

UNIVERSITÉ DE OUAGADOUGOU
INSTITUT SUPÉRIEUR POLYTECHNIQUE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté en vue de l'Obtention
du Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural
Option: Eaux et Forêts

IMPORTANCE DES EUCALYPTUS DANS LES REBOISEMENTS EN AFRIQUE DE L'OUEST: ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DE LEUR UTILISATION.

VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY
Blacksburg, VA. (U.S.A.)

Décembre 1981

Sawadogo Albert

<u>Table des Matières</u>	Page
Remerciements	1
<u>INTRODUCTION</u>	2
Importance du problème	
Objectives de l'analyse	
Chapitre I.	
<u>GENERALITIES</u>	
A. Les Conditions de l'environnement	5
a) La topographie	5
b) Le climat	5
c) Les sols	8
d) La végétation	9
B. Le Rôle de la Forêt dans le Developpement	10
a) La demande des produits ligneux	11
1) le bois de feu	11
2) les perches et poteaux	14
3) le bois d'oeuvre et de service	14
b) Alternative dans l'utilisation des terres destinées au reboisement	14
c) Les programmes courants de reboisement	15
Chapitre II	
<u>LES PLANTATIONS D'EUCALYPTUS</u>	
A. Les Conditions Générales de sol et de climat requis	18
B. Les Techniques de Plantation	20
C. Croissance et Rendement des Eucalyptus	21
a) Cas de l'Australie	21
b) Autres cas	21

	Page
c) Case de l'Afrique de l'ouest	22
D. Utilisation des Produits de l'Eucalyptus	23
a) Le bois de feu et le charbon de bois	
b) L'industrie	
 Chapitre III	
<u>ANALYSE ECONOMIQUE</u>	
A. Les Coûts de Production	25
a) Les pépinières	26
b) La plantation	26
c) L'entretien	26
d) Coût du terrain	26
B. Analyse de la Valeur Nette Actuelle	31
C. Résumé de l'Analyse de Sensitivité	51
a) Les taux d'intérêt	51
b) Les coûts de plantation	52
c) Les prix des stumps	54
 Chapitre IV	
CRITIQUE DE L'ANALYSE, SUGGESTIONS ET CONCLUSION	
A. Critique de l'Analyse et Suggestions	55
B. Conclusion	58
Annexe	61

Liste des Tables

N°	Titre	Page
1	Temperature moyenne, pluviométrie annuelle et humidité relative dans les climats tropicaux secs de l'Afrique de l'ouest.	7
2	Consommation du bois de feu en Afrique de l'ouest et dans quelques pays.	12
3	Estimation de la consommation du bois de feu par tête d'habitant et estimation de la consommation totale actuelle et future à Bamako, Niamey et Ouagadougou.	13
4	Superficies reboisées et en projet de reboisement dans quelques pays d'Afrique de l'ouest.	16
5	Conditions de sol et de climat convenables à l'Eucalyptus camaldulensis.	19
6	Exploitation de l'essai "provenances" E. camaldulensis de Karma (Niger) à 3 ans (écartement 3m x 3m).	23
7	Trois traitements témoin non irrigué une dose (2500 m ³ /ha) et deux doses (5000 m ³ /ha) à Karma (Niger).	23
8	Coût Total et coût par hectare pour la plantation et l'entretien: Plantation de Wayen, Gonsé et Maro	27
9	Projet de reboisement de Wayen: coût/ha et coût/arbre	28
10	Projet de reboisement de Maro: coûts direct par hectare avant et après amortissement	29
11	Projet de reboisement de Gonsé: coût/ha et coût total	30
12	Valeurs actuelles du coût de dépressage	33
13	Table de référence	35
14 à 22	Tables des valeurs nettes actuelles	36-44

23 à 25	Tables du prix du m ³ de bois	46-47
26	Prix du m ³ de bois pour le projet de Gonsé	50
27	Prix du m ³ de bois pour le projet de Wayen	51
28	Variation de la VNA avec l'augmentation du coût de plantation	54
29	Variation de la VNA avec le prix du m ³ de bois	55

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui directement ou indirectement ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Gratitude est exprimée envers Dr. Klemperer dont l'attention soutenue a permis de mener à bien cette étude.

Reconnaissance est due à Mme Hoskins et à Mr. Weber pour leur aide tant inestimable pour la documentation.

Considération est exprimée envers toutes les personnes qui ont consacré un peu de leur temps pour nous fournir des informations.

Nous sommes particulièrement reconnaissants à:

- Monsieur Jean Barry. Directeur de l'Environnement Urbain (Haute Volta)
- Mr. Gerold Grosenick. USAID (Haute Volta)
- Mr. Tamri. Directeur de la station de recherche forestière (Rabat, Maroc)
- Mr. Dyson. Silviculturiste au Centre d'Agronomie tropical (Costa Rica)
- Mr. George Taylor. Forestry/Ecology Advisor, Ambassade Américaine (Bamako, Mali)
- Le Directeur de l'Institut de Recherche Forestière du Nigeria (Ibadan, Nigéria)

Introduction

Importance du Problème.

Au cours des quelques décades écoulées, la plupart des Etats de l'Afrique de l'ouest ont connu une forte diminution du potentiel forestier dûe principalement à trois facteurs: la pression démographique et ses effets annexes, l'expansion des cultures itinérantes et le surpâturage. L'effet combiné de ces facteurs a engendré une demande de plus en plus accrue pour les produits ligneux et une forte pression sur les terres forestières. Cette pression à son tour cause le problème de plus en plus sérieux de la dénudation et de la dégradation des sols, de la pénurie du bois de feu et de construction.

A cause de la faible productivité de la forêt naturelle et afin de satisfaire la demande des produits ligneux, la politique de la plupart des Etats d'Afrique de l'ouest est de mettre l'accent sur le développement des ressources forestières avec le double but d'accroître leur productivité et d'améliorer leur efficacité en tant qu'agent protecteur. Il a été d'autre part établi que cette politique forestière ne peut aboutir à court terme que par le canal de reboisement intensif avec l'utilisation d'espèces exotiques.

Objectifs de l'étude.

Cette étude se donne pour objectif l'analyse économique des reboisements industriels en Afrique de l'ouest. Il existe très peu d'information relative à l'aspect économique de ces plantations. On trouve quelques données sur les coûts d'établissement des plantations mais ces données sont rassemblées de telles différentes manières qu'il est

presqu'impossible de faire de valables comparaisons entre différents pays.

Dû au fait que la plupart des plantations sont récentes, peu d'entre elles ont fait un cycle complet de rotation et de ce fait il n'existe presque pas de données sur les rendements ou, quand il en existe, elles sont exprimées dans les monnaies locales, ce qui augmente la difficulté de comparaison. De ce fait, l'analyse économique de ces plantations est un exercice plutôt hautement spéculative. Néanmoins il serait inexact de prétendre qu'un effort ne devrait pas être fait dans ce sens. Les résultats d'une telle analyse peuvent, certes, être entachés d'erreurs mais ils donnent une idée de la viabilité économique des plantations.

A la lumière de ce qui vient d'être mentionné, la section "analyse économique" de cette étude se limitera au cas particulier de la Haute Volta, avec l'accent mis sur les plantations d'eucalyptus. Les eucalyptus, spécialement l'Eucalyptus camaldulensis, sont les espèces exotiques les plus utilisées dans les reboisements en Haute Volta. L'étude examinera donc la rentabilité économique de ces plantations en supposant qu'elles sont aménagées à produire de façon continue et soutenue et en gardant en vue la contrainte que les plantations doivent être coupées autour de l'âge de six ans dû au fait qu'au de là de cet âge les arbres commencent à dépérir d'eux mêmes.

Nous divisons l'étude comme suit:

Dans le premier chapitre nous examinerons les conditions de l'environnement en Afrique de l'ouest et le rôle que joue la forêt dans le développement. Le deuxième chapitre sera consacré aux techniques de plantation, aux rendements et aux utilisations possibles des produits

de l'eucalyptus. L'analyse économique des projets de reboisement en Haute Volta sera traité dans le troisième chapitre alors que le quatrième chapitre résumera les critiques de l'analyse, les suggestions et la conclusion.

(Note: Les chiffres entre parenthèses dans le texte correspondent au numéro d'ordre des références citées.)

Chapitre I

GENERALITES

A. Les conditions de l'environnement

a. La topographie

Dans l'ensemble, le caractère prédominant dans le relief de l'Afrique de l'ouest est celui d'une plaine interrompue par quelques élévations telles que le plateau de Jos, les montagnes de l'Atakora et Fouta Djalon.

b. Le climat

C'est le principal facteur déterminant le type de végétation naturelle et la convenance d'une région donnée pour un projet de reboisement.

Le climat peut être divisé en cinq principaux types (6) qui se présentent comme suit en ordre croissant d'humidité:

1. Les climats désertiques,
2. Les climats subdésertiques,
3. Les climats tropicaux secs,
4. Les climats tropicaux semi-humides,
5. Les climats tropicaux humides.

Les climats désertiques et subdésertiques, avec une pluviométrie annuelle variant entre 200 et 400 mm, ne sont pas recommandés pour un reboisement industriel. Les zones des climats tropicaux humides et semihumides sont couvertes d'une abondante végétation naturelle. La

production d'eucalyptus ou autre espèce exotique dans ces zones serait difficilement justifiable. Pour les besoins de cette étude nous sommes essentiellement intéressés aux climats tropicaux secs.

Les climats tropicaux secs

Le climat type est le climat sahélo-soudanais avec ses trois variantes: le climat sahélo-sénégalais, guinéen-basse Casamance et sahélo-côte sénégalaise.

Caractéristiques de ces climats.

La pluviométrie.

Les pluies sont causées par deux principaux mouvements de masse d'air: une masse d'air continental sec soufflant vers le nord et une masse d'air maritime humide soufflant vers le sud. Ce dernier apporte les pluies et détermine les saisons; saison sèche et la saison pluvieuse.

De la latitude 9°Nord vers le nord il y a une seule saison de pluie. Au sud de cette latitude il y a deux saisons de pluie bien distinctes. Un aspect très important de la pluviométrie est la variation qu'il peut y avoir d'une année à l'autre. Cette variation est plus accentuée à l'intérieur de la région et particulièrement au nord où des variations de 50 pour cent ne sont pas rares.

	Soudano-sahélien	Sénégalosahélien	Quinéen-basse casamance
<u>Température (celcius)</u>			
moyenne annuelle	26° à 31.5°	26.5° à 28.3°	25.2° à 26.3°
moyenne annuelle maximum	30.5° à 36.5°	29° à 32°	26.5° à 27.8°
moyenne mensuelle minimum	24° à 28.2°	23° à 23.8°	23.2° à 24.6°
<u>Pluviométrie</u>			
saison pluvieuse	2 à 4 mois	4 à 5 mois	
saison sèche	6 à 8 mois	7 à 8 mois	
index de pluie	400 à 1200 mm	500 à 900 mm	1200 à 1750 mm
<u>Humidité</u>	40 - 70	70 - 80	90

Tableau 1:

Température moyenne, pluviométrie annuelle et humidité relative dans les climats tropicaux secs de l'Afrique de l'ouest.

Source: FAO 1976

c. Les sols

Les opérations de reboisement dans la zone des climats tropicaux secs s'affrontent à deux principaux problèmes: le climat et les sols. Il existe une grande variété de sol dans la zone considérée mais le reboiseur est plutôt concerné par les caractéristiques du sol dans une localité donnée pour un projet de reboisement que par le vaste système de classification des sols de l'ouest Africain. Cependant, selon le rapport de D'Hoore (40), on peut tirer la conclusion suivante:

- les sols les plus communément rencontrés dans les zones soudanienne et guinéenne sont les sols ferrugineux tropicaux. Leur formation semble être favorisée par la pluviométrie (500 à 1200 mm/an) et la nette division entre saison sèche et saison pluvieuse. Plusieurs espèces d'eucalyptus ont donné de bons résultats dans ces zones.

- les sols au nord des sols ferrugineux tropicaux présentent peu d'intérêt pour une production industrielle d'arbres.

- les sols au sud des sols ferrugineux tropicaux ont une grande valeur pour la foresterie.

Dans les conditions relativement arides de la zone tropicale sèche, les propriétés du sol telles que la profondeur et la perméabilité sont les plus importants critères de choix d'un terrain pour un reboisement. La profondeur est quelquefois limitée par une couche granitique qui peut empêcher la pénétration des racines.

d. La végétation

La végétation en Afrique de l'ouest peut être classée en sept types (80):

1. les marécages et végétation côtière.
2. la forêt tropicale humide.
3. la savane guinéenne.
4. la savane soudanéenne.
5. la savane sahélienne.
6. la savane sahélienne.
7. la végétation de montagne.

La savane guinéenne, appelée savane arborée, est la plus étendue de toutes les autres formations. Elle dérive de la destruction continuelle de la forêt dense.

La savane soudanéenne est une formation végétale ouverte avec des espèces forestières du type décidu. Dans la partie sud de la savane soudanéenne, l'isoberlinia se fait remarquer pour son nombre parmi les espèces arborées tandis que l'Hyparrhenia est l'espèce dominante parmi les herbacées. Dans la partie relativement sèche du nord, l'andropogon est l'espèce dominante.

La végétation est plutôt éparse dans les formations sahéliennes. Tandis que le tapis herbacé se caractérise par sa discontinuité dans cette formation végétale, la strate arborée se fait remarquer par son absence. Les acacias sont les espèces caractéristiques du couvert végétal sahelien.

La végétation naturelle en Afrique de l'ouest subit l'influence de trois principaux facteurs: la pluviométrie, le facteur humain et les conditions du sol.

La pluviométrie est de loin le facteur le plus important. Le poids du facteur humain se fait sentir par la destruction progressive du couvert végétal au profit de l'agriculture, l'élevage et à la satisfaction des besoins en combustible, en bois de construction et d'industrie. L'influence du facteur humain se fait surtout sentir autour des principaux centres de population où la pression sur les terres se fait de plus en plus forte. Bien que cette pression ne soit pas très aiguë en dehors des zones urbaines, le taux actuel d'accroissement annuel de la population estimé à 2% (40) laisse prévoir une rapide diminution du capital forestier due au déboisement. En Haute Volta par exemple il est estimé que 50000 à 100000 ha de la forêt naturelle est détruite au profit de l'agriculture, l'élevage ou par les feux de brousse.

B. Le Rôle de la Forêt dans le Développement

L'estimation de 2% d'accroissement annuel de la population en Afrique de l'ouest correspond à un doublement autour des années 2035. Cette croissance démographique associée à l'amélioration du niveau de vie, engendrera une forte demande pour les produits forestiers de tout genre ainsi qu'une forte pression sur les terres.

Autre facteurs tel que la dégradation des sols qui pourrait résulter de la destruction du couvert végétal contribuera à poser le problème aussi bien des produits forestiers que de la fertilité des terres. Le rôle de la forestierie est donc de répondre efficacement et à temps à ces impératifs en pourvoyant tous les avantages dont la société attend d'elle.

a. La demande des produits ligneux

L'exigence de base pour que la forêt puisse remplir son rôle de producteur est l'appréhension claire des besoins présent et futur de la société en produit forestier. Sans cette appréhension, planifier la production ne serait pas plus que faire un travail de devinette et pourrait résulter ou dans un échec de produire ce dont la société a besoin ou dans des erreurs très coûteux et d'autant plus probable que la production en foresterie demande une planification long temps en avance.

Actuellement les principaux produits demandés sont:

1. le bois de feu
2. le bois de construction, poteaux, perches
3. le bois d'oeuvre et de service.

1) Le bois de feu

Aussi bien sous la forme de bois que de charbon de bois, le bois de feu est sans aucun doute le produit forestier le plus demandé en Afrique de l'ouest et joue le rôle le plus important dans la vie des communautés. La plus grande partie du combustible va à des usages domestiques tandis qu'une autre partie est utilisée au niveau des institutions (écoles, hopitaux) et des industries et artisanat (forges, cuisson de briques, séchage de poissons, activités des restaurants, . . .). Il existe très peu de données quantitatives relatives à la consommation de bois de feu et charbon de bois. Ce manque de donnée est principalement dû aux problèmes de mesure. Le cycle entier de la consommation passe peu ou non enregistré et cela dû au fait qu'une minime quantité du bois consommé passe à travers un réseau de commercialisation bien organisé

ou un système de transport qui maintienne un registre. La seule issue pour avoir une idée de la consommation c'est de l'évaluer au lieu où les produits sont consommés (ménager, institutions, hopitaux, artisanans et industries).

La table 2 donne une estimation de la consommation du bois de feu dans huit (8) pays en Afrique de l'ouest.

Pays	Consommation annuelle du bois de feu 1000 m ³
Bénin	2000
Côte d'Ivoire	5200
Haute Volta	3920
Mali	2620
Mauritanie	500
Niger	2320
Sénégal	2220
Togo	<u>1150</u>
Total	19930
Afrique Ouest	110000

Table 2: Consommation annuelle du bois de feux dans quelques pays en Afrique de l'Ouest

Source: FAO, 1973

Il existe une nette distinction entre le taux de consommation des zones rurales et des agglomérations urbaines. Généralement les zones urbaines, comparées aux zones rurales ont un taux de consommation par tête d'habitant plus élevé.

La table suivante donne une estimation de la consommation totale et par tête d'habitant dans trois capitales d'Etat.

	Consommation du bois de feu, m ³ /pers/an	Production de la végétation naturelle, m ³ /ha/an	Population, 1000 habitants	Estimation actuelle de la consommation totale, m ³	Estimation de la population en l'an 2000, (7% accroissement)	Consommation totale en l'an 2000, m ³ /an
1) Bamako	2,22	--	245	543900	948073	2104722.1
2) Niamey	0,58	0,17 à 0,50	125	72500	483710	280551.8
3) Ouagadougou	1,21	0,35	250	302500	967421	1170579.4

Table 3:

Estimation de la consommation du bois de feu par tête d'habitant et de la consommation totale actuelle et future à Bamako, Niamey, Ouagadougou.

Source: 1) Reuben K. Udo (1978), Monty (*Savvdate*).

2) Delwalle, Roederer (1972), Reuben (1978).

3) Deville (1979), Jenny and Sorgho (1980), world Bank (1979).

Alors que la quantité de bois consommé s'accroît de jour en jour dû à la croissance démographique aux niveau des centres urbains, la production annuelle de la forêt naturelle ne cesse de décroître face à la surexploitation des ressources ligneuses.

2) Le bois rond

Suivant en importance quant à la quantité annuelle consommée vient le bois rond. Nous entendons ici par bois rond les perches, les poteaux, le bois de construction. La consommation de ce produit était estimée en 1960 à 6 million de mètre cube par an (40).

3) Le bois de service

Très peu de données exactes existent quant à la consommation du bois d'oeuvre et de service.

b. Alternative dans l'utilisation des terres, destinées au reboisement

Une planification complète de l'utilisation des terres allouant de l'espace pour une production forestière à long terme devrait prendre en sérieuse considération toute autre possibilité d'utilisation des mêmes surfaces assignées à la foresterie. Telles alternatives pourraient bien être l'agriculture, l'agro-sylviculture ou l'élevage. A la lumière de l'épuisement progressif des forêts et de la dégradation continuelle des sols, il est permis de dire que dans un avenir prochain la compétition autour des terres fertiles déjà limitées sera serrée entre les utilisations possibles et dans certains cas la foresterie devra faire place à des besoins plus urgents tels que la production alimentaire.

c. Les programmes courants de reboisement

La plupart des Etats de l'Afrique de l'ouest ont intégré différents programmes de reboisement dans leur plan de développement économique général. Dans ces programmes de reboisement, priorité est donnée aux essences forestières exotiques telles que les Gmelina, neem, cassia, teak et eucalyptus. Les espèces indigènes occupent une proportion encore très réduite dans les plantations et sont surtout au stade expérimental.

La table 4 donne une indication de l'envergure du reboisement dans quelques pays de l'Afrique de l'ouest.

Pays	nombre d'ha plantés	espèces utilisées
Côte d'Ivoire	10000 en fin 1974 dont 3500 ha en region de savane	teak, Anacardium, Gmelina, cassia, neem
Ghana	23208 ha (fin 74) corre- spondant à 7380 ha/an. 3330 ha en savane	teak, Gmelina, Eucalyptus, Anogeissus
Haute Volta	20000 ha prévisions 1981-83	Eucalyptus, Gmelina, teak, cassia, neem
Mali	1500 ha (fin 1978)	pinces, neem, cassia
Niger	—	Eucalyptus, neem, cassia
Nigeria	500 ha/an entre 1960 et 1970.	Eucalyptus, pine, neem
Sénégal	1700 ha/an (previsions)	Teak, Gmelina, Eucalyptus, casuarina, Anacardium
Togo	4500 ha (1974) 1000 ha/an	Eucalyptus, teak, terminalia

Table 4:

Superficies reboisées et en projet de reboisement dans quelques pays en Afrique de l'ouest.

Source: FAO (1976), Jenny and Sorgho (1980)

L'importance accordée à l'eucalyptus dans les reboisements varie suivant les pays. Alors qu'en Haute Volta à peu près la moitié des superficies reboisées est occupé par les eucalyptus, spécialement l'Eucalyptus camaldulensis, au Mali par exemple cette espèce n'est pas utilisée.

Chapitre II

LES PLANTATIONS D'EUCALYPTUS

A. Les conditions générales de sol et de climats requises

Il est communément accepté que l'on peut faire pousser l'Eucalyptus camaldulensis sur des sols pauvres et dans des conditions climatiques sévères. C'est une espèce très plastique qui s'adapte à beaucoup de milieux et, de ce point de vue, sera probablement l'espèce la plus utilisée dans l'avenir. Néanmoins nous faisons la mention que cette espèce est ici à sa limite écologique et ceci pourrait probablement s'expliquer par le fait qu'autour de l'âge de 6 à 7 ans elle commence à dépérir. Cette constatation a d'emblée fixé la rotation pour les plantations qui doivent être coupées quelques temps avant que les arbres ne commencent à mourir d'eux mêmes.

La table suivante donne les conditions de sol et de climat requises pour l'Eucalyptus camaldulensis.

Conditions	Exigences
<u>Climat</u>	
Altitude	0 - 1400 mètres
Pluviométrie moyenne annuelle	250 - 1250 mm
Régime des pluies	été
Saison sèche	4 - 8 mois
Température moyenne maximum (Mois le plus chaud)	28° - 36° C
Température moyenne minimum (mois le plus froid)	10° - 22° C
Température moyenne annuelle	19° - 26° C
<u>Sols</u>	
Texture	léger/moyen/lourd
Réaction	alcalin/neutre
Drainage	saisonnement envahi par l'eau
Autre caractéristique	tolère sols modérément salin

Table 5:

Condition de sol et de climat convenable à l'Eucalyptus camaldulensis.

Source: Derek B. Webb, Peter J. Wood, Julie Smith (1980)

B. Les Techniques de plantation

L'établissement d'une plantation consiste généralement en la sélection d'un site convenable, construction de piste et de pare-feu, préparation du sol, plantation et mise en place d'un système de surveillance et d'entretien.

Dans la sélection du site, la qualité du sol, la facilité d'accès et la proximité des centres de consommation sont des facteurs clés. La préparation du sol, qui généralement prend place avant le début des pluies, consiste au défrichage, à l'andainage, au dessouchage et au sous-solage. Ces travaux sont mécaniques et les machines couramment utilisées sont les tracteurs à chenille ou à roue, les bulldozers et autres légers équipements. La phase de plantation qui se déroule durant la saison des pluies est suivie des activités de sarclage de nettoyage et de protection des plantations entreprises en fin de saison pluvieuse. La phase récurrente des travaux d'entretien des plantations commence la seconde année et consiste généralement au nettoyage autour des arbres.

Antérieurement ou parallèlement aux travaux de plantation se déroulent les activités de production des plants en pépinière. Il existe deux sortes de pépinière. Les pépinières temporaires et les pépinières permanentes. Alors que les pépinières permanentes sont destinées à produire des plants pour une longue période, les pépinières temporaires sont créées pour une superficie bien déterminée à reboiser et sont abandonnées dès que les opérations de reboisement sont terminées. Dans les deux cas les plants sont élevés soit en planche soit en pot. La méthode des pots tend à être utilisée surtout pour les reboisements de moindre dimension ou pour élever des plants qui exigent des soins spéciaux (exemple

de la plupart des espèces indigènes). Pour des opérations de grande envergure il est suggéré que les plants soient élevés en planche et transplantés racine nue (31). Avec l'Eucalyptus camaldulensis cette dernière méthode s'est montrée avantageuse quant au coût de production, au transport des plants et à la rapidité des opérations de reboisement.

C. Croissance et Rendement des Eucalyptus

a. Cas de l'Australie

La plus grande partie du bois en Australie provient des forêts d'eucalyptus (14), qui occupe près de 95% des surfaces totales boisées. L'Australie diffère des autres pays utilisant le bois d'eucalyptus à des fins industrielles en ce sens que les plantations d'eucalyptus en dehors de l'Australie se composent d'à peu près dix différentes espèces qui sont :

E. grandis	E. robusta
E. saligna	E. maculata
E. globulus	E. paniculata
E. camaldulensis	E. viminalis
E. urophylla	

Au contraire ce sont les espèces comme E. regnans, E. delegatensis et E. obliqua qui sont les plus importants dans l'industrie du bois en Australie. L'accroissement annuel de ces plantations était estimé à neuf million de m³ en 1975 (45). Il existe très peu d'information sur les rendements des plantations d'eucalyptus en Australie et des statistiques de rendement pour beaucoup d'espèces sont presque inexistantes.

b. Autres cas.

Le Brésil est le premier pays en ce qui concerne l'utilisation de l'eucalyptus avec plus de 100000 hectares plantés annuellement (38).

Dans ce pays, des rendements de l'ordre de 23 à 30 m³/ha/an ont été enregistrés des plantations d'E. camaldulensis, E. citriodora et E. ténéticornis sur une rotation de huit ans (38). En Israël, l'eucalyptus est presque la seule espèce exotique qui couvre le désert le plus inhospitalier. L'espèce la plus communément utilisée est l'E. camaldulensis à des altitudes allant du niveau de la mer à 500-600 mètres. Le rendement moyen annuel varie de 13 à 27 m³ par hectare pour des plantations d'à peu près 10 ans ().

En Irak des plantations d'Eucalyptus camaldulensis ont donné les résultats suivants:

Location: Plaine de la Mésopotamie
Pluviométrie annuelle: moins de 150 mm
Apport par irrigation: 500 mm par an

<u>Rendements</u> (m ³ /ha/an)	<u>Age</u> (année)
37-----	5
32-----	4
25-----	3
12-----	2

Le Maroc dispose de très vastes plantations d'E. camaldulensis. Cette espèce s'est montrée bien adaptée aux conditions Méditerranéennes semi-aride et aride avec 250 mm de pluie annuelle et des températures diurnes d'été qui peuvent excéder 45-50° C (38).

Sur sol sableux dans la plaine de Rharb, avec une pluviométrie annuelle de 500 mm, il a été enregistré des productions de l'ordre de 100 à 150 m³ par hectare sur plantations de 9 à 12 ans, espacement 3 x 3 et 4 x 2 m (38).

c. Cas de l'Afrique de l'ouest

Les données sur les rendements des eucalyptus en Afrique de l'ouest proviennent surtout des stations d'expérimentation et ne sont pas

de ce fait nécessairement représentatives des conditions réelles de terrain. Les conditions spéciales sous lesquelles les arbres sont élevés dans les stations d'expérimentation -- dimensions réduites des stands, soins particuliers donnés aux arbres -- laissent prévoir des rendements inférieurs dans les conditions réelles de grande plantation. La table suivante donne des rendements de l'Eucalyptus camaldulensis en périmètres irrigués au Niger.

EC provenance	8298	8020	8033	8411	10540	10923	10544
Rendement en st/ha/an	12	16	17	18	28	26	32

Table 6: Exploitation de l'essai "provenances" camaldulensis de Karma (Niger) à 3 ans. (écartement 3m x 3m, 2700 m³/ha)

La table 7 donne des rendements de l'E. albq x camal. 8055.

Traitement	0	1 dose	2 dose
Rendement en m ³ /ha/an	4.6	12.1	12.9
Rendement en st/ha/an	7.0	18.5	19.7

Table 7: Trois traitements témoin non irrigué, une dose (2500 m³/ha) et deux doses (5000 m³/ha) à Karma (Niger).

D. Utilisation des Produits de l'Eucalyptus

a. Le bois de feu et le charbon de bois.

Le bois de la plupart des eucalyptus brûle facilement et laisse relativement très peu de cendre. La plupart des espèces carbonise

facilement et donne du bon charbon. De l'Eucalyptus camaldulensis il peut être obtenu 100kg de charbon par m³ de bois (14). La valeur calorifique d'un bois d'eucalyptus séché au four est à peu près 19800kj/kg mais cette valeur diffère sensiblement suivant le contenu d'humidité du bois.

b. Industrie.

La capacité des plantations d'eucalyptus de fournir des produits de bonne qualité est très grande. Dans plusieurs pays où l'eucalyptus sont plantés, l'attention se tourne de plus en plus vers l'utilisation de jeunes plants d'eucalyptus dans l'industrie du bois. Ces jeunes plants sont essentiellement utilisés dans l'industrie de la pâte à papier. Au Brésil à peu près 80% des plantations d'eucalyptus sont destinées aux industries de pulpe. L'âge de rotation de ces plantations varie de cinq à huit ans (14). Les eucalyptus sont aussi utilisés dans l'industrie des produits de reconstitution du bois. En Australie, cette utilisation est principalement concentrée dans les industries de panneaux de particule et contre plaqués.

Autre utilisation comprend les traverses de rail et clôture.

Chapitre III

ANALYSE ECONOMIQUE

Ce chapitre traite exclusivement des projets de reboisement industriel en Haute Volta et nous y discuterons le problème de rentabilité économique des plantations sur la base des coûts de production et en faisant des suppositions sur les rendements à l'hectare. Compte tenu de l'incertitude sur la future valeur du mètre cube de bois, cette étude ne se donne pas la prétention de déterminer si tel ou tel projet est bon ou faisable mais d'estimer, sur la base des différents coûts de reboisement, le prix du m³ de bois qui justifierait ces coûts. Le coût d'acquisition du terrain est exclu de l'analyse étant donné que les zones de reboisement en considération sont propriété publique.

A. Les Coûts de Production

Les dépenses engagées dans un projet de reboisement varient d'une région à l'autre ou d'un projet à l'autre et sont principalement fonction du type d'opération de plantation. Les dépenses de reboisement vont surtout dans l'acquisition de matériel et d'équipement, dans la production des plans en pépinière, dans l'établissement et l'entretien de la plantation, les salaires du personnel, la coupe et le transport du bois jusqu'au centre de consommation.

Aucune donnée relative aux coûts de la coupe n'étant disponible, notre analyse se limitera à l'estimation des revenus exprimées en valeur du bois sur pied.

a. La pépinière

Les plants peuvent être produits dans une pépinière exclusivement établie pour un projet de reboisement donné ou provenir d'une pépinière extérieure au projet.

Pour le besoin de cette étude, nous considérons que les pépinières ont une gestion autonome et de ce fait nous ne considérons que les coûts des plants achetés par le projet.

b. La plantation

Le coût des opérations de plantation comprend les dépenses en personnel et le coût du travail mécanique qui dérive de l'utilisation de machine pour l'accomplissement de différentes tâches. Cette machinerie comprend les bulldozers, tracteurs, camions et autre léger équipement. Les dimensions d'un projet déterminent l'importance du matériel mécanique impliqué et par voie de conséquence son coût.

c. L'entretien

L'entretien de la plantation est annuel et est fait par une équipe permanente qui accomplit des tâches telles que le gardienage, la surveillance et le contrôle des pare-feu et de la plantation en générale. Une main-d'oeuvre temporaire est engagée pour les travaux annuels de desherbage et nettoyage de la plantation. Des exemples de coût d'entretien sont inclus dans la table 5.

d. Le coût du terrain

Les zones de reboisement sont propriété publique et sont mises à la disposition du projet de reboisement à aucun prix ou à un prix très

dérisoire (2000FCFA par hectare). Mais pour les communautés rurales, les terres renoncées au profit du reboisement représentent un intérêt perdu étant donné que des forêts à multiple buts (fruit, fourrage, cueillette, bois et autres usages) sont transformées en forêt à unique but (provision de bois). Plus loin dans l'étude nous estimerons la valeur réelle d'un hectare de terrain converti en plantation artificielle.

La table suivante donne les coûts de plantation et d'entretien de trois projets de reboisement.

Table 8. Coût total et coût par hectare pour la plantation et l'entretien: Plantation de Wayen, Gonsé et Maro.

Projet	Coût de Plantation FCFA/ha	Entretien FCFA/ha années			Coût total FCFA/ha	Commen- taire
		1ere	2eme	3eme		
Wayen	94007	22510	10105	8352	134978	(1)
Gonsé	195000	15000	--	--	350000	(2)
Maro	169510	48000	23700	8000	249710	(3)

Commentaire:

- (1) Ce coût n'inclut pas l'augmentation du coût horaire de l'utilisation des tracteurs pour la campagne 1980, 1981. Il n'inclut pas non plus le rajustement des salaires des employeurs ainsi que le coût de remplacement des plants morts après la plantation en 1979. Si on ajoute les coûts de l'infrastructure (routes, pépinières et construction), le coût d'un hectare planté revenait à 152855 FCFA.
- (2) Ce coût considère des dépenses d'entretien de la première à la sixième année. Ces dépenses ont été estimées à 60% du coût de plantation.
- (3) Estimation de la Banque Mondiale.

*Sources: A.V.V. Rapport annuel de gestion 1979
Mission forestière allemande, Rapport annuel 1979

Il est difficile de faire des comparaisons entre les différents projets du fait que les répartitions des dépenses ne sont pas décrites de la même façon comme en témoignent les exemples suivants:

		coût/ha FCFA	% du coût total		coût/arbre
Salaires	58,65MD	51.857,36	44,51	.094MD	83,28
Equipement		4.145,74	3,56		6,66
Opération mécanique					
-desherbage	.15h/mec	248,52	.21		.40
-caterpillar	4,78h/mec	29.369,91	25,21	.008h/mec	47,16
Transport					
-camions	39,28KM	3.108,93	2,68	.063KM	4,99
-tracteurs	1,67h/mec	2.073,42	1,78	.0027h/mec	3,33
Prestations		131,34	.11		.22
Coût fixe		24.789,99	21,28		39,81
Approvisionnement en plant		<u>791,32</u>	<u>.66</u>		<u>1,27</u>
Total		116.516,53	100,00		187,12

Table 9: Projet de reboisement de Wayen: coût/ha et coût/arbre

/ha = par hectare

MD = homme-jours

h/mec = machine-heures

Source: A.V.V. Rapport annuel 1979

Activités	coût/ha avant amortissement FCFA	coût/ha après amortissement FCFA
Routes, pare-feu, construction	15.770	20.350
Préparation du sol	57.790	82.870
Extraction du bois	20.800	20.800
Transport du bois	15.050	19.710
Approvisionnement en plant	16.510	25.770
Plantation et entretien: année 1	44.360	48.510
Entretien: année 2	19.400	23.700
Entretien: année 3	<u>7.320</u>	<u>8.000</u>
Total	197.000	249.710

Table 10: Projet de reboisement du Maro: coût/ha avant et après amortissement

Source: Banque Mondiale 1979

	Coût total (1979)	% du coût total	coût/ha
Coût d'investissement			
-matériel durable	12.708,769		31,771,92
-matériel d'usage courant	7,292,788	13,0%	18,231,97
-construction	7.545,746		18,864,36
Coût des activités récurrentes			
-entretien et carburant	63.996,664	31,6%	159.991,66
-encadrement	3.064,400		7.661,00
-personnel local	<u>117.648.532</u>	<u>55,4%</u>	<u>294,121,33</u>
Total	212.256.899	100,0%	530.642,24

Table 11: Projet de reboisement de Gonsé: coût/ha et coût total

Source: Rapport Annuel M.F.A. 1979

B. Analyse des Revenus: Valeur nette actuelle

La validité de l'analyse coût-bénéfice dépend de l'exactitude avec laquelle les coûts et revenus ont été mesurés ou estimés. Dans le cas concret de cette étude, le manque d'information précise sur les revenus suggère plutôt une analyse hypothétique de sensibilité qu'une analyse précise de valeurs disponibles. Dans cette analyse de sensibilité, nous calculerons la valeur nette actuelle d'un hectare de plantation en simulant différentes situations de coûts, revenus, taux d'intérêt et âge de rotation. Pour ce faire, nous escomptons coûts et revenus à un taux d'escompte donné et nous soustrayons la valeur actuelle des coûts qui en résulte de la valeur actuelle des revenus. Un projet de reboisement sera économiquement rentable suivant cette mesure si la valeur nette actuelle (VNA) est positive. Pour les calculs nous utiliserons la formule suivante:

$$(1) \text{ VNA} = \frac{H}{(1+i)^{R-1}} - \frac{C_p}{(1+i)^{4R-1}} - C_p - \frac{a}{i} - \left[\frac{C_d}{(1+i)^{R-1}} - \frac{C_d}{(1+i)^{4R-1}} \right] / (1+i)^2$$

où

H = Revenu par hectare reçu tous les R années.

C_p = Coût de plantation par hectare à l'année zéro et chaque 4R années après.

C_d = Coût de dépressage par hectare tous les deux ans après chaque coupe sauf après plantation chaque 4R années.

a = Coût annuel par hectare.

i = Taux d'intérêt (réel).

R = Âge de rotation.

Le sens des termes:

$\frac{H}{(1+i)^{R-1}}$ = Valeur actuelle de revenu périodique reçu chaque R années à perpétuité. H est exprimée comme $MxRxP$ où m = accroissement annuel moyen exprimé en $m^3/ha/an$,

R = âge de rotation et

P = prix des stumps par m^3 .

$H/(1+i)^{R-1}$ peut donc s'exprimer par $MxRxP/(1+i)^{R-1}$.

$\frac{C_p}{(1+i)^{4R-1}}$ = Valeur actuelle du coût de plantation par hectare tous les 4R années à perpétuité.

$\frac{a}{i}$ = Valeur actuelle du coût annuel par hectare.

$$\left[\frac{Cd}{(1+i)^{R-1}} - \frac{Cd}{(1+i)^{4R-1}} \right] / (1+i)^2 = \text{Valeur actuelle du coût de dépressage.}$$

Nous supposons que les opérations de dépressage ont lieu pendant la deuxième année après chaque coupe à l'exception de chaque 4R^{eme} année. Nous supposons que le cycle de rotation de la plantation est de 20 à 28 années après lesquelles les souches des arbres, après la coupe, sont extirpées et le terrain nettoyé complètement pour être replanté. Durant le cycle de 20 à 28 ans les arbres seront coupés quatre fois et ont laissera les souches rejeter après chaque coupe à l'exception de la quatrième.

Pour le besoin de cette analyse nous supposerons que par soucis de maximiser le rendement en volume par hectare, il n'y aura pas d'opération de dépressage pour la production de bois de feu (voir en annexe les résultats d'expérience de dépressage conduite en Tunisie).

Cette supposition réduit la formule de base du facteur $\left[\frac{Cd}{(1+i)^{R-1}} - \frac{Cd}{(1+i)^{4R-1}} \right] / (1+i)^2$. Cependant, dans le cas de production de perches, de poteaux ou tout autre produit qui exige des opérations de dépressage on devra tenir compte de ce facteur qui, comme on peut le remarquer dans la table suivante, peut avoir un effet significatif sur la valeur nette

actuelle des revenus . Les chiffres dans la table représentent des coefficients multiplicateurs du coût de dépressage.

Taux d'intérêt	Ages de Rotation R			
	5	6	7	8
.04	3.49	2.89	2.46	2.14
.06	2.23	1.83	1.55	1.34
.08	1.59	1.30	1.09	.93
.10	1.21	1.98	.81	.68
.20	.45	.34	.26	.21

Table 12: Valeur actuelle du coût de dépressage

CR = 1FCFA

Si l'on fait abstraction du coût de dépressage, la formule de base se réduit à:

$$(2) \text{ VNA} = \frac{H}{(1+i)^{R-1}} - \frac{C_p}{(1+i)^{4R-1}} - C_p - \frac{a}{i}$$

La valeur nette actuelle exprimée ainsi représente la valeur réelle d'un hectare de terrain nu prêt à être planté et qui rapporterait H francs de revenue chaque R années. Cette mesure peut être utilisée pour déterminer le maximum que l'on pourrait payer pour un hectare de terre dans les conditions précitées.

Pour différentes valeurs de terrain correspondant à différents âges de rotation et à un taux d'escompte donné, la plus grande valeur représente le maximum que l'on pourrait enchérir pour un hectare de terrain. Si nous étions en possession de donnée sur les rendements à l'hectare, nous aurions pu déterminer le meilleur âge de rotation qui résulterait dans la meilleure valeur nette actuelle.

Graphiquement nous aurions eu:

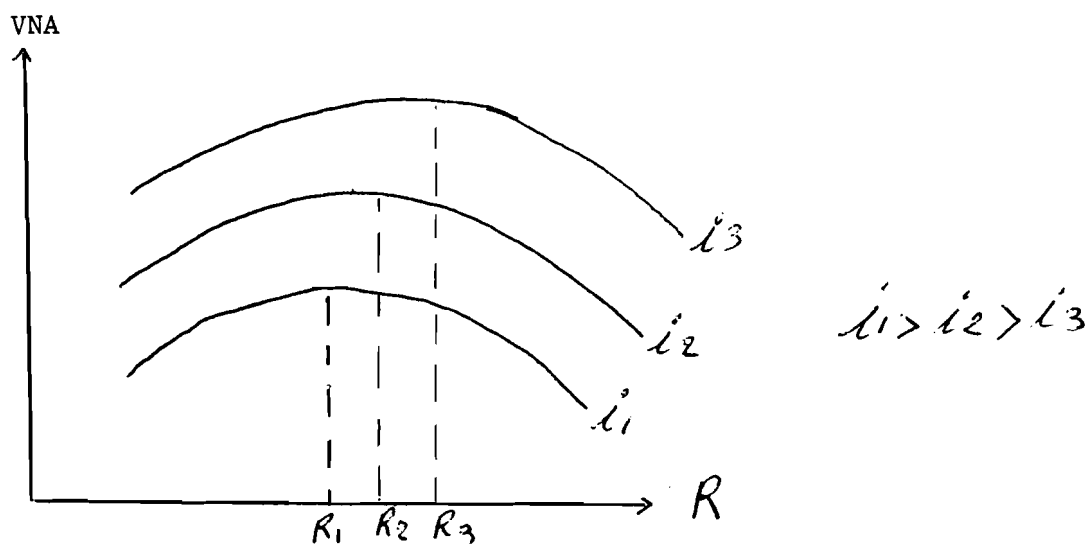


Figure 1: Variation de la VNA en fonction de l'âge de rotation.

Dans l'absence de ces données, nous utiliserons des cas hypothétiques d'accroissement annuel moyen, de coûts de production, de prix du m³ de bois et différents âges de rotation. Pour différents combinaisons de ces facteurs et utilisant la formule (2), les tables suivantes donnent une gamme de valeurs nettes actuelles. La table suivante sert de référence aux autres tables.

Coût de Plantation FCFA/ha	Prix du m ³ de bois FCFA/m ³		
	4500	5500	6500
150000	14	15	16
250000	17	18	19
350000	20	21	22

Table 13: Table de référence indiquant les numéros des tables des valeurs nettes actuelles.

Pour toutes les tables suivantes nous supposons un coût moyen annuel de 18000 francs et pas de frais d'acquisition du terrain.

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-206.667.80	312,595.95	831.853.71	1.351,123.26
	.06	-185.343.14	147,275.11	479.893.36	812,511.61
	.08	-176,268.502	63,435.89	303,140.28	542,844.67
6	.04	-187.122.20	321,692.22	830,513.65	1.339,335.07
	.06	-176.631.60	145.934.32	468,500.23	791,066.14
	.08	-173.051.46	56,980.75	287,012.96	517,045.18
7	.04	-176,523.31	322,002.04	820,527.39	1,319,052.73
	.06	-173.751.96	138,977.47	451,706.89	764,436.31
	.08	-174,024.16	46,618.38	267,260.92	487,903.46
8	.04	-171,431.97	316,943.29	805,318.52	1,293,693.77
	.06	-174,398.02	128,709.81	431,817.64	734,925.47
	.08	-177,437.06	34,096.15	245,629.36	457,162.57

Table 14:

C_p = 15000 FCFA

P = 4500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	- 91,275.86	543 379.84	1,178,035.54	1,812,691.25
	.06	-111 427.97	295,105.44	701,638.86	1,108,172.28
	.08	-123 000.86	169,971.17	462 943.20	755,915.23
6	.04	- 74 057.77	547,835.08	1,169,727.93	1,791,620.77
	.06	-104 950.28	289,296.94	683,544.17	1,077,791.40
	.08	-121 933.19	159 217.29	440,367.77	721 518.26
7	.04	- 65,739.90	543,568.86	1,152,877.62	1,762,186.37
	.06	-104,256.53	277,968.32	660,193.17	1,042,418.02
	.08	-124,992.48	144,681.73	414,355.95	684,030.17
8	.04	- 62,904.14	533,998.94	1,130,902.02	1,727,805.09
	.06	-107,040.72	263,424.40	633,889.53	1,004,354.65
	.08	-130,429.68	128,110.91	386,651.50	645,192.09

Table 15:

VNA pour

Cp = 150000 FCFA

P = 5500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	+ 24 416.08	774.163.73	1 524 211.38	2 274 259.03
	.06	- 37 512.81	442,935.78	923,384.36	1 403 832.95
	.08	- 69 733.22	276 506.46	622 746.13	968 985.80
6	.04	+ 39 013.66	773,977.93	1 508 942.21	2 243 906.48
	.06	- 33 268.97	432 659.57	898 588.12	1,364 516.66
	.08	- 70 814.92	261,453.83	593 722.58	925,991.34
7	.04	+ 45 043.51	765,135.68	1 485 227.85	2,205 320.02
	.06	- 34 761.10	416,959.17	868 679.45	1 320 399.73
	.08	- 75 960.81	242,745.08	561 450.98	880 156.57
8	.04	45 623.70	751 054.61	1 456 485.51	2 161 916.42
	.06	- 39 683.43	398 138.99	835 961.41	1 273 783.83
	.08	- 83 422.30	222,125.67	527 673.64	833 221.61

Table 16:

VNA pour

C_p = 150000 FCFA

P = 6500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-390,622.18	128,641.57	647,905.33	1,167,169.09
	.06	-330,650.74	1,967.51	334,585.77	667,204.02
	.08	-303,583.76	-63,879.37	175,825.02	415,529.40
6	.04	-351,096.27	157,725.15	666,546.57	1,175,367.99
	.06	-309,429.94	13,135.97	335,701.89	658,267.80
	.08	-291,773.92	-61,741.70	168,290.51	398,322.73
7	.04	-326,555.75	171,969.60	670,494.95	1,169,070.29
	.06	-298,072.88	14,665.55	327,385.97	640,115.39
	.08	-287,135.29	-66,492.75	154,149.79	374,792.33

Table 17:

VNA pour

C_p = 25000 FCFA

P = 4500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-275,230.24	359,425.47	994,081.17	1,628,736.07
	.06	-256,735.57	149,797.85	556,331.27	962,864.68
	.08	-250,316.12	42,655.91	335,627.94	628,599.97
6	.04	-238,024.85	383,868.00	1,005,760.85	1,627,653.70
	.06	-237,748.63	156,498.60	550,715.83	944,993.06
	.08	-240,655.65	40,494.84	321,645.32	602,795.81
7	.04	-215,772.34	393,536.42	1,002,845.18	1,612,153.94
	.06	-228,577.45	153,647.40	535,872.25	918,097.10
	.08	-238,103.61	31,570.60	301,244.82	570,919.03

Table 18:

VNA pour

C_p = 25000 FCFA

P = 5500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-159,838.29	590 209.36	1 340 257.01	2 090 304.65
	.06	-182,820.40	297 628.18	778 076.77	1 258 525.35
	.08	-197 048.48	149 191.19	495 430.87	841 670.54
6	.04	-124 953.42	610,010.85	1 344 975.13	2 079 939.40
	.06	-166,067.31	299.861.23	765.789.77	1 231,778.32
	.08	-189 537.38	142.731.38	475,000.13	807 268.89
7	.04	-104,988.93	615 103.24	1 335 195.41	2 055 287.48
	.06	-159 082.02	292 638.26	744 358.53	1 196 078.81
	.08	-189 071.94	129,633.95	448 339.84	767 045.74

Table 19:

VNA pour

C_p = 250000 FCFA

P = 6500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-574.576.56	- 55.312.80	463.950.95	983.214.71
	.06	-475.958.33	-143.340.08	189.278.17	521.896.42
	.08	-430.899.02	-191.194.64	48.509.75	288.214.14
6	.04	-515.063.35	- 6.241.93	502.579.49	1,011,400.91
	.06	-442.228.28	-119.662.37	202.903.55	525,469.64
	.08	-410.496.37	-180.464.15	49.568.06	279,600.28
7	.04	-476.588.19	+ 21.937.16	520.462.51	1,018,987.86
	.06	-422.393.79	-109.664.37	203.065.05	515,794.47
	.08	-400.246.42	-179.603.88	41.038.66	261,681.20

Table 20:

VNA pour

Cp = 350000 FCFA

P = 4500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-459 184.61	175 471.09	810 126.79	1 444 782.50
	.06	-402 043.16	4 490.25	411 023.67	817 557.09
	.08	-377 631.38	- 84 659.35	208 312.68	501 284.71
6	.04	-401 991.93	219 900.92	841 793.77	1 463 686.62
	.06	-370 546.97	23 700.26	417 947.49	812 194.72
	.08	-359 378.10	- 78 277.61	202 922.87	484 073.35
7	.04	-365 804.78	243 503.98	852 812.74	1 462 121.50
	.06	-352 898.37	29 326.48	411 551.33	793 776.18
	.08	-351 214.75	- 81 540.53	188 133.69	457 807.90

Table 21:

VNA pour

C_p = 350000 FCFA

P = 5500 FCFA

a = 18000 FCFA

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)			
		5	10	15	20
5	.04	-343 792.67	406 254.98	1 156 302.63	1 906 350.28
	.06	-328 128.00	152 320.59	632 769.17	1 113 217.76
	.08	-324 363.74	21 875.93	368 115.61	714 355.28
6	.04	-288 920.60	446 043.78	1 181 008.05	1 915 972.32
	.06	-298 865.65	167 062.89	632 991.43	1 098 919.97
	.08	-308 259.83	24 008.93	356 277.68	688 546.43
7	.04	-255 021.36	465 070.80	1 185 162.97	1 905 255.14
	.06	-283 402.94	168 317.34	620 037.61	1 071 757.89
	.08	-302 183.07	16 522.82	335 228.71	653 934.60

Table 22:

VNA pour

Cp = 350000 FCFA

P = 6500 FCFA

a = 18000 FCFA

Dans toutes les tables les valeurs négatives indiquent les cas où la plantation ne serait pas économiquement rentable. Suivant notre hypothèse, un accroissement annuel moyen de 5m³/ha/an résultera en valeur actuelle négative pour tous les âges de rotation et taux d'intérêt à l'exception des cas où nous avons un coût de plantation réduit (150000 francs/ha) associé à un taux d'intérêt faible (4%) et à un prix élevé du m³ de bois (6500 francs). Toujours suivant notre hypothèse, un accroissement annuel autour de 10m³/ha/an et plus pourrait résulter en valeur positive.

Pour les tables précédentes, nous avons fait des suppositions sur le prix du m³ de bois pour calculer les revenus nets par hectare. Dans ce qui va suivre nous déterminerons le prix du m³ de bois en utilisant les mêmes coûts de plantation, taux d'intérêt et âges de rotation. Pour ce faire nous posons l'équation (2) égale à zéro et nous résolvons pour P. A ce "break-even" prix du m³ de bois, la plantation rapportera sur les dépenses exactement le taux d'intérêt indiqué (exclusion faite du coût d'acquisition du terrain).

$$VNA = \frac{MxRxP}{(1+i)^{R-1}} - \frac{Cp}{(1+i)^{4R-1}} - Cp - \frac{a}{i}$$

$$VNA = 0 \Rightarrow \frac{MxRxP}{(1+i)^{R-1}} = \frac{Cp}{(1+i)^{4R-1}} + Cp + \frac{a}{i}$$

$$\Rightarrow P = \left[\frac{Cp}{(1+i)^{4R-1}} + Cp + \frac{a}{i} \right] \frac{(1+i)^{R-1}}{MxR}$$

Pour différents valeurs de termes de cette équation, les tables suivantes donnent une gamme des prix possible du m³ de bois.

Nous supposons des dépenses annuelles de 18000 francs.

R	i	Coût/ha (x 1000 FCFA)			
		150	250	350	450
5	.04	6 291.01	7 885.18	9 479.35	11 073.53
	.06	7 007.51	8 973.38	10 939.25	12 905.12
	.08	7 809.11	10 199.22	12 589.32	14 979.43
6	.04	6 154.96	7 605.08	9 055.20	10 505.32
	.06	6 964.12	8 816.74	10 669.37	12 521.99
	.08	7 885.32	10 207.82	12 530.33	14 852.83
7	.04	6 093.41	7 447.70	8 801.98	10 156.27
	.06	7 000.19	8 789.10	10 578.01	12 366.92
	.08	8 049.22	10 356.12	12 663.02	14 969.92

Table 23:

Prix du m³ de bois

m = 5m³/ha/an

R	i	Coût/ha (x 1000 FCFA)			
		150	250	350	450
5	.04	3.145.50	3.942.59	4.739.67	5.536.76
	.06	3.503.76	4.486.69	5.469.63	6.452.56
	.08	3.904.56	5.099.61	6.294.66	7.489.71
6	.04	3.077.48	3.802.54	4.527.60	5.252.66
	.06	3.482.06	4.408.37	5.334.68	6.260.99
	.08	3.942.66	5.103.91	6.265.16	7.426.42
7	.04	3.046.70	3.723.85	4.400.99	5.078.13
	.06	3.500.10	4.394.55	5.289.00	6.183.46
	.08	4.024.61	5.178.06	6.331.51	7.484.96

Table 24:

Prix du m³ de bois

m = 10m³/ha/an

R	i	Coût/ha (x 1000 FCFA)			
		150	250	350	450
5	.04	2 097.00	2 628.39	3 159.78	3 691.17
	.06	2 335.84	2 991.13	3 646.42	4 301.71
	.08	2 603.04	2 603.04	4 196.44	4 993.14
6	.04	2 051.65	2,535.03	3 018.40	3 501.77
	.06	2 321.37	2,938.91	3 556.46	4 174.00
	.08	2 628.44	3,402.61	4 176.78	4 950.94
7	.04	2 031.14	2,482.57	2 933.99	3 385.42
	.06	2 333.40	2 929.70	3 526.00	4 122.31
	.08	2 683.07	3,452.04	4 221.01	4,989.97

Table 25:

Prix du m³ de bois

m = 15m³/ha/an

Avec un accroissement annuel de $5\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$ un prix du m^3 de bois moins de 6000 FCFA ne couvrirait^{pas} les dépenses selon nos hypothèses. Avec la gamme des prix dans la table 26, le mètre cube de bois issu des plantations serait difficilement compétitif dans le marché local du bois à moins que d'autres mesures telles que des subventions ou le contrôle du marché du bois ne soient prises. Le mètre cube de bois vendu au détaillant à Ouagadougou était estimé à 4700 FCFA en 1979 ().

Un accroissement annuel moyen autour de $10\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$ et plus semble résulter en raisonnables prix du m^3 de bois comparativement aux prix de marché local.

Dans le même ordre de raisonnement que celui fait précédemment, l'analyse appliquée aux plantations de Wayen et Gonsé donne les résultats inclus dans les tables suivantes:

R	i	Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)									
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	.04	7 441.69	5 201.41	5 315.49	4 651.05	4 134.27	3 720.84	3 382.59	3 100.70	2 862.19	2 657.75
	.06	8 343.12	6 952.60	5 959.37	5 214.45	4 635.07	4 171.65	3 792.33	3 476.30	3 208.89	2 979.69
	.08	9 353.99	7 794.99	6 681.42	5 846.24	5 196.66	4 676.99	4 251.81	3 897.49	3 597.69	3 340.71
6	.04	7 249.72	6 041.43	5 178.37	4 531.07	4 027.62	3 624.86	3 295.33	3 020.72	2 788.35	2 589.18
	.06	8 262.82	6 885.69	5 902.02	5 164.27	4 590.46	4 131.41	3 755.83	3 442.84	3 178.01	2 951.01
	.08	9 419.50	7 849.59	6 728.22	5 887.19	5 233.06	4 709.75	4 281.59	3 924.79	3 622.89	3 364.11
7	.04	7 154.17	5 961.81	5 110.12	4 471.36	3 974.54	3 577.08	3 251.90	2 980.90	2 751.60	2 555.06
	.06	8 284.85	6 904.04	5 917.75	5 178.03	4 602.69	4 142.42	3 765.84	3 452.02	3 186.48	3 186.46
	.08	9 597.20	7 997.67	6 855.14	5 998.25	5 331.78	4 798.60	4 362.36	3 998.83	3 691.23	3 427.57

Table 26: Prix du m³ de bois pour le projet de Gonsé

		Accroissement annuel moyen (m ³ /ha/an)									
R	i	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	.04	5,686.56	4,738.80	4,061.83	3,554.10	3,159.20	2,843.28	2,584.80	2,369.40	2,187.14	2,030.92
	.06	6,387.19	5,322.66	4,562.28	3,991.99	3,548.44	3,193.59	2,903.27	2,661.33	2,456.61	2,281.14
	.08	7,173.36	5,977.80	5,123.83	4,483.35	3,985.20	3,586.68	3,260.62	2,988.90	2,758.98	2,561.91
6	.04	5,533.07	4,610.89	3,952.19	3,458.17	3,073.93	2,766.53	2,515.03	2,305.44	2,128.10	1,976.10
	.06	6,319.48	5,266.24	4,513.93	3,949.68	3,510.82	3,159.74	2,872.49	2,633.12	2,430.57	2,256.96
	.08	7,218.03	6,015.02	5,155.74	4,511.27	4,010.02	3,609.01	3,280.92	3,007.51	2,776.17	2,577.87
7	.04	5,455.08	4,545.90	3,896.48	3,409.42	3,030.60	2,727.54	2,479.58	2,272.95	2,098.11	1,948.24
	.06	6,331.79	5,276.50	4,522.71	3,957.37	3,517.77	3,165.90	2,878.09	2,638.25	2,435.31	2,261.36
	.08	7,350.27	6,125.22	5,250.19	4,593.92	4,083.48	3,675.13	3,341.03	3,062.61	2,827.03	2,625.10

Table 27: Prix du m³ de bois pour le projet de Wayen

C. Résumé de l'analyse de sensibilité

Les coûts et revenus que nous avons utilisés tout au long de l'analyse reflètent les valeurs de 1979. Même si ces valeurs étaient exactes, des variations ont pu survenir depuis lors et sans aucun doute surviendront à la longue puisque l'analyse considère les plantations à perpétuité. Comment ces variations affecteront les estimations des valeurs nettes actuelles dépend des facteurs coûts, revenus, taux d'escompte, tous susceptibles de changement. L'analyse de sensibilité a testé les effets de variation des facteurs suivants:

- a) Taux d'intérêt
- b) Coût de plantation
- c) Prix du m³ de bois
- d) Accroissement annuel moyen

- a) Les taux d'intérêt.

Tout au long de l'analyse, nous avons utilisé des taux réels d'escompte pour les différents calculs sans tenir compte de l'inflation. Suivant cette assumption il s'est avéré qu'une augmentation du taux d'intérêt, par exemple en passant de 4% à 8%, a un effet très important sur les revenus. Par exemple, pour un prix du m³ de bois égal à 4500 francs, un âge de rotation de 6 ans et un accroissement annuel de 10m³/ha/an, la valeur nette actuelle par hectare passe de 321,692 francs avec 4% de taux d'intérêt à 56,980 francs avec 8% de taux d'intérêt si le coût de plantation remonte à 150000 francs.

Comme mentionné plus haut, l'analyse n'a pas considéré l'effet de l'inflation. Ceci est dû au fait qu'il est communément admis que, sans taxe, la relation entre les valeurs actualisées des coûts et des

revenues n'est pas affectée par l'inflation. En effet la valeur actuelle reste inchangée qu'elle soit calculée avec un taux réel d'intérêt ou un taux d'intérêt inflationniste (). Par exemple, une somme d'argent investie pour un nombre d'année n et qui grossit par le facteur $(1+i)^n$ sans inflation, augmentera par le $(1+i)^n \times (1+f)^n$ lorsqu'on considère un taux d'inflation f affectant l'investissement. La valeur future d'une somme V_n actualisé en terme constant avec un taux réel d'intérêt est égal à $V_0 = \frac{V_n}{(1+i)^n}$. Avec un taux d'inflation f, le nouveau taux d'intérêt devient $(i+f+if)$. Considérant l'inflation, V_0 devient:

$$V'_0 = \frac{V_n(1+f)^n}{(1+i+f+if)^n} = \frac{V_n(1+f)^n}{(1+i)^n(1+f)^n} = \frac{V_n}{(1+i)^n}$$

La valeur actualisée ne change donc pas avec l'inflation. Cependant, dans le cas où le projet est financé avec un prêt à taux d'intérêt fixe sans indemnité dans les termes de remboursement pour la valeur dépréciante de la somme prêtée, alors l'inflation aura un effet très important sur la rentabilité du projet à l'avantage de l'emprunteur.

b. Augmentation du coût de plantation.

L'effet de l'augmentation du coût de plantation peut être constaté dans les tables de valeurs nettes actuelles. L'exemple suivant donne une idée de la variation de la valeur nette actuelle avec un coût de plantation croissant.

Coût par hectare

i	150,000	200,000	250,000	300,000	350,000
.04	321,692,22	239,708,68	157,725,15	75,741,61	-6,241,93
.06	145,934,32	79,535,14	13,135,97	-53,263,20	-119,602,31
.08	56,980,75	-2,380,48	-61,741,70	-121,102,93	-180,464
.10	2,990,26	-56,659,63	-108,309,51	-163,959,40	-219,609,29
.20	-105,958,15	-156,595,12	-207,232,08	-257,869,05	-308,506,02

Table 28: Variation du VNA avec le coût de plantation

c. Le prix du m³ de bois.

La table suivante donne les variations du revenue par hectare avec une augmentation du prix du bois et un croissant taux d'intérêt.

i	Prix du m ³ de bois				
	3000	4000	5000	6000	7000
.04	-181,489,13	44,653,72	270,796,57	496,939,43	723,082,28
.06	-201,907,97	-58,548,34	84,817,29	228,179,92	371,542,55
.08	-215,096,51	-112,859,97	-10,623,43	91,613,11	193,849,65
.10	-224,956,16	-147,191,73	-69,427,30	8,337,13	86,101,56
.20	-252,549,67	-222,337,95	-192,126,22	-161,914,50	-131,702,77

Table 29: Variation de la VNA avec le prix du m³ de bois

Chapitre IV

CRITIQUE DE L'ANALYSE, SUGGESTIONS ET CONCLUSION

A. Critique de l'analyse et suggestions

Dans le chapitre précédent, nous avons examiné la rentabilité économique des plantations industrielles en Haute Volta en considérant explicitement les coûts associés à l'établissement et à l'entretien des plantations sur la base d'une production continue et soutenue. Utilisant cette approche, nous avons centré l'analyse sur l'estimation des revenus et du prix du m³ de bois. Cependant les coûts associés au développement du projet et le prix du terrain n'ont pas été considérés. Le coût de développement du projet -- coûts relatifs à la planification du projet, relevés de terrain, acquisition de la machinerie -- requis avant l'établissement de la plantation est un facteur très important à être considéré dans de futures études sur la rentabilité économique des plantations. L'exemple suivant donne une idée de l'importance de coût de développement d'un projet.

Exemple de coût de développement: coûts de machinerie.

Tracteur D7G-----	30200000 FCFA
- équipé de	(prix de 1978)
-ripper	
-toit de protection	
-commande hydraulique	
-servo-transmission	
Tracteur D7F-----	21090000 FCFA
- équipé de:	(prix 1975)
-ripper	
-toit de protection	
-transmission mécanique	
Tracteur D6C-----	17626000 FCFA
type angle dozer	(prix 1974)
- équipé de ripper, servo-transmission	

En faisant l'estimation des revenus, l'étude n'a pas considéré le coût du terrain, c'est-à-dire la valeur du terrain dans la meilleure utilisation possible. Des exemples seraient l'utilisation d'une autre espèce d'arbre, un système différent d'aménagement, l'agriculture ou l'élevage. Ce coût serait nul seulement s'il n'existe aucune autre alternative d'utilisation de la même terre ou si cette alternative a des rendements négatifs du point de vue social. La supposition faite précédemment qu'il n'y avait aucun coût relatif à l'acquisition des terres pour le reboisement serait correct dans le sens social des termes seulement si ces mêmes terres ne peuvent supporter aucune autre utilisation plus rentable que la foresterie ou si la législation, qui désigne ces terres pour le reboisement, effectivement et irrévocablement les écarte de toute autre utilisation possible (). Dans le contexte de cette étude, les terres utilisées pour le reboisement représentent un intérêt perdu pour les communautés rurales dans le cas où une forêt à but multiple (fourrage, fruit, agriculture, bois, etc.) est convertie en forêt à unique but (production de bois). Pour des futures analyses sur la rentabilité économique des plantations, il serait plus exact d'estimer et d'inclure le coût de développement du projet de plantation et le coût du terrain dans les calculs. Il faudrait par ailleurs tenir compte des risques possibles associés à l'utilisation des espèces exotiques dans les reboisements. La question à savoir si les plantations forestières avec des espèces exotiques sont indéfiniment soutenables demeure irrésolue (). Une plantation initialement rentable économiquement peut s'avérer ne plus l'être si à la longue il survient une baisse de rendement. Bien qu'en foresterie il est indiscutablement souhaitable que la production soit continue et soutenue, il est possible que la production du bois comme principal but de l'aménagement d'une forêt devrait être restreinte aux

meilleures terres avec les localisations déterminées par les marchés possibles ().

Autres risques tels que la diminution de la qualité des sols ou les maladies sont d'autant plus à considérer que nous sommes dans le cas d'une monoculture avec des espèces exotiques.

Un autre problème relève du caractère uniforme de l'âge des plantations. Les opérations telles que plantation, dépressage, coupe sont faites en un temps fixe et peuvent de ce fait porter atteinte à l'équilibre déjà précaire de l'écosystème si de grandes surfaces de même classe d'âge sont coupées à la fois. La coupe rase changera les conditions de surface du sol de l'influence modificatrice et protectrice de la forêt à la pleine exposition au soleil et à la pluie. En plus de cette modification du microclimat, l'enlèvement répété d'une large proportion de la biomasse représente quelquefois une perte pour l'écosystème d'une quantité importante de substances nutritives pour les plantes. Dans les sols où l'équilibre de ces substances est déjà marginal, cet enlèvement peut être un facteur extrêmement important pour la croissance des arbres qui succèderont (). Le risque de diminution de rendement à la longue est d'autant plus grand pour l'eucalyptus que cette espèce est à la limite écologique de son habitat ().

L'existence de risques est inévitable dans toute prévision. Il est donc nécessaire d'être capable d'évaluer la probabilité que les résultats escomptés soient déviées des prévisions ou d'être capable de tester ce qui adviendrait si telles déviations se produisent et d'ajuster les décisions en conséquence.

B. Conclusion

L'épuisement de la forêt naturelle en Afrique de l'ouest, surtout dans les pays du sahel, est en train de créer dans ces régions une dépendance de plus en plus accrue sur les plantations d'arbres à croissance rapide pour résoudre le problème de pénurie de bois de feu et autres produits ligneux. Avec l'utilisation d'espèces exotiques en pure stand, cultivées en courtes rotations, il est possible que se pose le problème de maintenance du niveau de productivité pour des récoltes successives. Il n'y a pas d'évidence suffisante pour affirmer qu'il y aura diminution de rendement à la longue mais à la lumière de ce qui se passe ailleurs (exemples de forte diminution de rendement en deuxième rotation observée en Australie), il est permis de faire des suppositions dans ce sens surtout dans les conditions de climat et de sol des pays du Sahel. On devrait donc se mettre en garde contre une dépendance totale sur ces plantations (). D'autre part, il devrait être mentionné que les plantations d'arbres à croissance rapide, cultivées en courtes rotations, sont assimilables jusqu'à un certain point aux exploitations agricoles et de ce fait ont besoin d'"inputs" régulièrement pour maintenir le niveau de productivité.

Comme Preston l'a souligné (), on devrait porter aussi l'attention sur le fait que "La question de savoir comment répondre à cette dépendance exclusive sur le bois comme combustible dans les pays en voie de développement devrait être abordée avec précaution. Parce que le bois est actuellement le prédominant combustible ne veut pas dire qu'il restera nécessairement le combustible le plus approprié. Dans le courant des cinq à dix ans qu'il prendrait à une plantation pour produire du bois de feu de dimension commercialisable, il est peut-être

possible d'accroître les revenus dans un domaine donné à un niveau où le kérosène ou autre combustible commercial pourrait être utilisé. Les ressources qui auraient dû être déployées pour créer la plantation pourraient être mieux employées dans l'autre direction."

Pour le cas particulier de la Haute Volta, le pouvoir d'achat du citoyen moyen laisse présager une dépendance sur le bois comme combustible pour encore une longue période. Cependant la survie du capital forestier dépendra essentiellement de la possibilité de trouver des substituants aux bois de chauffe. Des domaines comme l'utilisation de l'énergie solaire, des foyers améliorés, du bio-gaz sont des possibilités à considérer et l'on devrait encourager des recherches dans ce sens. Cette substitution du bois par d'autres sources d'énergie allègera la dépendance sur la forêt pour le combustible ce qui pourrait lui permettre de remplir pleinement son rôle de protecteur et de régulateur dans un écosystème aussi fragile que celui de la Haute Volta.

Dans le chapitre sur l'analyse économique nous avons mis le doute sur la rentabilité économique des plantations. Mais la rentabilité économique des plantations dépend essentiellement du rendement à l'hectare, lequel rendement est fonction de plusieurs facteurs. Comme il a été souligné par Preston (), "la production du bois de feu exige une sélection soignée d'espèces appropriées et un développement de techniques de reboisement convenables aux conditions locales. . . . La meilleure espèce pour le bois de feu peut bien être différente de celle pour les perches ou le bois de construction. D'autre part, une différente approche de densité, d'écartement ou de rotation pourrait être nécessaire pour rendre maximum la production. . . . Dans certains cas, un important critère serait vraisemblablement la jointe production d'autres produits en plus du bois de feu (perches, fourrage, huile, fruits, etc.) ou la

provision d'autres bénéfiques en addition au bois (ombre, abri, etc.)

. . . . La connaissance technique requise est disponible. Cependant beaucoup reste à faire pour l'adapter à des situations données, les contraintes étant aussi institutionnelle qu'économique en nature. Beaucoup reste à apprendre au sujet des quantités de bois utilisées dans différentes situations. Qu'est-ce qui exactement se produirait lorsque les stocks de bois de combustion disponibles commencent à s'épuiser? Quelle solution aux problèmes environnemental, économique et social qui en résultent serait la plus effective et la plus efficace dans une situation donnée? Comment les populations concernées par ces problèmes pourraient être encouragées à supporter la solution adoptée, et de quelle aide ont-elles besoin pour son exécution?"

ANNEXE

Un essai de taillis amélioré d'Eucalyptus camaldulensis.

- Traitements:
1. souche intacte
 2. maintien de 4 rejets par cépée
 3. maintien de 2 rejets par cépée
 4. maintien de 1 rejet par cépée

PRODUCTIONS OBTENUES DANS LES 4 TRAITEMENTS

	Traitements			
	1 Souche intacte	2 4 rejets	3 2 rejets	4 1 rejets
Surface terrière à 1,30m des rejets par souche (cm ²) S_1	230,89	195,06	119,34	78,34
Surface terrière moyen- ne à 1,30m d'un rejet (cm ²) S_1	34,08	48,77	59,67	78,34
Hauteur moyenne (m)	7,2	8,1	8,3	8,3
Coefficient de forme * f	0,68	0,68	0,68	0,68
Volume d'un rejet (m ³) ($v_1 = f.S_1.h$)	0,0167	0,0269	0,0336	0,0442
Volume d'une cèpée (m ³) ($v = f.g.h$)	0,113	0,107	0,067	0,044
Volume total/ha [1000 tiges/ha]	113	107	67	44
Volume/ha/an (m ³) (moyenne sur 5 années)	24,6	21,4	13,5	8,8

*

Trois années après l'opération de dépressage, la mesure du coefficient de forme à l'aide du relascope, nous a permis de constater qu'il n'existe pas de différence significative entre les quatre traitements. Nous avons pris par conséquent, la même valeur moyenne de coefficient de forme pour les 4 traitements.

BIBLIOGRAPHIE

1. Alfred J. Deville, Mars 1979. Le Developpement des Ressources Forestières en Haute-Volta et plus particulièrement celui en cours dans les collectivités Rurales de la Région centrale du Pays. Project PNUD/FAO - UPV/78/004
2. Algvere K. V., 1966. Comparative analysis of costs and Revenues as a requirement of planning for progress in forestry. Comptes Renolus du sixième Congrès Forestier mondial. P.3925
3. Algvere K. V., 1972. Difficultés dans l'évaluation de la contribution de la foresterie au developpement socio-économique. Comptes rendus du septième congrès forestier mondial 4-18 octobre 1972. Vol 5. P 5678
4. Allan T. G. and Akwada, 1976. Land clearing and site preparation in the Nigerian savanna. FAO 1977. P 123-131
5. Arnold J. E. M. and Jongma J. Fuel and Charcoal in developing countries: An economic survey. Unasylva. 29 m° 118. P 3
6. Aubreville, A., 1949. Climats, Forêts et desertification de l'Afrique tropicale. Société d'editions geographiques, maritimes et coloniales.
7. A.V.V., 1979. Rapport de Gestion de la campagne 1979 - Projet Reboisement de Wayen. Autorité des Aménagements des Vallées des Volta.
8. Barrier C., 1978. L'irrigation des arbres forestiers. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger. Janvier 1978.
9. Béat Alexander Jenny with Jeanne Sorgho, May 1980. Recurrent costs of forestry projects in Mali and Upper Volta. CILSS. Club du Sahel.
10. Banque Mondiale, Février 1978. Politique sectorielle Foresterie, Washington, D.C.

11. Barney C. W., A. Y. Goor, Sept. 1976. Forest tree planting in Arid zones.
12. Bertrand A., 1977. Les Problèmes du bois de chauffage et du charbon de bois en Afrique Tropicale. Bois et Forêts des Tropiques, no. 173, p 39
13. Borough, W. D. Incoll, J. R. May and T. Bird, 1978. Yilols statistics. Eucalyptus for wood production CSIRO, Australia, PP 201 et suivante
14. Brown, A. G. and W. E. Hillis, 1978. The need for improved wood production from eucalyptus. Eucalyptus for wood production. CSIRO Australia. P 393
15. Bunn, H. E. and Will G. M., 1973. The influence of management operations on nutrients cycling. FAO/IUFRO International Symposium, P 83
16. Campbell and J. Hartley, 1978. Drying and dried wood. Eucalyptus for wood production. CSIRO, Australia. P 328
17. Clarke, B, 1975. Establishment of eucalypt plantations. Australian Forest industry Journal, P 47-48
18. Carol A. Ulinski, 1979. Fuelwood and other Renewable Energies in Africa. A brief summary of U.S. supported Programs.
19. Carter, W. G., 1971. Growing and Harvesting Eucalyptus on short notations for pulping Australian Forestry. P 214, Vol. 36 n° 3, January 1971.
20. C.T.F.T., 1977. Sylviculture de l'Eucalyptus. Fiche technique, Ministère de l'environnement et du Tourisme, Haute Volta, Mars 1977.
21. C.I.L.S.S. (sans doute). "Plantations péri-ubraines pour la production de bois de chauffe et charbon," Projet CSPV N. 301
22. C.I.L.S.S., 1978. Espèces exotiques principales colloque CILSS/DSE exposé du 21-1-78.
23. C.I.L.S.S., 1979. "Grandes lignes de strategie du Programme revise la satisfaction de la population en produits forestiers et de lutte

contre la désertification." Réunion de l'équipe ecologie et Forêts. Niamey, Niger, Juin 1979.

24. Commonwealth Forestry Review, 1977. Wood Consumption in Nigeria, Comm. For. Rev. P 155-161
25. Commonwealth Forestry Review, December 1980, Rural environment changes cause eucalypts to die. Commonwealth. For. Review, Vol 59(4) n° 182.
26. Dammis Heinsolijk, 1973. Forestry in Southern Brasil. Bulletin 1, 3, 5 and 10 of the Ministry of Agriculture. Rio de Janeiro, Brazil.
27. Dargavel, J. B., 1975. An information system for plantation management. Pims, Eucalyptus. Commonw. For. Rev. 54(1) P 27-37
28. Delwaulle J. C. et Reoderer, 1973. Le bois de feu à Niamey Bois et Forêts des Tropiques, n° 152 P 55
29. Delwaulle, J. C., 1976. Climates and soils of arid and semi-arid savannas of West Africa. Savanna Afforestation in Africa P 20. FAO Symposium on savanna afforestation. Kaduna (Nigeria) 1976.
30. Delwaulle, J. C., 1978. Justification des techniques de plantation. Seminaire Forestier CILSS/DSE Ouaga, Janvier 1978.
31. Delwaulle, J. C. Plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Techniques et espèces à utiliser. Bois et Forêts des tropiques. N° 182, P 3-17, 1978
N° 183, P 3-17, 1979
N° 184, P 45-59, 1979
N° 185, P 3-23, 1979
32. Derek B. Webb, Peter J. Wood, Julie Smith. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. Commonwealth Forestry Institute, Tropical Forestry Papers N° 15, P 108
33. Eckholm, E. P., 1975. The other energy crisis; Firewood. Worldwatch Paper n° 1 22p.

34. Eckholm, Erik, 1979. Planting for the future: Forestry for Human needs. Worldwatch Paper 26. Washington, D.C., Worldwatch Institute.
35. Ernst, Elizabeth, 1978. Fuel consumption Among Rural Families in Upper Volta, West Africa. Paper for Eighth World Forestry Congress, Jakarta, Indonesia, October 1978.
36. Ferguson, I. S. and J. B. Dargavel 1975. Forecasts based on econometric analysis. Forestry and wood-based industries conference, pp. 35-42. (Australian Government Publication service: Canberrce)
37. Florence R. G. and K. R. Shepherd, 1975. The role of the eucalyptus Forests in wood production. Australian Forestry. P 100 Vol 38 n° 2 Sep 1975.
38. FAO Sep 1955. Eucalypts for planting, FAO Forestry and Forest, products studies pp. 35, 71.
39. FAO 1974. An introduction to planning forestry development. FAO, Rome 1974, pp 64, 64, 70.
40. FAO 1974. Tree Planting practices in African Savannas. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1974.
41. FAO 1977. Special techniques for problem areas in Savanna afforestation in Africa. F.A.O. Repport 1977 N° For:TF-RAF 95, vi + 312
42. FAO, March 1977. Information Mission on Forest operations in Africa. FAO, Rome 1977, pp 6, 10.
43. FAO, 1978. Forestry for local community development. FAO forestry paper 7, Rome 1978.
44. FAO, 1979. Economic Analysis of forestry projects. FAO Forestry Paper 17.
45. Forwood, 1975. Report on the forestry and wood-based industries development conference 1974. Australian Government Publication Service (Canberra).

46. Gabriel Tucker, Sani Argi, Maidaji A. 198. Rapport d'évaluation des réalisations Forestières au Niger. Min. du Dév. Rural Direction des Eaux et Forêts. Niamey, Juin 1980.
47. Gary, S. Hartshorn 1980. Ecological implications of tropical plantation forestry. Tropical Science Center 16p.
48. Gregory Robinson, 1972. Forest Resource Economics. P. 286.
49. IEDES 1979. Méthodologie de la planification guide d'évaluation économique et financière des projets forestiers.
50. Iyamaho, D. E. and Ojo G. O. A., 1971. Plantation establishment techniques in the Savanna areas of Nigeria. Research paper 10 Savanna Series, Samaru 1971.
51. Jakson, J. K., 1973. Provenance trials of Eucalyptus camaldulensis in the savanna region of Nigeria. Research Paper (Savanna Series) N° 14, 22 pp
52. Jackson, J. K., 1976. Nursery cultural practice. Savanna Afforestation in Africa, FAO 1977, p. 97
53. James Preston, March 1979. Fuelwood and charcoal. Commonwealth Forestry Review, Vol 58(1), N° 175.
54. James T. Thomson, September 1979. Public choice analysis of institutional constraints on firewood production strategies in the West African sahel. Public choice and Rural Development, Washington, D.C. September 1979.
55. John S. Spears, 1979. Can the Wet Tropical Forest Survive? Commonwealth Forestry Review Vol 58(3), p. 165-172, September 1979.
56. Josephson, H. R., 1937. Economic Research and Forest planning. Journal of Forestry, 35(8) pp. 744-6, August 1937.
57. Julian Evans, 1976. Plantations: Productivity and Prospects. Australian Forestry, N° 39(3) P 150-163.

58. Kaplan, J. 1974. The ecology of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. in Israel. La-Yaaran, 1974, Summary.
59. Khattak, G. M., 1977. Survival and growth of *Eucalyptus camaldulensis* and *Ceratonia siliqua* in Pakistan. Pakistan Journal of Forestry, p. 25-28.
60. Klemperer, W. D., 1979. Inflation and Present Value of Timber Income after Taxes. Journal of Forestry, Vol 77 N° 2 February 1979.
61. Knockaert C. et Rondeux J., September 1978. Tarifs de Cubage pour l'*Eucalyptus camaldulensis* (Peuplement de première generation) et Pour le *Pinus Pinaster* var. *atlantica* en Foret de Mamora. Annales de la Recherche Forestière au Maroc.
62. Knockaert C. et Ait Hamou B., 1979. Tarifs de cubage pour l'*Eucalyptus camaldulensis* origine Lake Albacutya. Annales de la Recherche Forestière au Maroc.
63. Kolade Adeyoju, S., 1980. The Future of tropical Agroforestry Systems. Commonwealth Forestry Review, Vol 59(2) P 155-161.
64. Kunkle, S. H. and A. J. Dye, 1979. The effects of Forest clearing on soils and sedimentation. Paper for the conference on Agricultural Hydrology and Watershed Management in the Tropics, International Institute of Tropical Agriculture. Ibandan, Nigeria, November 1979.
65. Laurie, M. V. Tree planting practices in african savannas. FAO Forestry development paper n° 19, pp. 10, 15, 21.
66. Macmillan, W. P. 1978. Reconstituted wood products. *Eucalyptus* for wood production. CSIRD, Australia. P 317, 319, 320
67. Meyer, K. R., 1972. Le Developpement des industries forestière en Afrique et leur contribution à la croissance économique. Comptes rendus du septième contrès forestier mondial. Vol 5 p 6721.

68. Mohamed Larbi Charkroun. Peut-on augmenter la production des forêts artificielles? Un essai de tailles amélioré d'Eucalyptus camaldulensis.
69. Muthana K. D. and G. D. Arora, 1976. Performance of Eucalyptus camaldulensis on shallow and deep sandy foam of Pali. (W. Rajasthan) Annals of Arid zone. P 297-300
70. Nana François, 1981. Techniques sur les Différentes operations du reboisement, Direction de l'aménagement Forestier et du Tourisme, Haute Volta, May 1981.
71. Ogigirigi, M. A., 1974. Effect of repeated cycles of water stress on the growth of seedlings of selected species of Eucalyptus and Kaya senegalensis. Federal Dept. of Forest Research, 11p.
72. Ogigirigi, M. A., 1976. Climate of the Guinea an Sudan savannas of West Africa. Savanna Afforestation in Africa p. 9. FAO Symposium on savanna afforestation Kaduna (Nigeria) 1976.
73. Ojo, G.O.A., 1976. Establishment techniques for Eucalypts. Savanna Afforestation in Africa, p. 251.
74. Ojo, G.O.A. and Iyamaho D. E., 1976. Species and provenance trials in Nigeria. FAO 1977, p 45-50
75. Ordonnance n° 69/014/Press/MFC/Don portant création de cinq régions et fixant les prix d'alienation des terrains et la redevances en Haute Volta. 28 Mars 1969.
76. Page M. W., 1978. Production of sawn wood from small Eucalypt logs. Eucalyptus for wood production CSIRD, Australia. P. 322
77. Poulsen, G., 1978. Man and Tree in Tropical Africa. Paper IDRC n° 101. Intern. Devel. Research Center. Ottawa, Canada.
78. Pryor, L. D.; Chadler, W. G.; Clarke, B, 1970. The establishment of Eucalyptus plantations for pulpwood production in the Coffs Harbour region of new South Wales. Forest Bulletin no. 1.

79. Pryor, L. D., 1978. Aspects of the growth of eucalyptus in Brazil.
Saad publications.
80. Reuben, K. Udo, 1978. A comprehensive Geography of West Africa. pp. 3-22.
81. Shafiq, V; Abou D., Effects of different transplanting media on growth of
E. camaldulensis Dehn, Pinus brutia and Casuarina equisetifolia.
Mesopotamia Journal of agriculture. V. 13(2) 1978, p. 167-178.
82. Siddiqui, K. M.; Kahn, M. 1979. Results of 10-year old Eucalyptus camaldulensis Dehn. provenance study at Peshawar. Silvae genetica
Vol 28(1) p 24-26.
83. S.A.E.D. Août 1976. Les besoins en bois de chauffe de Ouagadougou. Le
Developpement Voltaigue.
84. Uppin, S. F. 1969. Exotic Eucalypts and their Yields. Indian Pulp
and Paper February 1969.
85. Uppin, S. F., 1978. Why Condemn Eucalyptus? My Forest V.14(4) Dec 1978,
p. 261-263.
86. Vaux, H. J., Madrid 1966. Economics for forest management decisions.
Capabilities and limitations. Comptes rendus du sixième congrès
forestier mondial. P 3876
87. Venkatesh, C. S.; Sharma, V. K. , 1977. Rapid growth rate and higher yield
potential of heterotic Eucalyptus species hybrids. Indian Forestry
Vol 103 P 795-802, December 1977.
88. Weinstabel, Peter E., 1980. Rapport Annuel, 1979. Mission Forestière
Allemande, Mars 1980.
89. William A. Hance, February 1975. The Geography of Modern Africa, p. 173.
90. Yaivo Komla, 1976. Savanna afforestation in Ghana, FAO 1977, p 309.