).

**ANNEXE IV.2 BRIQUETTES ARDENTES: PRODUCTION DE CHARBON EN
BRIQUETTES POUR LE MARCHE DOMESTIQUE
D'ANTANANARIVO A PARTIR DES DECHETS DES MARCHES
DE CHARBON DE BOIS**

SUMMARY

Product: Charcoal briquettes for domestic use
Location: Antananarivo
Design capacity (t/yr): 600

Year	Operating capacity (% of design capacity)	Break-even point (% of planned operating capacity)
1	0	
2	0	
3	70	0.45
4	80	0.40
5	90	0.35
6	100	0.32

Total project cost (,000 FMG)

Foreign	Local	Total
62,000	75,000	137,000

Year	Annual production cost (,000 FMG)	Annual net profit (,000 FMG)
1	0	0
2	0	0
3	119583	-2154
4	122412	14045
5	125240	17688
6	127109	41422

Pay-back period (yr): ± 4.5 (incl. 2 yr construction period)
IRR: 115%

Preliminary data

- Factory nominal capacity (t/yr, conditioned briquettes)	600
- Dry briquettes weight loss on conditioning (%)	12
- Factory capacity (t/yr dry briquettes)	682
- Molasses content of dry briquettes (%)	20
- Moisture content of wet briquettes as produced (% wet basis)	40
- Moisture content of raw molasses as delivered (% wet basis)	25
- Moisture content of charcoal powder (% wet basis)	12
- Required amount of raw charcoal fines (t/yr)	600
- Required amount of raw molasses (t/yr)	200
- Volume of molasses (m ³ /yr)	282
- Required water/molasses volume ratio for molasses dilution	3
- Total water consumption (m ³ /yr)	1128
- Agglomerator capacity (kg/day, dry briquettes)	350
- Hammer mill capacity (kg/hr)	100
- Factory operating days per year	220
- Number of working shifts per day (6 hours effective time)	1
- Required number of hammer mills	5
- Required number of agglomerators	9
- Currency unit (FMG)	1000

- Raw charcoal fines price, collection cost only (FMG/t)	15
- Molasses price including transport (FMG/t)	70

Machinery and equipment

Item	Number	Unit cost	Total cost
- Agglomerator	9	1425	12825
- Hammer mill	3	7600	22800
- Binder preparation unit	1	4750	4750
- Binder distribution system	1	570	570
- Raw molasses pump	1	380	380
- Drying unit	1	2850	2850
- Conditioning system	1	3800	3800
- Wheel barrows	20	67	1330
- Water storage tank	1	2850	2850
- Raw molasses storage tank	1	950	950
- Electrical wiring	1	950	950
- Balance	1	1140	1140
- Bags/Sacks sealing machine	1	0	0
- Fire fighting system	1	1900	1900
- Miscellaneous	5%	1462	1462
TOTAL			58557

Land and buildings

Item	Area (m2)	Unit cost	Total cost
- Land	2000	0	0
- Site preparation	1	0	0
- Site fencing and development	1	0	0
- Production hall and office	200	0	0
- Storage facility	100	0	0
- Workshop	20	0	0
- Facilities	20	0	0
- Miscellaneous (maintenance of existing facility)	1	10000	10000
TOTAL			10000

Manpower cost

Description	Number	Salary (/month)	Total (/month)	Total (/year)
A Indirect labour:				
- General manager	1	350	350	4200
- Production manager	Option	0	0	0
- Financial manager	Option	0	0	0
- Personnel manager	Option	0	0	0
- Accountant	1	170	170	2040
- Storekeeper	1	120	120	1440
- Secretary	Option	0	0	0
- Clerk	Option	0	0	0
- Driver	1	100	100	1200
- Guard	2	70	140	1680
TOTAL A	6		880	10560
B Direct labour:				
- Labour supervisor	1	150	150	1800
- Agglomerator operator	9	110	990	11880
- Hammer mill operator	6	110	660	7920
- Molasses solution preparation	2	110	220	2640

- Briquettes conditioning unit	2	110	220	2640
- Maintenance crew (one mech. and one elect.)	2	200	400	4800
- Unskilled labour	10	80	800	9600
TOTAL B	32		3440	41280
TOTAL A + B				51840

Rolling stock

Item	Number	Unit Cost	Total
- Pick-up	1	34500	34500
- Lorry	0	100000	0
TOTAL	1		34500

Furniture

Item	Unit	Unit cost	TOTAL
- General manager office	Set	300	300
- Production manager office	Option	0	0
- Financial manager office	Option	0	0
- Personnel manager office	Option	0	0
- Office table	3	30	90
- Desk chair	5	10	50
- Arm chair	3	25	75
- Typewriter	1	2000	2000
- Cabinet	2	50	100
- Cupboard	1	50	50
- Safe	1	2000	2000
- Heater	Option	0	0
- Calculating mech.	1	50	50
- Miscellaneous	1	1000	1000
TOTAL			5715

Annual electricity and water cost

Description	Quantity	Unit cost	Total
- Electricity (kWh)	50000	0	5000
- Water (m3)	1128	0	220
TOTAL			5220

Annual cost of fuel, lub. Oil and grease

Description	Quantity	Unit cost	TOTAL
- Fuel (gas oil) - (liters)	3667	0	1547
- Lub. oil (liters)	96	2	230
- Grease (kg)	50	3	170
TOTAL			1948

Project development and technical assistance costs

Description	Total
A Technical assistance (offered by bilateral or international donor)	
- Project engineering	0
- Supervision and commissioning	0
- Training	0
SUBTOTAL A	0
B Project development expenses:	
- Installation	5000
- Administration build-up	5000
- Other	2000
SUBTOTAL B	12000
TOTAL A + B	12000

Annual cost of production materials (at full capacity)

Description	Quantity (t)	Unit cost	Total
- Charcoal fines	600	15	9000
- Molasses (including transport)	200	70	14000
- Packing material (Plastic bags, 2 kg capacity)	300000	0	15000
TOTAL			38000

Summary of annual cost of production materials

Production year	1	2	3	4	5
- Factory utilization capacity %	70	80	90	100	100
- Annual cost of production materials	26600	30400	34200	38000	38000

Annual depreciation

Item	Useful life	Depreciation value
- Buildings	15	667
- Machinery and equipment	10	5856
- Rolling stock	5	6900
- Furniture	5	1143
TOTAL		14565

Annual insurance

Item	%	Insurance value
- Buildings	0.4	40
- Machinery and equipment	0.6	351
- Rolling stock	3	1035
TOTAL		1426

Annual repairs and maintenance cost

Item	%	Repairs and maintenance
- Buildings	1	100
- Machinery and equipment	3	1757
- Furniture	10	572
- Rolling stock	3	1035
TOTAL		3463

Summary of annual repair and maintenance cost

	1	2	3	4	5
- Production year					
- Factory utilization capacity (%)	70	80	90	100	100
- Annual repairs and maintenance cost	2424	2771	3117	3463	3463

Initial investment cost

Item	Foreign	Local	Total
- Land	0	0	0
- Buildings and civil work	0	10000	10000
- Machinery and equipment	40990	17567	58557
- Rolling stock	20700	13800	34500
- Furniture	0	5715	5715
TOTAL	61690	47082	108772

Development expenses

Description	Foreign	Local	Total
- Technical assistance	0	0	0
- Administration build-up and others	0	12000	12000
TOTAL	0	12000	12000

Net working capital

Description	Minimum day coverage	Turn-over coefficient	Requirements
A Current assets:			
I Accounts receivable	30	12	9015
II Inventories:			
1 Raw materials:			
- Charcoal	14	26	350
- Molasses	60	6	2333
- Other (packing materials)	60	6	2500
2 Work in progress	6	60	1803
3 Finished product	15	24	4508
III Cash in hand	15	24	4508
SUBTOTAL A			25017
B Current liabilities:			
I Accounts payable	30	12	-9015
SUBTOTAL B			-9015
TOTAL A + B			16001

Total initial investment

Description	Foreign	Local	Total
- Initial fixed investment (fixed assets)	61690	47082	108772
- Development expenses	0	12000	12000
- Working capital		16001	16001
TOTAL	61690	75083	136773

Project finance

Sources	Fixed investment	Working capital	Total
- Short term borrowing (commercial bank)	0	16001	16001
- Long term loan	93057	0	93057
- Equity capital	27715	0	27715
TOTAL	120772	16001	136773

Repayment of long-term loan

Year	Principal	Installment	Interest	Total
1	55834	0	0	0
2	37223	0	0	0
3	0	18611	9306	27917
4	0	18611	7445	26056
5	0	18611	5583	24195
6	0	18611	3722	22334
7	0	18611	1861	20472
TOTAL	93057	93057	27917	120974

Annual cost of production (full capacity)

Description	Annual cost	% of total cost
A Fixed costs:		
- Salaries and wages	51840	41
- Repair and maintenance (50%)	1732	1
- General and administrative costs	2140	2
- Other expenses (10% of total) (including rent of working place)	5571	4
SUBTOTAL A	61282	48
B Variable cost:		
- Production materials	38000	30
- Electricity and water	5220	4
- Fuels, lub. oil and grease	1948	2
- Repair and maintenance	1732	1
SUBTOTAL B	46899	37
TOTAL A + B	108182	85

C Financial costs (interests)	4362	3
D Depreciation	14565	11

TOTAL A + B + C + D (Production cost)	127109	

Production cost per ton	212	

Summary

Period	Construction.....		Start-up.....			Operation at full capacity.....						
Production year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factory utilization capacity (%)	0	0	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100
Annual operating cost			94112	98802	103492	108182	108182	108182	108182	108182	108182	108182
Depreciation			14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565
Interests:												
- Long term loan			9306	7445	5583	3722	1861	0	0	0	0	0
- Bank overdraft			1600	1600	1600	640	160	0	0	0	0	0
Production cost			119583	122412	125240	127109	124768	122747	122747	122747	122747	122747
Production cost/ton			285	255	232	212	208	205	205	205	205	205

Profit and loss accounts

Year 1 = Year of signing contract with supplier of machinery and equipment

Production year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factory utilization capacity (%)	0	0	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100
A Total annual revenue	0	0	168000	192000	216000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
B Total annual expenses:												
1 Annual operating costs	0	0	94112	98802	103492	108182	108182	108182	108182	108182	108182	108182
2 Depreciation	0	0	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565	14565
3 Financial costs:												
- Long term loan	0	0	18611	18611	18611	18611	18611	0	0	0	0	0
- Bank overdraft	0	0	0	0	9601	4800	4800	0	0	0	0	0
4 Interest:												
- Long term loan	0	0	9306	7445	5583	3722	0	0	0	0	0	0
- Overdraft profit	0	0	1600	1600	1600	640	160	0	0	0	0	0
TOTAL B	0	0	138194	141023	153453	150521	146319	122747	122747	122747	122747	122747
Profit or loss before tax (A - B)	0	0	29806	50977	62547	89479	93681	117253	117253	117253	117253	117253
Business profit tax	0	0	0	0	0	0	0	5276	10553	21106	31658	42211
Net profit or loss after tax			29806	50977	62547	89479	93681	111977	106700	96148	85595	75042

Cash flow and calculation of internal rate of return (irr)

Production year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factory utilization capacity (%)	0	0	70	80	90	100	100	100	100	100	100	100
A Cash inflows:												
1 Sales revenue	0	0	168000	192000	216000	240000	240000	240000	240000	240000	240000	240000
B Cash outflows:												
1 Investment costs:												
- Equity funds	16629	11086	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Repayment of long term loan	0	0	18611	18611	18611	18611	18611	0	0	0	0	0
- Interest on long term loan	0	0	9306	7445	5583	3722	0	0	0	0	0	0
- Repayment of bank overdraft	0	0	9306	7445	5583	3722	0	0	0	0	0	0
- Interest of bank overdraft	0	0	1600	1600	1600	640	160	0	0	0	0	0
2 Operating costs	0	0	94112	98802	103492	108182	108182	108182	108182	108182	108182	108182
3 Profit tax	0	0	0	0	0	0	0	5276	10553	21106	31658	42211
TOTAL B	16629	11086	132935	133902	134870	134877	126953	113458	118734	129287	139840	150393
C Net cash flow (A - B)	-16629	-11086	35065	58098	81130	105123	113047	126542	121266	110713	100160	89607
IRR	115%											

Payback period

Year	Net profit	Interests	Depreciation	Gross profit	Investment	Balance at end of year
1	0	0	0	0	136773	
2	0	0	0	0	136773	
3	29806	10906	14565	55277		£1496
4	50977	9045	14565	74587		6909
5	62547	7184	14565	84296		-77387
6	89479	4362	14565	108407		-185794

Payback period is about 4.5 yr (including construction period).