



# Production de bois d'œuvre issu des systèmes agroforestiers caféiers au Costa Rica

Mémoire de fin d'études  
Axelle Boulay, 12<sup>e</sup> promotion, 2001-2004  
CIRAD, CATIE, Costa Rica, 14/08/2004

## FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE FIF

|   |  |
|---|--|
| F.I.F. - E.N.G.R.E.F.   | <b>TRAVAUX<br/>D'ÉLÈVES</b>  |
| <b>TITRE : Production de bois d'œuvre<br/>issu des systèmes agroforestiers caféiers au Costa Rica</b> | <b>Mots clés</b><br>Agroforesterie, café, ombre,<br><i>Cedrela odorata</i> , <i>Cordia alliodora</i> ,<br><i>Eucalyptus deglupta</i> |
| <b>AUTEUR(S) : Axelle BOULAY</b>  | <b>Promotion</b><br>2001-2004  |
| <b>Caractéristiques</b> : 1 volume, 80 pages et 5 annexes (pages 85 à 103)                            |  |

|  |  |
|--|--|
| <b>CADRE DU TRAVAIL</b>  |  |
| <b>ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : CIRAD Montpellier</b>   |  |
| Nom du responsable : <b>Jean-Michel Harmand</b><br>Fonction : Enseignant- Chercheur, Agroforesterie, CIRAD Montpellier     |  |
| Nom du correspondant ENGREF : <b>Raphaël Manlay</b>  |  |
| Tronc Commun <input type="checkbox"/>  | Stage entreprise <input type="checkbox"/>              |
| Option <input type="checkbox"/>  | Stage étranger <input type="checkbox"/>                |
| Spécialité <input type="checkbox"/>  | Stage fin d'études <input checked="" type="checkbox"/> |
| Autres <input type="checkbox"/>  |  |
| Date de remise : 16/08/2004  |  |
| Contrat Junior Entreprise <span style="margin-left: 150px;">OUI</span> <span style="margin-left: 150px;"><u>NON</u></span> |  |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>SUITE A DONNER (réservé au service des études)</b>        |                      |
| x- diffusable.   |                      |
| <input type="checkbox"/> - confidentiel de façon permanente. |                      |
| <input type="checkbox"/> - confidentiel jusqu'au             | / / puis diffusable. |

## Résumé

Les systèmes agroforestiers sont économiquement moins hasardeux et plus durables que la monoculture caféière. Dans la région centraméricaine et spécialement au Costa Rica, ils permettent de diversifier le revenu des exploitations par la production de bois d'oeuvre, et contribuent à diminuer la pression qui s'exerce sur les forêts. Dans les conditions suboptimales qui prédominent dans cette région, les arbres d'ombrage jouent un rôle primordial dans la régulation du microclimat, la durabilité des caféières, et la qualité du café. Afin de renforcer leur adoption, il convient de mettre à leur disposition des outils d'aide à la décision et des incitations pour assurer des revenus maximaux.

Certains arbres producteurs de bois d'oeuvre sont traditionnellement cultivés dans les caféières : *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* et *Eucalyptus deglupta*. Cependant l'importance que peuvent représenter les revenus de leur vente pour les producteurs est trop souvent négligée. Cette étude vise à recenser les possibilités de mises en marché des bois et les meilleures alternatives possibles en fonction du contexte économique de la production de café.

## Abstract

Agroforestry systems appear to be economically less risky and more sustainable than coffee monocultures. In the region of Central America and especially Costa Rica, such systems help to diversify farmers' resources of income through timber production, and also reduce the pressure on forests. Under the prevailing sub-optimum conditions in the region, shade trees are crucial in regulating the microclimate and ensuring coffee plantation sustainability and coffee quality. To encourage their adoption by coffee farmers, it is important to offer decision support tools and incentives to ensure maximum rewards.

Some timber trees are traditionally cultivated in coffee plantations: *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* and *Eucalyptus deglupta*. However the part that can represent the selling of this wood for coffee producers is very often under-estimated. This study aims at listing the possibilities of wood marketing and the best possible options in the special economic context of coffee production.

## Resumen

Los sistemas agroforestales pueden resultar económicamente menos arriesgados y más duraderos que el monocultivo de café. En la región centroamericana y especialmente en Costa Rica, estos sistemas permiten diversificar el ingreso de las fincas con la producción de madera, y por eso contribuyen a disminuir la presión que se ejerce sobre los bosques. En las condiciones suboptimales que predominan en esta región, los árboles de sombra juegan un papel primordial en la regulación del microclima, la durabilidad de los cafetales y la calidad del café. Con el fin de consolidar su adopción, es conveniente proponer herramientas de ayuda a la toma de decisión y medidas incitativas para permitir una mejor retribución.

Algunos árboles maderables son tradicionalmente cultivados en cafetales: *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* e *Eucalyptus deglupta*. Sin embargo, la importancia que pueden tener los ingresos de la venta de madera son muy a menudo desconocidos. Este informe sirve para conocer las posibilidades de comercialización y las mejores alternativas posibles en el contexto de la producción de café.

## Résumé détaillé

Le modèle de monoculture intensive du café sans arbres d'ombrage, développé depuis les quarante dernières années en Amérique centrale, a permis de faire d'importants gains en productivité. Néanmoins, sa viabilité économique dans le long terme est remise en question à cause des variations des prix du café et de l'augmentation des prix des intrants chimiques.

Les travaux conduits par le Catie et le Cirad montrent que les systèmes agroforestiers, moins consommateurs d'intrants, incluant caféiers et arbres d'ombrage, sont mieux adaptés aux possibilités financières et aux besoins des petits agriculteurs, et sont susceptibles de produire de façon plus durable du café et des productions variées comme du bois d'oeuvre.

Certains arbres producteurs de bois d'oeuvre sont traditionnellement cultivés dans les caféières. Cependant l'importance que peuvent représenter les revenus de leur vente pour les producteurs est trop souvent négligée. Cette étude vise à décrire les filières de commercialisation de ces bois.

La demande en bois d'oeuvre est forte ; les possibilités de mises en marché des bois selon le niveau de transformation ont été recensées. Deux cas ont été plus particulièrement développés :

- la filière production de bois de menuiserie issu de *Cordia alliodora* et *Cedrela odorata* auprès de scieries, de producteurs ;
- la filière production de palettes de bois d'*Eucalyptus deglupta* : Evaluation du rendement en fonction de la taille des produits traités (aspect technico-économique).

Depuis 1985, les prix des bois précieux ont beaucoup augmenté. Les prix respectifs du bois de cedro et de laurier commercialisés au Costa Rica ont été multipliés par 6,3 et 5,7 entre 1985 et 2004.

Les meilleures alternatives possibles en fonction du contexte économique de la production de café ont été identifiées. D'une part, en louant les services de coupe et de transport, le propriétaire augmente ses bénéfices par rapport à la vente du bois sur pied et ce quelque soit l'essence. Par exemple son revenu augmente de 40% dans le cas du cedro, et de 100% dans le cas du laurier.

D'autre part, l'importance des revenus nets du bois par rapport à ceux du café varie entre 10 et 33% selon les essences, les sites et les produits. Les calculs sur l'importance des revenus du bois par rapport à ceux du café, ont montré l'intérêt de la vente de planches ou de perches ou poteaux d'*Eucalyptus deglupta* dans le contexte global du système de culture avec une proportion des revenus nets du café de 25 à 33%. Cette compétitivité de l'eucalyptus par rapport aux autres essences (cedro et laurier) s'explique par une production de bois équivalente au moins au double de celle de ces dernières et une rotation deux fois plus courte.

Pour le cedro et le laurier, la part des revenus du bois par rapport à ceux du café varierait de 10 à 23% et pourrait augmenter avec la location des services de coupe et de transport du bois par le producteur. D'autre part, si le bois des essences précieuses continue à augmenter, leur utilisation sera plus rentable et leur débouché plus facilement assuré à un prix rémunérateur que celui des eucalyptus soumis davantage à la concurrence des marchés extérieurs.

De plus, il apparaît que la compétitivité de cette filière est pour partie déterminée par une augmentation de la production qui permettrait des économies d'échelles notamment sur le processus de transformation de l'aval ou l'exploitation. Or les incitations aux producteurs, compte tenu du fonctionnement de cette filière, restent faibles et peu

organisées. Il semble nécessaire d'améliorer l'environnement informationnel (technique, commercial, organisationnel) des producteurs afin de créer un contexte plus favorable à une augmentation compétitive de la production.

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| INTRODUCTION.....   | 10        |
| <b>1. SITE D'ÉTUDE ET MÉTHODES.....</b>   | <b>14</b> |
| 1.1. SITE D'ÉTUDE .....   | 14        |
| 1.2. CHOIX DES ESSENCES.....  | 15        |
| 1.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....  | 16        |
| 1.3.1. Collecte de l'information .....  | 16        |
| 1.3.2. L'approche filière .....   | 19        |
| 1.3.3. L'eucalyptus.....  | 20        |
| 1.3.4. Le cedro et le laurier.....  | 22        |
| <b>2. INTÉRÊTS ET CONTRAINTES DE L'ASSOCIATION CAFÉIERS-ARBRES PRODUCTEURS DE BOIS D'ŒUVRE .....</b>                    | <b>26</b> |
| 2.1. EFFETS DES ARBRES SUR LA PRODUCTION CAFÉIÈRE ET LA QUALITÉ DU CAFÉ .....   | 26        |
| 2.1.1. Effets sur la production caféière.....   | 26        |
| 2.1.2. Effets sur qualité du café.....  | 26        |
| 2.2. EFFETS ÉCOLOGIQUES DES ARBRES D'OMBRAGE .....  | 27        |
| 2.3. INFORMATIONS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES ESSENCES PRODUCTRICES DE BOIS D'ŒUVRE DANS LES CAFÉIÈRES AU COSTA RICA ..... | 28        |
| 2.3.1. Le cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ).....   | 28        |
| 2.3.2. Le laurier ( <i>Cordia alliodora</i> ).....  | 30        |
| 2.3.3. L'eucalyptus ( <i>Eucalyptus deglupta</i> ).....   | 32        |
| 2.3.4. L'amarillón ( <i>Terminalia amazonia</i> ).....  | 34        |
| 2.3.5. Le terminalia ( <i>Terminalia ivorensis</i> ).....   | 35        |
| 2.3.6. Comparaison des différentes essences .....   | 36        |
| 2.4. GESTION SYLVICOLE DE L'ASSOCIATION CAFÉIERS-ARBRES DE BOIS D'ŒUVRE .....   | 37        |
| 2.4.1. Planter à une faible densité .....   | 37        |
| 2.4.2. Réaliser des élagages.....   | 38        |
| 2.4.3. Pratiquer un éhoupage régulier.....  | 38        |
| 2.4.4. Adapter la durée de rotation aux essences.....   | 39        |
| 2.5. OPPORTUNITÉ DE LA PLANTATION D'ARBRES POUR LES PRODUCTEURS DE CAFÉ .....   | 39        |
| 2.5.1. Part des revenus du bois dans le contexte général du système de culture .....                                    | 40        |
| 2.5.2. Accès aux subventions liées au reboisement et au paiement de services environnementaux.....                      | 41        |
| <b>3. ÉTAT DE LA FILIÈRE BOIS D'ŒUVRE .....</b>   | <b>42</b> |
| 3.1. CONTEXTE ÉCONOMIQUE, INSTITUTIONNEL ET RÉGLEMENTAIRE .....   | 42        |
| 3.1.1. Offre et demande en bois .....   | 42        |
| 3.1.2. Demande croissante de bois .....   | 44        |
| 3.1.2. Attitude du gouvernement vis-à-vis de la filière.....  | 46        |
| 3.2. STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DE LA FILIÈRE BOIS .....   | 50        |
| 3.2.1. Le propriétaire.....   | 51        |
| 3.2.2. L'exploitant.....  | 52        |
| 3.2.3. Le dépôt.....  | 52        |
| 3.2.4. Le scieur.....   | 53        |
| 3.2.5. L'ébéniste.....  | 54        |
| 3.2.6. L'acheteur de meubles.....   | 55        |
| 3.3. ÉTAT DE L'INFORMATION .....  | 55        |
| 3.3.1. L'accès à l'information : des organismes au service des producteurs .....  | 55        |
| 3.3.2. Organisation des producteurs pour accéder à l'information sylvicole et commerciale .....                         | 56        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>4. ASPECTS ÉCONOMIQUES ET FINANCIERS .....</b>   | <b>60</b>  |
| 4.1. COUTS SUPPORTES DANS LA FILIERE.....   | 60         |
| 4.1.1. <i>Un système de mesure qui modifie les coûts</i> .....  | 60         |
| 4.1.2. <i>Coûts liés à la plantation des arbres et à leur entretien</i> .....   | 61         |
| 4.1.3. <i>Coûts d'éclaircie et d'exploitation finale des arbres</i> .....   | 62         |
| 4.1.4. <i>Coût du transport et du stockage</i> .....  | 62         |
| 4.1.5. <i>Coût du sciage</i> .....  | 63         |
| 4.1.6. <i>Coût de la location des différents services</i> .....   | 63         |
| 4.2. PRIX DE VENTE DES DIFFERENTES ESSENCES.....  | 64         |
| 4.2.1. <i>Evolution des prix dans le temps</i> .....  | 64         |
| 4.2.2. <i>Prix du bois selon les essences et les modes de commercialisation</i> .....   | 64         |
| 4.3. LES DIFFERENTS PRODUITS TRANSFORMES .....  | 66         |
| 4.3.1. <i>Meubles</i> .....   | 66         |
| 4.3.2. <i>Palettes</i> .....  | 67         |
| 4.3.3. <i>Poteaux et perches</i> .....  | 68         |
| 4.3.4. <i>Autres produits</i> .....   | 69         |
| 4.4. ESTIMATION DU REVENU POSSIBLE POUR UN PRODUCTEUR .....   | 70         |
| 4.4.1. <i>Le cedro</i> .....  | 70         |
| 4.4.2. <i>Le laurier</i> .....  | 72         |
| 4.4.3. <i>L'eucalyptus</i> .....  | 77         |
| 4.4.4. <i>Comparaison de la rentabilité des différentes essences</i> .....  | 80         |
| 4.4.5. <i>Comparaison de la part des revenus des différentes essences dans le contexte global du système de culture</i> ..... | 80         |
| <b>5. DISCUSSION DES RÉSULTATS .....</b>  | <b>82</b>  |
| 5.1. DIAGNOSTIC DE LA FILIERE ET RECOMMANDATIONS.....   | 82         |
| 5.1.1. <i>Les conséquences historiques</i> .....  | 82         |
| 5.1.2. <i>Mise en évidence d'un diagnostic fait par les différents acteurs</i> .....  | 82         |
| 5.1.3. <i>Points faibles de cette filière</i> .....   | 83         |
| 5.1.4. <i>Points forts de cette filière</i> .....   | 84         |
| 5.1.5. <i>Objectifs visés</i> .....   | 85         |
| 5.1.6. <i>Actions à mener par l'ONF et les coopératives</i> .....   | 86         |
| 5.2. AUGMENTATION DES REVENUS DU BOIS : LES BONS CHOIX.....   | 86         |
| 5.2.1. <i>Atouts financiers du système agroforestier</i> .....  | 87         |
| 5.2.2. <i>Bonnes consignes sylvicoles</i> .....   | 87         |
| 5.2.3. <i>Traditions</i> .....  | 88         |
| 5.2.4. <i>Commercialisation</i> .....   | 89         |
| 5.2.5. <i>Objectifs personnels du propriétaire</i> .....  | 90         |
| <b>CONCLUSION.....</b>  | <b>91</b>  |
| <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>ANNEXES.....</b>   | <b>100</b> |
| ANNEXE 1. ACRONYMES .....   | 100        |
| ANNEXE 2. CALENDRIER DE TRAVAIL .....   | 101        |
| ANNEXE 3. QUESTIONNAIRE D'ENQUETE AUX PRODUCTEURS .....   | 102        |
| ANNEXE 4. LISTE DES PERSONNES ENQUETÉES PAR TYPE D'OPERATEURS .....   | 106        |
| ANNEXE 5. PAIEMENT DES SERVICES ENVIRONNEMENTAUX.....   | 109        |
| ANNEXE 6. VARIÉTÉ DES PRODUITS DE L'EUCALYPTUS.....   | 111        |
| 6.1. <i>Production de palettes</i> .....  | 111        |
| 6.2. <i>Poteaux et perches</i> .....  | 118        |
| 6.3. <i>Revenu possible par hectare en fonction de la densité et du diamètre des arbres</i> .....                             | 120        |
| ANNEXE 7. EUCALYPTUS : ANALYSES DE REGRESSION LINEAIRE .....  | 121        |

## Figures

- Figure 1. Association café-arbres (*Cordia alliodora*)
- Figure 2. Bois de *Cedrela odorata*
- Figure 3. Houppier de *Cordia alliodora*
- Figure 4. Aisément reconnaissable *Cordia alliodora*
- Figure 5. Ecorce reconnaissable d'*Eucalyptus deglupta*
- Figure 6. *Terminalia amazonia*
- Figure 7. Houppier de *Terminalia amazonia*
- Figure 8. Allure de *Terminalia amazonia*
- Figure 9. Evolution de la surface plantée par an au Costa Rica
- Figure 10. Evolution de la consommation de bois de plantation forestière.
- Figure 11. Comparaison entre le volume exploité et le volume disponible pour les plantations de *Gmelina arborea* (2002-2006)
- Figure 12. Caféière sous ombrage de cedro à San Isidro
- Figure 13. Schéma de la filière Production de bois d'oeuvre
- Figure 14. Caféière sous ombrage de cedro
- Figure 15. Schéma de la filière Production de bois d'oeuvre
- Figure 15. Courbes de croissance en volume du laurier selon la densité du peuplement
- Figure 16. Caféière sous ombrage d'eucalyptus à San Isidro



## Tableaux

- Tableau I. Nombre et qualité des personnes enquêtées
- Tableau II. Estimations de l'augmentation moyenne annuelle (croissance totale accumulée divisée par l'âge de la plantation) en diamètre et en hauteur, en régénération naturelle du laurier en systèmes agroforestiers à Turrialba
- Tableau III. Caractéristiques diamétriques de régénération naturelle de *Cordia alliodora* en systèmes agroforestiers à Turrialba
- Tableau IV. Données disponibles sur la production du laurier au Costa Rica
- Tableau V. Croissance de *Eucalyptus deglupta* en fonction de son âge, à Turrialba, Costa Rica
- Tableau VI. Caractéristiques dendrométriques et de production de *Eucalyptus deglupta* en fonction de son âge, à Turrialba, Costa Rica.
- Tableau VII. Croissance de *Terminalia amazonia* au Costa Rica
- Tableau VIII. Croissance de *Terminalia ivorensis* en sols fertiles appropriés à la culture du café, avec 100 arbres/ha
- Tableau IX. Synthèse des caractéristiques de chacune des essences étudiées
- Tableau X. Densités recommandées dans la littérature, en association avec les cultures pérennes et si l'on souhaite conserver la production de cette culture (cacao, café)
- Tableau XI. Différence entre la durée de rotation recommandée par la littérature et celle réellement pratiquée pour les différentes essences
- Tableau XII. Distribution du volume exploité en forêts naturelles et en plantations pour la période 1998-2002 (m<sup>3</sup> bois rond)
- Tableau XIII. Coûts moyens de plantation d'arbres quelque soit l'essence dans les caféières pour 116 à 130 arbres/ha
- Tableau XIV. Coûts et subventions pour la plantation à une densité de 130 arbres/ha, dans une caféière préexistante
- Tableau XV. Coûts des différents services
- Tableau XVI. Evolution des prix des différentes essences du bois scié et livré au dépôt en gros (\$/m<sup>3</sup>)
- Tableau XVII. Prix des différentes essences, en cours (2004) dans la Vallée centrale (\$/m<sup>3</sup>)
- Tableau XVIII. Prix de vente du laurier sur pied dans la région de Turrialba
- Tableau XIX. Intervalle de données pour les parcelles de cedro inventoriées
- Tableau XX. Comparaison des différents scénarios de production du cedro
- Tableau XXI. Diamètre moyen à 1,30 m selon l'hypothèse de croissance considérée et l'âge du laurier
- Tableau XXII. Intervalle de données pour les parcelles de laurier inventoriées
- Tableau XXIII. Comparaison des scénarios de production du laurier
- Tableau XXIV. Revenu du laurier dans la région de Turrialba
- Tableau XXV. Revenu possible par hectare en fonction de l'âge et du diamètre des arbres
- Tableau XXVI. Comparaison des scénarios de mise en valeur du bois d'eucalyptus
- Tableau XXVII. Comparaison de la rentabilité des différentes essences
- Tableau XXVIII. Comparaison de la part des revenus des différentes essences dans le contexte global du système de culture

## Introduction

Estimée à plus de deux millions d'hectares en 1979, la couverture forestière du Costa Rica n'était plus que de 1,3 millions d'hectares en 1992. Les forêts qui représentaient 40,7 % de la superficie totale en 1979 ont été réduites à 25,2 % de la superficie totale en 1992. Cette déforestation est due en partie à l'augmentation du pâturage et des cultures de rente comme le café. Cependant, la caféiculture mondiale subit actuellement sa crise la plus grave depuis 1993. Celle-ci affecte directement l'économie des pays producteurs d'Amérique Centrale dont le Costa Rica (Guezennec et Nougadere, 2002). La production de bois a donc trouvé l'attention des propriétaires en quête de solutions pour remédier à cette crise.

Le café d'Amérique centrale est produit, le plus souvent, au sein de petites exploitations. Dans la région, ce secteur représente entre 20 et 25 % du total des productions agricoles, et entre 5 et 10 % du PIB national. On estime que la production de café génère aux alentours de 1,5 millions d'emplois permanents et plusieurs millions d'emplois saisonniers. Cette branche assure la subsistance de plus de huit millions de personnes dans trois pays d'Amérique centrale (Costa Rica, Guatemala, Nicaragua) (CATIE et CIRAD, 2004)

La chute des prix du café, liée à une surproduction au niveau mondial, a eu une forte répercussion sur les stratégies des paysans et du secteur d'encadrement de la filière. Il se dessine actuellement un panel de stratégies allant de la mise en place de labels de qualité du café à une diversification des productions des fermes caféicoles, voire à l'abandon total de la culture du café.

Traditionnellement, le caféier était cultivé uniquement sous ombrage dans des systèmes agroforestiers souvent complexes et comprenant jusqu'à trois stades de végétation (Moguel et Toledo, 1999). Selon l'histoire de la culture du café présenté par Vaast et Harmand (2002), l'apparition de la rouille orangée à *Hemileia vastatrix*, dans les années 1970, puis son développement rapide, ont amené à planter de nouvelles variétés naines (Caturra, Catuai et Catimor) résistantes ou plus tolérantes à cette maladie que les variétés traditionnelles. L'introduction de ces variétés naines, plantées à haute densité avec un fort auto-ombrage, a modifié profondément les pratiques culturales et les systèmes de culture, aboutissant parfois à l'élimination complète des arbres d'ombrage. Ainsi, le modèle de monoculture intensive du café Arabica, développé depuis les quarante dernières années en Amérique centrale, a permis de faire d'importants gains en productivité. Au Costa Rica, les terres du centre du pays ont subi une importante intensification due aux nombreux progrès techniques venant des programmes nationaux de rénovation appuyés par l'État. Néanmoins, la viabilité économique de ce système dans le long terme est remise en question à cause des variations des prix du café et de l'augmentation des prix des intrants agricoles.

Aujourd'hui, au Costa Rica, seulement 10 % de la caféière est sous ombrage forestier. Les systèmes intensifs de production sont dominants et le café y est cultivé soit en plein soleil soit sous ombrage régulé d'*Erythrina poeppigiana* (poro). Cette légumineuse ne produit ni bois de feu ni bois d'œuvre. Sa capacité à supporter des émondages fréquents, partiels ou totaux, lui confère un intérêt majeur dans la gestion de l'ombrage et la restitution de matière organique au sol (Vaast et Harmand, 2002). Au Costa Rica, la loi forestière de 1996 autorise l'exploitation et la commercialisation du bois et des produits des arbres issus des plantations forestières ainsi que des systèmes agroforestiers. Cette législation et l'octroi de subventions au reboisement ont incité beaucoup d'agriculteurs à remplacer l'ombrage traditionnel de légumineuses par des espèces de bois d'œuvre à valeur commerciale comme *Eucalyptus spp.*, *Terminalia spp.*, et *Cedrela odorata*. L'objectif est de réduire les coûts de main d'œuvre liés à l'émondage répétitif

d'*Erythrina poeppigiana* et de diversifier les sources de revenus par la vente de bois d'œuvre (Tavares et al., 1999).

Par ailleurs, l'urbanisation croissante engendre une augmentation de la demande du marché en bois d'œuvre. La demande de bois exotiques est en constante augmentation et certains bois d'œuvre issus de systèmes agroforestiers sont extrêmement appréciés pour la réalisation de charpentes et de meubles.

Des résultats de recherche récents (Vaast et Harmand, 2002) indiquent que les systèmes agroforestiers à base de caféiers répondent davantage au souci de durabilité écologique, sociale et économique que les plantations caféières en monoculture. D'ailleurs, les revenus que peuvent procurer les essences forestières de bois d'œuvre dans les exploitations caféières restent à préciser. Cependant, il y a peu d'information technique et économique pour appuyer les décisions des producteurs dans ces systèmes agroforestiers caféiers, notamment en termes de gestion de l'association caféiers et arbres d'ombrage.

Le choix de l'Amérique centrale et plus particulièrement du Costa Rica comme pays d'étude a été orienté par la situation privilégiée du CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) au Costa Rica et la proposition du projet INCO/CASCA (« Politique de coopération scientifique internationale »/Coffee Agroforestry Systems in Central America). Ce projet de recherche est coordonné par le CIRAD et financé par l'Union européenne, en collaboration avec le Centre d'Ecologie et d'Hydrologie d'Edimbourg, le CATIE, le réseau Promecafé et l'Université Nationale Agricole du Nicaragua. Il est mis en œuvre au siège du CATIE situé dans le village de Turrialba, à l'est de San José, la capitale du Costa Rica. Cependant, les études s'effectuent dans trois pays : le Costa Rica, le Guatemala et le Nicaragua. Elles ont débuté en fin d'année 2001 et finiront fin octobre 2005. Leurs objectifs principaux sont de :

- Connaître les espèces forestières les plus appropriées en fonction des stratégies des caféiculteurs, des conditions éoclimatiques, et de la capacité de ces arbres à recycler les éléments nutritifs, à améliorer la fertilité des systèmes, voire à limiter la pression parasitaire ;

- Mieux comprendre comment la présence d'arbres au sein des caféières affecte la physiologie du caféier, la productivité et la longévité du peuplement, mais aussi la qualité du café ;

- Quantifier l'impact de ces systèmes agroforestiers sur l'environnement en terme de séquestration du carbone et de conservation des sols et de la qualité des eaux ;

- Proposer des outils d'aide à la décision et des mesures incitatives pour mieux valoriser les cafés de qualité et rétribuer les services environnementaux de ces systèmes agroforestiers afin de renforcer leur adoption par les caféiculteurs.



Figure 1. Association café-arbres (*Cordia alliodora*) dans la région de Pérez Zeledón au Costa Rica (courtoisie A. Zanfini).

La finalité du projet est de fournir des outils pour :

- Promouvoir des systèmes agroforestiers moins consommateurs d'intrants et plus respectueux de l'environnement que la monoculture caféière ;
- Aider les caféiculteurs à pérenniser leur revenu par le biais d'une diversification de leurs systèmes de production (dont le bois d'œuvre) et d'une limitation de leur dépendance vis à vis des produits agrochimiques ;
- Conforter la place du secteur café centraméricain sur le marché hautement rémunérateur des cafés de qualité.

L'étude présentée ici a débuté en mars 2004 au Costa Rica. Elle s'est attachée à fournir des outils pour aider les caféiculteurs à pérenniser leur revenu par le biais d'une diversification de leur système de production. Quel rôle les arbres peuvent-ils remplir dans les caféières en terme d'ombrage et de production de bois ? La problématique est donc centrée sur l'amont de la filière bois.

## Objectifs de travail

Une première phase consiste à définir précisément les produits à étudier (matière première ou produits finis), à délimiter l'étendue de la filière bois et à préciser les espaces géographique et temporel sur lesquels la filière va être décrite.

A ce stade, nous constatons que notre réflexion doit uniquement se concentrer sur le choix des arbres qui sont associés aux caféiers, du suivi sylvicole et des objectifs forestiers.

En clair, faut-il planter des essences qui, outre leur ombrage, produiraient aussi du bois d'œuvre en quantité plus importante et de meilleure qualité ? Serait-il ainsi possible et judicieux de conforter l'économie du café en y associant une production de bois d'œuvre.

Le travail consiste donc à analyser de façon prospective la filière des principaux bois d'œuvre issus des systèmes agroforestiers et analyser d'un point de vue économique l'intérêt de produire du bois d'œuvre dans les caféières. Il s'agit plus particulièrement d'évaluer les possibilités de mise en marché des bois issus des systèmes caféiers et de prévoir les scénarios de production (durées de rotation, densités, revenus).

## Hypothèses

Sur l'aspect analyse prospective de filière des principaux bois d'œuvre issus des systèmes agroforestiers, il convient de soumettre une hypothèse de base qui est que la compétitivité de ces filières est certes liée à l'environnement institutionnel, économique et à la performance des entreprises impliquées (scieries,...) mais surtout à l'existence d'une ressource en matière première de qualité qui fasse l'objet d'une demande durable. Elle est donc déterminée par l'implication des propriétaires dans l'investissement sur la gestion de cette ressource. Cette hypothèse de base peut se décliner en sous-hypothèses liées aux différents aspects étudiés :

- Vis-à-vis de l'intérêt économique de produire du bois d'œuvre dans les caféières : La vente du bois d'œuvre peut être une stratégie de diversification intéressante pour les caféiculteurs qui cherchent des solutions alternatives à la fluctuation des cours du café sur le marché mondial. La part des revenus du bois par rapport à ceux du café n'est pas négligeable.

- Vis-à-vis des possibilités de mise en marché des bois : La structure de la filière conduit à une organisation complexe qui est peu identifiée et se traduit par des marges bénéficiaires importantes pour certains opérateurs mais qui répercutent de manière insuffisante les incitations du marché aux propriétaires.

- Vis-à-vis des scénarios de production : L'accès à l'information (économique, technique, réglementaire) est un aspect important pour le propriétaire. On peut supposer que s'il était mieux informé, il pourrait gérer sa ressource ligneuse avec un objectif précis de production lui permettant de vendre ses bois au meilleur prix. Il pourrait donc mieux négocier ses transactions d'une part mais aussi mieux anticiper le futur.

# 1. SITE D'ÉTUDE ET MÉTHODES

## 1.1. Site d'étude

En Amérique centrale et au Mexique, la culture du caféier Arabica (*Coffea arabica*), plante d'ombre bien adaptée au climat des montagnes tropicales, est recommandée dans les zones humides d'altitude où la période sèche ne dépasse pas quatre mois. Les conditions agroécologiques où le café présente les meilleures productions en quantité et qualité sont les suivantes : une altitude supérieure à 1000 m, des sols profonds généralement d'origine volcanique, des précipitations supérieures à 2000 mm/an et une protection relative contre le vent (Salinas, 1991). Dans les périodes de

conjoncture favorable, on a assisté à une extension voire un transfert progressif des caféières vers les zones de basse altitude. Néanmoins, les conditions agroécologiques de ces zones de front pionnier contrastent avec les zones où le café était traditionnellement cultivé. En effet, elles se caractérisent par une faible altitude -jusqu' à 500-600 m au Costa Rica-, des sols pauvres, de faibles précipitations -souvent inférieures à 1200 mm/an- et une saison chaude marquée (Galloway et Beer, 1997). La température élevée rend l'ombrage indispensable pour la production de café Arabica alors qu'il ne l'était pas en altitude.

Dans le cadre du projet CASCA, des études d'évaluation de la biomasse aérienne en vue de l'estimation du carbone stocké avaient déjà été réalisées au Costa Rica dans la zone de Turrialba (à l'est de San José) et dans la vallée de San Isidro (zone de front pionnier, région de Pérez Zeledón). Il s'agit des zones de basse altitude (600-700 m) les plus favorables de la zone café pour la croissance des essences ligneuses de bois d'oeuvre utilisées en ombrage.

Le café Arabica, la culture prépondérante, y est cultivé de diverses manières : sans ombre ou en association avec des arbres d'ombrage, et bien souvent avec des cultures annuelles marchandes ou vivrières.

Dans un contexte de crise du secteur, ces zones où le café est de moindre qualité doivent s'orienter vers la diversification des productions et les arbres de bois d'oeuvre qui déjà façonnent le paysage de ces zones caféières de basse altitude pourraient contribuer à améliorer la viabilité économique de ces systèmes.

De plus, il apparaît que les exploitations familiales avec une surface agricole par actif inférieure à trois hectares, qui dépendent entièrement du café et n'ont recourt à aucune autre



culture marchande, sont les plus vulnérables dans la situation actuelle. La culture de la caña india (*Dracaena spp.*), utilisée comme plante d'ornement, ainsi que celle de la banane leur permettent parfois de franchir le seuil d'opportunité. Les exploitations patronales semblent résister plus durablement à la crise. Le café biologique, l'élevage laitier intensif et le maraîchage ont montré de bons résultats économiques et pourraient progresser dans l'avenir (Guezennec et Nougadere, 2002).

Donc, non seulement ces deux zones ont déjà fait l'objet d'études du projet CASCA, mais en plus elles ont à la fois des conditions climatiques optimales pour la production de bois d'œuvre dans les caféières et également un contexte économique dans lequel une source supplémentaire de revenus est recherchée.

Ces deux zones se situent dans des régions géographiquement opposées : l'une à l'est de San José, l'autre au sud-ouest. D'un point de vue économique, elles ne se démarquent pas du reste de ce petit pays en ce qu'elles sont fortement dépendantes de la capitale qui concentre les grosses industries de transformation et la consommation. Ces deux zones seront donc conservées dans le cadre de cette étude puisque la production de bois d'œuvre comme source de revenu supplémentaire y serait optimale et que la commercialisation envisageable est représentative de l'ensemble du pays.

## 1.2. Choix des essences

Le poro (*Erythrina poeppigiana*), une légumineuse arborescente, est l'essence principale d'ombrage au Costa Rica. Elle représente 70 % de l'ombrage dans la zone de San Isidro (source : ICAFE). L'Inga, *Inga spp.*, autre légumineuse est également plantée. Ces deux essences assurent l'ombrage de la caféière mais demandent un ou plusieurs élagages à l'année et surtout ne produisent pas de bois d'œuvre.

Il existe des essences productrices de bois d'œuvre et traditionnellement présentes dans les caféières. Ce sont le cedro, *Cedrela odorata*, et le laurier, *Cordia alliodora*, aussi appelé freijo. Le bois d'œuvre de ces deux essences étant considéré de qualité (ébénisterie), elles ont été traditionnellement conservées après régénération naturelle ou introduites dans les caféières. Plus récemment, dans les années 1990 (programme de reboisement), ont été introduits (parfois sur plusieurs milliers d'hectares) des *Eucalyptus deglupta* à vocation de bois de charpente, palettes... Dans le même temps, d'autres essences de bois d'œuvre ont été également plantées dans les caféières au Costa Rica. Il s'agit de l'amarillón, *Terminalia amazonia* et du terminalia, *Terminalia ivorensis*. L'amarillón est une essence locale de bois d'œuvre de qualité plantée dans les caféières de la zone Pacifique Sud. Dans le cadre de cette étude visant à étudier la valorisation de l'ombrage par la production de bois d'œuvre, ces cinq essences principales ont donc été retenues.

## 1. 3. Matériel et méthodes

Pour répondre à chacun des objectifs de travail, il convient d'utiliser le matériel et les méthodes les mieux adaptés.

- Pour analyser de façon prospective la filière des principaux bois d'œuvre issus des systèmes agroforestiers, en plus de la collecte d'information bibliographique et des entretiens, des mesures ont été prises dans une scierie pour estimer le rendement de celle-ci.
- Pour analyser d'un point de vue économique l'intérêt de produire du bois d'œuvre dans les caféières, la meilleure approche était tout d'abord bibliographique. Il s'agissait en effet de faire une recherche sur les systèmes agroforestiers caféiers-arbres et les différentes essences productrices de bois d'œuvre.
- Pour évaluer les possibilités de mise en marché des bois issus des systèmes caféiers, la meilleure approche consistait à rencontrer les opérateurs de la filière de commercialisation. Des mesures ont également été prises dans une scierie pour estimer les revenus possibles du produit « palette ».
- Pour prévoir les scénarios de production (durées de rotations, densités, revenus), la méthode la plus appropriée était d'utiliser des courbes de croissance des différentes essences puis de confronter les volumes de bois produits aux prix et aux conditions de vente.

### 1.3.1. Collecte de l'information

Une étude de filière doit se faire à partir d'une information précise et détaillée pour chaque stade de la filière considérée. Cette information peut venir de différentes sources dont les deux principales sont : l'information bibliographique et l'information obtenue sur le terrain (Terpend, 1997).

- **Information bibliographique**

Il a fallu déterminer les organismes ou les entreprises auprès desquels des documents utiles pouvaient être trouvés. Une recherche approfondie a été effectuée à la bibliothèque du CATIE. Il s'agissait tout d'abord de cibler cette recherche sur les points importants de l'étude. Son objectif a donc été de rassembler les thèses, articles et autres ouvrages traitant des systèmes agroforestiers caféiers-arbres au Costa Rica, des essences et de quelques aspects économiques. En effet, cette bibliothèque renferme quantités de thèses réalisées au CATIE et se rapportant à des problématiques purement forestière, agricole ou mixte, en Amérique centrale et surtout au Costa Rica, et dans des disciplines biologiques ou économiques. Mais son intérêt principal est que beaucoup de ces études s'attachent précisément aux deux zones Turrialba et San Isidro et aux essences concernées par le présent rapport. Des informations précises ont donc ainsi été collectées tant sur les aspects biologiques de l'association caféiers-arbres que sur ses aspects économiques. Cependant, sur ce dernier point, aucune information récente n'était disponible et il a été nécessaire de se la procurer auprès de certains professeurs du CATIE et d'organismes extérieurs.

Les autres sources principales d'informations bibliographiques ont donc été les organismes publics ou privés et les coopératives, piliers du secteur forestier ou agricole au Costa Rica. Internet n'a pas permis de renseigner les besoins de cette étude.



- **Information sur le terrain**

L'information sur le terrain est sans aucun doute la plus importante à obtenir car elle permet de bien comprendre les tenants et les aboutissants de la filière étudiée. Elle permet de vérifier et d'actualiser les informations bibliographiques et surtout d'aller plus en profondeur dans la compréhension, à un stade donné de la filière.

Cette information s'obtient en rencontrant les acteurs de la filière étudiée. Ces acteurs n'ont pas tous été sélectionnés au départ. Cette filière étant méconnue, ce sont les indications données au fil des entretiens qui ont permis de s'orienter vers d'autres acteurs clefs. Les listes d'adhérents que les coopératives possèdent ont servi à contacter les propriétaires. La liste des principales personnes enquêtées est présentée en Annexe 4.

Tableau I. Nombre et qualité des personnes enquêtées

|  | <b>Turrialba</b> | <b>Pérez Zeledón</b> |
|--|------------------|----------------------|
| Propriétaires/ responsables de groupement de propriétaires | 10               | 10                   |
| Exploitants/ dépôts  | 2                | 3                    |
| Scieurs/ utilisateurs de bois ronds                        | 3                | 4                    |
| Responsables de coopératives forestières                   | 0                | 3                    |
| Représentants de l'État dans le secteur forestier          | 5                |                      |
| Experts/ vulgarisateurs des instituts de recherche         | 10               |                      |

i) l'entretien

Pour collecter cette information, la méthode a été de se renseigner sur la commercialisation du bois et les autres aspects du système agroforestier caféiers-arbres producteurs de bois d'œuvre, auprès des personnes connaissant le secteur. Pour guider l'entretien avec les différents acteurs de la filière, un questionnaire a été élaboré. Il a permis de lancer l'entretien, de l'orienter, puis d'ouvrir la conversation et parfois de standardiser les réponses. Il a donc servi d'outil complémentaire. La méthodologie a consisté à :

- Rédiger les questionnaires :

Dans le cadre de cette étude, les questions devaient rester très ouvertes de manière à capter le maximum d'informations. Si l'interlocuteur commençait à parler d'un sujet non prévu dans le cadre du questionnaire et que celui-ci entraînait pleinement dans l'intérêt de l'étude, il s'agissait d'improviser rapidement des questions qui permettaient de cerner ce nouveau sujet. Un questionnaire par type d'acteur a été préparé : propriétaires, exploitants, scieurs, ébénistes et experts. Il a été formulé à partir du questionnaire construit par A. Zanfini dans le cadre de sa

thèse sur les stratégies de diversification des producteurs de café en Amérique centrale. Ce questionnaire a été remanié avec des réajustements, suppressions et ajouts de questions pour répondre aux besoins de cette étude. Il a été construit de manière à ne pas occuper la personne plus de 1h30 environ. Le questionnaire destiné aux producteurs de café sous ombrage se trouve en Annexe 3. L'exploitation des entretiens a été faite qualitativement.

- Organiser les rencontres :

Dans le cadre de ces prises de rendez-vous, il fallait présenter l'étude de manière à ce que l'interlocuteur sente qu'il pouvait lui-même trouver de l'intérêt à cette rencontre. Cette réflexion était importante surtout pour les entretiens concernant les opérateurs privés de la filière. En effet, ces opérateurs économiques sont parfois lassés de toutes les informations qu'ils donnent et du temps qu'ils passent mais qui ne leur apportent finalement aucune amélioration dans leur travail.

- Rendre visite :

Les entretiens ont été réalisés sur le lieu de vie du propriétaire ou le lieu de travail des personnes des coopératives et entreprises privées forestières. Une rencontre des producteurs sur le lieu de leur exploitation, sur la parcelle de caféière concernée par la production de bois d'œuvre, a toujours été privilégiée. En effet, elle permettait d'apporter une information très pratique. L'organisation et les problèmes rencontrés par l'acteur visité étaient constatés visuellement.

D'autre part, cette visite dans l'exploitation permettait de rencontrer des acteurs qu'il aurait été impossible de voir en dehors de leur lieu de travail. Des discussions impromptues pouvaient ainsi être engagées avec des techniciens, des propriétaires, des femmes commerçantes ou transformatrices, etc.

L'apport de la visite de terrain est important pour la bonne compréhension de la filière et pour son analyse à partir de réalités constatées.

ii) la prise de mesures

Durant deux journées de terrain sur le lieu de l'exploitation et de la scierie de Santa Fé et Verde Vigor, différentes données ont été prises et leur traitement a permis d'estimer le rendement de cette scierie ainsi que les revenus possibles du produit « palette ». La méthode de calcul est explicitée dans le paragraphe 1.3.3. et ses résultats en Annexe 6.1.

Lors des différents entretiens, des mesures de diamètres et de longueurs des billons ont été prises régulièrement.

### 1.3.2. L'approche filière

L'analyse des informations obtenues doit se faire à plusieurs niveaux. L'étude de filière permet d'analyser plusieurs strates d'informations : les fonctions, les aspects géographiques, commerciaux, organisationnels, économiques et financiers et institutionnels. Elle est guidée par la méthode développée par la FAO et rédigée par Terpend en 1997.

Puisqu'il s'agit de venir en aide aux propriétaires, l'approche qui a été choisie est celle qui est la plus à même de définir leurs stratégies de compétitivité. Cette approche s'attache donc en grande partie aux coûts de production, aux prix de marché et à la différenciation des produits. Il est nécessaire de comprendre les raisons du comportement des acteurs pour proposer une optimisation des revenus en accord avec le contexte. (Padilla et Bencharif, 2001)

Terpend et Hugon ont analysé l'approche filière. Cette analyse a bien montré les avantages de la filière dans une perspective opérationnelle, qui a conduit à la rédaction d'un guide pratique pour cette approche (Terpend, 1997a) et à l'analyse très pragmatique de la caractérisation des contraintes des acteurs (Terpend, 1997b). (FAO, 1997)

La phase d'identification de la filière est la plus délicate car elle consiste à délimiter la filière et à déterminer sa structure interne par : la définition des produits retenus, la délimitation de la filière, l'identification des opérations, des agents et des circuits et de certaines grandeurs économiques de base. La phase d'identification permet donc de décrire toute l'ossature de la filière mais elle n'est pas suffisante pour une bonne compréhension de son fonctionnement. Il est ensuite nécessaire d'analyser les types de relations qui lient les différents agents pour mieux comprendre leur comportement et leur logique interne (Padilla et Bencharif, 2001).

Cette étude considère le niveau micro-économique. Tous les acteurs d'une filière doivent en effet avoir une bonne connaissance de leur environnement, cela pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies opérationnelles efficaces. L'État, également en tant qu'acteur doit disposer d'une bonne connaissance des mécanismes de fonctionnement d'une filière afin de pouvoir intervenir dans sa régulation.

Dans cette approche filière, l'agent est un acteur qui se caractérise par une fonction économique, des pouvoirs de décision, des comportements par rapport à des finalités et donc par des stratégies d'intervention dans le système économique. L'étude est ciblée sur l'efficacité économique qui revêt trois aspects :

- L'efficacité économique stricto sensu : les flux et leur régularité, l'information et les formes de détermination des prix ;
  - L'efficacité technique : équipements de collecte, stockage et transport des produits ;
  - L'efficacité organisationnelle : formes d'organisation et de fonctionnement des marchés.
- Dans cette approche, il existe un effort d'aller au-delà des données de l'économie et d'en expliquer la dynamique c'est-à-dire les stratégies des acteurs. (Padilla et Bencharif, 2001).

L'analyse économique des filières pour les différentes essences repose sur des données concrètes : modèles de production de bois, évaluation des types de produits en relation avec la dimension des bois (mesures du rendement au sciage pour la production de palettes, réalisées dans le cadre de l'étude). L'objectif est de faire une analyse prospective des possibilités de valorisation des bois produits dans les caféières.

### 1.3.3. L'eucalyptus

- **Le calcul du rendement d'une scierie, du volume commercial d'un eucalyptus et du revenu des palettes**

Afin d'estimer la production de planches et de palettes des plantations d'eucalyptus associées aux caféiers, des mesures de rendement au sciage, de quantités et de dimensions de planches produites ont été faites dans la scierie de Santa Fé et l'exploitation de Verde Vigor. Cette exploitation a permis de prendre différentes données dont le traitement a permis d'estimer le rendement de cette scierie, la production de planches et le revenu des palettes d'eucalyptus. C'est dans cette scierie qu'ont été effectuées ces mesures car elles ont ainsi permis de répondre à deux questions : celle du rendement de la scierie mais aussi celle du revenu du produit « palettes en eucalyptus ».

Ces mesures s'appuient sur un inventaire et un tarif de cubage réalisé par le projet CASCA dans les plantations de Verde Vigor. Cet inventaire réalisé en 2004 a porté sur des plantations de 1995 et 1996 (9 et 8 ans) déjà inventoriées en 2000 et 2002. Il avait pour objectif d'évaluer le volume des troncs et la biomasse des plantations.

La méthode peut être résumée ci-dessous :

- Mesures des diamètres à 1,30 m de tous les arbres de chacune des parcelles (3 parcelles de 9 ans et 2 parcelles de 8 ans de 70 m \* 70 m = 4900 m<sup>2</sup>) ;
- Sélection d'un échantillon de 11 arbres représentant toutes les classes de dimensions (de 10 cm à 37,5 cm de diamètre à 1,30 m) ;
- Après abattage de chaque arbre échantillonné, mesures du diamètre du tronc tous les 2 m. Le volume de chacun des deux arbres est calculé à partir des données des diamètres tous les deux mètres.
- Réalisation de billons de 1,30 m de long jusqu'au diamètre fin bout de 18 cm et réalisation de billons de 1,10 m de long jusqu'au diamètre fin bout de 14 cm ;
- Utilisation de tous les billons des deux arbres les plus gros (35,3 cm et 37,5 cm de diamètre à 1,30 m) de l'échantillon pour l'établissement d'un rendement au sciage ;
- Calcul du volume de chaque billon. Cette estimation en volume se fait à partir des diamètres fin bout et gros bout et de la longueur du billon. Ce volume du billon est un volume commercial.

Volume d'un billon =  $\left\{ \frac{(\text{diamètre fin bout} + \text{diamètre gros bout})}{2} \right\}^2 * \pi * L$

Avec L = Longueur d'un billon en m

Cette formule est appliquée à tous les billons dont les diamètres aux deux extrémités ont été mesurés au préalable puis la somme des volumes de chaque billon est faite. On obtient ainsi le volume total de tous les billons qui vont être sciés.

- Sciage de chaque billon et évaluation du nombre de planches par catégories, calcul du volume des planches obtenues et du rendement au sciage de chaque billon ;
- Construction d'une relation allométrique entre le volume des billons et le volume des planches obtenues ;
- Evaluation du volume de bois nécessaire à la construction d'une palette (il n'y a pas que des planches, il y a des baquets) ;
- Détermination du nombre de billons de 1,30 m et 1,10 m des neuf arbres échantillonnés. Evaluation des dimensions des billons et du volume des billons de chaque arbre. Le calcul des diamètres médians (Dm) de tous les billons des arbres 1 à 9

est une étape préalable pour le calcul du volume ( $V_b$ ) de ces billons car  $V_b = (D_m)^2 * 0,7854 * L$ .

Avec  $V_b$  = Volume d'un billon en  $m^3$

$D_m$  = diamètre médian d'un billon en m

$L$  = Longueur d'un billon en m

La longueur des billons vaut 1,30 m ou 1,10 m selon le diamètre (1,10 m si diamètre inférieur à 18 cm et 1,30 m sinon).

Diamètre médian du premier billon = diamètre de l'arbre à 0,65 m si billon de 1,30 m et à 0,55 m si billon de 1,10 m.

Diamètre à hauteur  $x$  =  $Diam(a) - (Diam(a-2) - Diam(a))/2 * (x-a)$  pour  $x > 1$ .

Avec  $a$  l'impair immédiatement inférieur à  $x$ , correspondant à la mesure du diamètre fait tous les 2 m.

Les billons sont acceptés en scierie jusqu'à un diamètre médian de 14 cm.

- Application de la relation allométrique d'inventaire des billons afin de déterminer le volume des planches et la quantité de palettes produites pour chaque arbre
- Etablissement des relations allométriques : volume du tronc, volume commercial (billons), volume des planches, nombre de palettes =  $f(\text{diamètre à } 1,30 \text{ m})$
- Application des relations allométriques aux inventaires des plantations de 4 à 5 ans en 2000, 2002, 2003, et 2004 et évaluation du nombre de palettes produit et du revenu brut

Les résultats du calcul effectué pour cette étude dans l'exploitation de Verde Vigor et la scierie de Santa Fé sont présentés en Annexes 6.1. et 7.

- **Evaluation du revenu envisageable selon le type de produit à fournir : planches pour la construction, palettes, poteaux et perches**

Dans le cas de l'eucalyptus, les revenus dépendent beaucoup du produit vendu : palettes, poteaux/piquets, planches...La méthode suivie consiste à calculer les revenus d'une même parcelle selon le choix du produit commercialisé. Une densité a donc été fixée. Des analyses de régressions linéaires ont été utilisées afin d'estimer le revenu des produits palettes et poteaux en fonction du diamètre à 1,30 m pour une vente de palettes ou de poteaux (cf. Annexe 7).

Une plantation d'eucalyptus de 1ha plantée en 1996 à une densité de 122 arbres est prise comme point de départ. La densité est donc fixée à 122 arbres. Plusieurs scénarios possibles ont été réalisés selon les durées de rotations choisies et donc les produits vendus.

- Scénario 1 : Production de poteaux et de perches :

On peut évaluer le nombre de poteaux et de perches que l'on peut faire dans un arbre en fonction de la classe de diamètre à 1,30 m (pour des arbres dont celui-ci ne dépasse pas 18 cm). En calculant le revenu selon différentes possibilités de débitage de l'arbre, on trouve que le revenu est optimal lorsque l'on coupe les billons les plus longs possibles dans la gamme de produits existants selon le diamètre médian. Si le diamètre à 2 m est suffisant pour être le diamètre médian d'un poteau de 4m alors c'est le choix qui est fait. Plus les billons sont longs

et plus ils sont rentables. Ainsi, on peut calculer le revenu optimal de chaque arbre inventorié dont le diamètre à 1,30 m est inférieur à 18 cm.

- Scénario 2 : Production de planches :

Le volume commercial de l'eucalyptus, dont la méthode de calcul a été explicitée précédemment, a été estimé. Ce volume commercial de bois sur pied a été multiplié par le prix du bois sur pied.

- Scénario 3 : Production de palettes :

La méthode explicitée précédemment a permis d'évaluer le nombre de palettes produit et le revenu brut.

Ces scénarios 1 à 3 ne sont pas actualisés et visent seulement à comparer les revenus entre les différents produits de l'eucalyptus et non les revenus entre les différentes essences. Seuls les revenus du bois sur une durée de 25 ans permettent cette comparaison.

### 1.3.4. Le cedro et le laurier

Dans le cas du cedro et du laurier, seul le produit « planches » est courant. Les revenus possibles par hectare en fonction de la densité et du diamètre des arbres ont donc été envisagés avec les prix du bois sur pied. Afin d'estimer le revenu possible pour un producteur, on a réalisé différents scénarios de production pour le cedro et le laurier en faisant varier la densité initiale de plantation et/ou les éclaircies et les durées de rotations. Ces scénarios seront réalisés pour chacune des essences étudiées. Ils ont permis de comparer les revenus possibles pour le producteur selon la sylviculture et l'essence choisies. Le choix d'une essence et d'un itinéraire sylvicole dépendra ensuite des objectifs de production (commerce café/bois, propres besoins en bois) et souvent la durée de rotation sera dictée par les besoins (financiers ou en bois) du propriétaire.

Cette méthode n'a pu être utilisée pour calculer les revenus de l'amarillón car les données de croissance n'étaient pas disponibles. Son revenu a toutefois été estimé d'après des données bibliographiques sur sa production de bois en volume.

- **la méthode de calcul des revenus**

La méthode utilisée pour le cedro et le laurier consiste à faire varier la densité initiale de plantation, les éclaircies et les rotations tout en utilisant les mêmes équations pour estimer le volume commercial (Vc) de bois.

A partir des équations du **niveau de production des essences dans les différents sites**, des simulations ont été faites en faisant varier les densités de plantation, les éclaircies et l'âge de la coupe. Le choix de chaque variable a été fait de sorte qu'il recrée des conditions sylvicoles souvent préconisées par les coopératives, les forestiers du pays ou la littérature.

i) Choix des densités et des rotations

Pour chaque essence, la littérature sylvicole a été révisée et les pratiques actuelles des propriétaires ont été confrontées. Ces renseignements ont permis de cibler au mieux le choix de la densité afin de n'envisager que les scénarios recommandables dans une association de l'essence forestière étudiée avec des caféiers. Ces scénarios sont donc tous possibles dans la théorie comme dans la pratique.

ii) Actualisation des revenus

L'actualisation est une technique de calcul permettant la prise en compte d'une certaine préférence pour le présent dans le choix d'investissement forestier. Le taux d'actualisation est une variable essentielle de toutes les optimisations en matière de choix des investissements. Il est utilisé pour déterminer la valeur à une date précise (25 ans ici) connaissant sa valeur à une autre époque. La valeur donnée au temps étant le fondement de l'actualisation, ce taux est toujours positif. Le taux souvent choisi est égal à celui du taux d'intérêt sur le marché, soit 1,1 au Costa Rica.

Actualiser le revenu permet la comparaison de scénarios dont les durées de rotation sont différentes, la période de temps considérée étant identique, égale à 25 ans. Selon la gestion sylvicole choisie, il y aura donc un ou plusieurs cycles de rotation sur cette période. Pour le calcul du revenu actualisé, on se place donc à la fin de la 25e année. Pour la suite de l'exposé de cette méthode, le cas du cedro est pris ici à titre explicatif. Ainsi, si une éclaircie est réalisée à 8 ans, la coupe et replantation à 12 ans puis une nouvelle éclaircie à 20 ans et coupe à 25 ans (cas du scénario n°3 pour le cedro), le revenu actualisé rapporté par la vente de bois sur pied est de :

$$R_3 = E * 1,1^{17} + (C - 127,71) * 1,1^{13} + E * 1,1^5 + C = \text{US\$/ha.}$$

L'unité utilisée dans ce rapport est le dollar américain. Cette monnaie a été préférée aux "colones" du Costa Rica pour sa facilité d'utilisation, de compréhension pour tous et son importance dans l'économie costaricaine. Ceci ne sera plus précisé par la suite : \$ sera mis pour US\$.

Avec **E** : revenu rapporté par la vente du bois d'éclaircie (prix du bois sur pied : 117,4 \$/m<sup>3</sup> pour le cedro),

**C** : revenu de la vente de la coupe (bois sur pied) et

Coût de plantation = 127,71 \$/ha (quelque soit le nombre de plants et l'essence)

**17** correspond aux nombre d'années écoulées entre l'obtention de ce revenu (à 8 ans) et la date de 25 ans considérées ici : 25 – 8 = 17. De même pour le revenu de la coupe : 25 – 12 = **13** et pour la seconde éclaircie : 25 – 20 = **5**.

Sur la période de 25 ans, la première coupe finale effectuée à 12 ans est suivie d'une replantation dont le coût est pris en compte dans le calcul. Par ailleurs, ce coût d'installation

d'une plantation, après consultation de CoopéAgri et d'experts du CATIE (communication personnelle de M. Montero), est supposé identique pour toutes les essences dans ce rapport.

N'est pas pris en compte le coût de plantation initiale. En effet, ces calculs servant à comparer les revenus entre les différentes essences, le coût de plantation initiale étant supposé identique pour toutes les essences, il est inutile de le faire rentrer dans le calcul puisqu'il ne modifiera pas la comparaison entre essences. En revanche, il faut se rappeler qu'il n'a pas été pris en compte si l'on veut avoir une idée juste du revenu net du bois dans une caféière.

Par ailleurs, le coût de replantation après la dernière coupe finale, à la 24<sup>e</sup> ou 25<sup>e</sup> année (selon les durées de rotation des essences, 25 pour le cedro et le laurel, 24 pour l'eucalyptus), n'est pas inclus. La comparaison entre les essences est donc faite avec les revenus engendrés sur une période de 24 ou 25 ans en partant d'une parcelle nouvellement plantée (âge 0) et en arrêtant le bilan en présence de cette même parcelle « à blanc » c'est-à-dire après la coupe finale et sans replantation.

Enfin, comme l'ensemble des calculs se réfère au prix du bois sur pied, il n'est pas nécessaire de prendre en considération les coûts liés à l'abattage et au débardage.

### iii) vente en billons livrés scierie

Si le producteur décide d'abattre lui-même ses arbres et de vendre en billons livrés chez le scieur, il faut ajouter le coût d'abattage, de transport et augmenter le prix de vente.

Or, après consultation de CoopéAgri et d'experts du CATIE (communication personnelle de M. Montero), l'hypothèse est faite que le coût d'abattage peut être estimé à 2,5 \$/m<sup>3</sup> et le service de transport à 12,3 \$/m<sup>3</sup>.

Soit un coût supplémentaire de 14,8 \$/m<sup>3</sup>.

$$R'_4 = (E - (14,8 * V_e)) * 1,1^{17} + (C - (14,8 * V_c) - 127,71) * 1,1^{13} + (E - (14,8 * V_e)) * 1,1^5 + C - 14,8V_c$$

Avec  $R'_4$  : revenu en \$ du scénario 4' : vente en billons livrés scierie,

$E$  : revenu de la vente du bois d'éclaircie (prix bois rond livré scierie 184,6 \$/m<sup>3</sup>),

$V_e$  : volume commercial prélevé lors de l'éclaircie,

$C$  : revenu de la vente de la coupe (bois rond livré scierie),

$V_c$  : volume commercial prélevé lors de la coupe.

- **Cas particulier des scénarios n°1 du cedro, n°s 6 et 7 du laurel**

Pour s'assurer de la justesse des équations de croissance utilisées, d'autres approches, plus intuitives, qui s'appuient sur l'expérience des forestiers rencontrés ou des résultats d'inventaires, ont été suivies pour calculer les revenus. C'est ainsi le cas du scénario n°1 du cedro et des scénarios n°s 6 et 7 du laurel. Les données de production ont été fournies par les producteurs et les experts rencontrés.



L'analyse de cette information bibliographique et de terrain, complétée par des calculs, sera présentée en quatre parties :

La première partie, documentée par la recherche bibliographique, s'attachera à analyser les intérêts et les contraintes de l'association caféiers-arbres producteurs de bois d'œuvre. Les effets des arbres sur la production caféière et la qualité du café puis leurs effets écologiques seront tout d'abord présentés. Puis les caractéristiques de chaque essence, la gestion sylvicole et l'opportunité de la plantation d'arbres seront expliqués afin d'avoir les éléments qui permettront la prise de décision dans le choix d'une essence puis de sa sylviculture.

Il s'agira dans un deuxième temps de décrire la filière de transformation et de commercialisation des principaux bois d'œuvre issus des systèmes agroforestiers du Costa Rica. La connaissance du contexte économique, institutionnel et réglementaire, de la structure et du fonctionnement de la filière bois et de l'information accessible permettra d'aider le propriétaire dans le choix d'un mode de commercialisation de ses produits bois. Ce n'est qu'en connaissant cette filière que le propriétaire pourra tirer un profit maximal de sa production de bois. Ces résultats sont issus de l'information bibliographique et de celle recueillie sur le terrain.

Dans un troisième temps, il faudra analyser les aspects économiques et financiers de la filière. Les coûts supportés dans cette filière, les prix de vente, les différents produits et les revenus possibles pour le propriétaire seront fournis. Ces éléments permettront de préciser le choix d'une essence et de choisir le schéma d'exploitation optimal théoriquement. Pour cela, seront présentés les résultats des calculs prenant en compte la croissance de chaque essence et les différents prix de vente de son bois.

Enfin, les analyses précédentes permettront de discuter de la production de bois d'œuvre en s'appuyant sur les précédents résultats. Le contexte économique, les perspectives et les jugements portés sur cette filière des principaux bois d'œuvre (ses besoins, ses atouts et ses faiblesses) serviront à mieux juger cette production de bois d'œuvre et à faire les recommandations nécessaires au niveau national toujours en conservant pour objectif d'améliorer la rémunération des propriétaires. Enfin, les éléments susceptibles d'augmenter les revenus du bois pour les propriétaires seront discutés.

## **2. INTÉRÊTS ET CONTRAINTES DE L'ASSOCIATION CAFÉIERS-ARBRES PRODUCTEURS DE BOIS D'ŒUVRE**

Pour analyser l'association caféiers-arbres producteurs de bois d'oeuvre, il est important de définir son contexte écologique. Cette première série de résultats, issus de l'information bibliographique, se penche sur certains aspects de cette association au niveau de ses avantages pour la caféière et la production de bois d'oeuvre. Puis les principales essences traditionnelles ou introduites seront distinguées afin d'avoir les éléments qui permettront la prise de décision dans le choix d'une essence puis de sa sylviculture.

### **2.1. Effets des arbres sur la production caféière et la qualité du café**

#### 2.1.1. Effets sur la production caféière

L'introduction d'arbres producteurs de bois d'oeuvre dans une caféière permet d'avoir une source de revenus supplémentaire. De plus, les arbres bénéficient des intrants agricoles apportés aux caféiers. Cependant, les coopératives comme CoopéAgri informent les producteurs que l'ombrage diminue la production de café. Certains propriétaires trouvent que le laurier et l'eucalyptus procurent un ombrage inadapté au café car le houppier « s'élève beaucoup » ce qui entraîne un goutte à goutte qui endommage les fleurs du caféier et maltraite les feuilles. A ceci s'ajoute la présence de « l'ojo de gallo » (*Mycena citricolor*) dans les caféières à forte densité de laurier. Ces deux phénomènes concourent à réduire la production de café de façon significative. Mais, selon Hernandez, la production de bois d'oeuvre, rapide et abondante, compense l'éventuelle baisse de rendement du café sous ombrage (Hernandez et al., 1997).

Parfois, on entend que la présence d'autres essences comme le poro ne diminue pas la production de café comme le fait celle du laurier ou de l'eucalyptus. En réalité, l'intérêt du poro est de pouvoir réguler l'ombrage en particulier l'éliminer au moment de la floraison et de la croissance des cerises afin de maximiser la production. En effet, le rendement du café est largement conditionné par la lumière incidente. Il dépend de la quantité de l'ombrage, pas de l'essence qui procure cet ombrage. Il est donc identique sous ombrage d'arbres producteurs de bois d'oeuvre ou d'autres arbres comme le poro.

#### 2.1.2. Effets sur qualité du café

La monoculture intensive sans ombrage a souvent pour conséquence de faire baisser la longévité naturelle des plantations et surtout de diminuer sensiblement la qualité du grain produit. Il serait donc possible de faire un lien entre arbre et qualité (Zanfini A., en préparation).

Les cafés spéciaux résistent mieux à la crise. Leurs caractéristiques gustatives ou simplement les modes de production utilisés en font, en effet, des produits originaux, mieux rémunérés, car recherchés par le torréfacteur et le consommateur. Paradoxalement, malgré l'émergence de nouveaux marchés pour ces cafés de qualité, peu de choses sont connues sur les facteurs liés au terroir qui influent sur la qualité. Le CIRAD a donc entrepris des recherches sur ce sujet.

Différents propos ont été tenus par les enquêtés. La majorité d'entre eux pensent qu'il n'y a pas de relation entre la présence d'arbres dans la caféière et la qualité du café produit. En revanche, d'autres propriétaires pensent que le cedro et l'amarillón améliorent la qualité du café en "rafraîchissant" la caféière et que le cedro abaisse davantage la température que l'amarillón. Les arbres d'ombrage créent un microclimat favorable pour la production de café de qualité. Les variations de température sont modérées par la présence des arbres ; elles sont inférieures de 5°C en périodes chaudes ou supérieures de 2°C par rapport aux températures minimales, d'après des mesures faites au Mexique (Beer et al., 1998) et au Costa Rica (Siles, 2001).

De plus, en zones de faible altitude et sèches, l'ombrage limite les dégâts occasionnés par la mineuse des feuilles (*Leucoptera coffeella*) (Vaast et Harmand, 2002).

Enfin, la diminution de la charge fructifère des caféiers et l'allongement de la période de maturation des cerises sont propices à une meilleure qualité du café. Cet avantage revêt une importance toute particulière. En effet, la baisse des cours du café est une tendance marquée sur le long terme. Dès lors, le revenu des caféiculteurs ne peut s'améliorer que si les coûts de production diminuent ou si la qualité du café produit justifie une plus-value par rapport au prix de référence (CIRAD, 2003). La production des caféiers cultivés en systèmes agroforestiers pourrait justifier cette plus-value par rapport au prix de référence.

## 2.2. Effets écologiques des arbres d'ombrage

Les effets écologiques positifs sont importants. En effet, l'érosion des sols fragiles de montagnes est réduite, en particulier sur les terrains en pente où le caféier est principalement installé. De plus, l'apport d'émondes et de litière au sol par les arbres d'ombrage procure une couverture végétale qui limite le ruissellement et l'érosion et enrichit continuellement le sol en matière organique. La présence d'arbres dans les caféières favorise donc l'équilibre du sol (moins de nématodes). Elle améliore l'incorporation de la matière organique et la structure. La fertilité du sol est conservée. Ceci s'avère d'autant plus utile que le sol est dégradé après 50 ans de culture caféière (Vaast et Harmand, 2002). Cependant, l'eucalyptus contribue fortement à l'acidification du sol.

L'apport de matière organique au sol et la régulation du microclimat procurent aussi des conditions favorables au développement d'une biodiversité faunistique ; on note une forte densité d'arthropodes sous ombrage (Perfecto et al., 1997). Les caféières gérées traditionnellement abritent au moins 180 espèces d'oiseaux, bien davantage que dans les autres terres agricoles, une diversité seulement dépassée par celle des forêts tropicales primaires (Rice et Ward, 1996). Ainsi la strate arborée fournit les habitats indispensables à certaines espèces d'oiseaux et les systèmes agroforestiers caféiers sont une composante essentielle d'un couloir biologique indispensable à la biodiversité faunistique (Vaast et Harmand, 2002).

Ces systèmes agroforestiers à base de caféiers peuvent jouer un rôle de puits de carbone dans une optique de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En effet, les systèmes de rotation de longue durée comme l'agroforesterie peuvent piéger des quantités

substantielles de carbone dans la biomasse des plantes et dans les produits en bois à longue durée de vie. La séquestration de carbone dans le sol est une autre option réalisable dans les systèmes d'agroforesterie (UICN, 2002).

En outre, la ressource en bois que constituent ces arbres dans les caféières permet de limiter l'exploitation des réserves forestières naturelles.

La présence d'arbres dans la caféière a donc des effets positifs sur la caféière, le café et l'environnement. Mais, il faut à présent s'attacher aux caractéristiques propres de chacune des essences possibles pour la production de bois d'œuvre.

## 2.3. Informations bibliographiques sur les essences productrices de bois d'œuvre dans les caféières au Costa Rica

Comme il l'a été expliqué dans le paragraphe 1.2., dans le cadre de cette étude visant à étudier la valorisation de l'ombrage par la production de bois d'œuvre, cinq essences principales ont été choisies : le cedro, *Cedrela odorata*, le laurel, *Cordia alliodora*, l'eucalyptus, *Eucalyptus deglupta*, l'amarillón, *Terminalia amazonia* et le terminalia, *Terminalia ivorensis*. Cette partie s'attache à explorer les spécificités de chacune d'elles.

### 2.3.1. Le cedro (*Cedrela odorata*)

- **La qualité de son bois et ses usages**

Le cedro, ou *Cedrela odorata*, est une essence tendre. Le bois est d'excellente qualité. Il est très apprécié en raison de sa couleur et de sa facilité à travailler. L'aubier est de couleur brun jaunâtre et le duramen beige rosé à brun rougeâtre. Il est décoratif, de surface brillante, d'odeur aromatique et de saveur amère. Le bois a une densité moyenne à forte : 0,33-0,60g/cm<sup>3</sup>. Sa texture est moyenne et lisse au toucher. Ses propriétés mécaniques sont de très faibles à faibles. Le duramen est modérément durable et difficile à préserver. L'aubier est facile à préserver. Il est résistant aux termites mais pas aux foreurs marins. Il est facile à sécher, à une vitesse modérée (16 jours à l'air libre pour un taux d'humidité inférieur à 20 %) et avec de légers défauts comme des courbes ou des tournures. Il est facile à travailler avec des machines et des outils manuels : scier, raboter, tourner et lier et les finitions sont excellentes. Il est facile à encoller et retient bien les clous et les vis.

Il est utilisé pour la construction légère, la décoration d'intérieurs, la construction de bateaux (pont et revêtements), l'artisanat et l'ébénisterie en général. On fait des meubles raffinés, des lambris, des instruments de musiques, des planchettes, de moulures, de portes, de fenêtres (Somarriba, 1994).

Figure 2. Bois de *Cedrela odorata* apprécié pour sa couleur brune (courtoisie A. Vallejo)



- **Les connaissances nécessaires pour sa gestion sylvicole**

- Sa répartition : La frange altitudinale du cedro, de la famille des Méliacées, est comprise entre 0 et 1200 m. (traduit de Cintron, 1990). Il se rencontre dans tous le pays notamment dans les régions de Pérez Zeledón et Turrialba. Il est exigeant en lumière.

- Sa régénération : Dans les systèmes agroforestiers, le cedro se régénère très bien s'il y a un semencier proche. Le cedro présente un taux de mortalité très important : sa replantation et la réussite de cette plantation n'est pas assurée. Il est très sensible à l'attaque de la foreuse des rameaux ou mineuse des pousses, « mariposa de las brotes » : *Hypsipyla grandella*.

- Sa croissance : Dans des bonnes stations, avec une bonne gestion sylvicole, on peut obtenir une croissance annuelle de 2 à 3 cm en diamètre à 1,30 m pendant les dix premières années (Cordero, 2003).

Ensuite, la croissance annuelle minimale du cedro est de l'ordre de 2 cm en diamètre à 1,30 m. Le cedro a une grande capacité de croissance en diamètre. A Turrialba (3000 mm de précipitations annuelles, 650 m d'altitude), après dix ans, le diamètre d'un cedro est compris entre 18 et 30 cm et la hauteur de l'ordre de 15 m. Par ailleurs, la production du cedro est estimée à 2 à 3 m<sup>3</sup>/ha/an sur une durée de 25 ans (Vallejo, 2004). Peu de données de croissance sont disponibles à ce jour pour cette essence qui a été beaucoup moins étudiée que le laurier. Ceci peut s'expliquer par le fait que le laurier, contrairement au cedro, est très présent dans la zone de Turrialba où se trouve le CATIE et où la majeure partie des études sur les systèmes caféiers a été réalisée.

- Les mesures de protection nécessaires : La plantation du cedro en mélange avec d'autres essences, comme le laurier, permet de limiter l'attaque d'*Hypsipyla grandella*. De plus, le cedro résiste mieux aux attaques lorsqu'il est planté entre les rangs que dans les rangs de café. Il résiste également mieux lorsqu'il est planté dans des caféières matures que récemment plantées ou taillées (Somarriba, 1994).

Les plantations de cedro ont besoin d'inspections régulières pour éviter cette infestation. En cas d'infestation, un élagage spécial doit être pratiqué immédiatement et l'arbre est guéri ou perdu. Couvrir les jeunes plants avec des feuilles et de la terre permet également d'éviter les infestations. Après deux ou trois ans, le danger d'infestation est passé (Somarriba, 1994).

Le cedro a souvent des fourches basses causées par la foreuse *Hypsipyla grandella* ou par des dommages mécaniques (vent, chute de branches des arbres voisins...). Ces arbres fourchus développent un houppier étalé qui procure un ombrage trop important et ont des fûts commerciaux courts qui produisent peu de bois. (Somarriba, 1999).

Figure 3. Houppier de *Cedrela odorata* (courtoisie A. Vallejo)



### 2.3.2. Le laurier (*Cordia alliodora*)

- **La qualité de son bois et ses usages**

Le bois de laurier, ou *Cordia alliodora*, est un des plus importants économiquement en Amérique centrale. Il a une valeur élevée pour l'utilisation locale et sur les marchés internationaux.

Le bois a une texture fine à moyenne, avec une bonne résistance. La majorité des propriétés de résistance s'améliorent au séchage. L'aubier (jaune crème) est plus léger que le duramen (jaune à café sombre). Le duramen

est très résistant aux attaques parasitaires alors que l'aubier est plus sensible. Le bois juvénile d'éclaircie est blanc et son marché est limité à des fins décoratives. La densité varie entre arbres et entre stations :  $0,38-0,64\text{g/cm}^3$ , en zones sèches le bois est plus dense.

Le bois est utilisé pour la fabrication de meubles, l'ébénisterie en général, portes, encadrements de fenêtres, planchettes, plinthes, placages intérieurs et extérieurs de maisons, moulures et revêtements de sols. Ils existent aussi de nouveaux usages : jouets, serrures décoratives, artisanats et parquets. Les meubles en laurier semblent très appréciés par les consommateurs pour leur couleur plus sombre et leur dureté (Somarriba et Beer, 1987).

- **Les connaissances nécessaires pour sa gestion sylvicole**

- Sa répartition : L'aire de répartition du laurier, de la famille des Boraginacées, inclut une grande variété de climats et de sols. Le laurier pousse jusqu'à 1100 mètres d'altitude même si on le rencontre de façon plus dispersée dans les caféières des zones pacifiques sèches à basse altitude au Nicaragua. Il est présent dans la zone de Turrialba et aussi bien en zone pacifique sèche qu'en zone humide atlantique où il présente la meilleure croissance, en particulier à basse altitude. Cependant, il a besoin d'une pleine exposition et de sols fertiles pour être vigoureux. La production de laurier en association avec les caféiers est propre à la zone de Turrialba. Le climat y est particulièrement adapté à la production de cette essence (Somarriba et al., 2001).

- Sa régénération : Sa régénération naturelle est abondante. Ensuite, d'après une étude menée dans les cacaoières (Somarriba et Beer, 2004), son taux de mortalité dans la jeune plantation est de 33 % concentré au cours de la première année. D'après une autre étude réalisée par le CATIE (Somarriba et al., 1996), le laurier a souffert de 41 % de mortalité au cours des six premières années.

- Sa croissance : Sa croissance est particulièrement sensible à la fertilité du sol. Avec une bonne gestion sylvicole, on peut obtenir une croissance annuelle de 2 m en hauteur et 2 cm en diamètre à 1,30 m pendant les dix premières années (CATIE, 1994).



Figure 4. Aisément reconnaissable *Cordia alliodora* (courtoisie A. Vallejo)

Dans les systèmes agroforestiers, la croissance en diamètre du laurier est supérieure à celle obtenue en plantations pures, cependant, les plantations pures établies dans des conditions de station très bonnes font exception à cette généralisation (Somarriba, 1994).

Tableau II. Estimations de l'augmentation moyenne annuelle (croissance totale accumulée divisée par l'âge de la plantation) en diamètre et en hauteur, en régénération naturelle du laurier en systèmes agroforestiers à Turrialba, Costa Rica.

| Hauteur        |                                      | Diamètre       |                                       |
|----------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| Tranches d'âge | Augmentation moyenne annuelle (m/an) | Tranches d'âge | Augmentation moyenne annuelle (cm/an) |
| 1-5            | 2,0                                  | 1-5            | 3,0                                   |
| 6-13           | 1,5                                  | 5-10           | 2,0                                   |
| 14-19          | 1,0                                  | > 10           | 1,5                                   |
| 20-36          | 0,3-0,6                              |                |                                       |

Source : Somarriba, 1994

La croissance du laurier décroît visiblement, pour différentes étapes de développement, à partir de l'âge de dix ans. Elle diffère aussi selon l'altitude : il atteint 35 à 40 m de haut en Talamanca à très basse altitude et seulement 20 à 25 m dans la zone de Turrialba située entre 700 et 1100 mètres d'altitude. A titre indicatif, les systèmes caféiers se rencontrent à des altitudes supérieures à 600 mètres. Les caractéristiques diamétriques de régénération naturelle de *Cordia alliodora* en systèmes agroforestiers à Turrialba en fonction de sa densité sont connues et permettent de mieux appréhender sa sylviculture.

Tableau III. Caractéristiques diamétriques de régénération naturelle de *Cordia alliodora* en systèmes agroforestiers à Turrialba, Costa Rica

| Densité du café (N/ha) | Densité du laurier (N/ha) | Diamètre moyen à 1,30 m (cm) | Croissance annuelle moyenne en diamètre (cm) | Age calculé (ans) D/Croissance annuelle |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|--|---|
| 3700                   | 260                       | 20                           | 1,8  | 11                                      |
| 7300                   | 290                       | 23                           | 0,9  | 25                                      |
| 2800                   | 120                       | 36                           | 0,8  | 45                                      |
| 4119                   | 211                       | 32                           | 0,9  | 35                                      |

Source : modifié de Somarriba, 1994

De plus, il a été déterminé que la croissance diamétrique du laurier en systèmes agroforestiers, varie en fonction des intrants agricoles apportés aux caféiers. A Turrialba, entre 2 et 6 ans, le diamètre d'un laurier augmente de 5 à 15 cm et la hauteur de 4 à 10 mètres (Somarriba, 1990).



Tableau IV. Données disponibles sur la production du laurier au Costa Rica

| Hypothèse de croissance | Densité du laurier | Age calculé (ans)<br>D/Croissance annuelle | Diamètre à 1,30 m | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Production (m <sup>3</sup> /ha/an) |
|-------------------------|--------------------|--|-------------------|--|------------------------------------|
| Basse (Vallejo A.)      | 125                | 25   | 32                | 82,5                                   | 3,3                                |
| Moyenne (Dzib B.)       | 125                | 18   | 32                | 93,6                                   | 5,2                                |

Source : Vallejo, 2004 et Dzib, 2003

Selon deux sources, on obtient des productions différentes. Ces deux sources seront explicitées dans la suite du rapport (paragraphe 4.4.2.)

- Son ombrage : Depuis longtemps, il a été montré que le laurier développe lentement son houppier pendant les premières années de vie, procurant de bonnes conditions d'ombre au café pendant les six premières années (Somarriba et Beer, 1987). Son houppier ouvert procure un ombrage adapté au café. Pour que cet ombrage soit suffisant dans les régions étudiées, parfois il ne suffit pas de conserver sa régénération naturelle. En effet, certains producteurs qui souhaitent ombrager leur caféière, trouvent l'ombrage procuré par les lauriers issus de régénération naturelle insuffisant et maintiennent donc la présence additionnelle de poro pour intensifier l'ombrage produit dans la caféière (Beer, 1992).

- Ses problèmes phytosanitaires : Différents problèmes existent selon les zones géographiques concernées (Liegel et Stead, 2004). Dans les systèmes agroforestiers caféiers, à Turrialba, on a observé des arbres attaqués fortement par des parasites (*Phoradendrom robustissimum* Eichl.) et par un chancre (*Puccinia cordiae* Arthur) (Somarriba, 1994).

### 2.3.3. L'eucalyptus (*Eucalyptus deglupta*)

- **La qualité de son bois et ses usages**

Le bois d'eucalyptus est peu apprécié car sa durabilité naturelle est faible. Le risque de pourrissement est grand après l'abattage s'il n'est pas scié rapidement.

L'aubier du bois vert est de couleur marron clair et le duramen orangé grisé. Au séchage, l'aubier conserve sa couleur et le duramen devient marron grisé à rougeâtre. Le bois produit au Costa Rica est de couleur brun clair ou foncé, avec des veines en forme de bandes. Le poids spécifique du bois varie entre 0,30 et 0,43 g/cm<sup>3</sup> pour les arbres jeunes de plantations et entre 0,56 et 0,80 g/cm<sup>3</sup> pour les arbres matures de forêt naturelle.

Le bois de vieux arbres est plus difficile à sécher que celui d'arbres jeunes. Le sciage du bois, qu'il soit vert ou sec,

Figure 5. Ecorce facilement reconnaissable d'*Eucalyptus deglupta* (courtoisie A. Vallejo)





le ponçage et l'assemblage sont faciles et les surfaces sont bien finies. Exception faite si le sciage est fait selon le plan radial, alors le ponçage devient difficile.

Le bois d'éclaircie s'utilise souvent comme bois de feu car il a un pouvoir calorifique d'environ 21000 kJ/kg (5000 kcal/kg). Cependant, il a d'autres débouchés possibles : les palettes, les poteaux électriques, les piquets de clôtures. *Eucalyptus deglupta* est très approprié pour les poteaux électriques de par sa flexibilité et ses propriétés de structure.

Le bois adulte (de plus de 15 ans) s'utilise en construction en général, pour les revêtements de canots et pour la finition de petites embarcations. Il s'utilise également dans des constructions lourdes et l'ébénisterie, car il est facile à travailler et se finit bien (Collection de Guide de sylviculture, 1994).

### • Les connaissances nécessaires pour sa gestion sylvicole

- Sa répartition : L'espèce *Eucalyptus deglupta*, de la famille des Myrtacées, est planté dans les zones basses humides, à des altitudes maximales de 1500 m et où les précipitations sont comprises entre 2500 et 3500 mm/an. Au Costa Rica, elle a été plantée principalement dans les régions Huetar Nord et Atlantique de 0 à 800 m d'altitude. Cet eucalyptus est exigeant vis-à-vis du sol : celui-ci doit être bien drainé (Collection de Guide de sylviculture, 1994). D'autres eucalyptus comme *E.saligna* sont également plantés dans les caféières mais plutôt à moyenne altitude, et à moindre échelle.

- Sa croissance : L'eucalyptus est apprécié car il pousse rapidement.

Tableau V. Croissance de *Eucalyptus deglupta* en fonction de son âge, à Turrialba, Costa Rica.

| Age (ans) | Augmentation moyenne annuelle de la hauteur (m/an) | Augmentation moyenne annuelle du diamètre (cm/an) |
|-----------|--|---|
| 8-10      | 1,1-4,9  | 0,7-4,5   |
| 10-20     | 1,0  | 1,0   |

Source : modifié de Ugalde Arias, 1997

L'augmentation moyenne du volume de *Eucalyptus deglupta* en fonction de la fertilité du sol au Costa Rica, varie de 2 à 26 m<sup>3</sup>/ha/an (Ugalde Arias, 1997). Les caractéristiques dendrométriques de *Eucalyptus deglupta* en fonction de son âge sont connues et permettent de mieux appréhender sa sylviculture.

Tableau VI. Caractéristiques dendrométriques et de production de *Eucalyptus deglupta* en fonction de son âge, à Turrialba, Costa Rica.

| Age (ans) | Diamètre moyen à 1,30 m (cm) | Hauteur moyenne (m) | Volume total (m <sup>3</sup> /ha) | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) |
|-----------|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--|
| 4         |                              |                     | 23                                | 17                                     |
| 8         | 21                           | 28                  | 89                                | 65                                     |
| 12        | 32                           | 31                  | 117                               | 85                                     |
| 20        | 85                           | 50                  |                                   | -                                      |

Source : modifié de Ugalde Arias, 1997 et Vallejo, 2004

- Sa protection : L'eucalyptus ne tolère pas la compétition avec des herbacées ou des arbustes. Durant les premières années, il est très sensible aux termites.
- Son ombrage : *Eucalyptus deglupta* est le meilleur des eucalyptus en association avec les caféiers car son houppier est moins dense ce qui permet le passage des rayons solaires, lorsque la densité n'est pas trop forte. Cependant, le houppier de l'eucalyptus est plus étendu que celui du cedro ou du laur. Pour cette raison, beaucoup de producteurs le plantent en limite des chemins (Collection de Guides de sylviculture, 1994).

### 2.3.4. L'amarillón (*Terminalia amazonia*)

- **La qualité de son bois et ses usages**

Le bois de l'amarillón, ou *Terminalia amazonia*, est dur et durable (densité bois vert 1,14g/cm<sup>3</sup>, bois sec 0,7-0,9g/cm<sup>3</sup>) avec de bonnes propriétés de résistance. Sa couleur jaunâtre avec des bandes rouges plaît. Il est coté sur les marchés nationaux et internationaux. Pour travailler avec des machines, il est modérément difficile, avec quelques fissures au ponçage dues au grain entrelacé. Ses qualités de finition sont bonnes même s'il requiert un assemblage fin. Le duramen a une bonne résistance aux termites et n'est sensible qu'aux champignons.

De par sa dureté et sa finition attractive, il a divers usages en construction générale, ameublement, revêtement et construction externe. Il est recommandé pour les manches d'outils, coffrages, les ponts, les palettes, les revêtements industriels, les serrures, les parquets, les tonneaux et les portes. Au Costa Rica, il est utilisé traditionnellement pour la construction en général, les charpentes, les escaliers et les revêtements. Actuellement, il s'utilise aussi pour les lambris et les parquets (Montero, 2003).

- **Les connaissances nécessaires pour sa gestion sylvicole**

- Sa répartition : L'aire de répartition de l'amarillón, de la famille des Combrétacées, est vaste dans la forêt humide. Il est préférable de le planter à des altitudes basses à moyennes (100 – 800 m d'altitude) avec des précipitations de 2000 à 3000 mm/an. Il se trouve sur des sols bien drainés, et généralement pas en zone sèche (Flores, 1994).
- Sa croissance : Sa croissance est modérée, même sur des sols moyennement fertiles. La croissance de *Terminalia amazonia* est connue et permet de mieux appréhender sa sylviculture (les données de l'augmentation moyenne du volume à 9 et 17 ans ne sont pas disponibles).



Figure 6. Allure de *Terminalia amazonia*

Tableau VII. Croissance de *Terminalia amazonia* au Costa Rica

| Qualité du site :<br>hauteur de l'arbre à<br>10 ans (m) | Augmentation<br>moyenne annuelle de<br>la hauteur (m/an) | Augmentation<br>moyenne annuelle du<br>diamètre (cm/an) | Augmentation<br>moyenne du volume<br>(m <sup>3</sup> /ha/an) |
|---|--|---|--|
| 9   | 0,7  | 1,0   | -  |
| 17  | 1,3  | 1,6   | -  |
| 25  | 2,4  | 3,6   | 11,8   |

Source : modifié de Montero, 2003

Ces valeurs ont été obtenues en plantations à forte densité et ne sont pas applicables directement aux systèmes agroforestiers.

- Sa protection : Une foreuse de la pousse principale (*Cossula*, *Lepidoptera* : Cossidae) attaque plusieurs espèces de terminalia, causant la mort de l'axe principal et laissant une fourche (Nichols et Gonzalea, 1992).



Figure 7. Houppier de *Terminalia amazonia* (courtoisie A. Vallejo)

### 2.3.5. Le terminalia (*Terminalia ivorensis*)

- **La qualité de son bois et ses usages**

Il faut remarquer que le bois de terminalia, ou *Terminalia ivorensis*, se rencontre rarement sur le marché. Il s'agit d'une essence exotique peu commercialisée.



Figure 8. *Terminalia ivorensis* dans une caféière au Costa Rica (photo CASCA)

- **Les connaissances nécessaires pour sa gestion sylvicole**

- Sa régénération : Le terminalia, d'origine africaine, connaît un taux de mortalité élevé dans le jeune âge en plantation. Dans une étude menée dans les cacaoyères (Somarriba et Beer, 2004), son taux de mortalité dans la jeune plantation est de 68 % réparti de

façon sporadique jusqu'à 5-6 ans. Ensuite, la durée de vie de la plantation est limitée et on observe des dépérissements (l'arbre sèche et meurt) en bloc vers 15 ans, laissant ainsi la culture sans ombrage. D'après une étude réalisée par le CATIE (Somarriba et al., 1996), *Terminalia ivorensis* a eu 68 % de mortalité due aux attaques de fourmis au cours de la première année et a une mortalité en diminution progressive par la suite. Le terminalia n'est donc pas recommandé.

- Sa croissance : La croissance observée est bonne et c'est l'essence, parmi les essences de bois d'œuvre présentées ici, dont le volume de bois produit est le plus grand. La croissance, observée à 1,30 m, est maximale à l'âge de deux ou trois ans. La croissance de *Terminalia ivorensis* est connue et permet de mieux appréhender sa sylviculture (la donnée du volume à six ans n'est pas disponible).

Tableau VIII. Croissance de *Terminalia ivorensis* en sols fertiles appropriés à la culture du café, avec 100 arbres/ha

| Age    | Diamètre moyen à 1,30 m (cm) | Hauteur moyenne (m) | Volume total (m <sup>3</sup> /ha) |
|--------|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 6 ans  | 23                           | 12                  | -                                 |
| 10 ans | 30-34                        | 17-25               | 82                                |

Source : Somarriba et al., 1996

- Son ombrage : Lors d'une étude concernant le cacao, il a été montré que le terminalia a développé rapidement son houppier procurant de trop fortes conditions de pénombre à partir de la deuxième année (Castaneda, 1981). L'ombrage du terminalia est inadapté à la production caféière ce qui la rend peu utilisable en association avec le caféier (Siles Gutiérrez et Vaast, 2002).

En raison de son incompatibilité avec la culture du caféier, cette essence n'a pas été retenue pour cette étude.

Après avoir synthétisées les informations nécessaires sur chacune des essences, il faut se pencher sur les premiers critères de choix de l'une d'entre elles.

### 2.3.6. Comparaison des différentes essences

Il est important de confronter ces caractéristiques entre elles pour mieux appréhender le choix de l'une d'entre elles par la suite. C'est ce que le tableau de synthèse suivant s'attache à faire.

Tableau IX. Synthèse des caractéristiques de chacune des essences étudiées

|            | Qualité du bois | Marché national                  | Marché international | Perspectives | Régénération                   | Croissance                            |
|------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| cedro      | excellent       | très demandé                     | très demandé         | continues    | naturelle mais forte mortalité | bonne                                 |
| laurel     | bon             | demandé                          | très peu connu       | vastes       | naturelle, mortalité modérée   | très bonne                            |
| eucalyptus | faible          | très intéressant poteau, palette | intéressant          | vastes       | planté                         | excellente, exigeant vis-à-vis du sol |
| amarillón  | bon             | peu connu                        | inconnu              | vastes       | planté                         | bonne                                 |
| terminalia | bon             | très peu connu                   | inconnu              | limitées     | planté, forte mortalité        | très bonne                            |

Cette comparaison est une étape préalable au choix définitif d'une essence. Les autres éléments essentiels à considérer avant de se déterminer pour une essence ou pour l'autre seront étudiés dans la suite de ce rapport. Il convient à présent de s'intéresser aux particularités de la sylviculture pour ces essences dans les caféières. Pour entretenir l'association caféiers-arbres de bois d'œuvre, il est nécessaire d'appliquer une certaine sylviculture (plantation à faible densité avec des éclaircies, des élagages et un éhoupage régulier).

## 2.4. Gestion sylvicole de l'association caféiers-arbres de bois d'œuvre

Quelque soit l'essence d'ombrage, la gestion sylvicole doit être adaptée aux besoins de la plantation pour optimiser les bénéfices de l'association caféiers-arbres de bois d'œuvre. Sans technique sylvicole, une association n'est pas possible. Il s'agit de la plantation à faible densité, de l'élagage et de la pratique régulière de l'éhoupage.

### 2.4.1. Planter à une faible densité

Il est vrai que les arbres d'ombrage peuvent aussi entrer en concurrence avec les plants de café. En zone optimale pour la caféiculture, si l'ombrage est trop dense, la floraison et la fructification sont fortement réduites. Ainsi, au Costa Rica, l'augmentation de la densité de *Cordia alliodora* de 100 à 260 pieds/ha entraîne une réduction de la production de café marchand de 2,3 à 1,7 t/ha/an. Avec l'altitude, la nébulosité augmente, la température diminue et, par conséquent, la nécessité d'ombrager le caféier diminue également. Ainsi, suivant les conditions agroécologiques, la limite supérieure d'ombrage recommandable pour le café Arabica varie de 20 à 70 % (Beer et al., 1998 ; Muschler, 1998).

Parce que le caféiculteur n'est souvent pas forestier, dans les systèmes agroforestiers, on plante généralement à une densité proche de celle voulue en fin de rotation. Il est important d'arriver à un fort taux de survie, une croissance initiale rapide et une bonne forme du fût. L'espacement initial des arbres dépend fondamentalement des objectifs de la plantation, du rythme de croissance de l'essence, de la qualité du site et de la gestion sylvicole.

Tableau X. Densités recommandées dans la littérature, en association avec les cultures pérennes et si l'on souhaite conserver la production de cette culture (cacao, café)

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Densité de plantation initiale (arbres/ha)</b> | 100 à 277 |
| <b>Densité en fin de rotation (arbres/ha)</b>     | 60 à 125  |

Source : Somarriba, 1994 et Somarriba et al., 1996

Le cedro étant attaqué par *Hypsipyla grandella*, il est préférable de le planter en mélange avec une autre essence comme le laurier, soit à une densité de 50 à 75 pour chacune des essences (Somarriba, 1994).

Par ailleurs, les scieurs affirment que le bois de plantation est souvent du bois de tension, ce qui pose des problèmes au sciage (en revanche, l'arbre de forêt naturelle a poussé plus lentement et le bois est plus dense). Cette mauvaise qualité est due en partie à une mauvaise sylviculture et une croissance trop rapide (les scieurs comme les consommateurs préfèrent donc le bois de forêt naturelle à celui de plantations ou de systèmes agroforestiers). La sylviculture est un aspect essentiel pour la qualité des produits et doit donc être soignée.

### 2.4.2. Réaliser des élagages

La seule opération sylvicole réalisée est l'élagage : un par an pendant les trois premières années (6-7 m de haut). Ces élagages visent à réguler l'ombrage et à assurer la production de bois de meilleure qualité (deux billons de 3,34 m de long) dont le prix sera revu à la hausse. Souvent, il y a davantage d'élagage dans les systèmes agroforestiers qu'en plantations en plein, au moins jusqu'à quatre à six mètres de haut. Pour l'amarillón, les élagages sont indispensables (Montero, 2003). Contrairement aux essences légumineuses régulièrement élaguées ou émondées pour doser l'ombrage, la hauteur des arbres de bois d'œuvre ne permet pas toujours de contrôler facilement l'ombrage sauf par éclaircie (élagages impossibles du fait de la hauteur). L'élagage doit donc être précoce et le contrôle de la densité de plantation reste indispensable.

### 2.4.3. Pratiquer un éhoupage régulier

Une autre consigne que celle de planter à faible densité et d'élaguer, permet d'éviter un ombrage incontrôlable. Il s'agit d'enlever régulièrement une partie du houppier. Le premier éhoupage doit se faire lorsque les arbres ont 15 à 20 cm de diamètre à 1,30 m. L'éhoupage des arbres anciens est possible mais risqué car il peut occasionner la mortalité de l'arbre. L'éhoupage, total ou partiel, se fait à 80-100 cm au dessus de la hauteur commercialisable. Il doit être répété tous les deux ou trois ans. Il s'agit d'éviter le développement vertical des branches qui permettrait de reformer le houppier. L'éhoupage doit être pratiqué pendant la période d'« inactivité » des caféiers, après la récolte avant la floraison suivante. Il faut attendre que le laurier ou le cedro aient perdu leurs feuilles (en début de saison sèche), ainsi le stress physiologique est moindre et l'arbre récupère mieux. 10 % des producteurs rencontrés pratiquent cet éhoupage et ils soutiennent que les arbres ainsi éhoupés :

- Sont davantage cylindriques (ce qui augmente le rendement en bois par billon) ;
- Croissent plus rapidement en diamètre ;
- Font peu de dégâts aux caféiers lors de l'exploitation parce que la longueur des fûts est plus courte et il suffit de les éhoper avant l'exploitation pour réduire encore ces dommages (comme il n'y a plus de houppier, les dégâts sont limités).

L'évétage est fait pour que l'arbre ne monte pas trop en hauteur, pour ne pas gêner la culture, réduire l'ombrage, limiter les dégâts à l'exploitation et les maladies.

Quant à l'influence de l'éhoupage sur la production de bois, on peut raisonner ainsi : si l'arbre est éhoupé, la biomasse élaborée par la photosynthèse ne peut s'accumuler que dans le court fût commercial et non dans l'abondante biomasse des branches (de peu de valeur commerciale) qui forme le houppier des arbres non éhoupés. L'important est de trouver le régime d'éhoupage (fréquence et intensité) qui permette de maintenir la plus grande quantité possible de feuillage et la moindre accumulation de biomasse dans les branches. La littérature forestière sur ce thème est très pauvre, ce qui laisse la possibilité à des recherches futures d'optimiser ces pratiques des producteurs (Somarriba, 1999).

#### 2.4.4. Adapter la durée de rotation aux essences

Tableau XI. Difference entre la durée de rotation recommandée par la littérature et celle réellement pratiquée pour les différentes essences

|   | <b>Durée de rotation (ans) recommandée dans la littérature (Somarriba)</b> | <b>Durée de rotation (ans) pratiquée le plus souvent dans les régions étudiées (source CoopéAgri et enquêtes)</b> |
|---|--|---|
| cedro ( <i>Cedrela odorata</i> )          | 25   | 12-15 à 25  |
| laurel ( <i>Cordia alliodora</i> )        | 25-34*   | 18 à 25   |
| eucalyptus ( <i>Eucalyptus deglupta</i> ) | 15-20 (planche)  | 6-10 (palette) 10-12 (planche)  |
| amarillón ( <i>Terminalia amazonia</i> )  | 25-30  | 25  |

\* Somarriba et Beer, 1987

Dans le cas de l'eucalyptus, selon l'objectif de production, des éclaircies fortes sont réalisées à quatre, huit ou douze ans.

Dans le cas de l'amarillón, si des éclaircies sont effectuées, elles doivent l'être au plus tard entre cinq et huit ans. Dans un essai d'espacement, il a été fait une éclaircie de 50 % à l'âge de dix ans et aucune réponse n'a été obtenue quel que soit l'espacement (Montero, 2003).

Planter à faible densité puis pratiquer un éhoupage régulier et adapter la durée de rotation aux essences et aux objectifs de production, permettent donc de rendre pleinement avantageuse la production de bois d'œuvre dans les systèmes agroforestiers caféiers. Si les éléments préalablement nécessaires au choix d'une essence et de sa sylviculture sont dorénavant en main, il faut évaluer l'opportunité de la plantation d'arbres pour les producteurs de café.

## **2.5. Opportunité de la plantation d'arbres pour les producteurs de café**

La présence d'arbres producteurs de bois d'œuvre dans la caféière réduit les risques impliqués par l'unicité d'une activité (Trejos et Von Platen, 1995). Ces arbres constituent une source sûre de revenus en cas de chute du prix du café. Ils permettent une durabilité financière de la production de café à moyen et long terme (Barker, 1991). Les enquêtes ont montré que les producteurs plantaient des arbres producteurs de bois d'œuvre dans un souci de diversification de leur production.

### 2.5.1. Part des revenus du bois dans le contexte général du système de culture

Les arbres représentent un investissement qui permettra une aide financière dans l'avenir. C'est la motivation du caféiculteur. Cependant, l'arbre reste pour la plupart une préoccupation secondaire. Il est important d'évaluer la part des revenus du bois par rapport aux revenus du café.

- **Part des revenus bruts du bois par rapport à ceux du café**

i) Revenus bruts du bois

Un exemple de produit a été choisi : les poteaux d'eucalyptus. Un calcul identique sera fait pour les produits des autres essences seront présentés au paragraphe 4.4.5.

Dans la région de San Isidro, comme il sera expliqué ultérieurement (cf. Annexe 6.3.), les revenus bruts engrangés par la vente de bois d'eucalyptus sur pied pour des poteaux s'élèvent à 628 \$/ha au bout de quatre ans, avec une densité de 122 arbres/ha et une rotation de quatre ans (tabl. XXV).

ii) Revenus bruts du café

Soit une exploitation de café à San Isidro. La production moyenne annuelle dans cette région est de 23 fanegas (1 fanega = 46 kg) de café par hectare. Or, toujours dans cette région, une fanega est vendue 34 \$ (CATIE, 2004).

Revenu brut annuel =  $34 * 23 = 782$  \$/ha/an

Revenu de la première récolte actualisé au bout de quatre ans =  $782 * 1,1^3 = 1041$  \$

Revenu de la seconde récolte actualisé au bout de trois ans =  $782 * 1,1^2 = 946$  \$

Revenu de la troisième récolte actualisé au bout de deux ans =  $782 * 1,1^1 = 860$  \$

Revenu de la quatrième récolte = 782 \$

Soit un revenu brut au bout de quatre ans de 3629 \$/ha.

Le cas étudié à San Isidro permet une estimation de la part des revenus bruts du bois par rapport à ceux du café :  $628/3629 = 17,30$  % dans le cas de l'eucalyptus. Ce résultat avec les revenus bruts met déjà en évidence une part importante du bois.

- **Part des revenus nets du bois par rapport à ceux du café**

i) Revenus nets du bois

Les revenus nets engrangés par la vente de bois d'eucalyptus sur pied pour des poteaux s'obtiennent en déduisant le coût total d'installation de la plantation soit 127,71 \$/ha. Soit  $628 - 127,71 = 500$  \$/ha au bout de quatre ans.



## ii) Revenus nets du café

Le pourcentage précédant est calculé à partir des revenus bruts du bois et du café. Il faut travailler avec les revenus nets car le café est une culture dont les charges d'exploitation sont plus chères que celles du bois. D'après les données de l'ICAFE, l'ensemble des coûts (fixes et aussi variables : main d'oeuvre, intrants agricoles, plants, récolte et transport) s'élève à 400 \$/ha/an (Boyce, Fernandez et al., 1994). Soit un revenu net annuel de :

$782 - 400 = 382$  \$/ha/an. Le calcul du revenu net au bout de quatre ans doit être fait.

Soit un revenu net au bout de quatre ans =

$$382 * 1,1^3 + 382 * 1,1^2 + 382 * 1,1^1 + 382 = 508 + 462 + 420 + 382 = 1772 \text{ \$/ha.}$$

Le cas étudié à San Isidro permet une estimation de la part des revenus du bois par rapport à ceux du café :  $500/1772 = 28,21$  % dans le cas de l'eucalyptus.

La production de bois constitue une nouvelle source de revenus dont l'importance est tout à fait significative en comparaison des revenus du café.

De plus, il a été montré par Somarriba en 1992 que les dégâts d'exploitation causés aux caféiers sont négligeables en comparaison des revenus de la vente de bois. Même dans le cas de plantations intensives de café et par rapport à cet aspect, les arbres producteurs de bois d'œuvre pouvaient être recommandés.

Si l'on ajoute à cela que, dans la zone de Turrialba, le laurier se régénère naturellement, le producteur y voit un avantage financier direct car il n'a pas besoin de planter (Somarriba, 1999). Et s'il n'y a pas de régénération naturelle, des subventions sont disponibles.

### 2.5.2. Accès aux subventions liées au reboisement et au paiement de services environnementaux

S'il n'y a pas de régénération naturelle, le producteur peut recevoir des subventions à la plantation selon le projet de paiement des services environnementaux : protection de la ressource hydrique, des sols, de la biodiversité et séquestration du carbone. Ces subventions à la plantation dans les systèmes agroforestiers sont très avantageuses pour le producteur (Viera Varela, 1998).

La séquestration du carbone sera certainement un atout majeur. En effet, un fond local d'affectation spéciale au Mexique, Fondo BioClimático, considère que cinq systèmes d'agroforesterie au moins sont viables du point de vue technique, social et économique pour faciliter le piégeage du carbone : la culture du café sous ombrage ; les haies vives ; les plantations; les jachères enrichies par des arbres et le taungya. (UICN, 2002). De plus, les projets d'agroforesterie sont généralement entrepris pour rendre plus durables les activités agricoles et les conditions de vie. Or les cobénéfices environnementaux et sociaux font partie intégrante de nombreux projets de puits de carbone dans le Mécanisme de Développement Propre (MDP). Le Fonds « écocarbone » de la Banque mondiale soutient donc les projets d'agroforesterie tels que culture de café sous ombrage, avec plantation de cultures associées (arbres et denrées) (World Bank, 2004).

Il est également essentiel de connaître la filière des principaux bois d'œuvre à la fois pour optimiser la commercialisation du bois mais aussi pour savoir quels produits demande le marché et donc quelle essence planter et quelle gestion sylvicole suivre.

### 3. ÉTAT DE LA FILIÈRE BOIS D'OEUVRE

Le propriétaire doit choisir une essence, sa sylviculture, mais aussi une façon de la commercialiser. Pour cela, il lui faut tout d'abord comprendre l'état de la filière. Il s'agit pour lui de connaître le contexte économique, institutionnel et réglementaire, le marché et les possibilités de commercialisation qui lui sont offertes. Quelle est la demande en bois ? Quelle importance accorde le gouvernement à la production de bois d'oeuvre ? Quelle est la filière existante ? Comment se déroule la commercialisation de ces produits bois ? Quelle est la place du petit propriétaire dans la filière ? C'est par la connaissance du marché et de la filière de transformation et de commercialisation que le propriétaire pourra tirer un profit maximal de sa production de bois. L'objectif est donc ici de décrire le contexte économique, institutionnel et réglementaire de la filière des principaux bois d'oeuvre issus des systèmes agroforestiers du Costa Rica, mais aussi la structure de cette filière et l'état de l'information. A ces fins, l'information bibliographique mais surtout celle recueillie sur le terrain a été utilisée.

#### 3.1. Contexte économique, institutionnel et réglementaire

##### 3.1.1. Offre et demande en bois

- **Offre de bois de forêts naturelles et de plantations**

Le tableau suivant montre le comportement de l'offre de bois issu de forêts naturelles et de plantations pour la période comprise entre 1998 et 2002.

Tableau XII. Distribution du volume exploité en forêts naturelles et en plantations pour la période 1998-2002 (m<sup>3</sup> bois rond)

| Années | Plantations | Forêts naturelles | Total     |
|--------|-------------|-------------------|-----------|
| 1998   | 458 538     | 248 362           | 706 900   |
| 1999   | 379 437     | 56 878            | 436 315   |
| 2000   | 220 899     | 52 650            | 273 549   |
| 2001   | 673 426     | 67 143            | 740 569   |
| 2002   | 358 771     | 47 736            | 406 507   |
| Total  | 2 091 071   | 472 769           | 2 563 840 |

Source ONF, 2004 à partir des statistiques du SINAC (2000), de la CCF (2003) et de l'ONF du Costa Rica (1998, 2001 et 2002)

Les plantations incluent les systèmes agroforestiers.

Il est important de mentionner que l'offre de bois issu de forêts naturelles, exploitées légalement, a diminuée de près de 475 000 m<sup>3</sup> de bois rond en 1994 pour se stabiliser à partir de 1999 aux alentours de 50 000 m<sup>3</sup> par an, soit 6 % de l'offre nationale en bois.

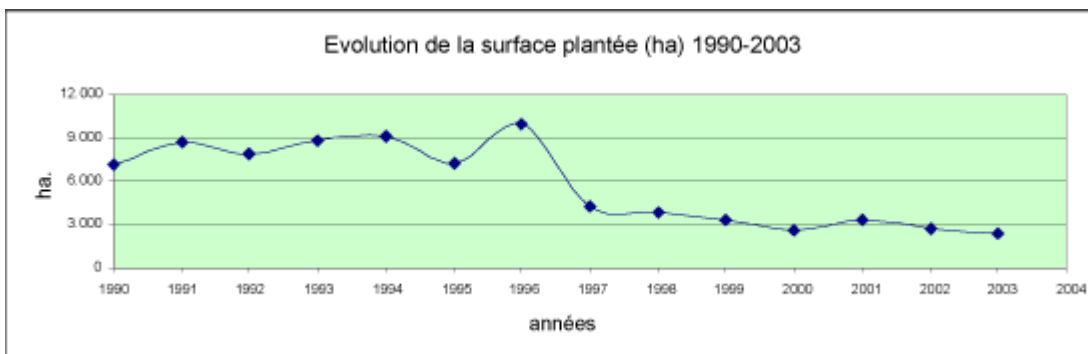
D'un autre côté, l'offre de bois de plantations est devenue la source principale de matière première pour satisfaire la demande nationale. On estime qu'entre 1998 et 2002, une moyenne de 418 214 m<sup>3</sup> de bois rond par an ont été exploités en plantations (presque 6 % du total). (Traduit de ONF, 2004)

L'industrie de transformation au Costa Rica s'habitue peu à peu au changement de la ressource sans encore se moderniser pour autant comme ce sera expliqué dans la suite de ce rapport.

- **Diminution de la surface plantée**

Le graphique suivant présente l'évolution de la surface plantée par an au Costa Rica.

Figure 9. Evolution de la surface plantée par an au Costa Rica.



Source : FONAFIFO-ONF, 2004

Le graphique antérieur utilise les données dont dispose le gouvernement c'est-à-dire les surfaces reboisées avec des aides financières du gouvernement, puis suppose que :

- 50 % des surfaces reboisées entre 1990 et 1995 ont bénéficié des subventions au reboisement ;
- 75 % des surfaces reboisées depuis 1996 ont bénéficié du programme de Paiement des Services Environnementaux.

La principale essence plantée est *Gmelina arborea*. Cette essence originaire d'Asie a été plantée pour sa croissance rapide et sans beaucoup de connaissances concernant les propriétés du bois. Les études réalisées jusqu'à ce jour ont montré que ce bois peut être utilisé pour divers produits. Aujourd'hui, on fabrique surtout des panneaux de bois lamellés, des meubles de valeur, des cadres, des contre-plaqués. Cependant, sa principale utilisation reste encore la palette pour l'exportation de denrées alimentaires.

Ce graphique met en évidence qu'à partir de 1995, le taux de reforestation au Costa Rica a diminué. Cette diminution a mis en question la durabilité de ce processus de sorte qu'il n'attire pas les investisseurs telle que l'industrie forestière.

- **Essences présentes aujourd'hui sur le marché**

Les bois présents aujourd'hui sur le marché sont tout d'abord les arbres de plantations comme *Gmelina arborea*, l'eucalyptus ou le pin importé. On trouve également des bois issus de forêts naturelles (de la Péninsule d'Osa pour le marché de la région Pérez Zeledón). Enfin, viennent des bois issus de systèmes agroforestiers comme le cedro, le laurel, l'amarillón ou l'eucalyptus.

Dans la région de Pérez Zeledón, les dépôts vendent de l'amarillón et du cedro de forêts naturelles locales, du laurel provenant d'autres régions du Costa Rica (Turrialba, San José, San Carlos- à 70 km au nord de San José-) et d'autres essences non issues de systèmes agroforestiers dont principalement le pin importé du Chili. Entre 1999 et 2002, les importations du Costa Rica ont augmenté de 46 %. Le principal pays d'origine est le Chili qui en 1999 a exporté 762 840 \$ de bois contre 3 613 916 \$ en 2003, soit une augmentation de 400 % (ONF, 2004).

Le cedro reste l'essence favorite des scieurs comme des dépôts de la région de Pérez Zeledón. Cependant, les nombreuses plantations de cedro dans la région de Pérez Zeledón sont encore trop jeunes pour être exploitées.

Dans cette même région, l'amarillón issu de plantation est absent du marché car pour l'instant ne sont disponibles auprès des producteurs que des bois de deuxième éclaircie dont le diamètre est compris entre 12 et 20 cm et l'industrie locale n'est pas en mesure de scier convenablement ces petits diamètres. L'amarillón est ainsi très apprécié mais difficile à se procurer.

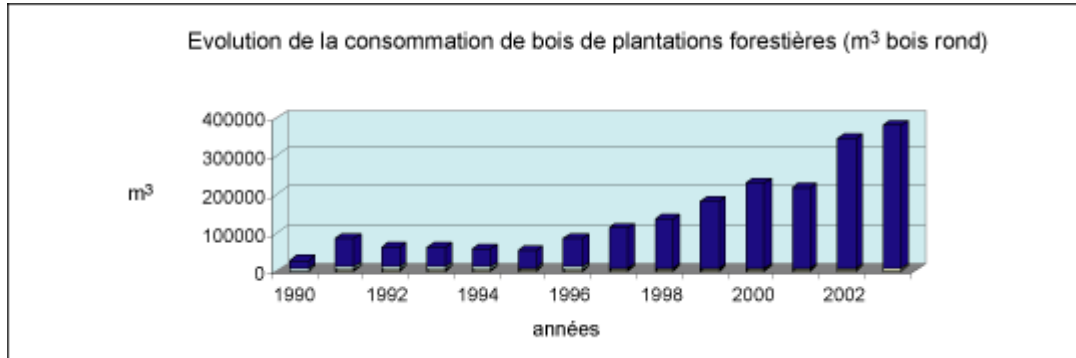
De plus, sont présents sur le marché d'autres essences avec des diamètres supérieurs comme le pin, *Gmelina arborea* et les arbres de forêt naturelle. Il est vrai que les bois de plantation comme le teck et *Gmelina arborea* sont effectivement sciés à des diamètres inférieurs mais ils sont moins chers. *Gmelina arborea* est utilisé pour la fabrication de palettes pour l'ananas dans la région de Pérez Zeledón ou pour les noix de macadamia dans la région de Turrialba.

Le dépôt Boston à San Isidro déplore la rareté du bois de cedro et surtout de l'amarillón pour effectuer leurs achats. Les scieurs rencontrent aussi des difficultés d'approvisionnement. Le diamètre minimum qu'ils scient est de 20 cm. Le bois disponible semble insuffisant. Le bois de plantation est disponible en plus grande quantité que celui de forêt naturelle donc ils s'approvisionnent avec ce produit, même si sa qualité est inférieure.

### 3.1.2. Demande croissante de bois

D'un autre côté, les statistiques montrent qu'il y a eu une augmentation significative de la consommation de bois venant de plantations forestières, comme l'illustre la figure suivante :

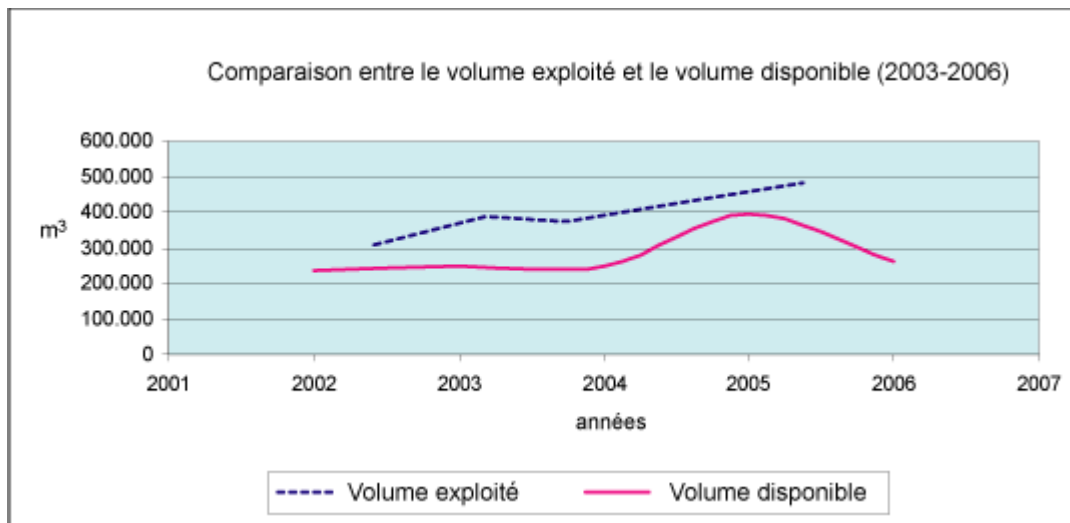
Figure 10. Evolution de la consommation de bois de plantation forestière.



Source FONAFIFO-ONF, 2004

*Gmelina arborea* est l'essence la plus utilisée. Il est surexploité comme le montre la figure suivante :

Figure 11. Comparaison entre le volume exploité et le volume disponible pour les plantations de *Gmelina arborea* (2002-2006).



Source FONAFIFO-ONF, 2004 avec les données de Sage 2000.

Le volume disponible pour les plantations de *Gmelina arborea* est théorique. Il correspond au potentiel de production de bois des plantations d'après les volumes exploités lors de l'éclaircie et de la coupe finale et du taux de reforestation annuel.

Cette différence entre le volume exploité et le volume disponible est due à une sylviculture inadaptée : récolte anticipée de plantation en pleine croissance et éclaircies des plus beaux arbres pratiquées par les exploitants (traduit de ONF, 2004).

Même si les analyses précédentes concernent *Gmelina arborea*, elles pourraient être généralisées pour d'autres essences comme le teck qui est récolté prématurément, dans ce cas pour l'exportation de grumes en Inde. Ces deux essences représentent 60 % de la surface totale plantée ces quinze dernières années (traduit de ONF, 2004).

Dans ce contexte de besoins financiers urgents, il n'existe cette année dans le pays plus que 54 000 hectares de plantations dont 24 000 sont de *Gmelina arborea*. Ce chiffre montre la gravité de la situation actuelle étant donné qu'il y a quelques années, le pays avait encore plus de 150 000 hectares plantés. Cette situation tend à s'aggraver à cause de l'augmentation des prix du bois importé et de l'utilisation massive de *Gmelina arborea* pour la production de palettes et la fabrication de contre-plaqués entre autres (traduit de ONF, 2004).

Cependant, il existe plusieurs cas de plantations intégrées à des industries, qui ont généré une quantité de plantations suffisantes pour garantir leur pérennité. On estime que celles-ci représentent 152 000 m<sup>3</sup> annuel de bois rond (traduit de ONF, 2004).

Donc, outre que l'offre de bois diminue et l'offre de bois de plantations est devenue la source principale de matière première pour satisfaire la demande nationale, cette demande est croissante. Mais qu'en est-il de la politique nationale sur ce sujet ? Le gouvernement agit-il pour augmenter l'offre afin de satisfaire la demande nationale ?

### 3.1.2. Attitude du gouvernement vis-à-vis de la filière

Comme l'a présenté le paragraphe précédent, l'offre de bois diminue et l'offre de bois de plantations est devenue la source principale de matière première pour satisfaire une demande nationale croissante. Dans quelles mesures le gouvernement joue-t-il un rôle dans cette filière bois ? Répond-il aux besoins de marché ?

- **Le gouvernement réglemente les coupes d'arbres issus de régénération naturelle pour lutter contre le déboisement**

Dans les années 1970 et 1980, le Costa Rica était parmi les pays ayant le taux de déboisement le plus élevé en particulier pour satisfaire les besoins en pâturages. Suite à la publication d'un décret d'urgence pour le secteur forestier en 1987, il a été convenu en 1990 de lancer le projet à long terme COSEFORMA. Celui-ci a développé un large réseau de coopération interinstitutionnelle jusqu'à son terme officiel en 2001. Le projet a également apporté entre autres choses une contribution cruciale au développement d'une « conscience forestière » au Costa Rica. Depuis les années 1980, ce taux a diminué considérablement et de grandes superficies forestières ont été remises en état ou nouvellement établies. En fait, le bilan forestier du pays est maintenant positif et la surface boisée augmente. Le travail de vulgarisation et de lobby au niveau politique et avec la société en général a créé un environnement positif pour la gestion durable des forêts (GTZ, 2002).

Des facteurs essentiellement humains sont à l'origine de la déforestation de ce pays. Le plus important est la déforestation dans le but d'utiliser les terres comme pâturage. Le Costa Rica possède un cheptel d'environ deux millions de têtes pour près de trois millions d'habitants. Le second facteur a été la création d'infrastructures logistiques, qui ont nécessité l'abattage d'une partie importante de la forêt tropicale. A la suite de cela, est venu se greffer, un

déboisement de la part des habitants dans le voisinage des routes, en vue de la construction d'exploitations agricoles. Le troisième facteur pouvant expliquer le déboisement est l'industrie du bois au Costa Rica qui n'a pas été limitée pendant une longue période du fait de son poids dans l'économie du pays (CNUCED, 2004).

Aujourd'hui, où le tourisme est devenu une source de devises importante dans le pays, le gouvernement a pris conscience de l'atout qui est à sa disposition mais de sa fragilité aussi. Il a donc pris la décision d'imposer une taxe sur chaque arbre abattu (CNUCED, 2004).

De plus, il est notifié un diamètre minimal à 1,30 m pour l'exploitation des arbres issus de régénération naturelle. Celui-ci est de 30 cm. Les arbres de plantation ne sont pas réglementés. Lors d'une coupe sans permis, en théorie, un technicien du MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía/Ministère de l'Environnement et de l'Energie) contrôle que les arbres abattus soient bien issus de plantation. Si ce n'est pas le cas, l'agriculteur doit présenter un permis de coupe d'arbres issus de régénération naturelle. Dans le cas du laurier, il est fréquent que celui-ci soit issu d'une régénération naturelle postérieure à une plantation. Le technicien du MINAE doit le vérifier en identifiant les arbres semenciers.

- **Le gouvernement réglemente le transport et la transformation du bois pour lutter contre le déboisement**

Tous les transporteurs de bois ronds doivent être en possession d'un guide de transport indiquant entre autre le numéro de permis et les dimensions des bois transportés. Ce document doit être demandé par le propriétaire de l'exploitation, en possession d'un certificat d'origine, auprès du MINAE, même s'il s'agit d'arbres plantés. Un ingénieur forestier est également habilité à délivrer le guide de transport. Il arrive que la délivrance de guide de transport soit une activité de cet ingénieur forestier appartenant à une coopérative, soit une activité indépendante qu'il fait à son compte. La coupe ne requiert alors pas de permis. Huit jours sont nécessaires pour obtenir ce guide de transport auprès du MINAE, c'est pourquoi le propriétaire en fait la demande avant même de couper ses arbres. Si ce propriétaire décide de vendre son bois à une coopérative alors celle-ci se charge de demander le guide au MINAE.

Ainsi tous les bois qui arrivent à la scierie doivent être accompagnés de ce guide de transport. Le transporteur le transmet au scieur à la livraison. En théorie, le MINAE effectue de nombreux contrôles des transporteurs de grumes de jour et deux contrôles nocturnes par mois. Il contrôle également les scieurs chaque semaine.

Dans le cas où il y aurait deux intermédiaires : le premier sciant le bois sur pied et le second ne se chargeant que du transport jusqu'à la scierie ou à l'ébéniste, le propriétaire transmet le permis au premier intermédiaire qui le transmet ensuite au second.

Le MINAE vérifie les factures et les guides de transport des dépôts de bois indépendants tous les quinze jours. Dans la zone de Turrialba, ces dix dernières années, le MINAE a sanctionné deux dépôts illégaux (Source MINAE).

Les scieries doivent payer un impôt et être en possession d'un permis de scier. Elles sont ainsi inscrites au registre des scieurs. De plus, le MINAE contrôle les permis de transport des bois dans les scieries une à trois fois par mois (chaque semaine selon le MINAE, chaque mois selon les scieurs!). Le MINAE effectue très peu de contrôles auprès des ateliers d'ébénisterie.

- **Le gouvernement aide la plantation pour soutenir la production de bois d'oeuvre**

En 1979 est parue une loi incitant à la reforestation. Cette loi s'est traduite par des subventions au reboisement qui ont réellement été distribuées à partir de 1986. L'expérience du Costa Rica en matière de reforestation s'étale donc sur moins de vingt ans.

La loi forestière 7575 du 16 avril 1996, définit comme une fonction essentielle de l'État, de veiller à la conservation, à l'exploitation, la protection, l'administration et au développement des ressources naturelles forestières du pays, en accord avec le principe d'utilisation raisonnée des ressources naturelles renouvelables.

Aujourd'hui, l'État semble bien décidé à relancer la reforestation au Costa Rica. Il contrôle les coupes et subventionne la plantation par l'intermédiaire du MINAE. Le fonctionnement du MINAE est subventionné à 99 % par les revenus des parcs nationaux et à 1 % par l'impôt sur les scieries. En revanche, la commercialisation du bois ne l'est pas.

L'administration forestière de l'État relève du domaine du MINAE par l'intermédiaire du FONAFIFO (Fond National de Financement Forestier) et du SINAC (Système National des Aires de Conservation). Ces deux institutions sont compétentes pour développer le secteur forestier, spécialement à travers le programme de Paiement des Services Environnementaux (MINAE, 2004). 33 % de la taxe pétrolière RECOPE prélevée par le Ministère de l'Hacienda est destinée à FONAFIFO qui l'utilise pour ce programme. Il finance la protection des forêts, la reforestation et également la plantation d'arbres dans les systèmes agroforestiers. Il fournit à des propriétaires fonciers privés des paiements périodiques pour céder au gouvernement le droit de "vendre" les services écologiques fournis par leurs terres boisées (dont le stockage de carbone) (FONAFIFO, 2004).

Ce programme repose sur le fait que les forêts et les plantations forestières rendent des services à l'environnement. En effet, elles sont susceptibles de contribuer à la protection de la ressource hydrique pour l'utilisation urbaine, rurale et hydroélectrique, la protection des sols, la séquestration du carbone et la préservation de la biodiversité.



Figure 12. Cafetière sous ombrage de cedro à San Isidro (courtoisie A. Vallejo)

Les encouragements financiers ont pour but d'accroître l'attrait de la foresterie par rapport à des utilisations des terres dommageables à l'environnement. Les aides sont payées aux propriétaires terriens pendant les cinq ans qui suivent la signature d'un contrat obligeant à utiliser la terre concernée de la manière spécifiée pendant au moins 20 ans. Les agriculteurs qui choisissent ces aides, transmettent leurs services environnementaux directement au gouvernement qui ensuite les vend à des investisseurs. L'institution coordonnant ces aides est le FONAFIFO. Il reçoit et analyse les dossiers de candidature, conduit les vérifications sur le terrain, est responsable des paiements, et assure le suivi des projets de foresterie.



Pour l'année 2004, un propriétaire reçoit 352 colones soit 0.81 \$ par plant d'arbre d'ombrage, quelque soit l'essence. Les quantités par bénéficiaire vont de 350 arbres d'ombrage au minimum à 3500 au maximum (cf. paragraphe 3.8.1. du PSA). Un propriétaire peut donc planter jusqu'à  $3500/100 = 35$  ha de caféière à une densité préconisée de 100 arbres par hectare en bénéficiant de cette subvention. Les quatre essences forestières productrices de bois d'œuvre que ce rapport examine et envisage à présent pour la production de bois d'œuvre dans les systèmes agroforestiers caféiers, soient le cedro, le laurel, l'eucalyptus, et l'amarillón, sont subventionnées par le gouvernement dans les systèmes agroforestiers. La densité de plantation doit être comprise entre 40 et 250 arbres par hectare (FONAFIFO, 2004).

Au SINAC il incombe le contrôle et le suivi du programme de Paiement des Services Environnementaux. Le bénéficiaire s'engage à respecter certaines recommandations techniques stipulées dans le rapport technique et émise par le FONAFIFO (cf. Annexe 5). Les conseils de gestion sylvicole sont délivrés par la coopérative (Source CoopéAgri).

Aujourd'hui, les enquêtes ont montré que ces aides à la plantation sont largement utilisées dans la zone de Pérez Zeledón pour la plantation d'eucalyptus, d'amarillón et de cedro. En revanche, elles le sont très peu dans la zone de Turrialba où, très souvent, le laurel est issu de régénération naturelle.

- **Le gouvernement donne la parole aux représentants du secteur forestier privé**

Le gouvernement donne la parole au secteur forestier privé au travers de l'ONF (Oficina Nacional Forestal), l'Office National des Forêts au Costa Rica, un organisme public créé par la loi forestière n°7575 et financé par l'impôt sur les forêts. L'ONF permet la concertation et la coordination du secteur forestier privé avec une forte participation dans la gestion de la politique nationale forestière et avec une contribution effective dans le développement forestier national durable. Il est constitué par des représentants de tous les sous-secteurs de l'activité forestière privée du Costa Rica : 7 organisations forestières, 23 organisations de petits producteurs, 11 industriels du bois, 11 commerçants forestiers, 6 artisans et producteurs de meubles et 4 groupes écologistes. Il entretient de bonnes relations avec le MINAE.

Ses objectifs stratégiques sont de maintenir des conditions politico-institutionnelles favorables au secteur forestier, de produire, rassembler et transférer l'information utile, d'assurer des revenus financiers au secteur et de promouvoir le développement stratégique du secteur. Il édite régulièrement des brochures sur la filière comme « Le bois au Costa Rica, situation actuelle et perspectives » en 2004, « Vers la consolidation du secteur forestier, rapport des travaux » en 2003 ou « Impact économique de l'utilisation du bois au Costa Rica » en 2002.

L'ONF fait un lien entre les différentes organisations, les coopératives y compris avec les petits propriétaires. Une de ses fonctions est de vulgariser l'information concernant les marchés et d'organiser des campagnes de formation. Cependant, seules deux personnes sont employées à l'ONF et de surcroît elles concentrent leur activité sur les rapports à publier plutôt que sur le contact avec les petits propriétaires.

- **Le gouvernement soutient l'amélioration de la compétitivité du secteur de l'exportation**

Le gouvernement aide à l'amélioration de la compétitivité du secteur de l'exportation grâce à Procomer (PROmotor del COMERcio exterior de Costa Rica). En effet, la mission de cet organisme est de :

- Faciliter le développement ;
- Fortifier la capacité d'exportation des secteurs productifs du Costa Rica pour promouvoir l'insertion de la production nationale dans les marchés mondiaux.

Sa vision est de devenir l'institution clé pour le développement de nouveaux marchés, l'incorporation de nouvelles entreprises et l'amélioration de la compétitivité du secteur de l'exportation du Costa Rica. Ses objectifs stratégiques sont :

- Créer une culture nationale qui promulgue l'exportation ;
- Préparer le pays pour tirer plein profit des marchés d'accès préférentiel ;
- Etablir une présence physique de Procomer sur les principaux marchés en développement pour les convertir en extensions véritables du marché local pour les entreprises nationales (États-Unis (3 bureaux), Canada et Mexique, Amérique centrale et Caraïbe) ;
- Fortifier la capacité exportatrice et l'insertion dans l'économie globale des entreprises et des secteurs extérieurs à la Vallée centrale ;
- Améliorer la productivité, la durabilité et la valeur ajoutée des entreprises de la zone franche.

PROCOMER organise des ateliers sur les coûts des produits en bois. Les marchands de meubles ont été rencontrés lors d'un de ces ateliers visant à les aider à calculer leurs coûts pour fixer un prix à leur produit. La plupart d'entre eux n'ont pas fait de formation et fixe un prix de vente qui parfois ne suffit pas à couvrir leurs coûts.

PROCOMER informe sur la commercialisation du bois dans un objectif d'exportation. Il n'entre pas en contact direct avec les petits propriétaires mais plutôt avec quelques grands fabricants de meubles.

### **3.2. Structure et fonctionnement de la filière bois**

Il s'agit ici de décrire la structure de filière avant d'étudier son fonctionnement. Cette filière regroupe un certain nombre d'acteurs :

- un producteur de bois d'œuvre dans des systèmes agroforestiers caféiers,
- un exploitant,
- un scieur,
- un ébéniste,
- un acheteur de meubles.

De plus, il existe quatre grands ensembles de cette filière : production, transformation, commercialisation et consommation.

- Le sous-ensemble « production » contient le producteur, l'exploitant, la pépinière, les financements/subventions à la plantation et éventuellement des intermédiaires entre la pépinière et le producteur de bois et des techniciens chargés de la plantation.
- Le sous-ensemble « transformation » contient des scieurs, des ébénistes mais aussi des intermédiaires chargés de l'achat et de la revente de matière première brute ou de première

transformation, de l'acheminement de cette matière sur le lieu de première ou seconde transformation.

- Le sous-ensemble « commercialisation » contient les marchés, des opérateurs, des transporteurs, des banques/financement et l'administration.

- Enfin, le sous-ensemble « consommation » contient des acheteurs de meubles, revendeurs et particuliers, des transporteurs.

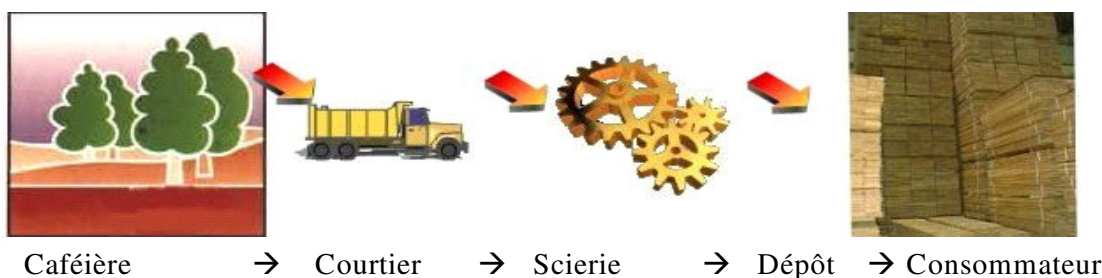


Figure 13. Schéma de la filière Production de bois d'oeuvre

### 3.2.1. Le propriétaire

Dans ce rapport, est appelé ainsi le producteur de bois d'œuvre dans des systèmes agroforestiers caféiers. En effet, ce producteur est presque toujours propriétaire de la caféière dont l'ombrage est assuré par des arbres producteurs de bois d'œuvre.

Dans cette filière, le propriétaire a plusieurs possibilités de mises en marché de son bois :

- Il le vend sur pied ;
- Il l'abat et l'entrepose dans ses terres, puis vend les grumes ;
- Il l'abat et le scie avec une tronçonneuse (avec ou sans permis) qu'il loue, puis vend les planches.

Souvent, les acheteurs de bois sur pied sont des ébénistes et ne veulent que les bois dont le diamètre est supérieur à 20 cm fin bout pour la menuiserie. Le producteur utilise pour sa consommation personnelle les arbres de diamètre inférieur.

Le choix d'un de ces modes de mise en marché est déterminé par les possibilités locales. Dans la zone de Turrialba, la commercialisation la plus fréquente est directe : le producteur vend à un ébéniste. Ce dernier se rend dans l'exploitation et choisit ses arbres. Le producteur contracte ou emprunte une tronçonneuse et un camion pour livrer le bois à l'ébéniste.

Cependant, pour un petit producteur, il est plus facile de vendre son bois sur pied à un exploitant ou une coopérative qui se charge de sa commercialisation. Seule une faible proportion d'entre eux possède un camion ou en loue un pour vendre directement à un scieur. C'est souvent cette plus grande facilité qui dicte le choix du mode de commercialisation. Ainsi, il arrive que le producteur vende une partie de ses arbres sur pied à la coopérative dont il est membre et commercialise personnellement ses arbres car il connaît un exploitant qui lui achète

sur pied à un prix qui lui convient. De cette façon, un producteur de San Isidro peut vendre ses cedros à un exploitant de Cartago.

Il arrive aussi que le producteur fasse appel à une connaissance qui possède une tronçonneuse et qui vient chez lui. Il partage alors le bois abattu moitié-moitié avec le scieur. Souvent il ne vend pas sa moitié (quelques m<sup>3</sup>) et la garde pour sa consommation personnelle.

D'autres utilisent presque tout leur bois pour leur consommation personnelle (menuiserie, construction) et familiale, puis vendent le reste au voisinage. Dans ce cas, aucun permis n'est donc nécessaire.

### 3.2.2. L'exploitant

L'exploitant achète sur pied, exploite et revend. Il achète parce qu'il a un marché de revente. Il possède ses propres machines (tronçonneuses, camions). Il achète, avec les fonds propres de l'entreprise, des arbres sur pied qu'il abat lui-même.

L'exploitant revend ensuite le bois à un dépôt ou à un scieur. Dans la zone de Turrialba, les premiers exploitants achètent sur pied et abattent eux-mêmes à la tronçonneuse mais le choix d'une formule est souvent déterminé par l'essence. Par exemple, l'exploitant livre le laurier déjà scié au dépôt ou à la scierie alors qu'il livre la plupart des cedro et eucalyptus en billons. L'exploitant a souvent recours à quinze jours voire un mois de délai pour payer le bois au propriétaire.

Si les producteurs ont une quantité importante de bois à vendre, ils peuvent s'adresser directement à l'industriel. Cependant, dans le cas de l'utilisation de l'eucalyptus en piquets, les industriels achètent les petits billons nécessaires à des exploitants plutôt qu'à des producteurs. Ce choix est dicté par un besoin spécifique des petits diamètres. Comme en France, l'exploitant forestier prospecte la ressource, il réalise le tri et le conditionnement des produits ; surtout, il constitue un intermédiaire indispensable entre une offre en provenance de propriétés hétérogènes et dispersées et des besoins industriels concentrés et spécifiques (Parlement européen, 1996). Cependant, il arrive aussi que l'exploitant soit évincé et que l'industriel Xylo Log Homes mette directement le producteur de bois en contact avec un transporteur qui livrera à l'usine de traitement.

### 3.2.3. Le dépôt

Le dépôt achète du bois déjà abattu et le revend. Il achète parce qu'il a un marché de revente. Il peut être propriétaire ou locataire d'un ou plusieurs dépôts de bois. Il possède parfois ses propres camions. Il achète, avec les fonds propres de l'entreprise, deux types de produits :

- des grumes à un producteur ou à un exploitant,
- des planches à un scieur.

Quelles que soient les essences, les produits sont stockés sur le dépôt avant d'être revendus. Les dépôts enquêtés n'exportent pas. Les principaux clients sont les ébénistes et les constructeurs locaux ou les scieurs. Dans la zone de Turrialba, les exploitants vendent parfois les billons d'eucalyptus à San Carlos (à 70 km au Nord de San José) où ils seront sciés et ce, en

raison du manque de bois là-bas. Dans la région de Pérez Zeledón, certains acheteurs sont des Américains du nord qui font construire des maisons sur les plages du Pacifique Sud.

Parfois, il y a un exploitant puis un dépôt qui interviennent : le premier scie le bois sur pied et le second ne se charge que du transport jusqu'à la scierie ou à l'atelier de fabrication des meubles. D'autre fois, le dépôt est évincé et l'exploitant revend directement à une scierie.

Par ailleurs, les dépôts enquêtés n'appartiennent à aucune association.

### 3.2.4. Le scieur

Le scieur achète, avec les fonds propres de l'entreprise, des arbres sur pied à un producteur ou des grumes à un producteur, un exploitant, un dépôt ou une coopérative. Le cas qui semble le plus fréquent est l'achat à un dépôt local. Pour limiter les coûts de transports, le bois est généralement scié dans la zone de production puis les planches sont acheminées chez les ébénistes.

80 % des scieurs préfèrent acheter le bois à des dépôts ou des exploitants plutôt qu'à des petits producteurs car ainsi le nombre d'opérations d'achat est réduit, le volume de bois acheté à un dépôt en une seule opération étant bien plus important. De plus, les scieurs sont démarchés par les dépôts ou les exploitants et ne le sont pas par les petits producteurs. Les achats se font donc plus souvent par l'intermédiaire des dépôts, des exploitants ou des coopératives. Il arrive que les scieurs aient un camion et aillent directement acheter des grumes à un producteur.

Les achats du bois par les dépôts et les scieurs s'effectuent en saison sèche du fait de la plus grande praticabilité des pistes de débardage dans la zone Sud et sont même regroupés le plus possible en Mars -mois le plus sec- dans la zone de Turrialba. Le scieur paye ses grumes soit comptant soit dispose d'un délai d'un mois. Il accorde également un délai de paiement d'un mois à ses clients.

Souvent, par manque de disponibilité des bois à l'achat, les horaires de travail sont réduits : la scierie ne fonctionne pas au maximum de ses capacités. Le plus souvent, le scieur réceptionne des grumes, les scie, les entrepose et les revend à un ébéniste.

Lorsque le bois est scié, il est déjà presque vendu, il quitte la scierie en moyenne trois jours après le sciage. Il reste au grand maximum deux mois sur place.

Les principaux clients sont les ébénistes et les entrepreneurs du bâtiment locaux (de San Isidro et des alentours), les quincailleries et les particuliers. Aujourd'hui, le bois n'est souvent qu'un produit complémentaire dans la construction des maisons. Les ventes de bois se font donc davantage à des quincailleries qu'à des particuliers. Aucune des scieries enquêtées n'exporte du bois.

- **Diversité des activités**

Toutes les scieries ont deux types d'activités : la vente du service de sciage ou le cumul de la revente du bois acheté par ce scieur et son service de sciage. Cette deuxième activité génère davantage de revenus pour le scieur.

Souvent, le scieur possède un ou plusieurs dépôts de vente des produits sciés "finis". C'est le cas de Coopémadereros qui en a un à Uvita et un à San Isidro tandis que la scierie « 3M » n'en a qu'un à San Isidro. Les particuliers achètent au dépôt des produits plus élaborés

et en faibles quantités. La vente aux particuliers engendre une forte valeur ajoutée, plus rémunératrice pour Coopémadereros. Plus cette vente est importante et plus la scierie semble rentable.

Deux types de scieries ont été interrogées : des "petites" scieries (moins de 400 m<sup>3</sup> sciés/mois) dont l'activité principale est le service de sciage et des "grosses" scieries (plus de 400 m<sup>3</sup> sciés/mois) dont l'achat, le sciage puis la vente de ce bois scié sont les activités principales.

- 3M est un exemple de scieries pour laquelle l'activité de prestataire de service de sciage est très importante en volume même si économiquement peu rentable.

- En revanche, chez Coopémadereros, l'achat, le sciage puis la vente de ce bois représente jusqu'à 80 % de l'activité et le service de sciage est donc très secondaire. Le volume de bois scié par Coopémadereros est de l'ordre de 550 m<sup>3</sup>/mois soit 25 m<sup>3</sup>/jour. *Gmelina arborea*, le pin et le teck représentent 85 % du volume scié. Les 15 % restant correspondent au cedro (60 m<sup>3</sup>/mois), à l'amarillón (14 m<sup>3</sup>/mois), à l'eucalyptus (6 m<sup>3</sup>/mois) et au terminalia (6 m<sup>3</sup>/mois) (chiffres avancés par le gérant). Ils ne scient pas de bois de laurel, absent sur le marché local de Pérez Zeledón.

Parfois, la scierie possède un séchoir et propose une activité de service supplémentaire : le séchage. Dans la région de Pérez Zeledón, seul un scieur, Coopémadereros possède un tel équipement. Le séchage artificiel est non seulement plus rapide qu'à l'air libre mais il permet aussi de contrôler le taux exact d'humidité du bois. Il confère aux meubles une plus grande uniformité, qualité et stabilité dimensionnelle.

- **Importance du secteur des sciages**

Il existe 135 scieurs au Costa Rica dont la majeure partie se trouve près de San José. Les cinq scieurs de la zone de Turrialba sont amis, se téléphonent et se réunissent. Si les charges sociales augmentent et que le prix du sciage doit augmenter, ils fixent le nouveau prix ensemble. Par ailleurs, la majorité des scieries rencontrées n'appartiennent à aucune association. Cependant l'une d'elle, à Turrialba, appartient au Comité Forestier Local de Siquires qui réunit le MINAE, des producteurs, des scieurs et des ébénistes. Une autre, Coopémadereros, est une coopérative.

Ce secteur n'est intégré ni en amont (exploitation forestière) ni en aval de la filière (seconde transformation).

### 3.2.5. L'ébéniste

Il achète des planches à un scieur ou un exploitant. Il peut également acheter des arbres sur pied à un producteur. Ce dernier les abat, les scie et lui livre à l'atelier. L'exploitant se charge également de la livraison à domicile des planches, ce que ne fait pas le scieur.

L'approvisionnement le plus courant se fait par les exploitants. En effet, il semble plus facile pour eux. Les ébénistes sont sans cesse démarchés à l'atelier par des exploitants ou des dépôts qui leur proposent leurs produits. Ils leur précisent les essences et les dimensions dont ils ont besoin et ces derniers les leur livrent.

A Sarchí, dans la Vallée centrale du Costa Rica, la tradition d'ébénisterie est forte. Des exploitants de San Carlos ou du Guanacaste fournissent principalement le cedro ou le laurel

aux ébénistes. Un ébéniste achète ses bois comptant et les revend comptant le plus souvent. Il arrive qu'il fasse crédit quinze jours ce qui entraîne parfois des impayés de la part des vendeurs de fenêtres ou d'autres fabricants.

Le séchage du bois peut se faire dans l'atelier. Il dure généralement entre six mois et un an. Un ordre de grandeur des besoins en bois pour la production de meubles par un "petit " ébéniste qui travaille seul est de 14 m<sup>3</sup>/mois. Ce dernier essaye d'avoir du stock pour pallier d'éventuelles variations du marché. Il vend, de préférence, aux particuliers dans tout le pays et seulement sur commande. Il présente aux clients un catalogue et adapte les dimensions à celles de leur maison. Le prix dépend beaucoup du matériau choisi, de la finition et des détails. Selon le matériau, le temps de travail varie beaucoup. Il livre souvent à domicile.

Le secteur de l'ameublement reste atomisé entre de nombreux ateliers dispersés sur le territoire. Le Costa Rica compte près de 1400 ateliers d'ébénisterie dont la moitié agit dans le secteur informel sous forme de micro-entreprises administrées de façon familiale (ONF, 2002). A Turrialba, il existe douze ateliers qui emploient une à six personnes. Par ailleurs, les ébénistes enquêtés n'appartiennent à aucune association.

### 3.2.6. L'acheteur de meubles

Cet acheteur peut être revendeur ou particulier. Les centres de consommation sont multiples. Les meubles fabriqués à Sarchí sont vendus principalement à San José mais également dans tout le pays. Une partie des meubles, de laurier ou de cedro, est exportée vers les États-Unis. Il s'agit là de produits dont les prix excèdent largement ceux pratiqués à l'intérieur du pays et la marchandise peut être qualifiée de produits de luxe. La demande de meubles est également répartie sur l'année.

Ces résultats font ressortir une structure de filière assez classique. Son fonctionnement peut être discuté et amélioré. C'est ce à quoi s'attachera la dernière partie de ce rapport (cf. 5. Discussion des résultats). Mais avant tout quelle est l'information disponible pour le propriétaire dans cette filière ?

## **3.3. État de l'information**

La spécificité de cette filière bois réside surtout dans le fait que les producteurs ne sont pas « forestiers ». Le bois est un revenu secondaire après le café. Ils le sous-estiment et négligent souvent sa production au niveau de la gestion sylvicole et aussi de la commercialisation du produit bois. Mais comment ont-ils accès à l'information nécessaire ? Quelle est la capacité à faire circuler l'information existante ?

### 3.3.1. L'accès à l'information : des organismes au service des producteurs

Brunka Forestal est une entreprise de San Isidro, dans la région de Pérez Zeledón, qui cherche à augmenter la marge bénéficiaire des producteurs, à travers une commercialisation et

une industrialisation adaptée au bois de leurs plantations. Le seul actionnaire de cette entreprise est une O.N.G. : Adeforbrunka (Association pour le Développement Agroforestier de la Région Brunka). Fondée en 1995, elle articule et canalise les efforts des producteurs dans un processus d'organisation qui permet d'allier la conservation et la production agroforestière. Sa mission est de faciliter la mise en œuvre d'une stratégie de développement durable pour assurer une meilleure qualité de vie aux familles de la Région Brunka. Un de ses moyens stratégiques d'action est la communication : les mécanismes qui facilitent l'échange d'information et la coordination entre les institutions et les autres organisations du secteur productif et organisationnel à l'intérieur et à l'extérieur de la Région Brunka. Deux de ses objectifs sont :

- La consolidation de l'industrie pour l'approvisionnement forestier et agroforestier à travers le développement des plantations forestières ;
- L'établissement de canaux de commercialisation s'appuyant sur le marché et les lignes de producteurs de plantations agroforestières aux niveaux national et international.

Brunka Forestal S.A. a pour mission de générer des ressources économiques et des bénéfices pour les redistribuer aux producteurs et ainsi améliorer leur niveau de vie. Ces bénéfices engendrés par les producteurs devraient leur servir à réinvestir dans les plantations, rendant ainsi ce commerce durable. L'objectif de cette entreprise est d'être le leader de la Région Brunka pour la commercialisation et l'industrialisation des produits forestiers. Sa mission consiste à commercialiser et offrir des facilités d'industrialisation pour les produits et les sous-produits des organisations affiliées et des membres de la Région Brunka. La principale organisation affiliée est une coopérative : CoopéAgri. Un des objectifs stratégiques est de stimuler une transformation du bois de plantations avec la meilleure valeur ajoutée possible, en accord avec les exigences et les conditions du marché. Brunka Forestal S.A. n'achète le bois qu'à des petits producteurs directement ou par l'intermédiaire de l'organisation à laquelle ces derniers appartiennent (CoopéAgri par exemple). Dans ce cas, Brunka redistribue 2 \$/m<sup>3</sup> à cette coopérative. Si Brunka dispose d'une tronçonneuse alors elle privilégie l'achat de bois sur pied. Elle va scier sur place et ainsi le transport ne se fera qu'avec la matière utile c'est-à-dire les planches. Brunka achète aussi des billons et du bois scié. Brunka joue donc à la fois les rôles d'exploitant, de dépôt et de scierie. La majeure partie des ventes de pâturages se fait à des quincailleries comme Bostón.

Une autre activité de Brunka Forestal est la fabrication de palettes en *Gmelina arborea* avec des petits diamètres ou des billons courts. Brunka Forestal achète ce bois sur pied.

### 3.3.2. Organisation des producteurs pour accéder à l'information sylvicole et commerciale

Dans les vingt exploitations visitées, la relève est assurée par un des enfants. Cet enfant arrête souvent ses études à quatorze ans. Il aide son père aux travaux des champs. Ce n'est donc pas au cours de ses études que celui-ci apprendra la bonne gestion sylvicole et la commercialisation. Or un des principaux obstacles à la production de bois d'œuvre dans les systèmes agroforestiers semblent être parfois le manque d'informations sur la sylviculture (densités, élagages, éclaircies, rotations..) et la mise en marché du bois (les acheteurs potentiels, les prix..).



- **Circulation de l'information entre les producteurs**

Lors des enquêtes, il est apparu que les producteurs ne discutent pas entre eux de la commercialisation de leur bois. Ils savent que le voisin utilise son bois pour ses propres besoins, ou ceux de ses cousins, mais ignore s'il le vend à un intermédiaire. Ils savent que tous les producteurs de la zone ont planté en même temps mais pas si certains ont planté d'autres essences que les leurs. La communication entre eux à ce sujet ne se fait pas ; peut-être parce que l'arbre reste un produit secondaire dans leurs exploitations.

Quelques rares producteurs rencontrés dans la zone de San Isidro, disent se renseigner auprès d'autres producteurs qui vendent leur bois car peut-être qu'il existe plus de tradition en matière sylvicole. Il ne faut pas oublier que San Isidro est un front pionnier.

- **Circulation de l'information entre les coopératives et les producteurs sur l'amélioration de la production**

Au Costa Rica, le système d'information aux producteurs repose sur les coopératives qui ont un lien privilégié avec les producteurs. Dans la région de Pérez Zeledón, les producteurs rencontrés sont uniquement en contact avec la coopérative à laquelle ils appartiennent.

i) CoopéAgri

La coopérative CoopéAgri est financée par le Ministère de l'Hacienda à travers les subventions issues de la taxe pétrolière RECOPE. 18 % des 33 % de la taxe RECOPE destinés à FONAFIFO, sont utilisés pour les frais de gestion de CoopéAgri. CoopéAgri offre de nombreux services à ses membres : Banque, Service médical, Assistance technique, supermarchés, assurance, assurance-vie, achat, traitement et vente de café, de canne à sucre et de bois.

La section forêt de CoopéAgri emploie trois personnes qui sont amenées à aller régulièrement sur le terrain, pour discuter avec les petits producteurs. Elles ont en charge l'assistance technique et les conseils sylvicoles : choix des essences, plans d'aménagement (éclaircies et élagages). Pour la commercialisation du bois des adhérents, deux cas se présentent :

- CoopéAgri achète leur bois puis Brunka Forestal se charge de la commercialisation ;
- CoopéAgri achète leur bois et le revend à une scierie, dans ce cas Coopémadereros ou 3M.

Des brochures attrayantes pour le lecteur sont distribuées aux producteurs qui souhaitent planter (Direction du développement de CoopéAgri, 1995). Cette brochure distribuée par CoopéAgri paraît un excellent moyen d'améliorer la production : elle explique, au fil d'une bande dessinée, les avantages que le producteur tire d'une plantation, les méthodes optimales de plantation, d'entretien, d'élagage et d'éclaircie.

Dans la région de Turrialba, ceux-ci entrent en contact avec APOT (Association des Producteurs Organiques de Turrialba), le CATIE ou Diversification Agricole, et occasionnellement avec l'ICAFE ou l'ICE (Institut Costaricain de l'Electricité). Contrairement aux organismes publics, les autres opérateurs fournissent donc des informations aux producteurs.

## ii) Association des Producteurs Organiques de Turrialba

APOT développe un projet de production de café biologique à travers la diversification de l'ombrage dans la zone de Turrialba. Ce projet, subventionné par les Nations Unies, doit permettre une amélioration de la qualité de vie, la protection et la conservation de l'environnement.

Dans la région de Turrialba, les membres de APOT sont venus participer activement aux différentes activités que l'organisation a proposées depuis sa création. Tous les mois, les producteurs de APOT ont reçu des ateliers de formation au CATIE sur les principes de l'agriculture biologique. Ils ont pu échanger leurs expériences avec d'autres producteurs.

APOT a conseillé de planter un large panel d'essences mais n'a pas mis l'accent sur les essences productrices de bois d'œuvre en particulier, ni sur la possibilité de bénéficier du Paiement des Services Environnementaux qui subventionne la plantation dans les systèmes agroforestiers.

- **Circulation de l'information entre les scieurs et les producteurs**

Souvent, le producteur n'est en contact qu'avec sa coopérative qui se charge de tout. Seule la coopérative dans ce cas entre en contact par la suite avec des scieurs auxquels elle vend le bois ou loue seulement le service de sciage. Il arrive également que le producteur souhaite commercialiser son bois sans l'intervention de sa coopérative. En effet, il n'a pas d'obligation envers elle et peut agir librement. Il prend alors contact avec des scieurs ou éventuellement des dépôts et dans ce cas il peut louer une tronçonneuse et vendre son bois déjà scié. Les producteurs viennent souvent demander conseil à l'ingénieur forestier de leur coopérative et peuvent même lui demander les numéros de téléphone des différents scieurs ou dépôts et prendre contact avec eux directement.

- **Information sur les prix**

Lors des enquêtes auprès des producteurs, il est ressorti que la majorité d'entre eux ne connaît pas les prix de vente de bois sur pied. Leurs seules sources d'information semblent être les coopératives. Or, CoopéAgri, la principale coopérative de San Isidro, ne souhaite pas leur dire les prix auxquels ils pourront vendre leur bois tant que les arbres ne sont pas en âge d'être abattus. Les raisons invoquées pour ce choix sont d'éviter de donner des illusions aux producteurs étant donné que les prix du marché fluctuent beaucoup dans le temps et qu'ils dépendent aussi beaucoup de la qualité du bois, du diamètre des grumes. Si la coopérative

donne une idée de prix à un de ses producteurs, celui-ci risque d'exiger ce prix-là pour son bois, quel que soit le nouveau contexte et la nature de son bois (essence, qualité, diamètre).

La plupart des producteurs rencontrés qui possèdent des plantations jeunes (de moins de dix ans) dans leur caféières n'ont absolument aucune idée des prix du bois et ne cherchent pas pour l'instant à connaître le marché. Ils ont planté car il y avait des subventions et en écoutant les conseils de leur coopérative.

La Chambre Forestière du Costa Rica (Camara Costaricienne Forestal) est chargée de collecter et d'analyser très largement les prix des produits sur les principaux marchés du pays (Vega, 2003). Ces collectes de prix permettent aussi de suivre, d'une manière plus précise, l'évolution de la situation économique d'un produit (Herrera, 2002). Ils sont présentés dans la suite de l'étude (cf. paragraphe 4.2.).

Il y a donc des points positifs dans l'état de cette information : l'information sur les prix existent au Costa Rica, les coopératives font déjà réellement un lien avec les propriétaires et s'ils s'informent, ces derniers ont la possibilité de prendre en charge eux-mêmes la commercialisation de leur bois. Le point clef qui demanderait encore à être amélioré concerne la facilité de l'accès à l'information surtout dans la zone de Turrialba où les coopératives se font discrètes. Quelles sont les connaissances économiques et financières qui sont vraiment indispensables aux propriétaires pour augmenter leur revenu du bois ?

## 4. ASPECTS ÉCONOMIQUES ET FINANCIERS

Le choix de la gestion sylvicole d'une essence passe aussi par la connaissance des marchés pour les produits. Quelles sont les essences, les tailles des produits demandés par le marché ? Comment le propriétaire peut-il s'adapter au maximum aux niches de marché ? Les aspects économiques et financiers de la filière permettent de déterminer les coûts et la rentabilité pour le propriétaire. Ces éléments permettront de préciser le choix d'une essence et de choisir le schéma d'exploitation optimal théoriquement. Pour cela, il faudra faire un certain nombre de calculs prenant en compte la croissance de chaque essence et les différents prix de vente de son bois.

### 4.1. Coûts supportés dans la filière

C'est auprès de chaque intervenant, et surtout des opérateurs économiques (producteurs, commerçants, transporteurs, transformateurs), que l'on obtient ces coûts. Ils sont formés par :

- Les coûts liés à la plantation des arbres et à leur entretien ;
- Les coûts d'éclaircie, d'exploitation finale et de débardage des arbres ;
- Les coûts de transport et de stockage ;
- Les coûts de transformation au niveau des transformateurs.

Dans le cadre de cette filière, très souvent, ces coûts sont approximatifs et ponctuels ; cependant ils permettent de les situer sur une échelle de valeur, ce qui autorise un niveau d'analyse suffisant.

#### 4.1.1. Un système de mesure qui modifie les coûts

L'unité de mesure des longueurs utilisée en vigueur au Costa Rica est la pulgada. Une pulgada est égale à 2,54 cm. Par ailleurs, l'unité de mesure des volumes (V) utilisée est la pulgada madera tica (pmt).

$$V \text{ (en pmt)} = (c/4)^2 * (L/4)$$

c représente la circonférence du billon fin bout. Elle est mesurée à l'aide d'un cordon que l'on replie ensuite deux fois pour obtenir facilement la mesure de (c/4).

L représente la longueur du billon. L s'exprime en "varas". Une vara est égale à 0,836 m soit aussi 33 pulgadas.

Par rapport au calcul exact du volume, le chiffre pi est remplacé ici par 4. Ce changement induit une minoration du volume de 12,5 %.

De plus, au Costa Rica, l'habitude des industriels est de mesurer la circonférence au fin bout au lieu du diamètre médian. Cette mesure induit une sous-estimation de l'ordre de 10 % supplémentaire. Au total, le volume de bois est donc sous-estimé de 22,5 %.

Ainsi pour convertir des pmt en m<sup>3</sup> bois rond, il ne faut donc pas utiliser la conversion exacte de 1 m<sup>3</sup> = 461 pmt mais celle, minorée de 22,5 % : 1 m<sup>3</sup> = 357 pmt.

La conversion entre mètre et "varas" est la suivante : 4 varas = 3,34 m.

Ce système de mesure entraîne des équivalences différentes entre les « pulgadas maderica » et les mètres selon que le bois est sur pied, en billons ou scié :

- Bois sur pied : 1 m<sup>3</sup> correspond à 320 pmt ;
- Bois en grume : 1 m<sup>3</sup> correspond de 320 à 360 pmt selon la décroissance des billons ;
- Bois scié : 1 m<sup>3</sup> correspond à 461 pmt.

Les coûts des pertes au sciage sont tous répercutés sur le prix d'achat du bois qui diminue d'autant pour le producteur. Aujourd'hui, les personnes qui plantent disent qu'ils n'apprécient pas le système de mesures des « pulgadas maderica » et qu'ils veulent vendre en m<sup>3</sup> ou dans une autre mesure qui ne les désavantagerait pas (Alfaro, 2002).

#### 4.1.2. Coûts liés à la plantation des arbres et à leur entretien

Le tableau XIII donne les coûts moyens de plantation d'arbres dans les caféières.

Tableau XIII. Coûts moyens de plantation d'arbres quelque soit l'essence dans les caféières pour 116 à 130 arbres/ha

|                                 | <b>Nombre de Journées de travail*</b> | <b>Coût de la main d'œuvre (\$/ha)</b> | <b>Matériel</b> | <b>Coût du matériel (\$/ha)</b> | <b>Coût total (\$/ha)</b> |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------|---------------------------------|---------------------------|
| Marquage au sol pour les plants | 0,7                                   | 6,10                                   |                 |                                 | 6,10                      |
| Trous pour les plants           | 2,1                                   | 18,30                                  |                 |                                 | 18,30                     |
| Plantation des arbres           | 2,5                                   | 21,77                                  | 130 plants      | 61,10                           | 82,87                     |
| Fertilisation des arbres        | 0,4                                   | 3,48                                   | 3,2 kg          | 3,89                            | 7,37                      |
| Défrichage manuel               | 1,5                                   | 13,07                                  |                 |                                 | 13,07                     |
| <b>Total</b>                    | <b>7,2</b>                            | <b>62,71</b>                           |                 | <b>62,38</b>                    | <b>127,10</b>             |

Source : modifié de Gómez et Reiche, 1996 et CoopeAgri, 2004.

Prix : Salaire journalier = 8,71 \$, Plants : **0,47 \$** l'unité. Le coût d'un plant semble varier : il est seulement de 0,20 \$ chez CoopéAgri, mais la moyenne est de 0,47 \$.

Par ailleurs, le producteur peut faire une demande auprès du MINAE pour bénéficier des aides à la plantation. Il peut alors bénéficier de 0,67 \$/plant réparti sur trois ans : 65 % la première année, 20 % la deuxième et 15 % la troisième. Le tableau XIV présente l'application du taux de subvention au résultat de tableau XIII.

Tableau XIV. Coûts et subventions pour la plantation à une densité de 130 arbres/ha, dans une caféière préexistante

|                               | 1 <sup>e</sup> année | 2 <sup>e</sup> année | 3 <sup>e</sup> année | Total               |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Coût (\$/ha)                  | 127,10               | 0*                   | 0*                   | 127,10              |
| Subvention (\$/ha)            | 65 %                 | 20 %                 | 15 %                 | 100 %=0,67 \$/arbre |
|                               | 55,74                | 17,15                | 12,87                | 85,76               |
| Taux de subvention cumulé (%) | 43,80                | 57,35                | 67,47                | 67,47               |

Source : FONAFIFO, 2004.

Le coût de plantation est considéré identique quelle que soit l'essence (cf. paragraphe 1.3.4).

\* en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année, il peut y avoir replantation et entretien manuel.

Donc l'État finance la plantation à hauteur de 68,55 %. Souvent, le travail est réalisé par le producteur lui-même. Or, si le producteur utilise la main d'œuvre familiale pour tous les travaux de plantation, il ne dépensera en argent liquide que le prix des plants et du fertilisant soit 62,38 \$/ha qui sera largement couvert par la subvention (85,76 \$/ha). Cette subvention représente donc pour lui une réelle incitation.

Par la suite, les coûts sont de 0,24 \$ pour l'élagage d'un arbre soit ici 31,20 \$/ha.

#### 4.1.3. Coûts d'éclaircie et d'exploitation finale des arbres

Le coût moyen d'une éclaircie quel que soit l'essence est de 24,54 \$/ha (CoopéAgri, 2004). L'éclaircie peut être réalisée par la coopérative comme c'est le cas de CoopéAgri. Pour une densité initiale de plantation de 130 arbres/ha, deux éclaircies sont conseillées par les coopératives : la première élimine les arbres défectueux dont le débouché sera le bois de chauffage tandis que la deuxième peut être commercialisée. Le coût d'abattage final est de l'ordre de 2,5 \$/m<sup>3</sup> (d'après les informations données par CoopéAgri).

#### 4.1.4. Coût du transport et du stockage

Les coûts les plus grands concernent la logistique et le transport. Le coût de transport sur 40-50 km est de l'ordre de 8,22 \$/m<sup>3</sup>. Les opérations les plus coûteuses étant le chargement et le déchargement, ce coût varie peu pour une faible modification de la distance.

Le coût d'achat et de construction d'une aire de stockage de 500 m<sup>2</sup> avoisine 10 000 \$ et le coût de location d'une aire de stockage de 500 m<sup>2</sup>, 300 \$/mois.



Figure 14. Caféière sous ombrage d'eucalyptus à Santa Fé (courtoisie A. Vallejo)

#### 4.1.5. Coût du sciage

Il apparaît que les machines utilisées par la majorité des scieurs au Costa Rica sont vieilles et mal entretenues. Leur âge moyen est cinquante ans. Leur rendement est bas : de 40 à 50 %. Ce rendement est généralement surévalué par les scieurs eux-mêmes. D'après eux, le rendement de leur scierie varie entre 60 et 80 % selon le produit (diamètre) et l'état des machines (80 % pour Coopémadereros, 60 % au CATIE). Selon Coopémadereros par exemple, leur rendement est réduit à 60 % pour le sciage des grumes d'eucalyptus dont le diamètre est plus faible. La méthode du calcul effectué pour cette étude dans la scierie de Santa Fé est présentée dans la partie 1.3.3. et les résultats en Annexes 6.1. et 7. Son résultat est un rendement moyen au sciage de l'ordre de 38 % (36 à 39 %) et très variable selon les choix de produits sciés. Ce rendement semble plus proche de la réalité que ce que pensent les scieurs. Le rendement de Coopémadereros est peut-être de 60 % maximum mais pas de 80 %.

Cependant, les scieries peuvent diversifier leurs activités (cf. paragraphe 3.2.4.). Ainsi, la scierie Coopémadereros a diversifié ses services : industrie du bois, dépôt de bois, séchage artificiel, vente de matériel pour la construction et d'articles de quincaillerie, transport de charges lourdes réfrigéré et étanche. L'activité de séchage est très rémunératrice pour les scieries car les frais sont faibles. Il existe aussi le service de ponçage rendu par les scieurs. Enfin, le scieur peut aussi vendre les déchets pour le chauffage au prix de 1,8 à 2,4 \$/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.6. Coût de la location des différents services

Le producteur a la possibilité de louer les services d'abattage, de débardage, de transport, de sciage et de séchage.

Tableau XV. Coûts des différents services

| <b>Services</b>          | <b>Coûts (\$/m<sup>3</sup> bois rond)</b> |
|--------------------------|---|
| Abattage + débardage     | 3,0                                       |
| Transport                | 12,3                                      |
| Sciage à la tronçonneuse | 12,3                                      |
| Sciage en scierie        | 28,8                                      |
| Séchage artificiel       | 55,2                                      |

Source : Coopemadereros, 2004.

Il peut ainsi vendre son bois en planches livrées à l'atelier d'ébénisterie. Les revenus supplémentaires engendrés par cette forme de commercialisation seront calculés dans le paragraphe 4.4.1. Ainsi ces coûts, confrontés aux prix de vente et aux différents produits, présentés par la suite (paragraphe 4.2. et 4.3.) permettront d'estimer les revenus selon les principaux modes de commercialisation possibles.

## 4.2. Prix de vente des différentes essences

L'évolution de ces prix de vente dans le temps sera présentée puis les différents prix du bois selon leur mode de commercialisation. Ensuite pour chaque essence, seront considérées les particularités qui justifient son prix de vente.

### 4.2.1. Evolution des prix dans le temps

Le tableau XVI présente l'augmentation des prix des bois précieux au Costa Rica entre 1985 et 2004.

Tableau XVI. Evolution des prix des différentes essences du bois scié et livré au dépôt en gros (\$/m<sup>3</sup>)

| Années    | cedro | laurel |
|-----------|-------|--------|
| 1985-1987 | 74    | 58     |
| 1990      | 225   | 107    |
| 2004      | 470   | 331    |

Source : FONAFIFO, 2004

Les prix respectifs du bois de cedro et de laurel commercialisés au Costa Rica ont été multipliés par 6,3 et 5,7 entre 1985-87 et 2004.

Au Costa Rica, les prix du bois n'ont pas été établis de manière officielle par une autorité : ils sont libres. Comme il n'existe pas d'organisme officiel qui établit les prix, les tranches de prix pour un même produit peuvent varier fortement, engendrant une série de situations qui affectent le secteur. L'industriel fixe le prix d'achat de ses produits en s'appuyant sur le coût de la transformation et le revenu qu'il souhaite de la vente des produits transformés. Xylo Log Homes, un industriel enquêté s'informe sur les tendances du marché grâce à de nombreux indicateurs tels l'indice de prix de la construction et fait beaucoup de publicité pour vendre ses produits au Costa Rica.

### 4.2.2. Prix du bois selon les essences et les modes de commercialisation

Ces prix sont ceux en cours dans la Vallée centrale (région de San José). Comme cette région représente 50 % de la population et 70 % de la consommation, on peut prendre ces prix comme référence à l'échelle du pays. Toutefois, ils sont généralement plus élevés que dans le reste du pays. Les prix du cedro et de l'eucalyptus fournis dans la région de Pérez Zeledón et dans celle de San Carlos sont inférieurs de 20 % aux prix en cours dans la Vallée centrale. En revanche, les prix du laurel et de l'eucalyptus fournis dans la région de Turrialba sont identiques à ceux en cours dans la Vallée centrale. Les chiffres locaux montrent des variations dans la vente du bois. Ces prix varient selon les dimensions (diamètre et longueur), la couleur, la qualité. D'autres prix ont été obtenus lors des enquêtes, selon les essences et les produits (poteaux d'eucalyptus ...). Dans ce rapport, pour qu'il y ait une cohérence d'ensemble, un tableau des valeurs moyennes en cours qui sont celles fournies par le FONAFIFO, sera



présenté puis des informations supplémentaires sur les prix seront précisées lorsqu'elles seront nécessaires.

Ces prix correspondent à des billons de cedro, de laurel et d'eucalyptus de diamètre fin bout 35 cm et de longueur 3,34 m (longueur standard au Costa Rica).

Si le producteur scie lui-même ses arbres sur place avec une tronçonneuse, les surfaces sont irrégulières, rugueuses et plus longues à poncer pour l'ébéniste. Les prix s'en ressentent donc.

Tableau XVII. Prix des différentes essences, en cours (2004) dans la Vallée centrale (\$/m<sup>3</sup>)

| Bois                             | cedro              |                      | laurel | eucalyptus | <i>Terminalia ivorensis</i> * | amarillón Forêt nat.* |
|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------|------------|-------------------------------|-----------------------|
|                                  | Zone de provenance |                      |        |            |                               |                       |
| Sur pied                         | atlantique         | 117,4                | 42,0   | 28,8       |                               | 46,6                  |
|                                  | pacifique          | 134,2                |        |            |                               |                       |
| En billons livrés chez le scieur | atlantique         | 184,6                | 100,6  | 71,3       | 50,3                          | 110,4                 |
|                                  | pacifique          | 201,4                |        |            |                               |                       |
| Scié et livré au dépôt en gros   | atlantique         | T 314,9<br>/ S 348,0 | 331,4  | 270,7      |                               | 386,5                 |
|                                  | pacifique          | T 348,0<br>/ S 470,0 |        |            |                               |                       |
| Vente au détail                  | atlantique         | 419,8                | 552,4  |            |                               |                       |
|                                  | pacifique          | 607,7                |        |            |                               |                       |

Source : FONAFIFO, 2004

T: scié à la tronçonneuse

S : scié en scierie

\*: dans la région de Pérez Zeledón, chez Coopémadereros

Le bois de cedro de la zone pacifique est le plus cher des bois considérés dans cette étude. Son prix passe de 134,2 \$/m<sup>3</sup> sur pied payés au producteur à 607,7 \$/m<sup>3</sup> lors de sa vente.

Étant donnée la valeur marchande du cedro, on pourrait se demander pourquoi les gens abandonnent leur plantation pour se tourner vers les autres essences. A 25 ans, un cedro rapporte deux fois plus qu'un laurel. Cette interrogation est encore plus forte en ce qui concerne les essences nouvelles comme l'eucalyptus. Pourquoi planter de l'eucalyptus plutôt que de poursuivre la plantation de cedro et de laurel dans les caféières ? C'est ce à quoi la suite de ce rapport répondra.

Le prix du cedro est un des plus élevés du marché du bois de tous les pays d'Amérique centrale. Les prix sont élevés car le cedro est à la fois très demandé et rare aujourd'hui au Costa Rica. Il existe une différence de prix entre les bois de l'Atlantique et du Pacifique car les consommateurs préfèrent celui du pacifique. Il s'agit de la même espèce de cedro mais la zone Pacifique est plus sèche, l'arbre pousse plus lentement et le bois est donc plus dense. Dans la zone atlantique comme dans celle pacifique, le cedro se rencontre de façon dispersée dans des systèmes agroforestiers en particulier dans les pâturages et les caféières. Il est également souvent planté comme arbre de bordure. Le cedro vient principalement des forêts naturelles des zones atlantiques et pacifiques. Il existe aussi une différence notable de prix entre le cedro scié avec une tronçonneuse et le bois scié en scierie où la qualité du sciage est meilleure (moins

d'accroches) (tabl. XVII). Il ne semble pas y avoir de variations des prix du bois de cedro selon les différentes catégories de diamètre. Le prix se maintient toujours élevé.

Le laurier peut être issu de forêt naturelle, de pâturages ou encore de plantations pures comme dans la région de San Carlos, de caféières ou de cacaoières. Il y a des personnes qui coupent des lauriers de petits diamètres avec une tronçonneuse et des cadres métalliques et qui vendent ces planches presque au même prix que celles sciées en scierie. Le diamètre fin bout minimum pour scier est, en général, 20 cm et la longueur minimale de 2.51 m.

Tableau XVIII. Prix de vente du laurier sur pied dans la région de Turrialba

| Diamètre fin bout (cm)                      | < 29 | 35   | > 35 |
|---|------|------|------|
| Prix de vente sur pied (\$/m <sup>3</sup> ) | 33,5 | 42,0 | 54,5 |

Source : données des scieries, 2004

Les prix de l'eucalyptus fournis dans la région de Pérez Zeledón sont inférieurs de 20 % à ceux fournis dans la région de Turrialba. Ceci s'explique peut-être par la présence d'industries du poteau proche de Turrialba. Dans la région de Pérez Zeledón, aucune industrie achetant des petits diamètres pour un besoin spécifique n'a été rencontrée.

### 4.3. Les différents produits transformés

Trois produits principaux seront appréhendés pour les essences étudiées. Le bois de cedro et de laurier est aujourd'hui principalement utilisé pour des meubles alors que le bois d'eucalyptus est utilisé pour la palette et les poteaux.

#### 4.3.1. Meubles

L'ameublement est le principal débouché pour le bois de cedro et de laurier. En revanche, le bois d'eucalyptus est peu recommandé du fait de sa moins bonne qualité. Les ébénistes rencontrés préfèrent acheter des billons d'eucalyptus de 18 à 35 cm de diamètre fin bout. Ils utilisent pour des fonds de lit par exemple ou pour d'autres pièces non apparentes. Au-dessus de 35 cm de diamètre fin bout, ils trouvent que le bois se fend.

- **le cedro**

Etant donnée la valeur de ce bois, il est recommandé de le vendre exclusivement pour des « planches » destinées à l'ébénisterie ou à l'artisanat. A titre indicatif, le prix de vente moyen d'un meuble en cedro dans la région de Pérez Zeledón est de 1700 \$/m<sup>3</sup>. Celui d'une porte en cedro à quatre panneaux (donc moins cher que celles avec un seul ou deux panneaux de plus grandes dimensions) de bonne qualité mais pas de luxe, chez un « petit » ébéniste dans la région de Sarchí est de 67,5 \$/porte.

- **le laurier**

Les ébénistes rencontrés préfèrent acheter des billons de laurier de 25 à 35 cm de diamètre fin bout : cette taille leur garantit une bonne densité du bois. A titre indicatif, le prix de vente d'un meuble en laurier de 80 \* 60 cm chez un revendeur dans la zone de Turrialba est de 73,6 \$.

### 4.3.2. Palettes

L'eucalyptus est utilisé pour la palette dans l'exploitation de Santa Fé par exemple. Seules deux scieries dans la région de Pérez Zeledón produisent des palettes en eucalyptus : la « Finca Santa Fé » (cf. photo d'eucalyptus dans la caféière) et « Verde Vigor ». Ces deux scieries appartiennent au groupe Frutex S.A. producteur d'ananas. Ces scieries fonctionnent totalement en interne à l'entreprise. Le bois exploité est exclusivement de l'eucalyptus produit dans l'exploitation, en association avec des caféiers (plus de 2000 hectares).

L'eucalyptus débité est utilisé pour la fabrication de palettes destinées à l'usage de Frutex S.A pour les exportations d'ananas vers les États-Unis et l'Europe. Par ailleurs, tous les eucalyptus ayant sept à huit ans vont être coupés d'ici quatre ans. La coupe a commencé il y a un an pour la fabrication de palettes. La palette est un produit qui utilise des bois de faibles dimensions. De plus le montage de palettes nécessite de petits cubes de bois qui peuvent être fabriqués à partir des chutes de sciage.

Cependant, les stocks de bois abattus attendant d'être sciés sont très importants et sont conservés en tas à l'air libre ce qui engendre des dégâts de pourriture sur le bois.

Cette exploitation fait également scier de l'eucalyptus pour les palettes par Brunka Forestal.

Les lois sanitaires nord américaines imposent un séchage après le montage de la palette, ce qui peut néanmoins entraîner des déformations de la palette.

Les autres scieries qui produisent des palettes utilisent *Gmelina arborea*. Dans la zone de Turrialba, *Gmelina arborea* est utilisé pour la fabrication de palettes pour le transport de noix de Macadamia. Dans la zone de San Isidro, Coopémadereros, une "grosse" scierie, fabrique des palettes en *Gmelina arborea* qu'elle exporte au Panama, pour les ananas. Cette activité fluctue et reste marginale. Les quantités produites restent faibles, les coûts de fabrication sont élevés par rapport au prix de vente. De plus, leurs machines ne sont pas bien adaptées pour le sciage de palettes. Le bois en leur possession et qu'ils utilisent pour ces palettes a un diamètre supérieur à 20 cm alors que des diamètres inférieurs sont généralement utilisés pour les palettes car suffisants. Ils vendent une palette type "européenne" 7 \$. Il s'agit d'un type particulier de palettes, différent du type américain et qui est plus coûteux (palette américaine à 6 \$) car constitué de davantage de pièces de bois (cubes et lattes).

Aujourd'hui, la demande en palettes pour l'exportation de fruits et légumes comme le melon, la banane, la banane plantain, le manioc, les « chayotes », les mangues et les ananas, a augmenté ces dernières années. En 2004, cette demande est estimée à 3 470 000 palettes alors qu'en 2005, elle atteindra 4 575 000 palettes du fait de l'augmentation des exportations de certains produits comme l'ananas (ONF, 2004). La palette est donc un débouché très prometteur pour l'eucalyptus.

### 4.3.3. Poteaux et perches

Aujourd'hui, le marché des poteaux en eucalyptus est important au Costa Rica et les petits diamètres deviennent plus demandés que les gros. Avant, ces petits diamètres n'avaient aucune valeur. Il s'agit donc d'une alternative intéressante surtout pour les bois d'éclaircie.

L'eucalyptus est utilisé pour faire des poteaux car il est moins cher que les autres essences, facile à préserver (aubier), très facile à sécher à l'air et de forme suffisamment cylindrique. En effet, d'autres essences ne présentent pas ces caractéristiques : *Gmelina arborea* est très difficile à sécher et à préserver, le teck contient de la silice ce qui implique l'utilisation de lames spéciales pour les scies (coût de sciage majoré), le pin doit être séché complètement (le séchage à l'air libre entraîne sa putréfaction avant d'être sec).

Des tests sont en train d'être effectués pour l'utilisation du laurier en poteau. Ils s'intéressent aux possibilités d'imprégnation du bois en vue de sa préservation en intérieur et en extérieur.

- **Durabilité**

Aujourd'hui, ne sont plus utilisés que des poteaux ronds d'eucalyptus car les traitements chimiques de préservation à base de chrome ou d'arsenic ne pénètrent pas dans l'aubier. Il est donc préférable de ne pas scier la grume pour ne pas découvrir l'aubier et ainsi pouvoir assurer une bonne conservation du poteau. Seule l'écorce est enlevée et la grume n'est pas sciée, le poteau est circulaire.

Les poteaux servent aujourd'hui aux clôtures et aux constructions rustiques : enclos à bétail, ranchs. Les bois traités pour l'extérieur sont garantis 20 à 25 ans si le traitement contient de l'arsenic et 12 ans s'il n'en contient pas (interdit pour les jeux pour enfants).

L'eucalyptus ne peut plus être utilisé aujourd'hui pour les poteaux électriques car l'aubier n'est pas préservé donc les normes imposées au Costa Rica ne sont pas respectées. Même si la norme AWP (Association des Préservateurs du Bois Américains) considère que le poteau est bien préservé si le produit pénètre seulement dans le duramen, l'ICE (Institut Costaricain de l'Electricité) lui préfère le pin qui peut être préservé en totalité (pénétration du produit dans l'aubier) qu'il utilise pour l'entretien de l'équipement existant du pays.

- **Commercialisation**

Une entreprise Xylo Log Homes propose des chalets, des terrasses, des aires de jeux pour enfants, des préaux, et aussi simplement des poteaux, en eucalyptus traité. Elle mise sur le côté naturel de ces habitations. Ils ont construit plus de 400 chalets en 2004. Les billons utilisés sont de diamètre fin bout sous écorce compris entre 10 et 15 cm et suffisamment droits : une corde tirée entre les deux extrémités du billon ne doit pas mettre en évidence un écart de plus de 1 cm entre la corde et le billon sur une longueur de 2 m. Ce sont donc des bois d'éclaircies qui sont utilisés mais aussi parfois des bois de plantations privées qui n'ont pas bien poussé et qui ne trouvent pas d'autres débouchés.

Ces bois proviennent principalement de la zone atlantique : Limón, Turrialba mais aussi de San Carlos.

La moitié des ventes se fait à des particuliers, des gens aisés qui souhaitent une résidence secondaire de 20 à 300 m<sup>2</sup> dans une exploitation agricole, très peu concernent des résidences principales. L'autre moitié des achats est réalisée par des hôtels. Des exportations ont lieu de façon irrégulière au Nicaragua et au Panama. Un chalet est vendu entre 250 et 350 \$/m<sup>2</sup> architecte et main d'oeuvre comprise.

Une autre entreprise, **Diversification Agricole**, à Turrialba, achète les eucalyptus de diamètres compris entre **3 et 15 cm** (2 à 7 ans) pour en faire des poteaux. Le producteur ou l'exploitant doit abattre et débiter ses arbres puis apporter ses poteaux à l'usine. Il n'est payé qu'après tri sélectif, écorçage et répartition des poteaux en catégories de diamètres et longueurs. Les billons de 2 m sont utilisés pour les clôtures alors que ceux de 3 à 6 m sont utilisés pour les constructions rustiques. Cette usine achète seulement ces dimensions de poteaux. Aujourd'hui, elle connaît une pénurie car les plantations jeunes (entre 2 et 6 ans) d'eucalyptus de la zone de Turrialba ont été exploitées et il ne reste plus que des plantations de 10 ans et plus. L'entreprise pense même importer du pin de Colombie. Il existe donc un marché pour les bois d'éclaircie d'eucalyptus.

Le producteur a la possibilité de débiter lui-même ses grumes ou non. S'il a de l'expérience, il est plus avantageux pour lui de débiter ses grumes et de livrer les poteaux à l'usine. Il est ainsi payé à l'unité pour ses poteaux de qualité (absence de noeuds, de tournures).

En revanche, si le producteur ne sait pas bien débiter, il peut vendre ses grumes à l'usine Diversification Agricole à Turrialba et sera payé au m<sup>3</sup> stérique : 15 \$ si le diamètre est supérieur à 10 cm et 21 \$ s'il est inférieur. Ces prix d'achat varient : Xylo Log Homes achète 31 \$ le m<sup>3</sup> stérique livré usine. Dans ce cas, le paiement est immédiat mais il est moindre que celui à l'unité car il prend en compte la perte due au débitage en poteaux (courbures, fentes, tournures).

Pour l'instant, l'usine n'a acheté que des bois issus de plantations pures. Elle n'est pas opposée à acheter des bois issus de systèmes agroforestiers. Souvent, il y a plus d'élagage dans les systèmes agroforestiers au moins jusqu'à 4 à 6 m de haut. Le seul inconvénient des systèmes agroforestiers est que les eucalyptus y sont moins droits qu'en plantations pures.

#### 4.3.4. Autres produits

- **Lambris en eucalyptus**

Peu d'informations ont pu être obtenues sur ce produit. Cependant, il semble que les lambris soient mieux payés que les poteaux et que, de plus, le marché des poteaux soit plus limité et moins sûr. Ces lambris sont sciés à San Carlos et Turrialba. Ce produit occupera peut-être une place plus importante qu'aujourd'hui sur le marché de demain.

- **Déroulage en eucalyptus**

Un autre produit intéressant avec le bois d'*Eucalyptus deglupta* est le déroulage de 2-3 mm d'épaisseur (source : L. Ugalde). Ce produit n'est pas commercialisé aujourd'hui au Costa Rica car il semblerait qu'il n'y ait pas suffisamment de plantations d'eucalyptus.

## 4.4. Estimation du revenu possible pour un producteur

Afin d'estimer le revenu possible pour un producteur, on a réalisé différents scénarios de production pour chaque essence en faisant varier la densité initiale de plantation et/ou les éclaircies et les durées de rotations. Ces scénarios ont été réalisés pour chacune des essences étudiées. Ils ont permis de comparer les revenus possibles pour le producteur selon la sylviculture et l'essence choisies.

Dans cette partie, une première considération sera tout d'abord faite concernant l'intérêt ou non pour le propriétaire de prendre en charge l'abattage et le transport. Ce résultat est présenté au sein des autres scénarios pour le cedro et le laurel afin de montrer plusieurs ordres de grandeur de la différence de revenus impliquée (scénarios x').

Pour cette essence sera ensuite appréhendée la rentabilité de différents schémas d'exploitations possibles selon la méthode choisie précédemment (cf. paragraphe 1.3.4.).

### 4.4.1. Le cedro

Ici est appliquée la méthode principale présentée précédemment (cf. paragraphe 1.3.4.).

D'après la littérature et les personnes rencontrées, des densités et des rotations ont été choisies pour les scénarios afin d'analyser les revenus dans l'ensemble des conditions « raisonnables ». Les densités de plantation initiales choisies sont : 50, 75, 100 et 125 arbres/ha et les durée de rotations : 12 et 25 ans et avec ou sans éclaircies à huit et dix ans.

Les équations suivantes permettent d'estimer le volume commercial (Vc) du cedro.

Soient : D le diamètre à 1,30 m, T l'âge, N la densité (N<sub>0</sub> la densité initiale), S la qualité de site (qui correspond à la hauteur moyenne à dix ans), G la surface terrière, H la hauteur moyenne. V<sub>tc</sub> représente le volume total du fût. (Vallejo, 2004)

$$D = 0,432 * T^{0,901} * S^{0,826} * N^{(-0,096)}$$

$$G = 0,000015 * T^{1,800} * S^{1,643} * N^{0,805}$$

$$H = S * (1 + 6,42 * \text{Exp}(-2)) / (1 + 6,42 * \text{Exp}(-0,20 * T))$$

$$V_{tc} = 0,439 * H^{1,013} * G^{0,998}$$

$$V_c = 0,64 V_{tc}$$

Les données proviennent de la base de Madaleña, un projet réalisé par le CATIE dans les années 1980 avec plusieurs milliers de parcelles en Amérique centrale. Pour le cedro, 98 parcelles de mesure ont été considérées, parmi lesquelles 20 plantations du CATIE, 19 de la base de données de Madaleña et les différentes publications sur cette essence au Costa Rica, en Colombie et au Honduras (Vallejo, 2004). Les données ont été prises dans différentes situations dont l'éventail est présenté dans le tableau XIX.

Pour réaliser ces simulations, l'indice de site 15 a été choisi après révision de la littérature (Vallejo, 2004). La hauteur moyenne à dix ans d'un cedro dans la région de San Isidro est proche de 15 mètres.

Tableau XIX. Intervalle de données pour les parcelles de cedro inventoriées

| Valeurs  | Age (ans) | Hauteur moyenne à dix ans (m) | Densité (arbres/ha) | Diamètre à 1,30 m (cm) | Hauteur moyenne (m) | Densité initiale (arbres/ha) | Surface terrière (cm <sup>2</sup> ) | Volume total du fût (m <sup>3</sup> ) | Volume commercial (m <sup>3</sup> ) |
|----------|-----------|-------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
|          | T         | S                             | N                   | D                      | H                   | No                           | G                                   | Vtc                                   | Vc                                  |
| minimale | 2         | 4                             | 78                  | 2                      | 2                   | 102                          | 0                                   | 0                                     | 0                                   |
| maximale | 45        | 25                            | 1725                | 66                     | 25                  | 2500                         | 30                                  | 521                                   | 315                                 |

Source : Vallejo, 2004.

Les résultats obtenus ont été synthétisés dans le tableau XX. Il est rappelé que le calcul des revenus tient compte du taux d'actualisation.

Tableau XX. Comparaison des différents scénarios de production du cedro

| Scénarios | Densité initiale de plantation (arbres/ha) | Eclaircie(s) |                  |                                     | Coupe(s)  |                                     | Revenus (\$/ha/an) |
|-----------|--|--------------|------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------|
|           |  | Age (ans)    | Nouvelle densité | Volume prélevé (m <sup>3</sup> /ha) | Age (ans) | Volume prélevé (m <sup>3</sup> /ha) |                    |
| N°1       | 50   |              |                  |                                     | 25        | 50                                  | 235                |
| N°2       | 75   |              |                  |                                     | 25        | 73                                  | 343                |
| N°3       | 100  | 8            | 75               | 1,1                                 | 12        | 15,8                                | 300                |
|           |  | 20           | 75               | 1,1                                 | 25        | 15,8                                |                    |
| N°4       | 100  | 10           | 75               | 2                                   | 25        | 73                                  | 367                |
| N°4'      | 100  | 10           | 75               | 2                                   | 25        | 73                                  | 531                |
| N°5       | 125  | 12           | 75               | 6,5                                 | 25        | 73                                  | 448                |

Rappel : x' signifie que le producteur prend en charge l'abattage et le transport et vend son bois en billons livrés scierie (par opposition aux scénarios x où c'est du bois sur pied qui est vendu).

Le scénario 4' rapporte plus au producteur que le 4. Ce résultat met en évidence que le revenu net de la vente de bois de cedro est nettement supérieur si le producteur prend en charge l'abattage et le transport des billons à la scierie. En louant les services de coupe et de transport (soit un coût supplémentaire de 14,8 \$/m<sup>3</sup> comme présenté dans la méthode au paragraphe 1.3.4. ou ici 1080,4 \$/ha), il augmente ses bénéfices de **40%** par rapport à la vente du bois sur pied.

De plus, ils montrent aussi qu'en vente de bois sur pied, les scénarios 2 et 4 rapportent plus que le 3 et donc que la rotation de 12 ans est trop courte. Les volumes extraits sont moindres dans le cas de deux rotations courtes avec éclaircies à 8 ans que dans le cas d'une rotation à 25 ans avec ou sans éclaircies.

Réaliser une éclaircie à dix ans (scénario n°3) n'engrange pas de gains supplémentaires et il est plus rémunérateur pour le producteur de suivre le scénario n°2. En revanche, une éclaircie à 12 ans (scénario n°5) avec une densité initiale de 125 permet au producteur d'augmenter ses revenus nets puisque cette densité n'affecte pas la production de café. De plus, un volume de bois d'éclaircie de 6,5 m<sup>3</sup> est plus facilement commercialisable que des trop faibles volumes de 2 m<sup>3</sup>. De plus, même si les prix ne semblent pas varier selon les catégories

de produit, les trop petits diamètres des bois d'éclaircies précoces sont difficiles à commercialiser.

Les scénarios développés inciteraient donc à planter le cedro à une densité initiale de 125 arbres/ha puis de faire une éclaircie à 12 ans. Cependant, il faut prendre en considération la sensibilité du cedro à *Hypsipyla grandella* et donc envisager sa plantation en mélange avec une autre essence comme le laurier par exemple (Somarriba, 1994).

#### 4.4.2. Le laurier

Ici est appliquée la méthode principale présentée précédemment (cf. paragraphe 1.3.4.).

D'après la littérature et les personnes rencontrées, des densités et des rotations ont été choisies pour les scénarios afin d'analyser les revenus dans l'ensemble des conditions « raisonnables ». Les densités de plantation initiales choisies sont : 75, 125 et 200 arbres/ha et les durées de rotations : 12 et 25 ans et avec ou sans éclaircies à huit et dix ans.

Tableau XXI. Diamètre moyen à 1,30 m selon l'hypothèse de croissance considérée et l'âge du laurier

| Hypothèse de croissance        | Diamètre moyen à 1,30 m selon l'âge (cm) |                |
|--------------------------------|--|----------------|
|                                | 18 ans                                   | 25 ans         |
| Basse (scénarios 1 à 6)        | 25                                       | 32             |
| Moyenne (B. Dzib) (scénario 7) | >32                                      | Non inventorié |

Les scénarios présentés correspondent à une durée de rotation de 25 ans. Dans le cas de l'hypothèse basse de production du laurier, l'âge d'exploitation est de 25 ans. Une rotation de 25 ans sera donc choisie pour les scénarios 1 à 6 qui s'appuient sur l'hypothèse basse de croissance.

En revanche, d'après les résultats d'inventaire de B. Dzib et les données de croissance fournies au paragraphe 2.3.2. tabl. IV, des arbres de laurier ont un diamètre de 32 cm et plus à 18 ans. Une rotation de 18 ans dans la zone de Turrialba est donc envisageable. La durée de rotation pour le scénario 7 qui considère l'hypothèse moyenne de croissance de B. Dzib sera donc fixée à 18 ans.

Cette durée de rotation ne devrait pas être inférieure. En effet, les débouchés sont moindres pour les très jeunes arbres : les ébénistes n'apprécient pas le laurier de caféières coupés trop jeunes (avant 18 ans).

- **Scénarios de production n°1 à 5**

Ici est appliquée la méthode principale présentée précédemment (cf. paragraphe 1.3.4.). Les équations suivantes permettent d'estimer le volume commercial ( $V_c$ ) du laurier.

Soient :  $D_g$  le diamètre quadratique,  $T$  l'âge,  $N$  la densité ( $N_0$  la densité initiale),  $S$  la qualité de site (qui correspond à la hauteur moyenne à dix ans),  $G$  la surface terrière,  $H_d$  la hauteur dominante.  $V_{tc}$  représente le volume total du fût. Il semble que ce soit l'**hypothèse basse de croissance**.



$$Hd = S * ((1 - \text{Exp}(-0,073 * T)) / (1 - \text{Exp}(-0,073 * 10)))^{1,301} \quad (\text{Jiménez, 2003})$$

$$Dg = 2,393786 * T^{0,512040828} * S^{0,63567527} * N^{(-0,185433779)}$$

$$G = 0,000498639 * T^{1,021190994} * S^{1,273883954} * N^{0,614324324}$$

$$Vtc = 0,28027763 * Hd^{1,119139} * G^{0,9863927}$$

$$Vc = 0,64 Vtc$$

Comme pour le cedro, les données proviennent de la base de Madaleña, un projet réalisé par le CATIE dans les années 1980 avec plusieurs milliers de parcelles en Amérique centrale. Pour le laurier, 332 parcelles ont été considérées, toutes au Costa Rica, dans la région de Turrialba mais aussi d'autres cantons (indiqués dans la base de données de Mirasiv-Madeleña). Les parcelles inventoriées dans les propres plantations du CATIE ont été également incluses pour la génération du modèle (Vallejo, 2004). Les données ont été prises dans différentes situations dont l'éventail est présenté dans le tableau XXII.

Pour réaliser ces simulations, l'indice de site 16 a été choisi après révision de la littérature (Vallejo, 2004). La hauteur moyenne à dix ans d'un laurier dans la région de Turrialba est proche de 16 mètres.

Tableau XXII. Intervalle de données pour les parcelles de laurier inventoriées

| Valeurs  | Age (ans) | Hauteur dominante (m) | Hauteur moyenne à dix ans (m) | Densité (arbres/ha) | Diamètre quadratique (cm) | Surface terrière (cm <sup>2</sup> ) | Volume total du fût (m <sup>3</sup> ) |
|----------|-----------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|          | T         | Hd                    | S                             | N                   | Dg                        | G                                   | Vtc                                   |
| minimale | 1,485     | 1,6                   | 6,8                           | 121                 | 1,8                       | 0,26                                | 0,3                                   |
| moyenne  | 4,863     | 8,7                   | 19,2                          | 1172                | 9,6                       | 6,24                                | 31,5                                  |
| maximale | 15,315    | 27,6                  | 33,7                          | 4136                | 31,6                      | 28,60                               | 235,2                                 |

Source : Vallejo, 2004

Les résultats obtenus ont été synthétisés dans le tableau XXIII. Il est rappelé que le calcul des revenus tient compte du taux d'actualisation. Il est important de noter que des prix de vente différents ont été considérés selon le diamètre moyen à 1,30 m du volume prélevé : **33,5 \$/m<sup>3</sup>** pour le bois d'éclaircie et **54,5 \$/m<sup>3</sup>** pour les coupes (cf. prix, tabl. XVIII).

Tableau XXIII. Comparaison des scénarios de production du laurier

| Scénarios | Densité initiale de plantation (arbres/ha) | Eclaircie |                              |                                     |                        | Coupe     |                                     |                        | Revenus rapportés vente bois sur pied (\$/ha/an) |
|-----------|--|-----------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------|--|
|           |  | Age (ans) | Nouvelle densité (arbres/ha) | Volume prélevé (m <sup>3</sup> /ha) | Diamètre à 1,30 m (cm) | Age (ans) | Volume prélevé (m <sup>3</sup> /ha) | Diamètre à 1,30 m (cm) |  |
| N°1       | 75   |           |                              |                                     |                        | 25        | 51                                  | 32,6                   | 86   |
| N°2       | 125  | 8         | 75                           | 2,3                                 | 16,5                   | 25        | 51                                  | 32,6                   | 105  |
| N°3       | 125  | 10        | 75                           | 3,6                                 | 18,5                   | 25        | 51                                  | 32,6                   | 116  |
| N°4       | 125  | 10        | 100                          | 1,7                                 | 17                     | 25        | 60,5                                | 30,9                   | 114  |
| N°5       | 200  | 10        | 100                          | 6,2                                 | 18,5                   | 25        | 60,5                                | 30,9                   | 145  |

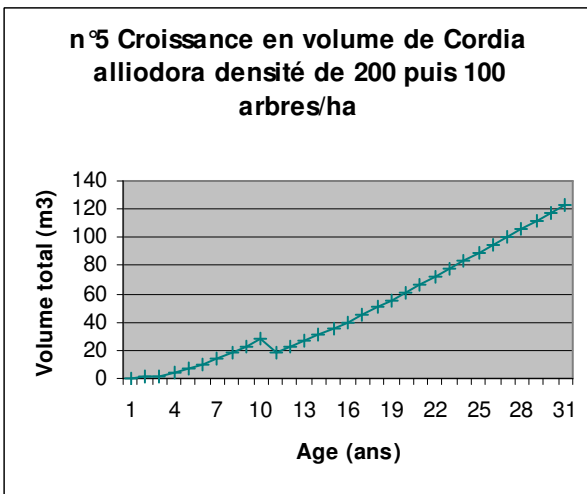
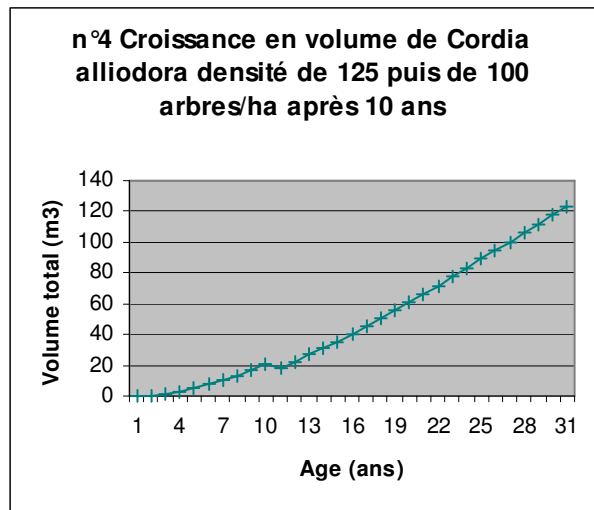
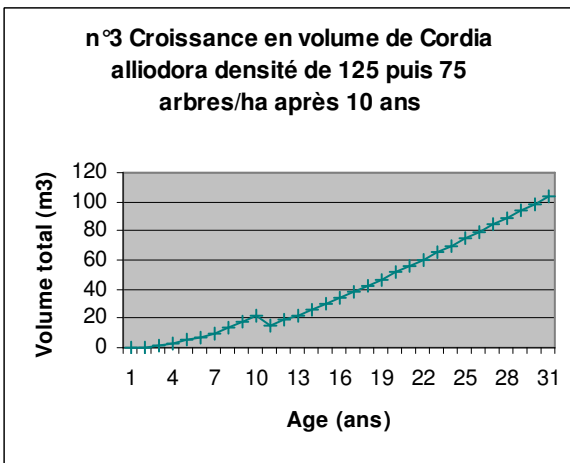
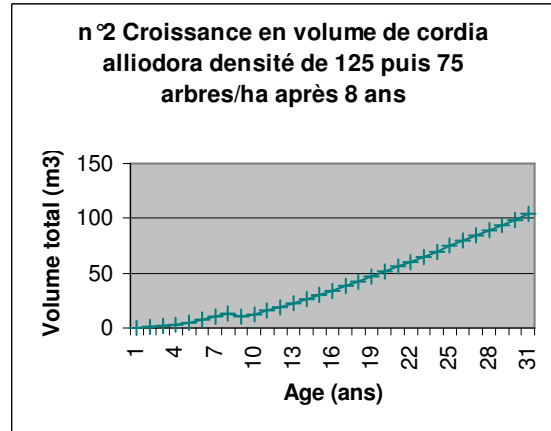
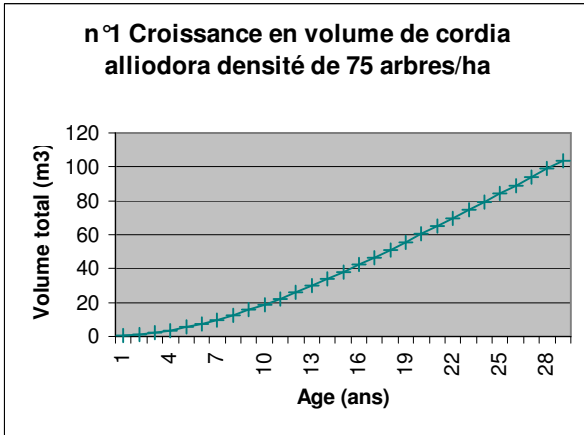


Figure 15. Courbes de croissance en volume du laurier selon la densité du peuplement

Grâce aux équations de croissance, les courbes représentant le volume total du laurier en fonction de son âge ont pu être tracées. Elles permettent de mieux visualiser les différences de volume engendrées par une variation de la densité et des années d'éclaircie éventuelles.

Le scénario n°5 est le plus rémunérateur car la densité initiale de plantation est plus forte. Cependant, les scénarios 2, 3 et 4 correspondent à de faibles densités initiales peu préjudiciables au caféier. Une densité de 200 arbres/ha risque de causer plus de dégâts à la caféière (densités plus préjudiciables sont de 250-300 arbres/ha). Dans ce cas, éclaircie sous-entend compétition des arbres et donc chute importante de la production de café. Pour un producteur qui souhaiterait rester caféiculteur avant tout, un scénario sans éclaircie serait conseillé.

Par ailleurs, les revenus calculés grâce à ces 5 scénarios sont faibles en raison des faibles volumes extraits. En effet, les données d'inventaire utilisées pour la simulation de croissance correspondent à des zones plus sèches que Turrialba. Il est nécessaire, pour être plus proches de la réalité de cette étude, de considérer d'autres données de croissance du laurier.

- **Scénario de production n°6**

Un autre scénario peut être construit en prenant en compte les estimations faites par les producteurs eux-mêmes. Si la densité est de 100 arbres/ha, un laurier de 40 cm de diamètre à 1,30 m et de dix mètres de hauteur aurait un volume de 0,88 m<sup>3</sup> sur pied lors de l'abattage.

Le volume moyen de bois sur pied/ha est :

(densité \* diamètre à 1,30 m<sup>2</sup> \* hauteur \* coefficient) soit ici :

$$V_t = 100 * 0,4^2 * 10 * 0,7854 * 0,7 = 88 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

88 m<sup>3</sup> de bois par hectare pourraient donc être sortis.

Le revenu du bois sur pied à l'agriculteur par hectare est :  $88 * 42,0 = 3693,1$  \$. S'il coupe tous les 25 ans, son revenu est de 147,7 \$/ha/an. Ce scénario est proche des données précédentes et semble également correspondre à l'hypothèse basse de croissance du laurier.

- **Scénario de production n°7**

A partir de données d'inventaires présentés par B. Bzib (2003), le revenu de la vente de bois de laurier peut être calculé.

Tableau XXIV. Revenu du laurier dans la région de Turrialba

| Densité au moment de l'inventaire (arbres/ha) | Densité initiale (arbres/ha) | Age estimé (ans) | diamètre moyen à 1,30 m (cm) | hauteur moyenne (m) | volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Production en volume commercial (m <sup>3</sup> /ha/an) | Revenu bois sur pied (\$/ha) | Revenu brut vente billons livrés (\$/ha) | Revenu net vente billons livrés (\$/ha) | Revenu bois sur pied (\$/ha/an) | Revenu net vente billons livrés (\$/ha/an) |
|---|------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------|--|---|------------------------------|--|---|---------------------------------|--|
| 110   | 178                          | 13               | 27,73                        | 16,33               | 52,89                                  | 4,07  | 1772                         | 5320                                     | 4537                                    | 136                             | 349  |
| 125   | 202                          | 13               | 27,79                        | 19,7                | 64,87                                  | 4,99  | 2173                         | 6526                                     | 5566                                    | 167                             | 428  |
| 127   | 205                          | 12               | 25,53                        | 14,7                | 47,65                                  | 3,97  | 1596                         | 4794                                     | 4089                                    | 133                             | 341  |
| 130   | 210                          | 12               | 25,97                        | 16,05               | 53,96                                  | 4,50  | 1808                         | 5428                                     | 4630                                    | 151                             | 386  |
| 130   | 210                          | 14               | 29,41                        | 18,9                | 84,39                                  | 6,03  | 2827                         | 8489                                     | 7240                                    | 202                             | 517  |
| 133   | 215                          | 12               | 25,28                        | 17,24               | 52,17                                  | 4,35  | 1748                         | 5249                                     | 4477                                    | 146                             | 373  |
| 133   | 215                          | 16               | 33,42                        | 24,17               | 129,31                                 | 8,08  | 4332                         | 13008                                    | 11095                                   | 271                             | 693  |
| 138   | 223                          | 14               | 29,32                        | 22,69               | 111,01                                 | 7,93  | 3719                         | 11168                                    | 9525                                    | 266                             | 680  |
| 150   | 242                          | 15               | 31,58                        | 21,2                | 113,61                                 | 7,57  | 3806                         | 11429                                    | 9747                                    | 254                             | 650  |
| 163   | 263                          | 13               | 28,24                        | 19,76               | 141,03                                 | 10,85   | 4725                         | 14188                                    | 12100                                   | 363                             | 931  |
| 170   | 275                          | 15               | 31,35                        | 24,63               | 141,07                                 | 9,40  | 4726                         | 14192                                    | 12104                                   | 315                             | 807  |
| 180   | 291                          | 14               | 30,39                        | 24,18               | 171,63                                 | 12,26   | 5750                         | 17266                                    | 14726                                   | 411                             | 1052                                       |
| 190   | 190                          | 12               | 26,03                        | 17,5                | 78,24                                  | 6,52  | 2621                         | 7871                                     | 6713                                    | 218                             | 559  |
| 200   | 200                          | 14               | 30,46                        | 23,1                | 146,77                                 | 10,48   | 4917                         | 14765                                    | 12593                                   | 351                             | 899  |
| 210   | 210                          | 15               | 31,66                        | 19,95               | 162,22                                 | 10,81   | 5435                         | 16320                                    | 13919                                   | 362                             | 928  |
| 223   | 225                          | 12               | 26,05                        | 17,38               | 99,88                                  | 8,32  | 3346                         | 10048                                    | 8570                                    | 279                             | 714  |
| 243   | 245                          | 17               | 34,73                        | 23,62               | 293,6                                  | 17,27   | 9836                         | 29536                                    | 25191                                   | 579                             | 1482                                       |
| 280   | 280                          | 9                | 19,14                        | 13,1                | 47,85                                  | 5,32  | 1603                         | 4814                                     | 4105                                    | 178                             | 456  |
| 287   | 290                          | 10               | 20,43                        | 15,96               | 83,89                                  | 8,39  | 2810                         | 8439                                     | 7197                                    | 281                             | 720  |

Source : B. Dzib, 2003

Le revenu net de la vente des billons livrés scierie est calculé en soustrayant les coûts d'abattage et de transport.

Ces résultats fournissent des bons exemples de systèmes agroforestiers à des densités et des âges divers.

Ils mettent une nouvelle fois en évidence que la **vente de billons livrés scierie** est plus rémunératrice que la vente de bois sur pied et ce, même si le producteur doit louer les services d'abattage et de transport (soit un coût supplémentaire de 14,8 \$/m<sup>3</sup> comme présenté dans la méthode au paragraphe 1.3.4. ou ici entre 705,22 \$/ha et 4336,40 \$/ha selon le volume commercial produit par hectare). Les revenus nets pour le propriétaire qui vend au dépôt sont ici augmentés de **100%** par rapport à la vente sur pied.

Par ailleurs, ils confirment que les revenus calculés précédemment sont faibles et correspondent à l'hypothèse basse de croissance. Les revenus de la vente du laurier seraient donc plutôt de l'ordre de **190 \$/ha/an** avec une rotation de 18 ans.

Si on actualise ce revenu au bout de 25 ans, 9393,28-2123,55

$$R_7 = (C - 127,71) * 1.1^{10} + C/1,1^5 = 7270 \text{ \$/ha, soit } \mathbf{290,8 \text{ \$/ha/an.}}$$

Avec  $C = 190 * 18 = 3420 \text{ \$/ha}$  (revenu de la vente du bois).

Cette dernière hypothèse de croissance parait plus proche de la réalité de Turrialba et c'est donc ce revenu-ci de 290,8 \$/ha/an qui sera pris en compte pour comparer les différentes essences entre elles.

### 4.4.3. L'eucalyptus

- Revenus des produits en bois d'eucalyptus

Différents revenus ont pu être calculés selon le choix du producteur. En effet, si celui-ci décide de vendre son bois à l'industrie de la construction, de la palette ou du poteau, les revenus qu'il en tirera seront distincts. Le prix de vente au m<sup>3</sup> de bois sur pied pour la construction est de l'ordre de 25 \$, celui pour la palette de 17 \$ tandis que le prix de vente des poteaux n'est pas calculé au m<sup>3</sup> mais à l'unité de produit.

Par ailleurs, à partir des inventaires des volumes de bois d'eucalyptus des plantations de caféiers, des mesures de rendement au sciage des différents types de billons ont permis d'établir la quantité de palettes pouvant être produites en relation avec l'âge de la plantation. Le revenu possible si le producteur se lance dans l'installation d'une scierie, la confection puis la vente de palettes a ainsi été également calculé (cf. Annexes 6.1. et 7.) et représente seulement le revenu brut de la vente des palettes sans tenir compte des dépenses. Il permet seulement de se faire une idée de la valeur ajoutée possible avec ce produit.

Les possibilités de production de poteaux et perches ainsi que le revenu brut à dégager de la vente a été explicité en annexe 6.2.

Le tableau XXV est tiré du tableau de l'annexe 6.3.

Tableau XXV. Revenu possible par hectare en fonction de l'âge et du diamètre des arbres (cf. Annexe 6.3.)

| Densité finale (arbres /ha) | Année de plantation | Année des mesures | Age (ans) | Moyenne des diamètres à 1,30 m (cm) | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Revenu bois sur pied (\$/ha) si vente pour : |          |          |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------|--|--|----------|----------|
|                             |                     |                   |           |                                     |  | Poteaux et perches                           | planches | palettes |
| 122                         | 1996                | 2000              | 4         | 15,94                               | 16,74                                  | 628  |          | 285      |
| 116                         | 1996                | 2002              | 6         | 22,57                               | 44,98                                  |  |          | 765      |
| 116                         | 1996                | 2003              | 7         | 25,13                               | 58,91                                  |  | 1443     | 1 001    |
| 116                         | 1996                | 2004              | 8         | 26,02                               | 64,83                                  |  | 1588     | 1 102    |

Il existe plusieurs débouchés possibles du bois d'eucalyptus selon les diamètres dont dispose le producteur. Il ne pourra plus vendre à l'industrie du poteau des bois de six ans dont le diamètre à 1,30 m est supérieur à 22 cm. De même il ne peut pas vendre des arbres de six ans et moins dont le diamètre à 1,30 m est inférieur à 23 cm pour des planches.



Figure 16. Cafèière sous ombrage d'eucalyptus à San Isidro. (courtoisie A. Zanfini)

- **Scénario n°1 : production de poteaux et de perches**

Le producteur coupe la totalité de ses eucalyptus à l'âge de quatre ans, il gagne 628 \$. Il replante immédiatement et coupe à nouveau au bout de quatre ans. Ses coûts sont donc l'abattage et la replantation après quatre ans.

Coût d'abattage = 2,5 \$/m<sup>3</sup> soit ici 2,5 \* 16,74 = 41,85 \$.

Coût de plantation = 127,71 \$/ha

Son bénéfice total au bout de 8 ans est donc :

$B_1 = (628 - 41,85 - 127,71) * 1,1^4 + 628 = 1299$  \$, soit 162 \$/ha/an (cf. tabl. XXVI).

- **Scénario de production n°1 bis : production de poteaux et de perches en bénéficiant des subventions**

Par ailleurs, si le producteur plante en même temps sur au moins deux autres parcelles d'un hectare chacune (la quantité minimale est de 350 arbres plantés), il peut faire une demande auprès du MINAE pour bénéficier des aides à la plantation. Il peut alors bénéficier de 0,67 \$/plant réparti sur trois ans : 65 % la première année, 20 % la deuxième et 15 % la troisième.

$B_{1bis} = (628 - 41,85 - 127,71 + (0,67 * 65/100 * 122)) * 1,1^4 + (0,67 * 20/100 * 122) * 1,1^3 + (0,67 * 15/100 * 122) * 1,1^2 + 628 = 1414$  \$, soit 177 \$/ha/an (cf. tabl. XXVI).

- **Scénario n°2 : production de palettes**

Le producteur attend huit ans pour abattre ses arbres, il vend le bois pour de la construction. Son bénéfice total au bout de huit ans est donc :  $B_2 = 1588$  \$, soit 200 \$/ha/an (cf. tabl. XXVI).

- **Scénario n°3 : production de palettes**

Le producteur attend huit ans pour abattre ses arbres, il vend le bois pour de la palette. Son bénéfice total au bout de huit ans est donc :  $B_2 = 1102$  \$, soit 137 \$/ha/an. Les prix utilisés diffèrent selon les produits : 39 \$/m<sup>3</sup> pour les poteaux et perches, 25 \$/m<sup>3</sup> pour les planches, 17,5 \$/m<sup>3</sup> pour les palettes (cf. tabl. XXVI).

Tableau XXVI. Comparaison des scénarios de mise en valeur du bois d'eucalyptus

| Scénarios | Densité finale de plantation (arbres/ha) | Age de la (des) coupe(s) (ans) | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Revenus rapportés par la vente bois sur pied (\$/ha/an) |
|-----------|--|--------------------------------|--|---|
| N°1       | 122                                      | 4 puis 8                       | 16,7                                   | 162 si option poteaux                                   |
| N°1bis    | 122                                      | 4 puis 8                       | 16,7                                   | 177 si option poteaux+aides                             |
| N°2       | 116                                      | 8                              | 64,8                                   | 200 si option planches                                  |
| N°3       | 116                                      | 8                              | 64,8                                   | 137 si option palettes                                  |

Attendre huit ans avant de couper pour des planches semble légèrement plus avantageux. Cependant, les revenus de l'eucalyptus apparaissent tous rémunérateurs quelque soit le produit choisi. Les poteaux et les palettes sont des débouchés intéressants.

- **Revenu du bois sur une durée de 25 ans : production de poteaux et de perches**

Ces premiers scénarios laissent penser que huit ans est encore une durée de rotation insuffisante. On peut imaginer que le producteur laisse pousser les eucalyptus jusqu'à une quinzaine d'années. Cependant, l'intérêt de l'eucalyptus par rapport aux autres essences est sa possibilité d'exploitation entre quatre et huit ans. Ce raccourcissement de la durée de rotation procure un bénéfice économique que l'on peut calculer :

Il s'agit de perpétuer le scénario n°1 sur une durée de 25 ans. Tous les quatre ans, le producteur vend son bois d'eucalyptus 157 \$/ha/an soit 628 \$/ha puis replante.

Le revenu actualisé au bout de 25 ans, rapporté par la vente de bois sur pied, est de :

$$R_4 = (C-127,71) * 1,1^{21} + (C-127,71) * 1,1^{17} + (C-127,71) * 1,1^{13} + (C-127,71) * 1,1^9 + (C-127,71) * 1,1^5 + C * 1,1^1 = 10634 \$.$$

Soit 425,4 \$/ha/an.

Ici, on doit faire l'approximation que ce revenu de 10634 \$ est obtenu au bout de 25 ans. En réalité, il est obtenu au bout de 24 ans. En effet, six rotations d'eucalyptus de quatre ans sont réalisées, et le revenu total est actualisé au bout de 25 ans mais au cours de la dernière année la parcelle est vide. La replantation après la sixième rotation n'est pas prise en compte. Il y a juste une parcelle inutilisée pendant un an.

Avec  $C = 628 \$$  (revenu rapporté par la vente du bois sur pied) et Coût de plantation = 127,71 \$/ha (quelque soit le nombre de plants)

- **Revenu du bois sur une dure de 25 ans, production de planches**

Il s'agit de perpétuer le scénario n°2 sur une durée de 25 ans. Tous les huit ans, le producteur vend son bois d'eucalyptus 200 \$/ha/an soit 1588 \$/ha puis replante

Le revenu actualisé au bout de 25 ans, rapporté par la vente de bois sur pied, est de :

$$R_5 = (C - 127,71) * 1,1^{17} + (C - 127,71) * 1,1^9 + C * 1,1^1 = 12571 \$.$$

Soit 502,8 \$/ha/an.

Avec  $C = 1588 \$$  (revenu rapporté par la vente du bois sur pied) et Coût de plantation = 127,71 \$/ha (quelque soit le nombre de plants)

Ces scénarios n°s 4 et 5, actualisés à 25 ans, permettront de comparer les revenus de l'eucalyptus avec ceux du cedro et du laurier au paragraphe suivant.

#### 4.4.4. Comparaison de la rentabilité des différentes essences

La construction de ces scénarios permet de comparer la rentabilité des essences étudiées. Dans le cas de l'amarillón, les scénarios n'ont pas été développés mais la bibliographie indique une production de 8 m<sup>3</sup>/ha/an en plantation. En systèmes agroforestiers à une densité faible on pourrait utiliser comme chiffre 5 m<sup>3</sup>/ha/an.

Tableau XXVII. Comparaison de la rentabilité des différentes essences

| Essence    | Densité (arbres/ha) | Production (m <sup>3</sup> /ha/an) | Age d'exploitation (ans) | Produit | Prix (\$ /m <sup>3</sup> ) | Revenu (\$/ha/an) | Revenu actualisé (\$/ha/an) |
|------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| cedro      | 50-75               | 2 à 3                              | 25                       | Meuble  | 117                        | 235-350           | <b>235-350</b>              |
| laurel*    | 125                 | 3,3                                | 25                       | Meuble  | 42                         | 140               | <b>140</b>                  |
| laurel     | < 130               | 5,2                                | 18                       | Meuble  | 36                         | 190               | <b>290</b>                  |
| eucalyptus | 122                 | 4                                  | 4                        | Poteau  | 39                         | 156               | <b>425</b>                  |
| eucalyptus | 116                 | 8                                  | 7 - 8                    | Palette | 17,5                       | 137-142           | <b>345-360</b>              |
| eucalyptus | 116                 | 8                                  | 8 à 15                   | Planche | 25                         | 150-200           | <b>375-500</b>              |
| amarillón  | 125                 | 5                                  | 25                       | Meuble  | 46,6                       | 233               | <b>233</b>                  |

\* : hypothèse basse de croissance

Le revenu ne tient pas compte des coûts de la première plantation ni de la dernière exploitation mais il tient compte des coûts de plantation et d'exploitation supplémentaires. Ceci permet de comparer les revenus des essences dont la durée de rotation est plus courte et donc pour lesquelles il y a des charges supplémentaires. Il semble que l'eucalyptus soit aussi rémunérateur que le cedro ou le laurel. En effet, une production de bois plus importante et un raccourcissement de la durée de rotation permettent de compenser la faiblesse du prix de vente du bois par rapport à d'autres essences plus nobles comme le laurel ou le cedro. Grâce aux scénarios construits précédemment et aux calculs des revenus actualisés, le choix de l'eucalyptus est apparu comme un bon choix financier. C'est ce que montre le tableau XXVII : le meilleur revenu actualisé est obtenu dans le cas de la vente de planches ou de poteaux en eucalyptus. En effet, même s'il est vrai que le bois d'eucalyptus est de qualité nettement inférieure, l'arbre pousse plus vite.

#### 4.4.5. Comparaison de la part des revenus des différentes essences dans le contexte global du système de culture

Il est intéressant de replacer les revenus de ces différentes essences (tabl. XXVII) dans le système de culture. La part des revenus nets du bois par rapport à ceux du café sera calculée à partir des revenus actualisés au bout de 25 ans présentés dans le tableau XXVII. Comme il est expliqué dans le paragraphe 2.5.1., pour cela il est avant tout nécessaire de calculer le revenu net actualisé du café au bout de 25 ans.



Le revenu net annuel du café est 382 \$/ha/an (cf. paragraphe 2.5.1). Soit donc un revenu actualisé au bout de 25 ans :

$$382 + 382 \cdot 1,1^{-1} + 382 \cdot 1,1^{-2} + 382 \cdot 1,1^{-3} + 382 \cdot 1,1^{-4} + 382 \cdot 1,1^{-5} + 382 \cdot 1,1^{-6} + [\dots] + 382 \cdot 1,1^{-24} = 37568,57 \text{ \$/ha au bout de 25 ans.}$$

Soit  $37568,57/25 = 1502,74 \text{ \$/ha/an.}$

La part des revenus nets du bois est donc obtenue en divisant le revenu actualisé (\$/ha/an) par celui du café.

Tableau XXVIII. Comparaison de la part des revenus des différentes essences dans le contexte global du système de culture

| Essence    | Densité (arbres/ha) | Production (m <sup>3</sup> /ha/an) | Age d'exploitation (ans) | Produit | Revenu actualisé (\$/ha/an) | Part des revenus (%) |
|------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|---------|-----------------------------|----------------------|
| cedro      | 50                  | 2 à 3                              | 25                       | Meuble  | 235                         | 15,6                 |
| cedro      | 75                  | 2 à 3                              | 25                       | Meuble  | 350                         | 23,3                 |
| laurel*    | 125                 | 3,3                                | 25                       | Meuble  | 140                         | 9,3                  |
| laurel     | < 130               | 5,2                                | 18                       | Meuble  | 290                         | 19,3                 |
| eucalyptus | 122                 | 4                                  | 4                        | Poteau  | 425                         | 28,3                 |
| eucalyptus | 116                 | 8                                  | 7 - 8                    | Palette | 345-360                     | 23,0-24,0            |
| eucalyptus | 116                 | 8                                  | 8 à 15                   | Planche | 375-500                     | 25,0-33,3            |
| amarillón  | 125                 | 5                                  | 25                       | Meuble  | 233                         | 15,5                 |

\* : hypothèse basse de croissance

Dans le cas des poteaux d'eucalyptus, le résultat obtenu au paragraphe 2.5.1., soit 28,21%, est légèrement inférieur au résultat présenté ici, soit 28,30%, car le revenu net du bois d'eucalyptus calculé ici ne tient pas compte du coût de la toute première plantation.

L'importance des revenus nets du bois par rapport à ceux du café varie entre 10 et 33% selon les essences, les sites et les produits. Les calculs sur l'importance des revenus du bois par rapport à ceux du café, ont montré l'intérêt de la vente de planches ou de perches ou poteaux d'*Eucalyptus deglupta* dans le contexte global du système de culture avec une proportion des revenus nets du café de 25 à 33%. Cette compétitivité de l'eucalyptus par rapport aux autres essences (cedro et laurel) s'explique par une production de bois équivalente au moins au double de celle de ces dernières et une rotation deux fois plus courte.

Pour le cedro et le laurel, la part des revenus du bois par rapport à ceux du café varierait de 10 à 23% et pourrait augmenter avec la location des services de coupe et de transport du bois par le producteur. D'autre part, si le bois des essences précieuses continue à augmenter, leur utilisation sera plus rentable et leur débouché plus facilement assuré à un prix rémunérateur que celui des eucalyptus soumis davantage à la concurrence des marchés extérieurs.

Cependant, ces résultats ne peuvent être considérés hors contexte humain et social. Chaque producteur choisit l'option qui lui convient. La région, ses conditions bioclimatiques, son marché, sont des facteurs décisifs. Ces aspects économiques et financiers nécessitent donc d'être replacés dans un contexte de marché.

De plus, l'analyse de la ressource et des produits permettra de comprendre les autres facettes du choix d'une essence (cf. paragraphe 5.2.).

## 5. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les analyses précédentes permettent de discuter de la production de bois d'oeuvre en s'appuyant sur les précédentes résultats. Le contexte économique, les perspectives et les jugements portés sur cette filière des principaux bois d'oeuvre (ses besoins, ses atouts et ses faiblesses) aident à mieux juger cette production de bois d'oeuvre et à faire les recommandations nécessaires au niveau national toujours en conservant pour objectif d'améliorer la rémunération des propriétaires.

### 5.1. Diagnostic de la filière et recommandations

Après une analyse de l'information, il faut formuler un diagnostic sur la filière étudiée qui résume et coordonne l'ensemble des analyses faites précédemment. Pour aider à la formulation de ce diagnostic, il est important de prendre en compte l'appréciation des acteurs de la filière. Le diagnostic permettra d'émettre ensuite des recommandations visant à améliorer l'organisation de cette filière pour la vente de bois, à faciliter son accès et mieux faire connaître l'information aux propriétaires.

#### 5.1.1. Les conséquences historiques

Le bois est une marchandise particulière. Au Costa Rica, avant 1995, l'essartage était une pratique courante pour la mise en valeur des terrains et le bois était un déchet de ce défrichage. Les premiers scieurs rendaient service en "traitant" ces déchets. Ils prenaient le bois aux agriculteurs sans contrepartie financière : le bois n'était pas un bien ayant une valeur marchande (d'après M. Alfaro).

Ce n'est que depuis 1995 que le bois, considéré comme matière première, représente un commerce. Certains producteurs ont alors pris conscience qu'il était nécessaire de clarifier le marché pour enrayer cette perte d'argent. Le secteur a commencé à s'organiser et l'on considère enfin le bois comme un marché formel. En effet, avant cette date, les prix étaient fixés par une négociation entre deux à trois personnes. Rien à voir avec d'autres produits comme le café ou la pomme de terre pour lesquelles existent des statistiques de prix depuis plus de trente ans. Pour le bois, il n'existe des données tarifaires que depuis 1998. En effet, un secteur ne voit la nécessité d'avoir des statistiques que lorsqu'il y trouve son intérêt (d'après M. Alfaro).

Il y a aujourd'hui 54 000 hectares de plantation au Costa Rica. C'est la reforestation qui a entraîné l'organisation du marché. Cependant, il y a encore aujourd'hui du bois de forêts naturelles dont le marché est réglementé mais reste très désorganisé (d'après ONF et M. Alfaro, 2004).

#### 5.1.2. Mise en évidence d'un diagnostic fait par les différents acteurs

Lors des discussions qui ont eu lieu avec les différents acteurs de la filière étudiée, le point de vue de ces opérateurs est ressorti ainsi que la vision qu'ils ont de la filière et de leur

rôle, l'appréciation des problèmes rencontrés et la manière de les résoudre. Ces informations permettent d'apporter un diagnostic objectif de la filière.

Souvent, le propriétaire vend sur pied à son désavantage par faute de connaissances des possibilités de commercialisation. Il gagne alors peu d'argent comparé aux autres acteurs de la filière.

Selon le MINAE, les intermédiaires sont trop nombreux dans cette filière (15 exploitants forestiers sur Turrialba).

Selon Coopémadereros, une "grosse" scierie, le marché est rentable pour eux. En revanche, la situation financière de certaines "petites" scieries, comme 3M, est assez mauvaise, leur activité principale de prestataire de service de sciage étant très peu rémunératrice. Quant au propriétaire, il devrait vendre directement mais il manque de moyens matériels pour l'abattage et le transport. Même si les investissements sont importants, les industriels gagnent davantage. Il faudrait éliminer les intermédiaires et leur marge pourrait revenir au propriétaire. De plus, le guide de transport obligatoire devrait pouvoir être obtenu plus rapidement ou ne plus être exigé.

Selon Brunka Forestal, la mauvaise qualité du bois sur le marché est due à une mauvaise gestion sylvicole (élagages réalisés en laissant un bout de branche trop long sur l'arbre) et à une mauvaise adéquation de l'essence au site. Les petits diamètres sont le signe d'une densité trop forte : les plantations sont trop denses. Lorsque les arbres exploités aujourd'hui ont été plantés, l'expérience de plantation était très pauvre.

Selon un ébéniste, il y a une mauvaise gestion des ateliers d'ébénisterie par manque de connaissances sur la gestion d'une entreprise, et également sur les prix et les marchés.

### 5.1.3. Points faibles de cette filière

- **La filière nationale**

A partir de l'analyse de la structure et de l'organisation de la filière du paragraphe 3.2. et du diagnostic émis par les acteurs de la filière, toutes les informations nécessaires sont rassemblées pour formuler un diagnostic et faire des recommandations. Il s'agit de résumer la situation de la filière.

De façon générale, il n'y a pas eu d'intégration entre les phases du processus. Les producteurs manquent généralement d'informations pour la mise en vente de leur bois. A cause de cela, les producteurs voient dans ces plantations un risque. Pour eux, les éclaircies se réduisent à du travail supplémentaire. Il faudrait leur parler en terme d'extraction de bois. De même, il faut leur parler en terme de commerce de bois plutôt qu'en termes techniques. En effet, les producteurs savent déjà que l'on peut planter des arbres dans les caféières. Cependant, ils y voient souvent une source de problèmes supplémentaires : sylviculture, éclaircies, exploitations, et pas toujours une source de revenus.

Le propriétaire est généralement mal payé et n'a aucun contact et ne le cherche pas avec l'industrie. Il ne connaît pas bien les prix mais il s'agit d'une situation normale car les filières sont en devenir et la connaissance des prix de vente ne pourra être effective qu'au moment de la mise en marché future des produits. La raréfaction des bois a pour conséquence

une hausse des prix d'achat des billons à l'exploitant mais il apparaît que cette hausse n'est pas répercutée au niveau des propriétaires.

La politique des industriels est de n'acheter que le meilleur au moindre coût. L'exploitant doit donc être compétitif avec seulement des bois de première qualité. Il lui est difficile d'écouler les bois de petits diamètres ou avec des défauts. La majeure partie du bois produit par l'arbre est donc laissée en forêt.

L'industrie traditionnelle du bois a été gérée avec peu de technologie et d'efficacité, surtout au niveau de son rendement en raison de la grande disponibilité de la ressource présente dans les forêts naturelles. Les installations industrielles actuelles sont le résultat de l'exploitation des forêts naturelles. Les industries ont une technologie obsolète et dans certains cas subsistent avec de grandes scies circulaires qui produisent beaucoup de sciure. Ces installations ne sont plus adaptées au sciage des bois de plantation de faibles dimensions (les diamètres des bois de plantations sont inférieurs à 40 cm) (Mckenzie, 2003). Le faible rendement au sciage et l'état de vieillissement des machines des scieries amènent à penser qu'un changement est inévitable. La situation actuelle ne se maintiendra pas éternellement étant donné l'utilisation d'équipements anciens souvent plus adaptés au sciage des bois de forêts naturelles et peu adaptés au sciage des bois de petites dimensions. Le développement du secteur plantation devrait conduire à la modernisation progressive du secteur industriel en aval.

Des progrès restent à faire pour la commercialisation, notamment dans la production de sciages mieux classés et normalisés, capables de concurrencer les bois d'importation. Ces points faibles conduisent à une diminution des marges bénéficiaires.

- **La filière exportation**

Plusieurs remarques permettent de caractériser rapidement la filière exportation de bois au Costa Rica :

- Certaines essences comme laurier et l'amarillón, sont absentes du marché international.
- Le producteur méconnaît les besoins en qualité du marché international.
- Le matériel des scieries est ancien et il n'existe pas de classement des qualités des bois.
- Des informations qualitatives et quantitatives définissant la réalité du marché international sont nécessaires.

#### 5.1.4. Points forts de cette filière

La compétitivité à long terme de cette filière est déterminée par les stratégies présentes des propriétaires qui gèrent le niveau de production futur. Les incitations financières ont permis l'installation de plantations de bois d'œuvre dans les caféières. A basse altitude, les essences plantées ont été l'eucalyptus, le laurier, l'amarillón et le cedro. Grâce aux conseils des coopératives et des expériences passées, la ressource est mieux gérée. Par exemple, il y a eu peu de plantations en plein de cedro du fait de leur sensibilité à *Hypsipyla grandella*.

De plus, des possibilités d'augmentation de leurs revenus sont offertes aux producteurs qui peuvent, s'ils le souhaitent, prendre en charge l'exploitation et le transport (rôle des coopératives) et de réduire les intermédiaires. Ces filières bois de plantations sont en devenir et les points forts résident aussi dans les nombreuses perspectives pour les producteurs :

- débouchés existants et prometteurs : la palette pour l'eucalyptus ;
- nouveaux débouchés : les lambris pour l'eucalyptus ; peut-être les poteaux en bois de laurier ;

- valorisation des bois d'éclaircies ;
- produits de qualité ;
- accès au paiement de services environnementaux ;
- intérêt des plantations mélangées bois d'œuvre et légumineuse d'ombrage (comme le poro).

De nombreuses perspectives sont donc ouvertes et les filières locales pourront être fortement modifiées par l'influence des marchés extérieurs. Quels objectifs sont à atteindre alors pour améliorer les revenus pour le propriétaire et les intermédiaires, et assurer une qualité de la ressource permettant de répondre aux niches de marché, nouvelles ou existantes ?

### 5.1.5. Objectifs visés

- **Amélioration des revenus pour le propriétaire et les intermédiaires**

Un des objectifs visés est d'augmenter la valeur ajoutée au bois produit et de favoriser une meilleure distribution des revenus. Il faut développer la productivité et faire en sorte que le bois soit payé davantage au propriétaire. De plus, transformer la reforestation en une activité rentable et durable motivera à continuer avec le procédé de production forestière tout en améliorant l'environnement.

Bien produire n'implique pas de bien vendre. Pour cela, une plus grande vulgarisation de l'information est nécessaire. L'idéal serait que le propriétaire averti gère la coupe et le transport et livre le bois chez le scieur. Il pourrait ainsi augmenter ses revenus par rapport à la vente du bois sur pied.

- **Contrôle de la qualité**

i) Choisir l'essence la mieux adaptée au site, utiliser des essences contrôlées génétiquement et améliorer la gestion sylvicole. Il serait également nécessaire que les propriétaires cherchent des marchés avant de couper et qu'ils produisent du bois de qualité suffisante.

ii) Augmenter le rendement au sciage des industries et diminuer leur coût de production. Le scieur doit moderniser ses installations pour améliorer son rendement et obtenir des produits standardisés plus faciles à commercialiser. Il faudrait améliorer la qualité des produits forestiers grâce à une technologie appropriée pour que les scieries soient compétitives sur le marché international en vue de l'exportation d'essences autochtones.

Si donc la qualité est améliorée à toutes les étapes de la filière, les prix pourront augmenter et se positionner au niveau du marché international.

Ces recommandations engendrent un certain nombre d'actions concrètes pour le futur.

### 5.1.6. Actions à mener par l'ONF et les coopératives

A l'évidence, pour optimiser le revenu du bois, il y aurait lieu de :

- i) Mettre en place des cycles de formations professionnelles, sylvicoles et commerciales ; Organiser des réunions de propriétaires pour leur transmettre l'information et les conseiller pour :
  - Qu'ils fassent une bonne gestion sylvicole : planter à une faible densité et pratiquer un éhoupage régulier ;
  - Qu'ils achètent des tronçonneuses pour exploiter et mettre en billons leur bois eux-mêmes (Les petits propriétaires pourraient se regrouper pour effectuer un tel achat.) ;
  - Qu'ils s'organisent entre eux pour commercialiser leur bois au mieux (création de syndicats, de coopératives, par exemple).
- ii) Défendre les intérêts des propriétaires auprès des organismes publics.
- iii) Constituer des groupements de scieurs, les conseiller et initier la création d'un organisme responsable des contrôles, semblables au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA) français.

Si donc une intégration entre les phases du processus est faite, les revenus du bois sont susceptibles d'augmenter, encore faut-il que le propriétaire fasse les bons choix.

## **5.2. Augmentation des revenus du bois : les bons choix**

Le succès de l'amélioration de la filière au niveau national dépend de l'amélioration effective au niveau des producteurs. En effet, malgré tout ce que l'on fera au niveau national, si un certain nombre de techniques sylvicoles et de commercialisation ne sont pas assurées en amont, cela restera sans effets positifs. Il faut donc également améliorer les techniques sylvicoles et les choix économiques au niveau des producteurs. Rappelons que l'hypothèse de base était que la compétitivité de ces filières est certes liée à l'environnement institutionnel, économique, à la performance des entreprises impliquées (scieries,...) mais surtout à l'existence d'une ressource en matière première de qualité qui fasse l'objet d'une demande durable.

Après avoir présenté de façon objective les intérêts et les contraintes de l'association caféiers-arbres producteurs de bois d'œuvre ainsi que la gestion sylvicole et les éléments économiques et financiers à prendre en compte, il est nécessaire de discuter ces résultats. Ils permettent d'affirmer que la valorisation de l'ombrage par la commercialisation du bois d'œuvre peut être rémunératrice pour le propriétaire. Pour cela, ce dernier doit faire les bons choix d'essence, de techniques sylvicoles, de produits en considérant les marchés.

Dans le choix d'une essence, de sa gestion sylvicole, de sa commercialisation, de nombreux paramètres doivent être pris en compte. Les résultats financiers ne peuvent pas être les seuls paramètres du choix. En effet, il est indispensable de considérer les caractéristiques biologiques de chaque essence qui ont été présentées dans la partie 2, mais aussi les objectifs

personnels du propriétaire, les traditions et les marchés existants dans sa région. Il est donc nécessaire de confronter ici tous les éléments du choix.

### 5.2.1. Atouts financiers du système agroforestier

Les résultats ont montré que la part des revenus du bois dans le contexte général du système de culture était significative (28,21 % au moins dans le cas de l'eucalyptus). Le système agroforestier s'il est bien géré, a également l'avantage de diversifier les revenus du propriétaire. Le producteur peut attendre que les prix du bois montent pour abattre ses arbres, ce qui est impossible avec la culture du café. Il peut également réduire la durée de rotation.

En considérant une production de bois équivalente au moins au double de celle des autres espèces (cedro et laurier) et une rotation deux fois plus courte, l'eucalyptus semble plus compétitif. Le producteur peut en tirer des revenus tous les quatre ans ou tous les huit ans. Néanmoins si le bois des essences précieuses augmente encore leur utilisation sera plus rentable et leur débouché plus facilement assuré à un prix rémunérateur que celui des Eucalyptus soumis davantage à la concurrence des marchés extérieurs.

Pour le cedro ou le laurier, la rotation peut être effectuée en même temps que la taille du caféier. Par exemple, si la taille du caféier se fait tous les six ans, le producteur peut réaliser quatre rotations de caféier couplées à une rotation de cedro.

A titre d'exemple, un propriétaire rencontré dans la région de Pérez Zeledón, a planté 800 cedro en 2002 et va en planter 3000 l'année prochaine, grâce aux subventions distribuées par l'intermédiaire de sa coopérative, Coopeasa. Il espère pouvoir planter 5000 arbres tous les cinq ans pour, à plus long terme, établir une rotation entre la plantation et la récolte de bois sur ses différentes parcelles et pouvoir générer ainsi un revenu régulier et important.

### 5.2.2. Bonnes consignes sylvicoles

Le vrai problème ne se situe pas au niveau de l'association caféiers-arbres producteurs de bois d'œuvre elle-même mais des techniques sylvicoles. L'amélioration de ces techniques est une étape incontournable pour optimiser l'association.

Un premier constat a été fait concernant les effets des arbres sur la production caféière et la qualité du café. Ce constat est à rapprocher de la gestion sylvicole. En effet, avec de bonnes consignes sylvicoles, les inconvénients avancés par les propriétaires pour dénigrer la production de bois dans leur caféière ne sont plus recevables. L'exploitant ne devrait pas prendre en compte les dégâts d'exploitations dans sa décision d'utiliser ou non des arbres producteurs de bois d'œuvre pour l'ombrage de ses plantations. En effet, une densité faible permet de :

- Réduire l'ombrage ;
- Limiter les dégâts d'exploitation ;
- Améliorer la qualité du bois.

Planter à faible densité est donc une des premières consignes sylvicoles à suivre. Ensuite, les élagages et les éhoupages sont fortement conseillés au producteur pour les raisons citées précédemment (cf. paragraphe 2.4.2. et 2.4.3.).

Comme il a été montré dans le paragraphe 3.3.2., la sylviculture est donc parfois guidée par un ingénieur forestier de la coopérative dont il est membre. Quand elle ne l'est pas, le producteur reproduit ce que l'expérience lui a appris, ou ce que lui dictent ses besoins financiers immédiats. Si cette gestion sylvicole est mauvaise (élagages, éclaircies), la qualité du bois produit peut s'en faire ressentir (Diaz, 1995). Or la réserve de bois que représente le laurier, le cedro ou l'eucalyptus, dans un système agroforestier justifie la recommandation de traitements sylvicoles afin de minimiser la perte de bois commercial. Cette perte peut représenter jusqu'à 36 % en volume de bois commercialisé. Suivre les bonnes consignes sylvicoles permettra d'augmenter les revenus au producteur. Mais ces revenus dépendent du choix des produits vendus et des objectifs personnels du propriétaire.

### 5.2.3. Traditions

Les traditions dans le choix des essences plantées et aussi de leur commercialisation dans les caféières doivent être prises en compte dans le choix du propriétaire. Elles sont liées aux caractéristiques bioclimatiques mais aussi aux structures, aux débouchés existants dans chaque région. Elles permettent de guider le choix des essences et des produits commercialisés.

- **Dans la région de Pérez Zeledón**

Les essences les plus présentes dans les caféières sont le laurier, le cedro, l'eucalyptus et *Terminalia ivorensis* dans une moindre mesure. Les propriétaires n'ont pas d'arbres de plus de dix ans car les subventions pour la reforestation et la plantation de parcelles agroforestières ne datent que des années 1993-1994. Aucun des propriétaires interrogés n'a déjà exploité et vendu de bois issus de ses caféières. Certains ont déjà récolté des lauriers de plantations pures. Dans cette région de Pérez Zeledón, le laurier est davantage planté que le cedro. Les enquêtes ont montré que la raison de cet abandon des plantations de cedro est sa sensibilité à l'attaque de la foreuse *Hypsipyla grandella*. Cependant depuis 2000, il semble que le cedro, planté en mélange, soit de nouveau promu par l'État et surtout par les coopératives.

- **Dans la zone de Turrialba**

Le laurier est largement le plus présent dans les caféières car issu de régénération naturelle. Les propriétaires favorisent sa régénération dans les caféières, pour lesquels son houppier ouvert, sa bonne forme du tronc qui s'autoélague, son taux de mortalité modéré, sa croissance rapide, et sa production de bon bois, le rendent très approprié. Il permet la production de bois sans une compétition excessive avec le café. En association avec les caféiers, les résultats sont positifs. Cependant, dans certaines stations, certains propriétaires considèrent que le laurier n'est pas l'essence la plus appropriée pour procurer de l'ombrage aux caféiers, car son système racinaire entre en compétition avec les cultures, mais ils l'emploient pour la valeur de son bois. Ces lauriers présents aujourd'hui dans une parcelle de caféiers ont tous la même taille car la graine de laurier germe lorsque le sol est découvert. Ceci fait partie du processus de colonisation et se produit en période d'abandon des terres après une chute des prix du café.



#### 5.2.4. Commercialisation

Les producteurs de café sous ombrage ne parlent pas beaucoup entre eux de la vente du bois et les coopératives sont souvent le seul lien entre le producteur et le marché.

Pour optimiser les revenus au propriétaire, les possibilités de commercialisation devraient dicter les choix de gestion. Ces débouchés varient selon les essences et les régions. Par exemple, les possibilités de débouchés pour les bois d'éclaircie (petits diamètres) d'eucalyptus dépendent du volume de ces bois à vendre et de la demande locale. Souvent, les débouchés sont difficiles à trouver et les prix de vente sont faibles. Certains marchés des bois d'éclaircies se limitent à quelques lieux de transformation. C'est le cas des poteaux qui peuvent être vendus à Diversification Agricole à Turrialba ou à Xylo Log Homes à San José. Dans d'autres endroits du pays, ces bois d'éclaircies de diamètre inférieur à 12 cm ne trouveront pas d'acheteurs et seront jetés. Dans ce cas, il serait préférable de se renseigner au préalable et d'allonger en conséquence la durée de rotation ou de ne pas faire d'éclaircie en plantant à une densité plus faible.

- **Dans la région de Pérez Zeledón**

Certains propriétaires préfèrent le cedro car ils savent que c'est ce qui se vend le plus cher. Ils suivent les conseils des ingénieurs de leur coopérative en ce qui concerne les essences choisies, leur entretien (élagages, éclaircies...). Toutefois certaines coopératives avaient promis que les bois d'éclaircie leur seraient achetés mais il n'en est rien : les bois issus de la première éclaircie de lauriers sont en train de se perdre. De plus, il semble n'y avoir aucune commercialisation possible des bois d'éclaircie pour l'eucalyptus dans cette région.

Il faut envisager de façon prospective les débouchés que trouveront les bois lors de la coupe prévue par le propriétaire. En effet, plusieurs scieries de cette région utilisent *Gmelina arborea* pour leur production de palettes. Dans un avenir proche cependant, l'eucalyptus pourrait également être utilisé.

- **Dans la zone de Turrialba**

Des bois d'éclaircies de huit ans de lauriers ont peu de valeur sur le marché voire sont invendables. Le seul débouché serait le bois de feu. Souvent, dans la zone de Turrialba, ces bois d'éclaircies sont brûlés pour le séchage du café. Si le producteur souhaite vendre des petits diamètres, il lui est conseillé d'établir une plantation pure dans une partie de son exploitation. C'est pourquoi même si le scénario n°4 de production du laurier (cf. paragraphe 4.4.2.) semble plus rémunérateur, il dépend des possibilités de débouchés pour les bois d'éclaircie (petits diamètres) et du volume de ces bois à vendre.

Certains producteurs qui s'intéressent de près au commerce du bois réalisent une éclaircie quand ils voient qu'ils peuvent sortir des diamètres suffisants pour vendre. Cette éclaircie leur permet à la fois d'avoir des revenus et de réduire l'ombrage afin d'augmenter la production de café. Quand ils voient qu'ils ont des diamètres de 25 cm ou plus, ils préfèrent couper eux-mêmes et vendre directement à un ébéniste de Turrialba.

Toujours dans cette zone, les eucalyptus présents ont tous plus de dix ans. La demande du marché des poteaux en arbres de moins de huit ans n'est pas satisfaite. Il est très important de prendre en compte les demandes de ce marché local.

Les demandes du marché comme la complexité de la filière bois et les modes de commercialisation sont difficiles à comprendre pour quelqu'un qui ne vend du bois que de façon intermittente. Le manque de circulation de l'information sur le bois est d'autant plus désavantageux qu'il déséquilibre l'information : les propriétaires connaissent mieux la valeur du café que celle du bois. Comme les producteurs ne connaissent pas les prix de vente, n'importe quel exploitant leur achète à bas prix. Comme il est expliqué dans le paragraphe 4.1.1., les producteurs ne savent pas mesurer le bois et sont également perdant sur le volume calculé par l'exploitant. Il est indispensable qu'ils se renseignent et prennent en compte ces considérations économiques et financières.

### 5.2.5. Objectifs personnels du propriétaire

Le choix de la densité dépend de la volonté du producteur en matière forestière. En effet, s'il a la volonté de pratiquer une activité forestière plutôt qu'agricole, en association avec le café, il est recommandé une plantation de 200 à 400 arbres/ha, pour ensuite réduire cette densité lors d'une éclaircie à huit ou dix ans couplée à une taille du caféier (réalisée tous les quatre ans). Il est conseillé d'aboutir à une densité de 100 à 125 arbres/ha pour récolter en fin de rotation.

Cependant s'il préfère conserver l'activité agricole comme activité principale, il est recommandé une densité initiale de 75 arbres/ha. Ainsi, lorsque le producteur gère la régénération naturelle entre les caféiers, il peut être bénéfique d'éclaircir dans le jeune âge pour ajuster l'espacement. Ces densités faibles permettent aux arbres de développer une plus grande résistance au vent. L'arbre a une meilleure forme. Cette densité faible est vivement recommandée aux producteurs de café qui ne souhaitent pas s'investir dans la partie forestière de leur activité. De plus, cette densité implique une baisse moindre de la production de café.

En ce qui concerne les éclaircies, elles sous-entendent compétition des arbres et donc chute de la production de café. Pour un producteur qui souhaite rester caféiculteur avant tout, un scénario sans éclaircie est donc préféré. Avec une densité initiale de 75 à 125 arbres/ha, aucune éclaircie n'est nécessaire par la suite.

Le choix de la durée de rotation dépend également de la volonté du producteur en matière forestière. Comme les scénarios de production du cedro l'ont montré, si l'on s'attache au taux de croissance, il est plus avantageux financièrement d'attendre 25 ans pour le couper (scénarios n°4 et 5). Mais si du point de vue de la croissance il est préférable d'attendre 25 et même 35 ans (le cedro a une bonne croissance en diamètre), qu'en est-il du point de vue du producteur ? Dans la mesure où le producteur en a la possibilité financière, il est donc plus avantageux financièrement d'allonger les rotations du cedro ou du laurel. Ainsi certains producteurs rencontrés ont des cedros ou des laurels de 35 ans et attendent encore pour les couper afin d'avoir des diamètres supérieurs. D'autres, en revanche, ont des besoins de trésorerie et ne souhaitent pas attendre plus de quinze ans pour vendre leur bois. Ce choix d'abattage précoce répond donc à des besoins financiers du producteur et aussi parfois à une désinformation.

## Conclusion

Evoquer la production de bois d'oeuvre dans des systèmes agroforestiers caféiers au Costa Rica, c'est aussi poser le problème du devenir du café lui-même, dans ce pays, en tant que culture de rente de premier plan.

En effet, les travaux du CATIE et du CIRAD ont montré que les arbres d'ombrage étaient bénéfiques à la qualité du café arabica et s'avéraient indispensables pour maintenir la production de café dans les conditions écologiques les plus adverses (basse altitude, température élevée, saison sèche, saison sèche marquée, sols peu fertiles, etc...)

Dans les régions de production de café arabica à base altitude au Costa Rica, depuis plus d'une dizaine d'années, des arbres de bois d'oeuvre ont été installés dans les caféières en remplacement de légumineuses d'ombrage afin de réduire les coûts d'élagage des légumineuses et de produire du bois d'oeuvre.

Les essences plantées dans les caféières, ont été essentiellement :

- l'eucalyptus, *Eucalyptus deglupta*, aux débouchés variés, et dont la rotation peut être réduite à quatre ou huit ans, procurant ainsi des revenus plus rapidement que les essences précieuses.,
- le laurier, *Cordia alliodora*, essence très répandue au Costa Rica, avec un bois à forte valeur ajoutée, aux débouchés intérieurs intéressants (meubles, jouets, artisanats et parquets),
- l'amarillón, *Terminalia amazonia*, dont le bois est de bonne qualité,
- ou bien encore, le cedro, *Cedrela odorata*, planté en mélange, très apprécié au niveau international par sa facilité à travailler, ses propriétés physiques, mécaniques et décoratives.

Les conditions environnementales, hygrométriques, d'altitude et de nature du sol dictent toujours le choix des essences.

La demande en bois d'oeuvre est forte ; les possibilités de mises en marché des bois selon le niveau de transformation ont été recensées. Deux cas ont été plus particulièrement développés:

- la filière production de bois de menuiserie issu de *Cordia alliodora* et *Cedrela odorata* auprès de scieries, de producteurs ;
- la filière production de palettes de bois d'*Eucalyptus deglupta* : Evaluation du rendement en fonction de la taille des produits traités (aspect technico-économique).

Depuis 1985, les prix des bois précieux ont beaucoup augmenté. Les prix respectifs du bois de cedro et de laurier commercialisés au Costa Rica ont été multipliés par 6,3 et 5,7 entre 1985 et 2004.

Les meilleures alternatives possibles en fonction du contexte économique de la production de café ont été identifiées. D'une part, en louant les services de coupe et de transport, le propriétaire augmente ses bénéfices par rapport à la vente du bois sur pied et ce quelque soit l'essence. Par exemple son revenu augmente de 40% dans le cas du cedro, et de 100% dans le cas du laurier.

D'autre part, l'importance des revenus nets du bois par rapport à ceux du café varie entre 10 et 33% selon les essences, les sites et les produits. Les calculs sur l'importance des revenus du bois par rapport à ceux du café, ont montré l'intérêt de la vente de planches ou de perches/ poteaux d'*Eucalyptus deglupta* dans le contexte global du système de culture avec une proportion des revenus nets du café de 25 à 33%. Cette compétitivité de l'eucalyptus par rapport aux autres essences (cedro et laurier) s'explique par une production de bois équivalente au moins au double de celle de ces dernières et une rotation deux fois plus courte.

Pour le cedro et le laurier, la part des revenus du bois par rapport à ceux du café varierait de 10 à 23% et pourrait augmenter avec la location des services de coupe et de transport du bois par le producteur. D'autre part, si le bois des essences précieuses continue à augmenter, leur utilisation sera plus rentable et leur débouché plus facilement assuré à un prix rémunérateur que celui des eucalyptus soumis davantage à la concurrence des marchés extérieurs.

De plus, il apparaît que la compétitivité de cette filière est pour partie déterminée par une augmentation de la production qui permettrait des économies d'échelles notamment sur le processus de transformation de l'aval ou l'exploitation. Or les incitations aux producteurs, compte tenu du fonctionnement de cette filière, restent faibles et peu organisées. Il semble nécessaire d'améliorer l'environnement informationnel (technique, commercial, organisationnel) des producteurs afin de créer un contexte plus favorable à une augmentation compétitive de la production. Par ailleurs, ces filières locales pourront être fortement modifiées par l'influence des marchés extérieurs.

En outre, la commercialisation des produits forestiers et des services environnementaux ouvre de nouvelles possibilités de revenus et contribue directement et indirectement à la réduction de la pauvreté. On peut alors justifier le système agroforestier producteur de bois d'œuvre au Costa Rica en tant que source de crédits d'émission de carbone. Un revenu additionnel, issu des crédits d'émission de carbone, peut rendre la production de bois d'œuvre issu de systèmes agroforestiers caféiers encore plus intéressante sur le plan financier. En effet, le Protocole de Kyoto prévoit que les pays industrialisés peuvent compenser partiellement leurs émissions internes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par des activités et projets de boisement, reboisement, restauration du couvert végétal, gestion des terres cultivées et des pâturages. Le Costa Rica a déjà pris des dispositions pour élaborer des approches programmatiques pour les projets d'atténuation des changements climatiques.

L'agroforesterie peut donc aussi remplir l'obligation d'additionnalité en fournissant des crédits d'émission de carbone vérifiables, en plus de ceux que l'on peut obtenir avec l'utilisation originale des terres. Il est peu probable que l'agroforesterie cause des problèmes de fuites parce qu'elle ne déplace pas les populations mais elle met l'accent sur la diversification et sur la contribution au revenu des ménages qui vivent sur la terre en question. Pour les mêmes raisons, ces projets sont plus susceptibles d'encourager des crédits d'émission de carbone durables (UICN, 2002). L'agroforesterie est une utilisation des terres complémentaire ; elle ne remplace pas nécessairement d'autres pratiques d'utilisation des terres agricoles et ne les concurrence pas non plus. Certains estiment qu'elle présente le plus grand potentiel de piégeage de carbone dans les pays en développement (GIEC, 2000).

Par ailleurs, le Costa Rica est peut-être le pays qui est en train de promouvoir le plus des accords de plantations à carbone. Pour cela, il a déjà mis en place le Fonds national du carbone, par l'intermédiaire duquel les investisseurs peuvent acheter des permis d'émissions de carbone, créés grâce à l'acheminement de capitaux du Nord vers des projets de foresterie visant à séquestrer le carbone. Des sociétés des États-Unis émettrices de carbone ont passé un accord de 20 millions de dollars américains avec le Costa Rica en vue de rémunérer les paysans responsables de la plantation d'arbres et de leur entretien pendant une longue période, de 15 à 20 ans. Une entreprise de Chicago, par exemple, qui achète des droits d'émission de dioxyde de carbone en finançant des plantations «compensatoires» au Costa Rica, peut continuer à produire –en plus du CO<sub>2</sub>– d'autres polluants, notamment des hydrocarbures polycycliques aromatiques et des matériaux à particules fines, qui représentent un risque mortel pour la santé des voisins de l'usine. Le mouvement contre le racisme environnemental en Amérique du

Nord a fait état d'un nombre disproportionné de ces usines localisées dans des quartiers où habitent des communautés noires pauvres (World Rainforest Movement, 2004). Cette approche est donc discutée car elle semble ratifier et approfondir les inégalités liées à l'utilisation des ressources qui existent entre le Nord et le Sud ; mais aussi les inégalités existantes entre les zones urbaines et les rurales, aussi bien du Nord que du Sud.

Mais la valeur énergétique du bois suscite également un intérêt accru. La prééminence du bois de feu et du charbon de bois étant reconnue, notamment pour l'usage domestique, plusieurs pays s'intéressent désormais au potentiel qu'ils pourraient représenter pour le secteur énergétique moderne, comme source alternative aux combustibles fossiles (FAO, 1999). Le Costa Rica, comme la plupart des pays d'Amérique latine a adopté une loi sur l'énergie édictant de nouvelles règles pour la participation du secteur privé à la génération, la transmission et la distribution de l'électricité. Au Nicaragua, des usines de production de sucre se sont prévaluées de cette loi et fournissent de l'électricité au réseau national en utilisant de la bagasse comme principal combustible durant la campagne de la canne à sucre, et, pendant les autres saisons, du bois de feu extrait des plantations d'eucalyptus. De plus, l'utilisation du bois d'eucalyptus est trois fois plus créatrice d'emplois que celle du mazout (FAO, 1999). La bioélectricité est donc un autre débouché envisageable et très intéressant pour les bois d'eucalyptus issus des systèmes agroforestiers caféiers.

La plantation des essences étudiées dans les caféiers au Costa Rica, pourrait donc devenir un atout intéressant pour tous, des producteurs aux utilisateurs finaux, sans oublier l'État, qui verrait les conditions de vie s'améliorer chez les caféiculteurs, tout en limitant ses importations de bois étrangers, encourageant parallèlement l'aval de la filière de la production.

## Bibliographie

**Albrecht A. et Kandji S.T.** 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99, 15–27.

**Alfaro M.** 2002. El sistema de medida de madera y su efecto sobre el volumen real comercializado. *Revista de la Cámara Costarricense Forestal* No. 10, Costa Rica.

**Jiménez, L.D.** 2003. Institut technologique du Costa Rica, Ecole d'Ingénierie Forestière, Rapport de terrain de spécialité, applications de Silvia dans le classement des plantations forestières du CATIE, CARTAGO.

**Barker D. J.** 1991. An economic analysis of farming coffee and trees at Turrialba, Costa Rica: comparing small farms with poro (*Erythrina poppigianna*) only to those with both laurel (*Cordia alliodora*) and poro. Escuela de Posgrado, CATIE.

**Dzib B.** 2003. These et Données d'inventaires. CATIE.

**Beer J.** 1992. Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Cofea arabica*. Ph. D. Thesis. Oxford, University of Oxford. 230 p.

**Beer J., Muschler R., Kass D., Somarriba E.** 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agr.Syst.*38: 139-198.

**Boyce K.J., Fernandez A., et all.** 1994. Café y desarrollo sostenible : del cultivo agroquimico a la produccion organica en Costa-Rica. Heredia, Costa-Rica, EFUNA.250 p.

**CATIE** 1994. laurel *Cordia alliodora* (Ruiz et Pavón) Oken, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico No. 239. CATIE. 52p.

**Castañeda Amaya L. A.** 1981. Comportamiento de asociada con cultivos anuales y perennes en su segundo año de crecimiento. Escuela de Posgrado, CATIE.

**CIFOR.** 1998. Le "Marché Du Carbone": Une Initiative Bénéfique Pour Les Forêts Tropicales? RAPPORT ANNUEL DU CIFOR 1998.  
<http://www.cifor.cgiar.org/publications/Html/AR-98/French/Carbon.html>

**Cintron B.B.** 1990. *Cedrela odorata* L. cedro hembra, Spanish cedar.

**CIRAD.** 2003. Des accords internationaux aux marchés locaux. La qualité du café, une approche intégrée, un bien collectif. [http://www.cirad.fr/fr/le\\_cirad/pdf/ra03/chap4.pdf](http://www.cirad.fr/fr/le_cirad/pdf/ra03/chap4.pdf)

**CNUCED** (Conférence des Nations-Unies pour le Commerce Et le Développement). 2004. Accord international de Yokohama et Organisation internationale sur les bois tropicaux,

Situation de la forêt tropicale au Costa Rica.  
<http://r0.unctad.org/infocomm/francais/boistrop/ecopol.htm>

**Collection de Guides de sylviculture/Colección de Guías silviculturales.** 1994. *Eucalyptus deglupta*, especie de árbol de uso múltiple en América Central No. 17. FUNDECOR, CATIE.

**Cordero J.** 2003. Arboles de Centroamérica, un manual para extensionistas, Oxford Forestry Institute, CATIE.

**Diaz Y. V.** 1995. Socioeconomía y silvicultura del establecimiento de plantaciones forestales en finca pequeñas del canton Perez Zeledón, Costa Rica. Escuela de Posgrado, CATIE.

**Direction du développement de CoopéAgri.** 1995. La reforestation: alternative de diversification, Techniques agricoles 4, San Isidro, Pérez Zeledón, Costa Rica.

**FAO.** 1999. Situation des forêts du monde. Les tendances mondiales en matière de produits forestiers. (SOFO). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Département Forêts. Rome. Italie.  
<http://www.fao.org/docrep/w9950f/W9950f05.htm>

**FAO.** 1997. L'approvisionnement et la distribution alimentaires des villes, Actes du séminaire sous-régional Approvisionnement et distribution alimentaires des villes de l'Afrique francophone. Rome. Italie.

**FAO.** 1983. Le bois source d'énergie. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Département Forêts. Rome. Italie.  
<http://www.fao.org/docrep/Q4960f/q4960f04.htm>

**Flores E.** 1994. Roble coral. *Arboles y semillas del Neotropico*. San José, Costa Rica. 3 (1):55-86.

**FONAFIFO et ONF du Costa Rica.** 2004. La madera en Costa Rica, situación actual y perspectivas. « Le bois au Costa Rica, situation actuelle et perspectives ».

**FONAFIFO.** 2004. Pago de servicios ambientales e incentivos forestales. 7p.  
[http://www.fonafifo.com/paginas/PSA\\_Publica.pdf](http://www.fonafifo.com/paginas/PSA_Publica.pdf).

**Galloway G. et Beer J.** 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales de America Central. Serie Técnica Informe Técnico N°285. CATIE.

**Gómez M. et Reiche C.** 1996. Costos de establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales en Costa Rica. CATIE.

**GTZ.** 2002. Populations et Forêts. Chances d'amélioration des conditions de vie, de réduction de la pauvreté et de conservation de l'environnement au travers de la gestion durable des forêts. Contributions au développement durable.  
<http://www.gitec-consult.de/New/Pdf/PetFfr.pdf>

**Guezennec S. et Nougadere A.** 2002. Diagnostic agro-économique d'une région caféière d'altitude, Costa Rica - Province économique, ESAT1.

**Hernández G. O.R., Beer J.W. et Platen H.H. von.** 1997. Rendimiento de café, producción de madera y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería en las Americas* 4(13):8-13.

**Herrera M.** 2002. El sector forestal de Costa Rica. Cámara Costarricense Forestal, Costa Rica.

**IIED, Mylde S.** 2002. Poser les fondations d'un développement 'propre' : Préparer le secteur de l'affectation des terres, Un guide concis du Mécanisme pour un Développement Propre. [www.cdmcapacity.org](http://www.cdmcapacity.org)

**Liegel L. H. et Stead J. W.** 2004. laurel, Capá Prieto, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken.

**Mckensie T.A.** 2003. Adendum 001-2003 al contrato 012-2001 "Conceptualización, recolección, análisis y procesamiento de estadísticas forestales de la Oficina Nacional Forestal." Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Proyecto Ecomercados, Costa Rica.

**MINAE.** 2004. Manuel de Procédure PSA 2004, 28-01 MINAE, FONAFIFO. Costa Rica.

**MINAE.** 2004. Décret du PSA (Pagos des servicios ambientales). Costa Rica.

**Moguel P. et Toledo V.M.** 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conserv. Biol.* 13 (1): 11-21.

**Montero M.M.** 2003. Indice de sitio para *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell au Costa Rica. *Revue Agronomía Costarricense.*

**Muschler R.G.** 1998. Tree-crop compatibility in agroforestry: production and quality of coffee grown under managed tree shade in Costa Rica. These PhD., University of Florida, Gainesville.

**Nichols D. et González E.** 1992. Especies nativas y exóticas para la reforestación en la zona sur de Costa Rica. San José, Costa Rica. 84 p.

**ONF du Costa Rica.** 2003. Hacia la consolidación del sector forestal, informe de labores. « Vers la consolidation du secteur forestier, rapport des travaux ».

**ONF du Costa Rica.** 2002. Impacto económico del uso de la madera en Costa Rica. « Impacto económico de l'utilisation du bois au Costa Rica ».

**Padilla M. et Bencharif H.** 2001. Approvisionnement alimentaire des villes, concepts et méthodes d'analyse des filières et marchés.

**Parlement européen.** 1996. L'Europe et la forêt, France, Section 1. [http://www.europarl.eu.int/workingpapers/agri/france-1\\_fr.htm](http://www.europarl.eu.int/workingpapers/agri/france-1_fr.htm)



**Perfecto I., Hansen P., Vandermeer J. et Cartin V.** 1997. Arthropod diversity loss and the technification of a tropical agrosystem. *Conserv. Biodivers.* 6 : 935-945.

**Terpend N. & Kouyaté, K.** 1997. a. Proposition de guide pratique de l'approche filière – Le cas de l'approvisionnement et de la distribution des produits alimentaires dans les villes. Collection «Aliments dans les villes». FAO. Rome. Italie.

**Terpend N.** 1997. b. Les contraintes des SADA des zones urbaines d'Afrique. Le point de vue des acteurs des SADA. Collection «Aliments dans les villes», FAO, Rome.

**Rainforest Alliance.** 2004. Sustainable Forestry, Smartwood. <http://www.rainforest-alliance.org/programs/forestry/index.html>

**Rice R.A. et Ward J.R.** 1996. Coffe, conservation, and commerce in the western hemisphere. How individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America. Washington, États-Unis, Natural resources defense council and smithsonian migratory bird center. 27p.

**Salinas M.I.H.** 1991. Zonificación agroecológica para el cultivo de café en Nicaragua. Thèse Mg. Sc. CATIE.

**Siles Gutiérrez P. et Vaast Ph.** 2002. Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus deglupta*, *Terminalia ivorensis* o sin sombra. CATIE.

**Somarriba E. et Beer J.** 2004. *Theobroma cacao* bajo leguminosas y maderables. Etude préliminaire. CATIE.

**Somarriba E., Valdivieso R., Vásquez W. et Galloway G.** 2001. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems.

**Somarriba E.** 1999. Regeneración natural de maderables en campos agrícolas. Agroforestería en las Américas 6(24).

**Somarriba E.** 1999. Descumbra de maderables para regular sombra en cacao y café. Agroforestería en las Américas 6(22).

**Somarriba E., Domínguez L. et Lucas C.** 1996. Cacao bajo sombra de maderables en ojo de agua, Changuinola, Panama: Manejo, crecimiento y producción de cacao y madera. CATIE. 47 p.

**Somarriba E.** 1994. Collection de Guide de sylviculture N°16, CATIE.

**Somarriba E.** 1992. Timber harvest, damage to crop plants and yield reduction in two Costa Rican coffee plantations with *Cordia alliodora* shade trees. *Agroforestry systems* 18: 69-82. CATIE.

**Somarriba E.** 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry systems* 10(3): 253-263. CATIE.

**Somarriba E. et Beer J.** 1987. Dimensions, Volumes and Growth of *Cordia alliodora* in Agroforestry Systems. *Forest Ecology and Management*, 18, 113-126. CATIE.

**Tavares F.C., Beer J., Jimenez F., Shoroth G. et Fonseca C.** 1999. Costa Rican farmers' experience with the introduction of timber trees in their coffee plantations. *International symposium : Multi-strata agroforestry systems with perennial crops*. CATIE.

**Terpend N.** 1997. Guide pratique de l'approche filière, Le cas de l'approvisionnement et de la distribution des produits alimentaires, FAO, Série "Aliments dans les Villes".

**Trejos S. et von Platen H.** 1995. Sombras maderables para cacaoales: aspectos económicos. *Serie Técnica, Informe Técnico N°266*, CATIE. 47 p.

**UICN.** 2002. Le carbone, les forêts et l'homme. Vers une gestion intégrée du piégeage du carbone, de l'environnement et de moyens d'existence durables.  
[http://www.iucn.org/themes/fcp/publications/files/carbon\\_forest\\_people\\_french.pdf](http://www.iucn.org/themes/fcp/publications/files/carbon_forest_people_french.pdf)

**Ugalde Arias L. A.** 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto madeleña en Costa Rica. *Serie Técnica Informe Técnico N°290*. CATIE.

**Vaast Ph. et Harmand J-M.** 2002. Importance des systèmes agroforestiers dans la production de café en Amérique centrale et au Mexique. *Recherche et caféiculture, N°spécial de Plantations, recherche, développement*. CIRAD.

**Vaast Ph. et Snoeck D.** 1999. Hacia un manejo sostenible de la materia orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. *Desafíos de la caficultura en centroamérica*. IICA et CIRAD.

**Vallejo Á.** 2004. Modèle de croissance de 13 essences forestières de reforestation en Amérique latine. (dont *Cedrela odorata*) à partir des parcelles du projet Madeleña – Catie et d'autres études, Chagoya, Jorge ; Vallejo, en préparation, en espagnol, Non publié.

**Vega M.** 2003. Análisis de precios de madera en Costa Rica. *Cámara Costarricense Forestal, Costa Rica. Un informe de estadísticas de precios*.

**Viera Varela C. J.** 1998. Evaluación del uso de los incentivos forestales en el establecimiento y manejo de árboles maderables en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Grecia, Costa Rica. *Escuela de Posgrado*, CATIE.

**World Bank.** 2004. Fonds « Écocarbone ». <http://carbonfinance.org/docs/BioCFInsert.doc>

**World Bank.** 2004. Principes du BioCarbon Fund à l'intention des soumissionnaires de projets.  
[http://edcintl.cr.usgs.gov/carbonseq/cd/Planning\\_Training/Basics%20of%20the%20BioCarbon%20French.doc](http://edcintl.cr.usgs.gov/carbonseq/cd/Planning_Training/Basics%20of%20the%20BioCarbon%20French.doc)

**World Rainforest Movement.** 2004. Le marché du carbone : Dans le sillage de nouveaux problèmes par Larry Lohmann.

<http://www.wrm.org.uy/plantations/material/carbonfr.html>

**Zanfini A.** 2004. Thèse sur les stratégies de diversification des producteurs de café en Amérique centrale, en préparation.

# Annexes

## Annexe 1. Acronymes

|              |  |
|--------------|--|
| ADEFORBrunka | Association pour le Développement Agroforestier de la Région Brunka  |
| APOT         | Association de Producteurs Organiques de Turrialba   |
| CASCA        | Coffee Agroforestry Systems in Central America   |
| CATIE        | Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  |
| CCF          | Cámara Costarricense Forestal (Chambre de Sylviculture du Costa Rica)  |
| CIRAD        | Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement  |
| COSEFORMA    | Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero  |
| CTBA         | Centre Technique du Bois et de l'Ameublement   |
| FAO          | Food and Agriculture Organization of the United Nations<br>(Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) |
| FSC          | Forest Stewardship Council   |
| FONAFIFO     | Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fond National de Financement Forestier)   |
| GTZ          | Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH<br>(Agence de Coopération Technique allemande)                          |
| ICE          | Institut Costaricain de l'Electricité  |
| INCO         | projet « Politique de coopération scientifique internationale »  |
| ITCR         | Instituto Tecnológico de Costa Rica  |
| IUCN         | International Union for the Conservation of Nature<br>(Union Internationale pour la Conservation de la Nature)                   |
| MINAE        | Ministerio del Ambiente y Energía<br>(Ministère de l'Environnement et de l'Energie de Costa Rica)                                |
| MDP          | Mécanisme de Développement Propre  |
| OIBT / ITTO  | Organisation internationale des bois tropicaux / International Tropical Timber Organization                                      |
| ONF          | Oficina Nacional Forestal costarricense (Office National des Forêts du Costa Rica)   |
| ONG / NGO    | Organisation non-gouvernementale / Non-governmental organisation   |
| SINAC        | Sistema Nacional de Áreas de Conservación  |
| SOFO         | State of the World Forests (Situation des forêts du monde)   |

## Annexe 2. Calendrier de travail

| <b>Période</b> | <b>Lieu</b> | <b>Objectifs de travail</b>  |
|----------------|-------------|--|
| Mars           | Costa Rica  | Réflexion sur la problématique, préparation de la bibliographie, préparation de la première période de terrain |
| Avril          | Costa Rica  | Phase exploratoire de terrain, échantillonnage des zones d'études, enquêtes de terrain                         |
| Mai            | Costa Rica  | Analyse des premiers résultats, confrontation avec la théorie, préparation de la deuxième période de terrain   |
| Juin           | Costa Rica  | Phase exploratoire de terrain, échantillonnage, enquêtes de terrain  |
| Juillet-Août   | France      | Analyse des résultats, confrontation avec la théorie, rédaction  |

## Annexe 3. Questionnaire d'enquête aux producteurs

Cuestionario de encuestas a productores de maderables en cafetales

### 1. UBICACIÓN/LOCALISATION

Nombre de finca/Nom de l'exploitation :

Fecha/Date :

Propietario/Propriétaire :

Comunidad, Distrito, Cantón, Provincia/Commune, District, Canton, Province :

### 2. ACTIVIDAD/ACTIVITÉ

¿Cuál de las siguientes especies maderables tiene ?/ Quelles sont les essences de bois d'oeuvre que vous avez?

cedro (*Cedrela odorata*)

amarillón (*Terminalia amazonia*)

eucalipto (*Eucalyptus deglupta*)

laurel (*Cordia alliodora*)

*Terminalia ivorensis*

### 3. DATOS DE LA PARCELA DE MUESTRO, ARBOLES CON CAFÉ/DONNÉES DE LA PARCELLE EN QUESTION, ARBRES AVEC CAFÉ

| Especie/<br>Essence | Numero de<br>arboles/Nombre<br>d'arbres | Densidad de los<br>arboles/Densité<br>des arbres | Edad de los<br>arboles/Age<br>des arbres | DAP<br>(cm)/Dia<br>mètre à<br>1,30 m | Clase de<br>altura/<br>Classe<br>de<br>hauteur | Uso/<br>Usage |
|---------------------|---|--|--|--------------------------------------|--|---------------|
|                     |   |  |  |                                      |  |               |
|                     |   |  |  |                                      |  |               |

¿Por qué haber guardado estos árboles?/Pourquoi avoir gardé ces arbres ?

¿Por qué prefiere estas especies de arboles en el cafetal?/Pourquoi préférer ces essences dans les caféières ?

¿Me puede decir las tres razones mas importantes por orden de importancia para cada especie?/Pouvez-vous me dire les trois raisons principales par ordre d'importance?

(fertilidad del suelo, sombra, inversion para el futuro, reduccion del riesgo economico, calidad del café, red. De la dependencia de agroquimicos, consumo, diversificacion de los recursos...)

¿Había otros árboles antes?/Y avait-il d'autres arbres avant?

¿Por qué haber cortado los árboles?/Pourquoi avoir coupé les arbres ?

¿Prevé establecer otros árboles?/Prévoyez-vous d'établir d'autres arbres ?

Dentro de las especies con las que ha trabajado, ¿Cuál es la que se prefiere y por que?/Parmi les essences que vous avez eu, quelle est celle que vous préférez ?

¿En qué año establecio estos árboles?/En quelle année avez-vous planté ces arbres ?

¿Por qué esta diversificación?/Pourquoi cette diversification?

¿Piensa plantar otros arboles?/Pensez-vous planter d'autres arbres?

Si, cuales y porque (hablar de la influencia de la cooperativa)

No, porque : mucho más inversión/ mucho más trabajo/ falta de espacio en el cafetal/ competencia con los otros cultivos/ toma mucho tiempo/ ocasiona enfermedades y plagas

¿Cuál es la densidad ideal?/Quelle est la densité idéale ?

¿Piensa que hay una relación entre árbol y calidad del café?/Pensez-vous qu'il y ait une relation entre arbre et qualité du café ?

#### 4. PRACTICAS DE LOS PRODUCTORES/PRACTIQUES DES PRODUCTEURS

¿A que edad puede cortar?/A quel âge peut-on couper?

¿A que tamaño con precision? Diametro final? Diametro inicial? Longitud?/A quels diamètres précisément ?

¿Sus practicas son las mismas que las de sus padres?/Vos pratiques sont-elles héritées de vos parents?

Si, porque no intentado otras practicas

No, que ha cambiado, porque, como ha conocido estas nuevas practicas: - ICAFE, cooperativas

¿Cuál es el rendimiento de los maderables: muy bueno / bueno / puede ser mejor?/Quel est le rendement des arbres? En pulgadas?

Razones de “puede ser mejor”/Raisons de sa possibilité d'amélioration ?

¿Cuales son las herramientas utilizadas?/Quelles sont les machines utilisées ?

vehículo, moto, pulverizador, machete, bomba de espalda, despulpador, motosierra, tractor

¿Quiere cambiar su sistema de manejo de sus maderables?/Voulez-vous changer votre gestion des arbres? ¿Porque, como?/Pourquoi? Comment?

¿A quien pide consejos para el manejo de los maderables?/A qui demandez-vous des conseils de gestion sylvicole?

¿Ve a técnicos?/Voyez-vous des techniciens?

#### 5. AGRUPACION/REGROUPEMENT

¿Forma parte de alguna asociación forestal/cooperativa?/Faites-vous partie d'une association de propriétaires/cooperative?

¿Porque ha elegido esta cooperativa?/Pourquoi avoir choisi cette coopérative ?  
¿Cuáles son las ventajas y las desventajas de esta cooperativa?/Quels sont les avantages et désavantages de cette coopérative ?  
¿En el pasado, ha cambiado de cooperativa? ¿Porque, como era la antigua?/Dans le passé, avez-vous changé de coopérative ?

## 6. IMPACTOS DE LA CRISIS/IMPACTS DE LA CRISE

¿Para usted, cuales son los principales impactos de la crisis del café en la región?/Pour vous, quels sont les principaux impacts de la crise du café dans la région ?

¿Puede hablarme de la evolución de los precios de venta de los maderables?/Pouvez-vous me parler de l'évolution des prix de vente des arbres sur pied ? Fechas claves/Dates clefs.

¿Qué type de practicas ha cambiado después de..... (fechas claves)?  
Insumos/ numero de peones/ tiempo de trabajo en el cafetal/ plantación de arboles diferentes  
Quels types de pratiques ont changées depuis ces dates clefs ? Engrais/ nombre de paysans/  
temps de travail dans la caféière/ plantation d'essences différentes

¿Cómo ve el futuro de su finca: ¿sus niños van a seguir con la explotación de los maderables con cafe? ¿Cuáles son sus estrategias para el futuro?

Comment voyez-vous l'avenir de votre exploitation: vos enfants vont prendre la relève avec l'exploitation d'arbres de bois d'œuvres avec le café ? Quelles sont vos stratégies pour le futur ?

## 7. ASPECTOS ECONOMICOS/ASPECTS ECONOMIQUES

¿Cómo ha cambiado la parte debida a la venta de la madera en su ganancia total?/Comment a varié la part des revenus du bois dans vos revenus totaux ?

¿Qué hace para completar las ganancias?/Que faites-vous pour compléter vos revenus ?

¿Cuales son los ingresos?/Quels sont vos revenus?  
Café/ frutales/ madera/ salario

¿A quien le pide crédito?/A qui demandez-vous des crédits ?  
Cooperativa/ banco/ privado

## 8. VENTA EN COSTA RICA/VENTE AU COSTA RICA

¿Cuál es el principal mercado al que vende?/Quel est le principal marché de vente ?  
¿A quien vende usted?/A qui vendez-vous? Sous quelle forme?

¿Dónde se encuentra situado el lugar a donde van principalmente sus maderas?/Où vont vos bois commercialisés ?

¿Cuál es el precio que esta pagado usted?/Quel est le prix auquel vous vendez?  
¿Cuál es el precio al que vende la madera para cada type de transacción? (Refiérase a las aquí citadas)/Quel est le prix de vente pour chaque type de produit?



¿Cómo es pagado?/Comment est-ce payé ?

¿Hace venta a credito?/Faites-vous de la vente à crédit ?

¿Cuáles son los plazos de reembolso?/Quels sont les conditions de remboursements?

¿Tiene credits impagados?/Avez-vous des crédits impayés ?

¿Si le tiene, como se arregla?/Si oui, comment se règlent-ils?

¿ Tiene clientes fideos aquí?/Avez-vous des clients fidèles?

¿Son de esta zona o de otra de Costa Rica?/Sont-ils de cette région ou d'une autre ?

¿Cómo se organiza la venta en Costa Rica?/Comment s'organise la vente au Costa Rica?

¿Se limita a un sitio o varios?/Elle se limite à un lieu ou plusieurs?

¿Se vende durante el transporte?/Il y a des ventes pendant le transport?

¿Cuál es la cantidad ? (volumenes..)/Quelles sont les quantités ?

¿Transporta su madera? ¿Cómo?/Transportez-vous votre bois? Comment?

¿Como se informe usted sobre las tendencias del mercado al nivel : nacional, exportacion?/Comment vous informez-vous sur les tendances du marché au niveau national et d'exportation?

## 9. EXPORTACION/EXPORTATION

¿Ha realizado exportaciones?/Avez-vous exporté du bois ?

¿qué tan a menudo?/Souvent?

¿Cómo organiza el transporte?/Comment se fait le transport?

¿Cuánto cuesta el transporte hasta...?/Combien coûte-t-il?

## 10. PROBLEMAS/PROBLÉMES

¿Cuáles son los problemas encontrados con la madera?/Quels sont les problèmes rencontrés avec le bois ?

¿Otros problemas encontrados con la venta?/Autres problèmes rencontrés avec les ventes ?

¿Con la exportacion?/Avec l'exportation?

Sin mas, le agradezco bastante el tiempo que le he estado quitando, sé que es una persona muy ocupada, por tanto aumento más aun mis agradecimientos hacia usted y hacia la atención prestada./Si vous n'avez rien à ajouter, je vous remercie de votre attention. Je sais que vous êtes très occupé, je vous en remercie d'autant plus.

## Annexe 4. Liste des personnes enquêtées par type d'opérateurs

### Propriétaires

- Brunka Forestal. Scierie, Email: [gerlyns@costarricense.cr](mailto:gerlyns@costarricense.cr).
- Cafetalera Aquiares, Turrialba, Cartago, Alfonso Robelo Callejas, Emails: [cafeaquiares@racsa.co.cr](mailto:cafeaquiares@racsa.co.cr) ; Email: [feaquiares@hotmail.com](mailto:feaquiares@hotmail.com), Tel.: +506 556-0011
- Camacho Père. Tres montes, San Isidro.
- Camacho. Tres montes, San Isidro.
- Cruz José Eduardo, Beneficio Santa Rosa, con, al (556-0261) 556-1676. Está ubicada en Santa Rosa de Turrialba.
- Delgado Carlos. Canada la suiza. (après le croisemt de Atiro, 2km vers la suiza)
- Gallegos José Antonio. Tel 257-1212 o al 531-2510. Santa Teresita de Turrialba
- García Hernán. Haciendas Zonex, al 839-0013. Está ubicada en Oriente. (Zone de Turrialba).
- Gómez. Beau-frère de Méndez Manuel. MBA, Administrateur général de l'exploitation agricole du CATIE, Tel 384-9428.
- Cousin de Méndez Manuel. Turrialba.
- Hacienda Volagro, S.A, Santa Teresita de Turrialba, Cartago, Carlos Homberger, Email: [chomberger@volcafe.co.cr](mailto:chomberger@volcafe.co.cr), Tel.: +506 261-6666, Fax: +506 261-5555
- Hovingh Hahns, Eco Directa S.A, Apartado Postal 20-4450 Los Chiles, Alajuela, Costa Rica, Tel.: 506-471-1240 Fax: 506-471-1197, Email: [ipema@ecodirect.nl](mailto:ipema@ecodirect.nl)
- Ing. Gómez Méndez Manuel. MBA, Administrateur général de l'exploitation agricole du CATIE, Tel 384-9428.
- Pent Felipe. La suiza centre.
- Quirós Montealegre Marco, Finca Máquina Vieja, al 279-1010. Está ubicada en Atirro.
- Salazar Salazar Luís, Apartado postal: 344-8000 San Isidro, Pérez Zeledón.
- Salazar Salazar Père. Tres montes., village près de San Isidro.
- Samora Fabio, Hacienda Aquiares, con Manuel Jara al 556-0011. Está ubicada en Aquiares de Turrialba.
- Trejos Gerardo, Reforestadora Buen Precio S.A., Curridíbat, Costa Rica, Phone: 506-2721111, Fax: 506-2723333, Email: [buenprec@sol.racsa.co.cr](mailto:buenprec@sol.racsa.co.cr)
- Groupe Frutex S.A. Exploitation de Verde Vigor. Région de Pérez Zeledón.

### Exploitants/ dépôts

- Bostón, dépôt, transporteur, quincaillerie, San Isidro, Pérez Zeledón.
- Brunka Forestal. Scierie, Email [gerlyns@costarricense.cr](mailto:gerlyns@costarricense.cr).  
Brunka Forestal S.A. a pour mission de générer des ressources économiques et des bénéfices pour les redistribuer aux producteurs et ainsi améliorer leur niveau de vie.

- Ing. Gómez Méndez Manuel. MBA, Administrateur général de l'exploitation agricole du CATIE, Tel 384-9428.
- Ing. Salazar Salazar Luís, Responsable Forestier de la coopérative CoopéAgri, Apartado postal: 344-8000 San Isidro, Pérez Zeledón, Costa Rica. Tels.(506)785-0249, (506)771-3455 ext. 249, Fax: (506)771-0114, E-mail: [copeagri@racsa.co.cr](mailto:copeagri@racsa.co.cr)

## Industriels

- Arguedas Kembly. Fabricant de portes en cedro et laurier, Sarchi, Tel 452-0672 ou 453-4969, Email [Kemblyaruedas@hotmail.com](mailto:Kemblyaruedas@hotmail.com)
- Camacho Rolando. Centre de diversification agricole de Turrialba et MINAE.
- Gómez. Beau-frère de Méndez Manuel. Turrialba. Ebéniste.
- Restrepo Gomez Jairo. Gérant administratif INMADERAS Maderas curadas. 200 m. Ouest de la maison présidentielle, Zapote, Tel 225-9626, Cel 379-8380, Email [inmaderas29@hotmail.com](mailto:inmaderas29@hotmail.com), [www.inmaderas.8k.com](http://www.inmaderas.8k.com).
- Ugalde Mariano Responsable Ventes META S.A., IATA
- Vargas A. Manuel. Administrateur Scierie Coopemadereros R.L. Apdo 227-8000 Villa Ligia, Perez Zeledon, Tel 771-3844, Email [mavari@costarricense.cr](mailto:mavari@costarricense.cr), [coopemad@sol.racsa.cr](mailto:coopemad@sol.racsa.cr).
- Ing. Wiessel B. Carlos. Gérant de production, XILO Centre de services chimiques S.A., Alto de Ochomogo, diagonal a gasolinera Cristo Rey, Tel 279-7985, Fax 279-3937, Email [xiloquim@racsa.co.cr](mailto:xiloquim@racsa.co.cr), [www.grupoxilo.com](http://www.grupoxilo.com).
- Scierie Santa Fe. Perez Zeledon.

## Coopératives

- Adeforbrunka, coopérative, Email [JUFORCA@sol.racsa.cr](mailto:JUFORCA@sol.racsa.cr). (Association pour le Développement Agroforestier de la Région Brunka). Fondée en 1995, elle articule et canalise les efforts des producteurs dans un processus d'organisation qui permet d'allier la conservation et la production agroforestière. Sa mission est de faciliter la mise en œuvre d'une stratégie de développement durable pour assurer une meilleure qualité de vie aux familles de la Région Brunka
- Cordero Gamboa Rolando, Promoteur forestier de CoopéAgri, Apartado postal 344-8000 San Isidro, Pérez Zeledón, Tel 785-0249 ou 771-3455 ext. 249, Email [copeagri@racsa.co.cr](mailto:copeagri@racsa.co.cr).  
La section forêt de CoopéAgri emploie trois personnes qui sont amenées à aller régulièrement sur place discuter avec les petits producteurs. Elles ont en charge l'assistance technique et les conseils sylvicoles : choix des essences, plans d'aménagement (éclaircies et élagages).
- Ing. Salazar Salazar Luís, Responsable Forestier de la coopérative CoopéAgri, Apartado postal: 344-8000 San Isidro, Pérez Zeledón, Costa Rica. Tels.(506)785-0249, (506)771-3455 ext. 249, Fax: (506)771-0114, E-mail: [copeagri@racsa.co.cr](mailto:copeagri@racsa.co.cr)

## Organismes publics

- Ing. Alfonso Barrantes Rodríguez, Directeur Ejecutivo, Oficina Nacional Forestal, San Antonio de Belén, Heredia, San Antonio de Belén, Heredia, del costado oeste de la Iglesia, 100 metros norte, en la segunda planta de un negocio de fotocopiado. Tel. 293-5834, Fax 293-9641, [ofnacfor@racsa.co.cr](mailto:ofnacfor@racsa.co.cr)
- Ing. Herrera Morera Mariela. Directrice Unité de Commercialisation de la Camara Costarricense Forestal, Apdo. postal: 1135-1002. San José, Tels.: (506)259-4886, (506)259-0005, Tel/Fax: (506)250-9895, Email [ucccforest@racsa.co.cr](mailto:ucccforest@racsa.co.cr). E-mail : [ucccforest@racsa.co.cr](mailto:ucccforest@racsa.co.cr)
- Ing. Herrera Ugalde María Elena. Assistante de Direction Oficina Nacional Forestal. Apdo. postal: 768-4005 Belén, Telefax: (506)293-5834, Celular: (506)363-4371, E-mail: [ofnacfor@racsa.co.cr](mailto:ofnacfor@racsa.co.cr).
- Carlos Manuel Rodríguez (Ministro Ambiente y Energía, Gobierno de Costa Rica. Tel (506)257-5456 Fax (506)257-0697, [carlosm@minae.go.cr](mailto:carlosm@minae.go.cr))
- Mora Calvo Vesalio, MSc. Systèmes agroforestiers et sylvopastoraux. FONAFIFO et MINAE, Apdo 594-2120 San José, Tel 257-8475, Email [vmora@fonafifo.com](mailto:vmora@fonafifo.com).

## Experts

- Alfaro Marielos. MSc. Economiste Forestière, Présidente de la Cámara Costarricense Forestal, Apartado postal 1135-1002, Tel: (506) 556-6784, E-mail: [malfarom@racsa.co.cr](mailto:malfarom@racsa.co.cr), en la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional en Heredia.
- Vallejo Alvaro. Enseignant-Chercheur, Sylviculture, CATIE.
- Detlefsen Guillermo. Consultant Département Agriculture et Agroforesterie, Tel 556-1789, [gdetlef@catie.ac.cr](mailto:gdetlef@catie.ac.cr), CATIE.
- Donovan Jason. Msc. Spécialiste en entreprises rurales, CECOECO Centre pour la compétitivité des écoentreprises, Tel 558-2217, Email [jdonovan@catie.ac.cr](mailto:jdonovan@catie.ac.cr), CATIE.
- Dr. Gómez Flores Manuel. Enseignant-Chercheur, Economie agricole, CATIE.
- Dr. Harmand Jean-Michel. Enseignant-Chercheur, Ecologie et physiologie végétale, CIRAD, CATIE.
- Dr. Montero Marcelino. Enseignant-Chercheur, Agroforesterie, CATIE.
- Dr. Navarro Guillermo A. Enseignant-Chercheur, Economie forestière, Email [gnavarro@catie.ac.cr](mailto:gnavarro@catie.ac.cr), convention CIM/ CATIE.
- Dr. Somarriba Eduardo. Enseignant-Chercheur, Agroforesterie, CATIE.
- Dr. Stoian Dieter. Enseignant-Chercheur, Economie, CATIE.
- Dr. Ugalde Arias Luís. Enseignant-Chercheur, Sylviculture des plantations, CATIE.

## Annexe 5. Paiement des Services Environnementaux

Le FONAFIFO effectue le Paiement de Services Environnementaux avec les fonds prélevés par le gouvernement au travers de l'impôt sur la consommation de combustibles et d'autres hydrocarbures. En 2004, cette somme représente 5,5 millions de dollars américains. 5,8 % de cette somme, soit presque 320 000 \$ sont consacrés à la plantation dans les systèmes agroforestiers pour financer les contrats en cours de l'année 2003 et officialiser de nouveaux contrats. (Article 1). Ces montants peuvent varier d'une année à l'autre.

La priorité est donnée aux projets transmis par des organisations qui remplissent les exigences d'un manuel de procédure (MINAE, 2004). Dans chaque bureau sous-régional du SINAC (Système National des Aires de Conservation) et régional du FONAFIFO, une carte a été dressée représentant les zones prioritaires pour contrôler que les exploitations qui demandent cette subvention y sont situées. (Article 5)

Pour l'année 2004, un propriétaire reçoit 352 colones soit 0,81 \$ par plant d'arbre d'ombrage, quel que soit l'essence. La plupart du temps, il passe par l'intermédiaire de sa coopérative pour avoir accès à cette subvention. La coopérative s'occupe de monter le dossier et redistribue la subvention au propriétaire. En échange de ses services, la coopérative perçoit 18 % du montant total soit 0,14 \$ par plant. Le reste, soit 0,67 \$, est versé au propriétaire sur trois ans de façon dégressive : 65 % la première année, 20 % la seconde et 15 % la troisième (Article 7).

### i) Zones et quantités minimales et maximales

Les quantités par bénéficiaire vont de 350 arbres d'ombrage au minimum à 3500 au maximum (cf. paragraphe 3.8.1. du PSA). Un propriétaire peut donc planter jusqu'à  $3500/100 = 35$  ha de caféière à une densité préconisée de cent arbres par hectare en bénéficiant de cette subvention. 3500 n'est donc un chiffre limitant puisque la surface moyenne d'une exploitation est de cinq hectares.

### ii) Modalités d'établissement d'arbres forestiers dans les systèmes agroforestiers

Le bénéficiaire s'engage à :

- Planter les arbres dans les systèmes agroforestiers en accord avec ce qui est stipulé dans le rapport technique ;
- Se référer à un agent forestier pour les opérations techniques durant toute la durée du contrat ;
- Prévenir et contrôler les incendies ;
- Prévenir et éviter la chasse illégale et l'exploitation illégale d'autres produits forestiers ;
- Protéger les arbres de l'abrutissement par les animaux dans les systèmes sylvopastoraux, communiquer au FONAFIFO toute altération ou contingence susceptible d'occasionner des changements dans la plantation ;
- Permettre le libre accès au personnel du MINAE et du FONAFIFO, au chargé du contrôle sur la zone concernée par la subvention ;
- Respecter toute recommandation technique émise par le FONAFIFO ou le gérant sous forme écrite ;

- Veiller au bon développement du système agroforestier.

Si l'une de ces obligations n'est pas remplie par le bénéficiaire, FONAFIFO peut mettre fin au contrat et exiger le remboursement des sommes déjà perçues. Dans la pratique, ces cas se sont déjà présentés. C'est la coopérative, CoopéAgri par exemple, qui a fait état du non-respect de ces obligations. Il s'agit souvent d'une mauvaise gestion sylvicole : absence d'élagages et d'éclaircies. Cependant, généralement, les propriétaires suivent les conseils de leur coopérative : éclaircies et élagages définis en quantité et temps voulus, selon les espèces. Les conseils de gestion sylvicole sont donc délivrés par la coopérative.

iii) Listes d'essences forestières productrices de bois d'œuvre subventionnées dans les systèmes agroforestiers

Les essences d'arbres producteurs de bois d'œuvre plantés dans des cultures pérennes subventionnées sont : laurier (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela spp.*), caoba (*Swietenia macrophylla*), eucalyptus (*Eucalyptus spp.*), jaúl (*Alnus acuminata*), amarillón (*Terminalia amazonia*), ronron (*Astronium graveolens*), pilón (*Hyeronima alchorroides*), méline (*Gmelina arborea*), gallinazo (*Schizolobium parahyba*), espavel (*Cordia excelsum*), guayacán (*Tabebuia guajava*), indio desnudo (essences *simarouba*) et pochote (*Bombacopsis quinata*).

Dans tous les cas, les essences choisies doivent être en station. De plus, les arbres doivent recevoir une gestion sylvicole adaptée et être protégés contre le pâturage si besoin est. La densité de plantation doit être comprise entre 40 et 250 arbres par hectare.

Les effets de ce programme novateur de Paiement des Services Environnementaux au Costa Rica ont été étudiés par le CIFOR en 1998. Les chercheurs ont interrogé des propriétaires forestiers et autres dans l'Aire de conservation de la Cordillera Volcánica Central, qui est couverte par le programme. Un certain nombre de critères et indicateurs écologiques, sociaux et économiques ont été définis pour analyser les perceptions au sujet des bénéfices de la protection et de la régénération des forêts et des plantations forestières dans les zones couvertes par le programme de compensation, par comparaison avec le mode le plus courant d'utilisation des terres, qui est l'élevage bovin extensif. Les chercheurs ont conclu que le programme du Costa Rica fournit un modèle qui pourrait permettre à des pays d'accueil de tirer profit des possibilités de financement offertes par les marchés du carbone sans distorsion de leurs propres plans nationaux d'utilisation des terres. Ils notent toutefois que ce modèle pourrait ne pas être approprié pour des pays trop pauvres qui, à la différence du Costa Rica, ne veulent ou ne peuvent pas prélever des taxes sur leur population pour financer un tel programme, ou pour des pays où la conservation des forêts n'est pas une priorité nationale importante (CIFOR, 1998).

## Annexe 6. Variété des produits de l'eucalyptus

### 6.1. Production de palettes

Caractéristiques de l'arbre 10 :

|          | Hauteur arbre (m) | Diam. 1,30 m (cm) | Volume arbre (m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| Arbre 10 | 25,58             | 35,3              | 1,150                          |

- **Relation volume planches = f (volume billon)**

Nombre des différents types de planches sorties

Les billons sont d'abord sciés en blocs c'est à dire avec deux faces plates séparées d'une distance précise. Cette distance représente la largeur de la planche qui sera obtenue après sciage. Puis ces blocs sont sciés en planches dans leur longueur, la scie permet de fixer l'épaisseur de ces planches.

|  | Planche A | Planche B | Planche C | Planche D | Planche E              |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Longueur (m)                               | 1,22      | 1,22      | 1,00      | 1,00      | 10,16*10 <sup>-2</sup> |
| Largeur (cm)                               | 8,89      | 13,97     | 8,89      | 13,97     | 8,89                   |
| Epaisseur (cm)                             | 1,90      | 1,90      | 1,90      | 1,90      | 8,89                   |
| Volume (*10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> ) | 2,06      | 3,24      | 1,69      | 2,66      | 0,80                   |

Le nombre des différentes planches qui sont sciées à partir d'un même billon a été noté sur place lors du sciage. Le volume des planches sorties pour chaque billon a ainsi pu être calculé en utilisant le volume connu de chaque type de planche.

| N° billon arbre 10 | Volume total du fût (m <sup>3</sup> ) | Diamètre gros bout | Diam. fin bout | Volume du billon (m <sup>3</sup> ) | Nombre de planches |        |        |   |        | Volume des planches (*10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> ) | Rendement volume du sciage (%) |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------|------------------------------------|--------------------|--------|--------|---|--------|---|--------------------------------|
|                    |                                       |                    |                |                                    | A                  | B      | C      | D | E      |   |                                |
| 1                  |                                       | 37,50              | 34,90          | 0,134                              |                    | 1<br>2 | 2      |   | 1<br>1 | 51,06   | 38,10                          |
| 2                  |                                       | 34,50              | 33,70          | 0,119                              |                    | 1<br>3 | 2      |   | 1<br>1 | 54,30   | 45,63                          |
| 3                  |                                       | 33,60              | 32,60          | 0,112                              |                    | 1<br>2 | 2      |   | 1<br>1 | 51,06   | 45,59                          |
| 4                  |                                       | 32,80              | 32,50          | 0,109                              |                    | 1<br>1 | 2      |   | 1<br>0 | 47,02   | 43,14                          |
| 5                  |                                       | 31,90              | 30,00          | 0,098                              |                    | 1<br>1 | 2      |   |        | 39,02   | 39,82                          |
| 6                  |                                       | 30,00              | 28,20          | 0,086                              |                    | 1<br>0 |        |   |        | 32,40   | 37,67                          |
| 7                  |                                       | 28,50              | 27,50          | 0,080                              |                    | 1<br>0 |        |   |        | 32,40   | 40,50                          |
| 8                  |                                       | 27,50              | 25,50          | 0,072                              |                    | 1<br>0 |        |   |        | 32,40   | 45,00                          |
| 9                  |                                       | 26,90              | 25,40          | 0,070                              | 9                  |        |        |   |        | 18,54   | 26,49                          |
| 10                 |                                       | 23,50              | 23,00          | 0,055                              | 8                  |        |        |   |        | 16,48   | 29,96                          |
| 11                 |                                       | 22,20              | 20,20          | 0,046                              | 7                  |        |        |   |        | 14,42   | 31,35                          |
| 12                 |                                       | 20,20              | 18,00          | 0,037                              | 6                  |        |        |   |        | 12,36   | 33,41                          |
| 13 <sub>1,10</sub> |                                       | 18,00              | 17,30          | 0,027                              |                    |        | 6      |   |        | 10,14   | 37,56                          |
| 14 <sub>1,10</sub> |                                       | 17,50              | 15,10          | 0,023                              |                    |        | 4      |   |        | 6,76  | 29,39                          |
| 15 <sub>1,10</sub> |                                       | 15,00              | 13,20          | 0,017                              |                    |        | 3      |   |        | 5,07  | 29,82                          |
| Total billons      |                                       |                    |                | 1,085                              | 4<br>0             | 8<br>9 | 1<br>3 |   | 4<br>3 | 423,43  | 39,03                          |
| Rondelles          |                                       |                    |                | 0,018                              |                    |        |        |   |        | 7,02  | 39,03                          |
| Total arbre        | 1.1501                                |                    |                | 1,103                              |                    |        |        |   |        | 430,50  | 39,03                          |

Longueur des billons = 1,30 m

<sub>1,10</sub> : Longueur du billon = 1,10 m (car diamètre médian inférieur à 18 cm)

Des rondelles ont été prélevées pour les besoins d'une autre étude (calcul du poids sec). Au volume total des billons, il faut donc ajouter le volume des rondelles prélevées soit 0,018 m<sup>3</sup>. Le volume commercial de l'arbre 10 est donc 1,103 m<sup>3</sup>.

#### Caractéristiques de l'arbre 11 :

|          | Hauteur arbre (m) | Diam. 1,30 m (cm) | Volume arbre (m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| Arbre 11 | 26,10             | 37,50             | 1,261                          |

Le volume est calculé à partir des diamètres relevés tous les 2 m. En calculant le volume grâce au poids de tous les billons et des rondelles, on trouve 1,212 m<sup>3</sup>.



| N° billon<br>arbre 11 | Volume<br>total du<br>fût (m <sup>3</sup> ) | Diamètre<br>gros<br>bout | Diam.<br>fin bout | Diam.<br>médian | Volume<br>du billon<br>(m <sup>3</sup> ) | Nombre de<br>planches |    |   |   |    | Volume<br>des<br>planches<br>(10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> ) | Rendemen<br>t volume<br>du sciage<br>(%) |
|-----------------------|---|--------------------------|-------------------|-----------------|--|-----------------------|----|---|---|----|---|--|
|                       |   |                          |                   |                 |  | A                     | B  | C | D | E  |   |  |
| 1                     |   | 40,00                    | 37,00             | 38,50           | 0,151                                    |                       | 14 |   |   | 11 | 54,16   | 35,87                                    |
| 2                     |   | 36,90                    | 35,50             | 36,20           | 0,134                                    |                       | 13 | 1 |   | 10 | 51,81   | 38,66                                    |
| 3                     |   | 35,40                    | 34,00             | 34,70           | 0,123                                    | 1                     | 13 |   |   |    | 44,18   | 35,92                                    |
| 4                     |   | 34,20                    | 33,70             | 33,95           | 0,118                                    |                       | 12 |   |   |    | 38,88   | 32,95                                    |
| 5                     |   | 33,00                    | 31,50             | 32,25           | 0,106                                    |                       | 12 |   |   |    | 38,88   | 36,68                                    |
| 6                     |   | 32,00                    | 30,04             | 31,20           | 0,099                                    |                       | 9  |   |   |    | 29,16   | 29,45                                    |
| 7                     |   | 30,20                    | 29,00             | 29,60           | 0,089                                    |                       | 10 |   | 1 |    | 35,06   | 39,39                                    |
| 8                     |   | 28,50                    | 27,00             | 27,75           | 0,079                                    |                       | 9  |   |   |    | 29,16   | 36,91                                    |
| 9                     |   | 26,80                    | 25,90             | 26,35           | 0,071                                    |                       | 9  |   |   |    | 29,16   | 41,07                                    |
| 10                    |   | 26,50                    | 25,00             | 25,75           | 0,068                                    | 9                     |    |   |   |    | 18,54   | 27,26                                    |
| 11                    |   | 23,00                    | 20,20             | 21,60           | 0,048                                    | 8                     |    |   |   |    | 16,48   | 34,33                                    |
| 12                    |   | 20,50                    | 19,10             | 19,80           | 0,040                                    |                       | 7  |   |   |    | 22,68   | 56,70                                    |
| 13 <sub>1,10</sub>    |   | 19,10                    | 16,90             | 18,00           | 0,028                                    |                       |    |   | 6 |    | 10,14   | 36,21                                    |
| 14 <sub>1,10</sub>    |   | 17,00                    | 15,60             | 16,30           | 0,023                                    |                       |    |   | 5 |    | 8,45  | 36,74                                    |
| 15 <sub>1,10</sub>    |   | 15,70                    | 15,40             | 15,55           | 0,021                                    |                       |    |   | 4 |    | 6,76  | 32,19                                    |
| Total                 |   |                          |                   |                 | 1,198                                    | 1                     | 10 | 1 | 1 | 21 | 433,5   | 36,18                                    |
|                       |   |                          |                   |                 |  | 8                     | 8  | 6 |   |    |   |  |
| Rondelles             |   |                          |                   |                 | 0,014                                    |                       |    |   |   |    | 5,06  | 36,18                                    |
| Total arbre           | 1,2610                                      |                          |                   |                 | 1,212                                    |                       |    |   |   |    | 438,56  | 36,18                                    |

Longueur des billons = 1,30 m

<sub>1,10</sub> : Longueur du billon = 1,10 m (car diamètre médian inférieur à 18 cm)

A partir des données prises sur les arbres 10 et 11 et des résultats qui en ont été tirés, une régression linéaire significative a été mise en évidence entre le volume des planches et le volume du billon :

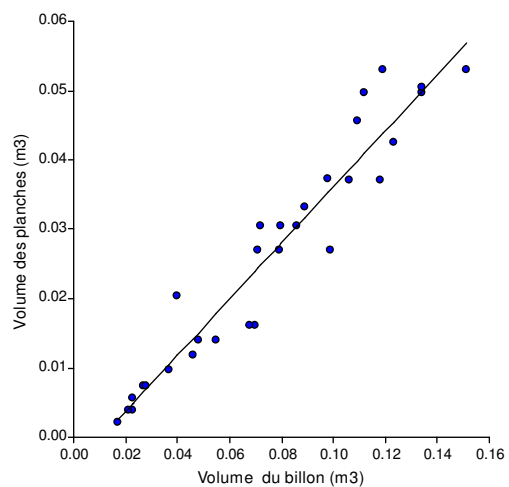
$$\text{Volume Planches} = -0,0013 + 0,3925 \text{ Volume Billon} \quad (p < 0,0001, R^2 = 0,9249).$$

- **Volume total des planches sorties pour chaque arbre**

Le calcul du diamètre médian permet de calculer le volume de chaque billon scié. En appliquant la relation trouvée précédemment :

$$\text{Volume Planches} = -0,0013 + 0,3925 \text{ Volume Billon},$$

on obtient le volume des planches pour chaque billon et on peut en faire le total pour chaque arbre.



| N° de l'arbre | Volume total du fût (m <sup>3</sup> ) | N° du billon       | Hauteur du diamètre médian | Diam. médian | Volume du billon (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) | Volume des planches (*10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------|---|---|
| 1             | 0,0279                                |                    |                            |              |   |   |
| 2             | 0,0950                                |                    |                            |              |   |   |
| 3             |                                       | 1 <sub>1,10</sub>  | 0,55                       | 15,25        | 200,9   | 78,9  |
|               |                                       | 2 <sub>1,10</sub>  | 1,65                       | 14,64        | 185,2   | 72,7  |
|               |                                       | 3 <sub>1,10</sub>  | 2,75                       | 14,04        | 170,3   | 66,8  |
| Total arbre 3 | 0,153                                 |                    |                            |              | 556,4   | 218,4   |
| 4             |                                       | 1                  | 0,65                       | 19,67        | 395,0   | 155,0   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 19,41        | 384,7   | 151,0   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 19,08        | 371,7   | 145,9   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 18,50        | 349,4   | 137,1   |
|               |                                       | 5 <sub>1,10</sub>  | 5,75                       | 17,81        | 274,0   | 107,5   |
|               |                                       | 6 <sub>1,10</sub>  | 6,85                       | 17,10        | 252,6   | 99,1  |
|               |                                       | 7 <sub>1,10</sub>  | 7,95                       | 16,43        | 233,2   | 91,5  |
|               |                                       | 8 <sub>1,10</sub>  | 9,05                       | 15,77        | 214,9   | 84,3  |
|               |                                       | 9 <sub>1,10</sub>  | 10,15                      | 15,11        | 197,2   | 77,4  |
|               |                                       | 10 <sub>1,10</sub> | 11,25                      | 14,44        | 180,1   | 70,7  |
| Total arbre 4 | 0,3632                                |                    |                            |              | 2853,0  | 1119,8  |
| 5             |                                       | 1                  | 0,65                       | 20,73        | 438,8   | 172,2   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 20,60        | 433,3   | 170,1   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 20,36        | 423,2   | 166,1   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 19,65        | 394,2   | 154,7   |
|               |                                       | 5                  | 5,85                       | 18,72        | 357,8   | 140,4   |
|               |                                       | 6 <sub>1,10</sub>  | 6,95                       | 17,84        | 275,0   | 107,9   |
|               |                                       | 7 <sub>1,10</sub>  | 8,05                       | 17,38        | 261,0   | 102,4   |
|               |                                       | 8 <sub>1,10</sub>  | 9,15                       | 16,83        | 244,7   | 96,0  |
|               |                                       | 9 <sub>1,10</sub>  | 10,25                      | 15,62        | 210,8   | 82,7  |
|               |                                       | 10 <sub>1,10</sub> | 11,35                      | 14,48        | 181,1   | 71,1  |
| Total arbre 5 | 0,3631                                |                    |                            |              | 3219,9  | 1263,8  |
| 6             |                                       | 1                  | 0,65                       | 26,37        | 710,0   | 278,7   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 25,00        | 638,1   | 250,5   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 23,77        | 576,9   | 226,4   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 23,12        | 545,8   | 214,2   |
|               |                                       | 5                  | 5,85                       | 22,22        | 504,1   | 197,9   |
|               |                                       | 6                  | 7,15                       | 21,13        | 455,9   | 178,9   |
|               |                                       | 7                  | 8,45                       | 19,70        | 396,2   | 155,5   |
|               |                                       | 8                  | 9,75                       | 18,61        | 353,6   | 138,8   |
|               |                                       | 9 <sub>1,10</sub>  | 10,95                      | 17,24        | 256,8   | 100,8   |
|               |                                       | 10 <sub>1,10</sub> | 12,05                      | 15,02        | 194,9   | 76,5  |
| Total arbre 6 | 0,5085                                |                    |                            |              | 4632,3  | 1818,2  |
| 7             |                                       | 1                  | 0,65                       | 25,69        | 673,8   | 264,5   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 24,98        | 637,1   | 250,1   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 24,25        | 600,4   | 235,7   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 23,47        | 562,4   | 220,7   |
|               |                                       | 5                  | 5,85                       | 22,60        | 521,5   | 204,7   |
|               |                                       | 6                  | 7,15                       | 21,72        | 481,7   | 189,1   |
|               |                                       | 7                  | 8,45                       | 21,07        | 453,3   | 177,9   |
|               |                                       | 8                  | 9,75                       | 20,05        | 410,5   | 161,1   |
|               |                                       | 9                  | 11,05                      | 18,75        | 359,0   | 140,9   |

| N° de l'arbre | Volume total du fût (m <sup>3</sup> ) | N° du billon       | Hauteur du diamètre médian | Diam. médian | Volume du billon (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) | Volume des planches (*10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------|---|---|
|               |                                       | 10 <sub>1,10</sub> | 12,25                      | 17,67        | 269,7   | 105,9   |
|               |                                       | 11 <sub>1,10</sub> | 13,35                      | 16,65        | 239,5   | 94,0  |
|               |                                       | 12 <sub>1,10</sub> | 14,45                      | 15,55        | 208,9   | 82,0  |
|               |                                       | 13 <sub>1,10</sub> | 15,55                      | 14,53        | 182,4   | 71,6  |
| Total arbre 7 | 0,6160                                |                    |                            |              | 5600,2  | 2198,1  |
| 8             |                                       | 1                  | 0,65                       | 30,08        | 923,8   | 362,6   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 28,65        | 838,1   | 329,0   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 27,31        | 761,5   | 298,9   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 26,33        | 707,8   | 277,8   |
|               |                                       | 5                  | 5,85                       | 25,79        | 679,1   | 266,5   |
|               |                                       | 6                  | 7,15                       | 25,29        | 653,0   | 256,3   |
|               |                                       | 7                  | 8,45                       | 23,47        | 562,4   | 220,7   |
|               |                                       | 8                  | 9,75                       | 21,91        | 490,1   | 192,4   |
|               |                                       | 9                  | 11,05                      | 20,50        | 429,1   | 168,4   |
|               |                                       | 10 <sub>1,10</sub> | 12,25                      | 18,04        | 281,2   | 110,4   |
|               |                                       | 11 <sub>1,10</sub> | 13,35                      | 16,08        | 223,4   | 87,7  |
|               |                                       | 12 <sub>1,10</sub> | 14,45                      | 14,76        | 188,2   | 73,9  |
| Total arbre 8 | 0,7061                                |                    |                            |              | 6737,8  | 2644,6  |
| 9             |                                       | 1                  | 0,65                       | 31,15        | 990,7   | 388,8   |
|               |                                       | 2                  | 1,95                       | 29,46        | 886,1   | 347,8   |
|               |                                       | 3                  | 3,25                       | 27,9         | 794,8   | 312,0   |
|               |                                       | 4                  | 4,55                       | 26,86        | 736,6   | 289,1   |
|               |                                       | 5                  | 5,85                       | 25,73        | 675,9   | 265,3   |
|               |                                       | 6                  | 7,15                       | 24,59        | 617,4   | 242,3   |
|               |                                       | 7                  | 8,45                       | 23,61        | 569,1   | 223,4   |
|               |                                       | 8                  | 9,75                       | 22,56        | 519,7   | 204,0   |
|               |                                       | 9                  | 11,05                      | 21,44        | 469,3   | 184,2   |
|               |                                       | 10                 | 12,35                      | 19,95        | 406,4   | 159,5   |
|               |                                       | 11                 | 13,65                      | 18,78        | 360,1   | 141,3   |
|               |                                       | 12 <sub>1,10</sub> | 14,75                      | 18,06        | 281,8   | 110,6   |
|               |                                       | 13 <sub>1,10</sub> | 15,85                      | 16,88        | 246,2   | 96,6  |
|               |                                       | 14 <sub>1,10</sub> | 16,95                      | 15,56        | 209,2   | 82,1  |
|               |                                       | 15 <sub>1,10</sub> | 18,05                      | 14,40        | 179,1   | 70,3  |
| Total arbre 9 | 0,8335                                |                    |                            |              | 7942,5  | 3117,4  |

Longueur des billons = 1,30 m

<sub>1,10</sub> : Longueur du billon = 1,10 m (car diamètre médian inférieur à 18 cm)

Par ailleurs, pour confectionner une palette "européenne" (terme précisé au paragraphe 4.3.2.), il faut 0,041 m<sup>3</sup> de planches. Elle est constituée de différentes tailles de planches. Le rendement volume de cette scierie sera supposé identique quel que soit le type de planche produit. En pratique, il est impossible de fabriquer seulement ce nombre de palettes car pour réaliser une palette, plusieurs types de planches de dimensions différentes sont nécessaires. Cependant, l'approximation en volume est correcte.

- Relations en fonction du diamètre à 1,30 m (D)

Pour toutes ces équations, la régression linéaire est significative ( $p < 0,0001$  et  $R^2 = 0,99$ ).

**Volume total arbre =  $-0,08 + 0,0031 D + 0,00087 D^2$**

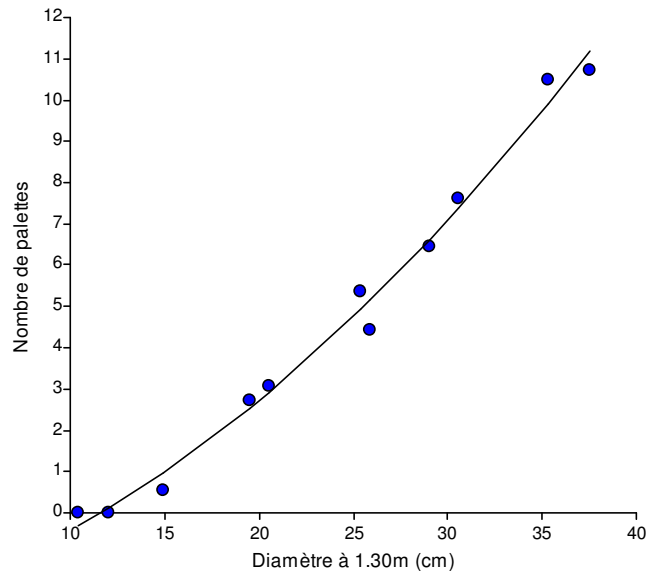
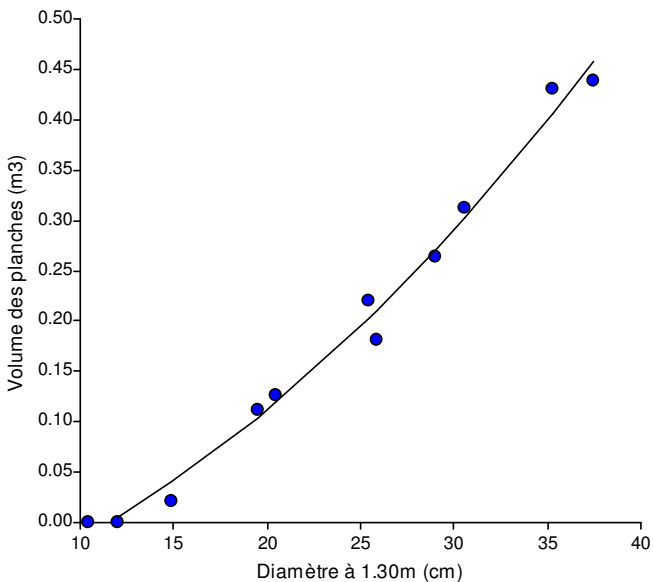
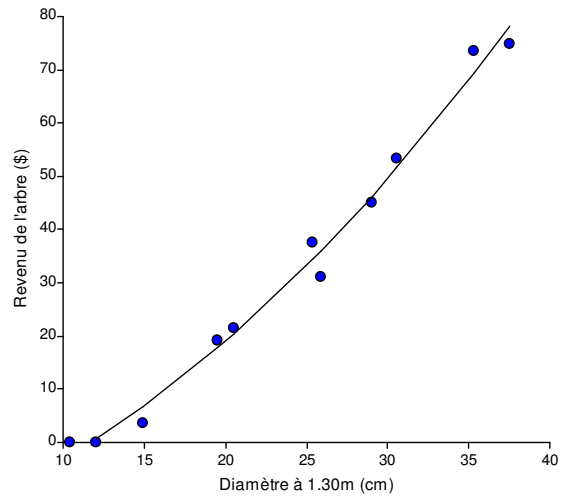
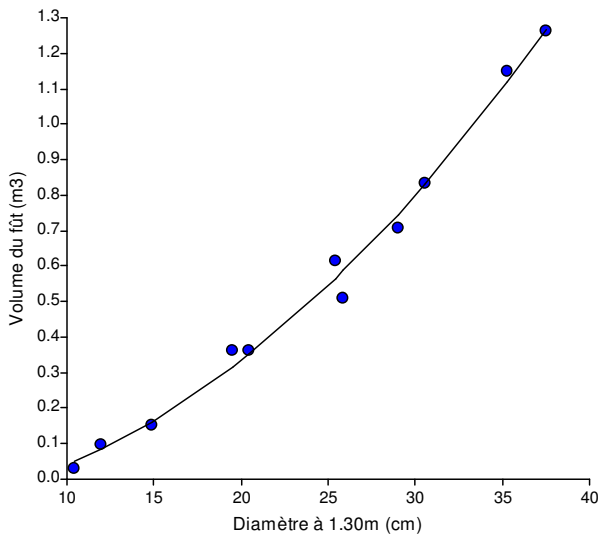
**Volume commercial =  $-0,016 + 0,0045 D + 0,00087 D^2$**

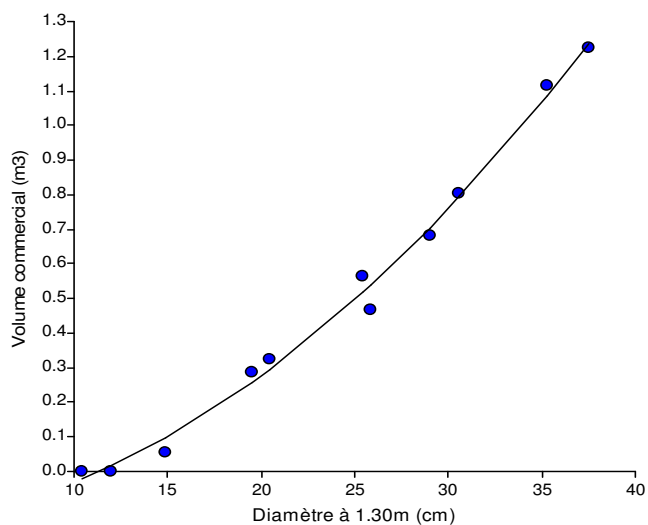
**Volume des planches =  $-0,09 + 0,014 D + 0,00025 D^2$**

**Nombre de palettes =  $-2,29 + 0,13 D + 0,01 D^2$**

**Revenu brut (du bois sur pied) pour l'industriel =  $-16,06 + 0,89 D + 0,04 D^2$**

V en m<sup>3</sup>, R en \$, D : diamètre à 1,30 m en cm, supérieur ou égal à 12,7 cm. (Source : courbes réalisées avec le logiciel Infostat à partir des données calculées)





Par ailleurs, le revenu du bois sur pied a été évalué avec les prix du marché soit 25 \$/m<sup>3</sup> commercial.

Revenu possible par arbre en fonction de la hauteur et du diamètre de cet arbre :

| N° de l'arbre | Hauteur arbre (m) | Diam. 1,30 m (cm) | Volume total (m <sup>3</sup> ) | Volume commercial (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) | Volume des planches (10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> ) | Nombre de palettes | Revenu brut bois sur pied (\$) | Revenu brut palettes (\$) |
|---------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--|--|--------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1             | 10,10             | 10,40             | 0,0279                         | 0  | 0  | 0                  | 0                              | 0                         |
| 2             | 15,57             | 12,00             | 0,0950                         | 0  | 0  | 0                  | 0                              | 0                         |
| 3             | 15,73             | 14,90             | 0,1530                         | 556,4  | 218,4  | 0,53               | 1,36                           | 3,73                      |
| 4             | 20,47             | 19,50             | 0,3632                         | 2853,0   | 1119,8   | 2,73               | 6,99                           | 19,12                     |
| 5             | 16,20             | 20,50             | 0,3631                         | 3219,9   | 1263,8   | 3,08               | 7,89                           | 21,58                     |
| 6             | 19,20             | 25,90             | 0,5085                         | 4632,3   | 1818,2   | 4,43               | 11,35                          | 31,04                     |
| 7             | 23,86             | 25,40             | 0,6160                         | 5600,2   | 2198,1   | 5,36               | 13,72                          | 37,53                     |
| 8             | 21,27             | 29,00             | 0,7061                         | 6737,8   | 2644,6   | 6,45               | 16,51                          | 45,15                     |
| 9             | 25,52             | 30,60             | 0,8335                         | 7942,5   | 3117,4   | 7,60               | 19,46                          | 53,22                     |
| 10            | 25,58             | 35,30             | 1,1501                         | 11030,0  | 4305,0   | 10,50              | 27,02                          | 73,50                     |
| 11            | 26,10             | 37,50             | 1,2610                         | 12120,0  | 4385,6   | 10,70              | 29,69                          | 74,88                     |

Des inventaires réalisés sur plusieurs parcelles permettent d'évaluer les volumes total, commercial et des planches, ainsi que le revenu envisageable par hectare.

Revenu possible par hectare en fonction de la densité et de diamètre des arbres :

| N° Parcelle | Densité finale (arbres /ha) | Années de plantation | Année des mesures | Age (ans) | Moyenne des diamètres à 1,30 m (cm) | Volume total (m <sup>3</sup> /ha) | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Revenu brut bois sur pied (\$/ha) | Volume de planches (m <sup>3</sup> /ha) | Nombre palettes /ha | Revenu brut palettes (\$ /ha) |
|-------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|---------------------|-------------------------------|
| 1           | 122                         | 1996                 | 2000              | 4         | 15,94                               | 24,44                             | 16,74                                  | 410                               | 6,87                                    | 167                 | 1172                          |
| 1           | 116                         | 1996                 | 2002              | 6         | 22,57                               | 52,15                             | 44,98                                  | 1102                              | 17,82                                   | 434                 | 3040                          |
| 1           | 116                         | 1996                 | 2003              | 7         | 25,13                               | 66,01                             | 58,91                                  | 1443                              | 22,99                                   | 560                 | 3924                          |
| 1           | 116                         | 1996                 | 2004              | 8         | 26,02                               | 70,93                             | 64,83                                  | 1588                              | 25,37                                   | 618                 | 4330                          |
| 2           | 126                         | 1996                 | 2000              | 4         | 15,69                               | 24,33                             | 16,35                                  | 401                               | 6,71                                    | 163                 | 1146                          |
| 2           | 120                         | 1996                 | 2002              | 6         | 22,06                               | 52,30                             | 45,31                                  | 1110                              | 17,94                                   | 437                 | 3062                          |
| 2           | 120                         | 1996                 | 2003              | 7         | 24,93                               | 68,18                             | 61,62                                  | 1510                              | 24,03                                   | 586                 | 4102                          |
| 2           | 120                         | 1996                 | 2004              | 8         | 25,31                               | 70,30                             | 63,88                                  | 1565                              | 24,98                                   | 609                 | 4264                          |
| 3           | 140                         | 1996                 | 2000              | 4         | 15,33                               | 25,47                             | 16,61                                  | 407                               | 6,80                                    | 166                 | 1161                          |
| 3           | 134                         | 1996                 | 2002              | 6         | 22,11                               | 50,78                             | 42,88                                  | 1051                              | 17,10                                   | 416                 | 2918                          |
| 3           | 134                         | 1996                 | 2003              | 7         | 23,92                               | 65,52                             | 57,13                                  | 1400                              | 22,46                                   | 547                 | 3833                          |
| 3           | 134                         | 1996                 | 2004              | 8         | 24,40                               | 72,81                             | 65,49                                  | 1605                              | 25,73                                   | 627                 | 4390                          |
| 4           | 126                         | 1995                 | 2000              | 5         | 15,54                               | 23,88                             | 14,86                                  | 364                               | 6,01                                    | 146                 | 1026                          |
| 4           | 120                         | 1995                 | 2002              | 7         | 21,19                               | 48,28                             | 41,47                                  | 1014                              | 16,53                                   | 403                 | 2821                          |
| 4           | 120                         | 1995                 | 2003              | 8         | 24,25                               | 65,13                             | 58,56                                  | 1435                              | 14,53                                   | 559                 | 3914                          |
| 4           | 120                         | 1995                 | 2004              | 9         | 24,94                               | 68,19                             | 61,36                                  | 1503                              | 23,93                                   | 583                 | 4084                          |
| 5           | 124                         | 1995                 | 2000              | 5         | 15,10                               | 22,22                             | 13,35                                  | 327                               | 5,25                                    | 128                 | 896                           |
| 5           | 118                         | 1995                 | 2002              | 7         | 22,43                               | 53,31                             | 46,47                                  | 1138                              | 18,34                                   | 447                 | 3130                          |
| 5           | 118                         | 1995                 | 2003              | 8         | 24,03                               | 61,52                             | 54,63                                  | 1339                              | 21,38                                   | 521                 | 3649                          |
| 5           | 118                         | 1995                 | 2004              | 9         | 26,05                               | 76,69                             | 70,26                                  | 1721                              | 27,31                                   | 666                 | 4660                          |

## 6.2. Poteaux et perches

Prix d'achat des piquets et poteaux d'eucalyptus livrés usine à Turrialba (\$) :

| Longueur (m)                            | Diamètre*(cm) |         |          |           |           |           |           |
|---|---------------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | 2,5-5,1       | 5,1-7,6 | 7,6-10,2 | 10,2-12,7 | 12,7-15,2 | 15,2-17,8 | 17,8-20,3 |
| 2                                       | 0,1281        | 0,2555  | 0,3901   | 0,5869    | 0,7561    | 1,0150    | 1,3395    |
| 3                                       |               | 0,4729  | 0,6870   | 1,0460    | 1,3705    |           |           |
| 4                                       |               | 0,6318  | 0,9183   | 1,3981    | 1,8297    | 2,4649    | 3,1761    |
| 6                                       |               |         | 1,7917   | 2,7272    | 3,5696    | 4,8089    |           |
| 1 m <sup>3</sup> stérique commercialisé | 21            | 21      | 21       | 15        | 15        | 15        | 15        |

\*: correspond au diamètre médian sous écorce

Nombre de poteaux possibles de 2 et 4 m de long selon la classe de diamètre de *Eucalyptus deglupta* âgé de 3,5ans :

| Classe de diamètre à 1,30 m (cm) | alternative | Type de poteaux (longueur en m et diamètre médian en cm) |         |          |           |           |           |           |                   | Revenu par arbre (\$) |
|----------------------------------|-------------|--|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------------------|
|                                  |             | 2 m  |         |          |           |           |           |           | 4 m               |                       |
|                                  |             | 2,5-5,0  | 5,0-7,6 | 7,6-10,2 | 10,2-12,7 | 12,7-15,2 | 15,2-17,8 | 17,8-20,3 | 10,2-20,3*<br>*** |                       |
| 5*                               | A**         | 3  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,3843                |
|                                  | B***        |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 6                                | A           | 2  | 1       |          |           |           |           |           |                   | 0,5118                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 7                                | A           | 1  | 2       |          |           |           |           |           |                   | 0,6392                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 8                                | A           | 1  | 3       |          |           |           |           |           |                   | 0,8948                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 9                                | A           | 1  | 2       | 2        |           |           |           |           |                   | 1,4194                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 10                               | A           | 1  | 1       | 3        |           |           |           |           |                   | 1,5540                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 11                               | A           | 1  | 2       | 3        |           |           |           |           |                   | 1,8095                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           |                   | 0,0000                |
| 12                               | A           |  | 1       | 1        | 3         |           |           |           |                   | 2,4064                |
|                                  | B           |  | 2       | 2        |           |           |           |           | 1                 | 3,5085                |
| 13                               | A           |  | 1       | 2        | 3         |           |           |           |                   | 2,7965                |
|                                  | B           |  | 1       | 2        | 1         |           |           |           | 1                 | 3,8399                |
| 14                               | A           | 1  | 1       | 1        | 2         | 2         |           |           |                   | 3,4598                |
|                                  | B           | 1  | 1       | 1        |           |           |           |           | 2                 | 5,2082                |
| 15                               | A           |  | 1       | 2        | 2         | 2         |           |           |                   | 3,7218                |
|                                  | B           |  | 1       | 2        |           |           |           |           | 2                 | 5,4702                |
| 16                               | A           | 1  | 1       | 1        | 3         | 1         | 1         |           |                   | 4,3056                |
|                                  | B           | 1  | 1       | 1        | 1         |           |           |           | 2                 | 5,7951                |
| 17                               | A           | 1  | 1       | 1        | 2         | 2         | 1         |           |                   | 4,4748                |
|                                  | B           |  |         |          |           |           |           |           | 2                 | 4,4344                |
| 18                               | A           |  | 1       | 2        | 1         | 1         | 2         | 1         |                   | 5,7483                |
|                                  | B           |  | 2       | 1        | 1         |           |           |           | 2                 | 5,9225                |

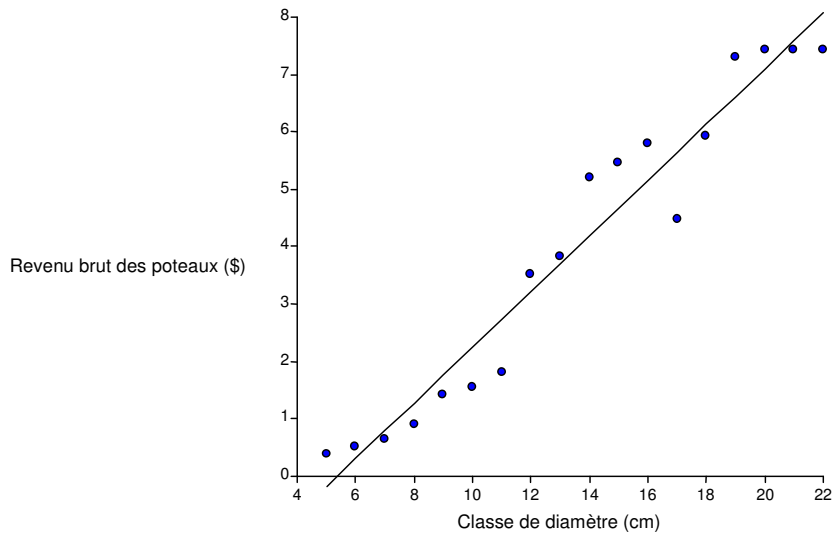
\*5 = 4,5-5,5 cm

\*\*A : Pour des poteaux de 2,10 m de long uniquement

\*\*\*B: Pour des poteaux de 2,10 et 4,50 m

\*\*\*\*: diamètre fin bout en cm

Source: modifié de Ugalde, 1997



### 6.3. Revenu possible par hectare en fonction de la densité et du diamètre des arbres

Dans le paragraphe précédent, le nombre de poteaux possibles selon le diamètre à 1,30 m de l'eucalyptus a permis de calculer le revenu envisageable par arbre. Ici, ce revenu a été multiplié par la densité finale pour obtenir le revenu possible à l'hectare.

| N° Parcelle inventoriée | Densité finale (arbres /ha) | Années de plantation | Année des mesures | Age | Moyenne des diamètres à 1,30 m (cm) | Volume commercial (m <sup>3</sup> /ha) | Revenu brut bois sur pied si vente pour planches (\$/ha) | Revenu brut bois sur pied si vente pour palettes (\$/ha) | Revenu brut bois sur pied si vente pour poteau (\$ /ha) | Revenu brut palettes pour l'industriel (\$ /ha) |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|-----|-------------------------------------|--|--|--|---|---|
| 1                       | 122                         | 1996                 | 2000              | 4   | 15,94                               | 16,74                                  | 410  | 285  | 628   | 1172  |
| 1                       | 116                         | 1996                 | 2002              | 6   | 22,57                               | 44,98                                  | 1102   | 765  |   | 3040  |
| 1                       | 116                         | 1996                 | 2003              | 7   | 25,13                               | 58,91                                  | 1443   | 1 001  |   | 3924  |
| 1                       | 116                         | 1996                 | 2004              | 8   | 26,02                               | 64,83                                  | 1588   | 1 102  |   | 4330  |
| 2                       | 126                         | 1996                 | 2000              | 4   | 15,69                               | 16,35                                  | 401  | 278  | 633   | 1146  |
| 2                       | 120                         | 1996                 | 2002              | 6   | 22,06                               | 45,31                                  | 1110   | 770  |   | 3062  |
| 2                       | 120                         | 1996                 | 2003              | 7   | 24,93                               | 61,62                                  | 1510   | 1 048  |   | 4102  |
| 2                       | 120                         | 1996                 | 2004              | 8   | 25,31                               | 63,88                                  | 1563   | 1 086  |   | 4264  |
| 3                       | 140                         | 1996                 | 2000              | 4   | 15,33                               | 16,61                                  | 407  | 282  | 552   | 1161  |
| 3                       | 134                         | 1996                 | 2002              | 6   | 22,11                               | 42,88                                  | 1051   | 729  |   | 2918  |
| 3                       | 134                         | 1996                 | 2003              | 7   | 23,92                               | 57,13                                  | 1400   | 971  |   | 3833  |
| 3                       | 134                         | 1996                 | 2004              | 8   | 24,40                               | 65,49                                  | 1604   | 1 113  |   | 4390  |
| 4                       | 126                         | 1995                 | 2000              | 5   | 15,54                               | 14,86                                  | 364  | 253  | 624   | 1026  |
| 4                       | 120                         | 1995                 | 2002              | 7   | 21,19                               | 41,47                                  | 1016   | 705  |   | 2821  |
| 4                       | 120                         | 1995                 | 2003              | 8   | 24,04                               | 58,56                                  | 1430   | 996  |   | 3914  |
| 4                       | 120                         | 1995                 | 2004              | 9   | 24,94                               | 61,36                                  | 1498   | 1 043  |   | 4084  |
| 5                       | 125                         | 1995                 | 2000              | 5   | 15,10                               | 13,35                                  | 327  | 227  | 587   | 896   |
| 5                       | 119                         | 1995                 | 2002              | 7   | 22,43                               | 46,47                                  | 1148   | 790  |   | 3130  |
| 5                       | 119                         | 1995                 | 2003              | 8   | 24,03                               | 54,63                                  | 1350   | 929  |   | 3649  |
| 5                       | 119                         | 1995                 | 2004              | 9   | 26,05                               | 70,26                                  | 1736   | 1 194  |   | 4660  |



## Annexe 7. eucalyptus : analyses de régression linéaire

### 7.1. Volume total de l'arbre en fonction du diamètre à 1,30 m

$$\text{Volume total arbre} = -0,08 + 0,0031 D + 0,00087 D^2$$

| Variable                       | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP  |
|--------------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Volume total (m <sup>3</sup> ) | 11 | 0,99           | 0,98              | 0,003 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient                 | Est.   | EE     | LI (95 %) | LS (95 %) | T     | p-valor | CpMallows |
|-----------------------------|--------|--------|-----------|-----------|-------|---------|-----------|
| constante                   | -0,077 | 0,098  | -0,305    | 0,149     | -0,78 | 0,45    |           |
| Diam 1,30 (cm)              | 0,003  | 0,009  | -0,017    | 0,023     | 0,34  | 0,74    | 2,21      |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,0008 | 0,0001 | 0,0004    | 0,001     | 4,62  | 0,001   | 21,1      |

- **Analyse de la Variance (SC type I)**

| F, V,                       | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|-----------------------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modèle                      | 1,66  | 2  | 0,83  | 454,2 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm)              | 1,62  | 1  | 1,6   | 887,0 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,039 | 1  | 0,039 | 21,4  | 0,0017  |
| Erreur                      | 0,01  | 8  | 0,001 |       |         |
| Total                       | 1,68  | 10 |       |       |         |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,          | SC   | gl | CM    | F     | p-valor |
|----------------|------|----|-------|-------|---------|
| Modèle         | 1,6  | 2  | 0,83  | 454,2 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) | 1,6  | 2  | 0,83  | 454,2 | <0,0001 |
| Erreur         | 0,01 | 8  | 0,001 |       |         |
| Total          | 1,6  | 10 |       |       |         |

### 7.2. Volume commercial de l'eucalyptus en fonction du diamètre à 1,30 m

$$\text{Volume commercial} = -0,016 + 0,0045 D + 0,00087 D^2$$

- **Analyse de régression linéaire**

| Variable          | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP  |
|-------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Volume commercial | 11 | 0,99           | 0,99              | 0,002 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient                 | Est.   | EE     | LI (95 %) | LS (95 %) | T     | p-valor | CpMallows |
|-----------------------------|--------|--------|-----------|-----------|-------|---------|-----------|
| constante                   | -0,16  | 0,093  | -0,37     | 0,053     | -1,73 | 0,12    |           |
| Diam 1,30 (cm)              | 0,004  | 0,008  | -0,01     | 0,024     | 0,52  | 0,61    | 2,35      |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,0008 | 0,0001 | 0,0004    | 0,0012    | 4,84  | 0,001   | 22,96     |

- **Analyse de la Variance (SC type I)**

| F, V,                       | SC   | gl | CM    | F      | p-valor |
|-----------------------------|------|----|-------|--------|---------|
| Modèle                      | 1,75 | 2  | 0,877 | 529,1  | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm)              | 1,71 | 1  | 1,71  | 1034,7 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,03 | 1  | 0,038 | 23,4   | 0,0013  |
| Erreur                      | 0,01 | 8  | 0,001 |        |         |
| Total                       | 1,76 | 10 |       |        |         |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,          | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|----------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modèle         | 1,75  | 2  | 0,87  | 529,1 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) | 1,75  | 2  | 0,87  | 529,1 | <0,0001 |
| Erreur         | 0,01  | 8  | 0,001 |       |         |
| Total          | 1,767 | 10 |       |       |         |

### 7.3. Nombre de palettes en fonction du diamètre à 1,30 m

$$\text{Nombre de palettes} = -2,29 + 0,13 D + 0,01 D^2$$

| Variable           | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP     |
|--------------------|----|----------------|-------------------|----------|
| Nombre de palettes | 11 | 0,98           | 0,98              | 0,507919 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient                 | Est.  | EE    | LI (95 %) | LS (95 %) | T     | p-valor | CpMallows |
|-----------------------------|-------|-------|-----------|-----------|-------|---------|-----------|
| constante                   | -2,28 | 1,068 | -4,7      | 0,17      | -2,14 | 0,06    |           |
| Diam 1,30 (cm)              | 0,12  | 0,097 | -0,09     | 0,35      | 1,28  | 0,23    | 3,58      |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,006 | 0,002 | 0,001     | 0,01      | 3,04  | 0,01    | 10,35     |

- **Analyse de la Variance (SC type I)**

| F, V,                       | SC    | gl | CM    | F      | p-valor |
|-----------------------------|-------|----|-------|--------|---------|
| Modèle                      | 147,9 | 2  | 73,9  | 344,1  | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm)              | 145,9 | 1  | 145,9 | 679,09 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 1,9   | 1  | 1,99  | 9,2    | 0,01    |
| Erreur                      | 1,7   | 8  | 0,2   |        |         |
| Total                       | 149,6 | 10 |       |        |         |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,          | SC     | gl | CM   | F     | p-valor |
|----------------|--------|----|------|-------|---------|
| Modèle         | 147,9  | 2  | 73,9 | 344,1 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) | 147,9  | 2  | 73,9 | 344,1 | <0,0001 |
| Erreur         | 1,71   | 8  | 0,2  |       |         |
| Total          | 149,68 | 10 |      |       |         |

#### 7.4. Volume des planches en fonction du diamètre à 1,30 m

**Volume des planches = -0,09 + 0,014 D + 0,00025 D<sup>2</sup>**

| Variable            | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP     |
|---------------------|----|----------------|-------------------|----------|
| Volume des planches | 11 | 0,98           | 0,98              | 0,000854 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient                 | Est.   | EE      | LI (95 %) | LS (95 %) | T     | p-valor | CpMallows |
|-----------------------------|--------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-----------|
| constante                   | -0,09  | 0,04    | -0,19     | 0,006     | -2,14 | 0,06    |           |
| Diam 1,30 (cm)              | 0,005  | 0,0040  | -0,004    | 0,01      | 1,29  | 0,23    | 3,61      |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,0002 | 0,00008 | 0,00006   | 0,0004    | 3,03  | 0,01    | 10,30     |

- **Analyse de la Variance (SC type I)**

| F, V,             | SC    | gl | CM     | F     | p-valor |
|-------------------|-------|----|--------|-------|---------|
| Modèle            | 0,2   | 2  | 0,12   | 344,4 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm)    | 0,2   | 1  | 0,24   | 679,7 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) ^2 | 0,003 | 1  | 0,003  | 9,2   | 0,0161  |
| Erreur            | 0,002 | 8  | 0,0003 |       |         |
| Total             | 0,25  | 10 |        |       |         |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,          | SC    | gl | CM     | F     | p-valor |
|----------------|-------|----|--------|-------|---------|
| Modèle         | 0,24  | 2  | 0,12   | 344,4 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) | 0,24  | 2  | 0,12   | 344,4 | <0,0001 |
| Erreur         | 0,002 | 8  | 0,0003 |       |         |
| Total          | 0,25  | 10 |        |       |         |

#### 7.5. Revenu bois sur pied de l'eucalyptus en fonction du diamètre à 1,30 m

**Revenu brut (du bois sur pied) pour l'industriel = -16,06 + 0,89 D + 0,04 D<sup>2</sup>**

| Variable            | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP   |
|---------------------|----|----------------|-------------------|--------|
| Revenu de cet arbre | 11 | 0,9885210      | 0,98565124        | 894419 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient                 | Est.  | EE   | LI (95 %) | LS (95 %) | T     | p-valor | CpMallows |
|-----------------------------|-------|------|-----------|-----------|-------|---------|-----------|
| constante                   | -16,0 | 7,4  | -33,2     | 1,17      | -2,14 | 0,06    |           |
| Diam 1,30 (cm)              | 0,8   | 0,6  | -0,6      | 2,46      | 1,29  | 0,23    | 3,61      |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 0,04  | 0,01 | 0,01      | 0,07      | 3,03  | 0,01    | 10,31     |

- **Analyse de la Variance (SC type I)**

| F, V,                       | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|-----------------------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modèle                      | 7247,6 | 2  | 3623,8 | 344,4 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm)              | 7150,6 | 1  | 7150,6 | 679,6 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) <sup>2</sup> | 97,0   | 1  | 97,0   | 9,2   | 0,01    |
| Erreur                      | 84,1   | 8  | 10,5   |       |         |
| Total                       | 7331,8 | 10 |        |       |         |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,          | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|----------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modèle         | 7247,6 | 2  | 3623,8 | 344,4 | <0,0001 |
| Diam 1,30 (cm) | 7247,6 | 2  | 3623,8 | 344,4 | <0,0001 |
| Erreur         | 84,1   | 8  | 10,5   |       |         |
| Total          | 7331,8 | 10 |        |       |         |

## 7.6. Revenu de l'eucalyptus en fonction de son diamètre pour une vente de poteaux

$$R = -2,6061 + 0,4852 D$$

- **Analyse de régression linéaire**

| Variable               | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | ECMP |
|------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Revenu de l'arbre (\$) | 18 | 0,94           | 0,94              | 0,50 |

- **Coefficients de régression et statistiques associés**

| Coefficient        | Est. | EE   | LI (95 %) | LS (95 %) | T    | p-valor | CpMallows |
|--------------------|------|------|-----------|-----------|------|---------|-----------|
| constante          | -2,6 | 0,4  | -3,4      | -1,7      | -6,1 | <0,0001 |           |
| Classe de diamètre | 0,4  | 0,02 | 0,4       | 0,5       | 16,6 | <0,0001 | 261,9     |

- **Analyse de la Variance (SC type III)**

| F, V,              | SC    | gl | CM    | F     | p-valor |
|--------------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modèle             | 114,0 | 1  | 114,0 | 277,1 | <0,0001 |
| Classe de diamètre | 114,0 | 1  | 114,0 | 277,1 | <0,0001 |
| Erreur             | 6,5   | 16 | 0,4   |       |         |
| Total              | 120,6 | 17 |       |       |         |