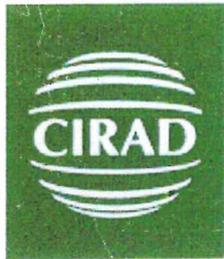


30 NOV. 1998

AG-125517
BA-182587



Maison de la Technologie
Programme Bois
73, rue Jean François BRETON
34032 Montpellier



Centre de Nancy
14, rue Girardet 54042 Nancy Cedex

**VALORISATION EN PARQUET ET EN TOURNERIE
DES CHENES VERTS DU DEPARTEMENT DE
L'HERAULT**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE L'ENGREF

Réalisé par : Sami BEN AMOR

Soutenu le 03 Novembre 1998

Encadrement

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet

Jean GERARD
Chercheur au CIRAD-Forêt
Montpellier

Bernard THIBAUT
Directeur de recherche au
CNRS/CIRAD-Forêt
Montpellier

37

Résumé

La ressource en bois de chêne vert dans le département de l'Hérault est importante. Le volume de bois sur pied dont le diamètre est supérieur à 20 cm est estimé à 76 000 m³. Cette partie de la production n'est pas exploitée car les bois de gros diamètre nécessitent un travail de reprise (fendage) long et coûteux.

Les essais physiques ont montré que ce bois est très dense et très dur. Cette caractéristique le rend adapté à la fabrication de parquet et de pré-débits destinés au tournage. Ses retraits de séchage sont élevés d'où la nécessité de travailler des pièces de petite dimension qui auront moins tendance à développer des défauts de séchage.

Les essais de transformation du Chêne vert ont permis d'obtenir des produits dont l'aspect très figuré constitue un atout majeur, mais qui présentent souvent des défauts liés à la qualité intrinsèque du bois (cœur noir, petits nœuds noirs). Un tri très strict des bois apparaît donc indispensable.

Le Chêne vert a une dureté élevée ce qui rend son sciage difficile si des lames standard sont utilisées. Des lames stellitées sont recommandées ainsi que l'utilisation d'un chariot adopté aux dimensions des billons. Le séchage des carrelets et des planchettes de parquet à l'air libre sous abri ne pose pas de problème à condition de respecter les règles habituelles préconisées pour les bois dont le séchage est délicat.

Les rendements matières entre le billon et le produit fini varient de 7 % pour les carrelets à 13% pour les lames de parquets.

Compte tenu des hypothèses de travail émises qui correspondent à un processus de transformation expérimentale, la fabrication des deux types de produit à partir du Chêne vert sera économiquement intéressante à condition :

- pour les carrelets, de doubler la productivité par rapport aux essais de transformation qui ont été réalisés et de vendre le produit à 1,80 F la pièce,
- pour les lames de parquets, d'augmenter la productivité de 40% (ce qui pourra se faire très facilement compte tenu de l'hypothèse de départ concernant les possibilités de production) ou d'augmenter le prix de vente du produit final qui devra être supérieur à 220F le mètre carré.

De façon analogue à certains parquets en bois tropicaux, le parquet de Chêne vert doit être considéré comme un produit de haut de gamme dont l'aspect esthétique est recherché, dont la fabrication consommera pas des volumes de bois importants, mais qui permettra d'apporter un complément de valeur ajoutée par rapport au bois de feu qui demeure le créneau d'utilisation majeur de cette essence.

Mes remerciements et ma gratitude vont à

*Messieurs **J. GERARD** et **B. THIBAUT**, pour m'avoir encadré tout le long de ce stage,*

*Mme **M. FOURNIER DJIMBI**, professeur à l'ENGREF/CIRAD-Forêt, pour m'avoir proposé ce stage,*

*Monsieur **M. BUFFET**, chef du département « Forêt » à l'ENGREF Nancy, pour avoir assisté à ma soutenance en tant que président du jury,*

*Monsieur **R. PELTIER**, chef du département « Foresterie Rurale et Tropicale » à l'ENGREF Montpellier pour avoir assisté à ma soutenance en tant que membre du jury,*

*Madame **VEDRINES**, ingénieur au SERFOB, pour m'avoir répondu à certaines questions et avoir assisté à ma soutenance en tant que membre du jury,*

*Mademoiselle **N. HAMZA**, ingénieur à l'IFN, pour m'avoir aidé à se procurer des données nécessaires pour la partie ressource en chêne vert,*

*Madame **A. THIBAUT**, technicienne au laboratoire « qualité et technologie des bois et dérivés », pour m'avoir trop aidé à réaliser les essais,*

*Monsieur **C. DAIGREMONT**, responsable de l'atelier du CIRAD, pour avoir transformé les billons de chêne vert,*

*Madame **A. ROUSSEL**, secrétaire du programme bois.*

Table des matières

I.	INTRODUCTION	3
<i>I1.</i>	<i>Contexte et objectif de l'étude</i>	<i>3</i>
<i>I2.</i>	<i>Présentation du chêne vert</i>	<i>4</i>
<i>I21.</i>	<i>Aire de répartition</i>	<i>5</i>
<i>I22.</i>	<i>Etage de végétation</i>	<i>5</i>
<i>I23.</i>	<i>Climat</i>	<i>5</i>
<i>I24.</i>	<i>Substrat</i>	<i>5</i>
<i>I25.</i>	<i>Croissance et longévité</i>	<i>6</i>
<i>I26.</i>	<i>Régénération naturelle</i>	<i>6</i>
<i>I27.</i>	<i>Sensibilité</i>	<i>6</i>
<i>I28.</i>	<i>Sylviculture</i>	<i>6</i>
<i>I29.</i>	<i>Description et anatomie de bois de chêne vert</i>	<i>6</i>
<i>I3.</i>	<i>Tentatives passées de valorisation de chêne vert :</i>	<i>7</i>
<i>I31.</i>	<i>Valorisation du chêne vert en panneaux de particules</i>	<i>7</i>
<i>I32.</i>	<i>Valorisation du chêne vert en panneaux de fibres</i>	<i>7</i>
<i>I33.</i>	<i>Valorisation papetière du chêne vert</i>	<i>8</i>
<i>I34.</i>	<i>Valorisation en traverses de chemin de fer</i>	<i>8</i>
<i>I35.</i>	<i>Valorisation en déroulage et tranchage :</i>	<i>8</i>
II.	LA RESSOURCE EN BOIS DE CHÊNE VERT	9
<i>II1.</i>	<i>Méthode de calcul et d'échantillonnage adoptés par l'IFN</i>	<i>9</i>
<i>II11.</i>	<i>Première phase</i>	<i>9</i>
<i>II12.</i>	<i>Deuxième phase</i>	<i>11</i>
<i>II13.</i>	<i>Troisième phase</i>	<i>11</i>
<i>II14.</i>	<i>Exploitation des données dendrométriques</i>	<i>13</i>
	<i>II14.1. Calculs sur chaque arbre (vif, mort ou chablis) :</i>	<i>13</i>
	<i>A. Volume</i>	<i>13</i>
	<i>B. Accroissement courant en volume</i>	<i>13</i>
	<i>C. Production biologique</i>	<i>14</i>
	<i>II14.2. Pondération des résultats</i>	<i>14</i>
<i>II15.</i>	<i>Disponibilité en bois</i>	<i>14</i>
	<i>II15.1. définition</i>	<i>14</i>
	<i>II15.2. Contraintes s'opposant aux calculs de la disponibilité</i>	<i>15</i>
	<i>II15.3. Quelques organismes s'intéressant à l'estimation de la disponibilité</i>	<i>15</i>
	<i>II15.4. Méthode utilisée par l'IFN pour l'estimation de la disponibilité</i>	<i>15</i>
	<i>A. Constitution des domaines d'études</i>	<i>15</i>
	<i>B. Scénarios de gestion</i>	<i>16</i>
	<i>C. Calcul des disponibilités</i>	<i>17</i>
	<i>D. Ventilation de la disponibilité</i>	<i>17</i>
<i>II2.</i>	<i>Ressource forestière en chêne vert</i>	<i>18</i>
<i>II21.</i>	<i>Surfaces occupées par le chêne vert</i>	<i>18</i>
<i>II22.</i>	<i>Volume sur pied</i>	<i>19</i>
<i>II23.</i>	<i>Types de peuplements de chêne vert</i>	<i>23</i>
<i>II24.</i>	<i>Accroissement courant et production biologique</i>	<i>23</i>
<i>II25.</i>	<i>Disponibilité en bois de chêne vert</i>	<i>24</i>
<i>II26.</i>	<i>Prélèvements en bois de chêne vert</i>	<i>25</i>
<i>II27.</i>	<i>Conclusion</i>	<i>26</i>

III. DETERMINATION DE QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DU BOIS DE CHENE VERT	28
III1. <i>Matériels et méthodes</i>	28
III11. Matériel végétal	28
III12. Méthode	29
III12.1. <i>Module d'élasticité longitudinal</i>	29
III12.2. <i>Densité</i>	30
III12.3. <i>Point de saturation des fibres (PSF) et le retrait</i>	30
III12.4. <i>Contrainte de rupture en flexion statique</i>	31
III12.5. <i>Dureté MONNIN</i>	32
III2. <i>Resultats</i>	33
III21. Evolution radiale de certaines propriétés	36
III21.1. <i>Retrait</i>	36
III21.2. <i>Densité</i>	36
III21.3. <i>Module d'élasticité</i>	37
III22. Relations entre propriétés	37
III22.1. <i>Module d'élasticité / Densité</i>	37
III22.2. <i>Contrainte de rupture / Densité</i>	38
III22.3. <i>Dureté / Densité</i>	38
III22.4. <i>Retrait volumique / densité</i>	38
IV. ESSAIS DE TRANSFORMATION EN BOIS D'ŒUVRE	40
IV1. <i>Sélection et classement des billons</i>	40
IV11. Sélection des bois	40
IV12. Classement des billons	40
IV2. <i>Transformation des bois</i>	42
IV21. Equipement utilisés	42
IV22. Méthode de transformation	42
IV22.1. <i>Sciage</i>	42
IV22.2. <i>Séchage</i>	43
IV23. Résultats	43
IV23.1. <i>Difficultés rencontrées</i>	43
A. Au cours du sciage	43
B. Au cours du séchage	44
IV23.2. <i>Description et tri des produits obtenus</i>	44
IV23.3. <i>Rendements</i>	44
V. RENTABILITE ECONOMIQUE DE LA TRANSFORMATION D'UN STERE DE BOIS ROND : PREMIERE APPROCHE	47
V1. <i>Hypothèses de production</i>	47
V2. <i>Coût de la matière première et prix des produits finis</i>	47
V3. <i>Temps d'opération</i>	48
V4. <i>Coût de transformation d'un stère de bois rond</i>	48
V5. <i>Les recettes</i>	51
V6. <i>Valorisation des déchets</i>	51
V7. <i>Résultats et discussion</i>	52
VI. CONCLUSION	54

I. INTRODUCTION

11. Contexte et objectif de l'étude

Le chêne vert est l'une des essences typiques qui poussent sous le climat méditerranéen comme espèces autochtones ; c'est une des principales essences des forêts désignées sous le vocable de maquis qui est un écosystème complexe, riche en espèces très hétérogènes résistant aux agressions.

Au sud de la Méditerranée, particulièrement en Afrique du nord, la pression démographique et le pâturage ont largement contribué à la régression des écosystèmes de chêne vert pourtant considérés comme les plus résistants. Dans cette région le chêne vert joue un rôle socio-économique indéniable, en effet, il fournit du bois de chauffage, du charbon de bois et des menus produits tels que des manches d'outils, des araires...etc. Il produit également une masse importante d'unités fourragères permettant de secourir et parfois même de sauver une partie du cheptel national marocain pendant les années de sécheresse et les années de soudure. Cela se traduit éventuellement par des pressions de plus en plus vives à l'égard de cette ressource forestière.

Au nord de la Méditerranée, au contraire, la déprise rurale permanente entraîne une extension continues des écosystèmes forestiers. Les écosystèmes de chêne vert sont sans doute les moins expansifs mais leur sous exploitation conduit à l'apparition de structures et d'architectures nouvelles liées entre autres au vieillissement de ces formations végétales (DUCREY, 1988). Ces nouvelles structures rendent les écosystèmes particulièrement sensibles aux incendies et aux ravageurs. Cette situation est aggravée par le mode de sylviculture pratiquée dans ces peuplements, caractérisée par l'absence d'interventions entre deux coupes à blanc. Le régime de taillis simple reste cependant bien adapté à la production de bois de chauffage qui constitue le principal débouché économique pour le chêne vert.

Une analyse de l'historique de la sylviculture des taillis de chêne vert (DUCREY, 1988) permet de comprendre la situation dans laquelle se trouvent la plupart des forêts de chêne vert aujourd'hui.

Soumis, avant 1860, à des exploitations nombreuses et répétées (tous les dix ans environ) en vu de la production de fagots, les taillis de chêne vert sont ensuite utilisés pour la production d'écorce à tan¹, la production de bois de chauffage se maintenant tous de même

Après la deuxième guerre mondiale la production d'écorce à tan a disparu et celle de bois de chauffage à remarquablement chuté. On assiste actuellement à une capitalisation de bois sur pied.

Le manque de connaissance des caractéristiques technologiques des petits bois comme le chêne vert et la faible diffusion de l'information sur leurs qualités et leurs possibilités d'utilisation, contribuent à l'écarter d'emplois industriels ou artisanaux potentiels. Ce qui se traduit par une perte de l'intérêt que l'on pourrait porter à ce bois. Par conséquent la seule valorisation qui demeure faisable est le bois de chauffage mais ce créneau qu'elle proportion absorbe t - il de la production biologique ?.

¹ Le tan : écorce de chêne pulvérisée utilisée pour la préparation des cuirs. Actuellement il est remplacé par des produits chimiques

Le chêne vert donne un bois de chauffage apprécié car possédant un fort pouvoir calorifique, brûlant lentement « sans crépiter », produisant beaucoup de braises et des cendres riches en potasse... Les fagots de chênes vert ont largement alimenté les fours de boulangers, les fours à chaux, les poteries, les tuileries et les verreries du siècle passé. Après la crise dans années 1970, le bois de chauffage est revendu cher par rapport au fuel (R. Marchal, 1989).

Son charbon de bois est léger, solide et brûle lentement. Le charbonnier a longtemps été l'agent le plus destructeur de la chênaie verte car il arrachait des souches où le bois est plus dense. Cette production est devenu très marginale à l'heure actuelle.

Il importe de signaler que même si les forêts de chêne vert ont aujourd'hui une valeur économique faible, elles sont loin d'être sans intérêt, leur fonction de protection des sols contre l'érosion, notamment, est importante. D'autres part, de nouvelles utilisations potentielles de ces forêts apparaissent (BOISSERIE M., 1990) :

- réalisation de pare-feu arboré,
- utilisation sylvo-pastorale.

Dans chacune de ces deux situations, une ouverture du taillis est nécessaire :

- afin de relever le couvert pour rendre le peuplement plus défendable contre l'incendie, on est amené à éliminer un certain nombre de brins de taillis.
- l'apparition d'un tapis herbacé, à des fins pastorales, est subordonnée à une diminution de la densité ou à la création de trouées.

On en conclue qu'une exploitation des forêts de chêne vert est indispensable pour garantir sa pérennité. Mais la question se pose : qu'est ce qu'on peut faire avec le bois de chêne vert sachant qu'il est de faible diamètre, nerveux, donnant des grumes courbées, se déforme au séchage...mais aussi c'est un bois de couleur claire, dur, et d'aspect très figuré.

Plusieurs tentatives de valorisation de chêne vert ont été réalisées, surtout sur le chêne vert marocain (voir plus loin).

La présente étude porte sur la valorisation en parquetterie et en carrelets de tournerie. Pour ceci on suivra les grandes lignes suivantes :

- étude de la disponibilité en bois de chêne vert dans la région et dans l'Hérault en particulier en se basant sur les données de l'IFN,
- étude de certaines propriétés physiques et mécaniques du bois de chêne vert de taillis,
- réalisation d'échantillons prototypes,
- faisabilité économique d'un tel projet.

Il a été considéré que la filière principale reste toujours le bois de chauffage, et que le chêne vert en tant que bois d'œuvre ne serait qu'une sous filière qui en dépend.

12. Présentation du chêne vert

Le chêne vert fait partie de la famille des fagacées. Les auteurs distinguent trois espèces de chêne vert : *Quercus ilex*, *Quercus rotundifolia* et *Quercus calliprinos*. Il n'est pas facile de cerner les différences biologiques et morphologiques de ces espèces entre elles.

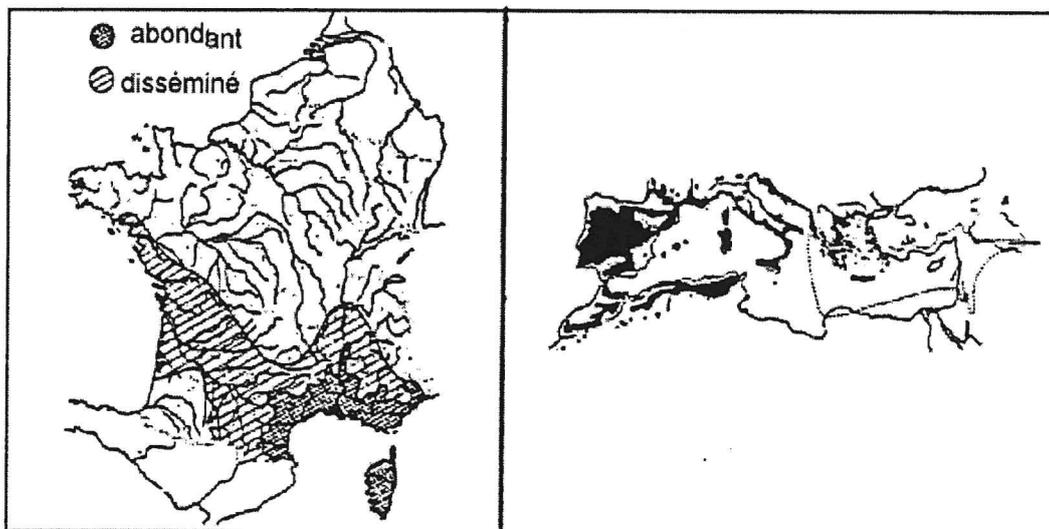
Le *Q. calliprinos* ne se rencontrerait que dans la partie orientale du bassin méditerranéen. Son aire de répartition est sensiblement complémentaire de celle des deux autres chênes verts assurant ainsi une parfaite couverture de l'aire méditerranéenne.

Sur le terrain, la distinction entre *Q.rotundifolia* et *Q.ilex* n'est pas aisée. La première serait plus méridionale et plus occidentale (Afrique du nord, majeure partie de l'Espagne méditerranéenne) alors que la seconde coloniserait les régions tempérées (littoraux, montagnes plus humides, îles...) (R. Marchal, 1989)

I21 Aire de répartition

Le chêne vert est spontané sur tout le pourtour méditerranéen au sud de l'Europe (Espagne, Portugal, Italie, Yougoslavie, Balkan), en Asie Mineure et en Afrique du Nord, où on le rencontre dans tout l'étendue du Maghreb, sur les collines et dans les montagnes, entre 600 et 2800 m d'altitude.

En France, il est relativement abondant depuis le sud des Alpes-Maritimes jusqu'aux Pyrénées Orientales, ainsi que sur le pourtour de la Corse. Il remonte dans la vallée du Rhône jusqu'à Valence. Il pénètre dans les vallées des Causses et du Périgord, - où il est parfois truffier - par taches ou par pieds isolés, jusque dans les Charentes et le Poitou. Il atteint également en certains points les dunes de Gascogne. Plus au nord, on le trouve jusqu'en Bretagne, par sujets isolés ou en plantations.



Carte 1: Répartition du chêne vert en France et dans le monde

I22. Etage de végétation

Méso-méditerranéen, mais aussi supra-méditerranéen, le chêne occupe dans ce dernier cas les stations les plus sèches (sommets, versants sud...).

I23. Climat

Très résistant à la sécheresse, le chêne vert Arrive à survivre sous une pluviosité annuelle de 400 mm. Il atteint son optimum de croissance vers 1000 mm. Aussi il craint les grands froids.

I24. Substrat

Il est présent sur tous les types de substrat, sauf les sols compacts, asphyxiants ou engorgés, où ses racines ne peuvent pénétrer. Sa croissance est en général meilleure sur roche mère non calcaire.

I25. Croissance et longévité

Il a une croissance très lente. Il peut atteindre une hauteur maximale de 20 à 25 m. sa longévité est de plusieurs siècle.

I26. Régénération naturelle

Les glandées sont abondantes et régulières, mais la régénération naturelle est très rare (visible parfois dans les futaies de Pin d'Alep) car c'est une essence très exigeante en lumière.

I27. Sensibilité

Outre les chenilles défoliatrices, comme les autres espèces de chêne, le chêne vert est sensible à un bupreste (*Coroebus bifasciatus*) dont les galeries creusées dans le bois des charpentières se terminent par une double boucle circulaire : les branches atteintes dépérissent, sèchent sur pied et se brisent sous l'action du vent.

I28. Sylviculture

On n'a pas mis au point une sylviculture propre aux chênes méditerranéens car ils sont considérées comme essences marginales. Le chêne vert est traité en taillis simple à rotation suffisamment longue (40 à 50 ans) avec absence d'interventions entre deux coupes rases. La mise en réserve d'une centaine de baliveaux à l'hectare est à proscrire : ils dépérissent ou sont l'objet de descentes de cime dans de très nombreux cas.

La conversion en futaie sur souche est possible lorsque le peuplement est suffisamment dense et élevé. L'opération doit être conduite avec beaucoup de prudence, en maintenant le couvert fermé pendant toute la période de vieillissement du taillis.

I29. Description et anatomie de bois de chêne vert (voir schéma 1)

Ce bois possède une structure homogène sans zone initiale poreuse. Les cernes d'accroissement sont peu distincts, marqués par un changement de coloration. Son aubier est peu distinct : c'est un bois clair, à grain fin et serré, les maillures sont rapprochés. Son plan ligneux se présente ainsi :

- Pores diffus : 50 à 150 μm ,
- Pores de la zone initial un peu plus gros que ceux de zone finale.
- Rayons ligneux très marqués : la plupart sont unisériés et haut de 10 cellules en moyenne. Mais un rayon sur 15 ou 20 est plurisérié, atteignant 25 à 30 cellules de large et plusieurs centimètres de hauteur. Le volume des rayons ligneux représente environ 30 % de celui de l'ensemble du bois (R. MARCHAL, 1989).
- Forme générale des cernes souvent irrégulière, le contour est sinueux,
- Parenchymes paratrachéal diffus.

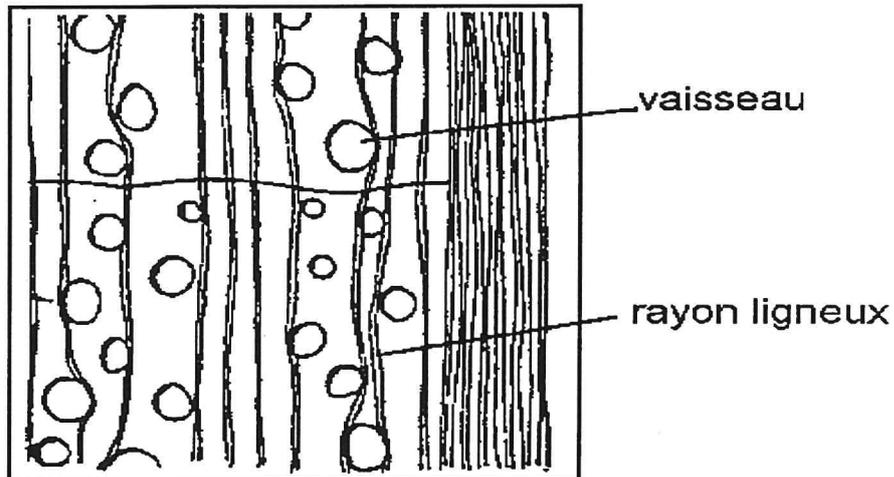


Schéma 1 : Coupe transversale du bois de chêne vert

13. Les tentatives passées de valorisation de chêne vert

Le chêne vert a bénéficié d'un certain nombre d'études pour le compte des pays disposant d'une ressource abondante de cette essence comme le Maroc et la Portugal. Parmi ces études on peut citer :

I31. Valorisation du chêne vert en panneaux de particules

Le but de cette étude, réalisée à la station technologique forestière de Gembloux, était de voir l'aptitude du bois de chêne vert à fournir des panneaux de particules à l'état pur ou mélangé à d'autres essences, tout en respectant les normes en vigueur. Pour ceci on a fabriqué trois types de panneaux de particules :

1. en chêne vert seul : panneaux homogènes,
2. en chêne vert et en Eucalyptus sous forme de panneaux homogènes,
3. en chêne vert et en Eucalyptus sous forme de panneaux trois couches dont la couche médiane est constituée en chêne vert et les couches externes en Eucalyptus.

Ces essais ont conduit aux conclusions suivantes :

- Les panneaux homogènes fabriqués en chêne vert seul ont des propriétés physiques bonnes, par contre les propriétés mécaniques sont tellement faibles qu'elles n'atteignent même pas les valeurs minimales exigées par les normes en usage en Europe, surtout en ce qui concerne la résistance à la flexion.
- Pour respecter les normes la proportion de chêne vert dans le mélange ne doit pas dépasser 50 % en panneaux homogènes et 60 % en panneaux à trois couches.

I32. Valorisation du chêne vert en panneaux de fibres

Toujours à la même station, on a montré, comme le cas des panneaux de particules, que le chêne vert fournit des panneaux de fibres de qualité moyenne sinon faible surtout sur le plan mécanique.

Pour obtenir des panneaux satisfaisants, il faut augmenter leur densité ce qui se traduira par des panneaux lourds souvent rejetées par les transformateurs et les particuliers. Comparés avec l'eucalyptus les panneaux issus de chêne vert sont nettement inférieurs sur le plan mécanique.

I33. Valorisation papetière du chêne vert

Des essais effectués au laboratoire par la société BASICO en ancienne R.F.A. en 1974 n'ont pas abouti à des résultats encourageants.

I34. Valorisation en traverses de chemin de fer

Des essais réalisés au CTFT (Centre Technique Forestier Tropical, c'est le CIRAD Forêt actuellement) ont montré que les caractéristiques physiques et mécaniques du chêne vert semblent lui conférer une bonne aptitude à l'utilisation en traverses de chemin de fer. Notamment la résistance à l'arrachement des tire-fond et l'aptitude à l'imprégnation sous pression à la créosote. Néanmoins les exigences dimensionnelles des traverses définies par le code UIC (Union International des Chemins de fer) peuvent lui être défavorables puisque les grumes destinées à une telle application devraient avoir une longueur supérieure à 2,60 m et un diamètre supérieur 22 cm en plus d'une qualité correcte. Il est bien clair que des fûts remplissant ces conditions ne sont pas très répandus.

I35. Valorisation en déroulage et tranchage :

Rémy MARCHAL en 1989, dans le cadre de sa thèse sur les bois des chênes méditerranéens a montré qu'une coupe jusqu'à une épaisseur de 2/10 mm est envisageable industriellement sans difficulté avec un angle de dépouille élevé (4 à 5°), une vitesse modeste, éventuellement une barre de pression comme limiteur de passe et / ou un étuvage préalable des bois entre 60 et 80°C. Par contre en plus forte épaisseur (1 mm), l'usage de la barre de pression interdit un étuvage trop important : un faible taux de compression (10 – 12%) couplé à un étuvage modeste (60 %) donne de bons résultats.

Marchal a montré aussi que l'utilisation de tels placages en production de multiplis de type LVL permettrait une valorisation des bonnes propriétés mécaniques de ces bois et crée une importante plus-value.

Il faut signaler que même les résultats encourageants n'ont pas été concrétisés en raison de l'absence de vulgarisation et d'études exhaustives qui vont jusqu'à la faisabilité économiques. Malgré cela, certains industriels surtout de l'industrie artisanale ont extériorisé leur volonté de contribuer à la valorisation de bois de chêne vert. Une association de Menuisiers Ebénistes en Corse du Sud avait déposé en 1994, auprès de l'ADEC (Agence pour le Développement Economique de la Corse), une demande concernant l'utilisation des bois du maquis corse dans les domaines de la décoration et du mobilier.

II. LA RESSOURCE EN BOIS DE CHENE VERT

Dans cette partie nous nous basons (surtout) sur les données de l'IFN (Inventaire Français National). Il est important de présenter brièvement la méthode d'échantillonnage et de calcul.

II1. Méthode de calcul et d'échantillonnage adoptés par l'IFN

La méthode adoptée par l'IFN est celle du sondage à trois phases (voir schéma 2).

II11. Première phase

Elle consiste à faire un échantillonnage systématique sur photographies aériennes. On effectue 15 à 20 000 points de sondage par département, soit un point pour 30 à 40 ha. Cette première opération a pour but d'analyser les formations à inventorier et de donner une première évaluation de leur importance à la date des photos en se basant uniquement sur la photo-interprétation.

Les critères relevés sur chaque point sont les suivants² :

- usage du sol : on distingue :
 - les formations boisées de production : ce sont des formations jouant essentiellement un rôle de production (bois, liège, gemme, écorce, arbre de Noël). Les noyeraies, les vergers d'arbres fruitiers (sauf les châtaigniers), les truffières cultivées les pépinières forestières de plus de 1 ha et les vergers à graines ne sont pas considérés comme formations de production. Ainsi les peupleraies cultivées, en raison de leur caractère particulier.
 - les formations boisées de protection : ils jouent un rôle, soit de protection proprement dite (contre le ruissellement, le vent, les avalanches, la pollution atmosphérique, les incendies) ; soit un rôle esthétique ou récréatif (parcs urbains ou suburbains) ou un rôle culturel (réserves naturelles, sites classés).
 - les peupleraies cultivées : il s'agit de peuplements artificiels composés de peupliers cultivés plantés à espacement réguliers. Elles doivent d'autres part comporter au moins 100 peupliers plantés par hectare (et régulièrement répartis) dont 50 encore vivants au passage de l'équipe de terrain.
 - les landes : ce sont de étendues de terrain où ne croissent que certaines plantes sauvages telles que : l'ajonc, bruyère, genêt...etc.
 - les terrains agricoles
 - les terrains improductifs
 - eaux

- Propriété : privée, publique (domaniale ou communale)

² Pour éviter toute confusion de définitions il nous a paru nécessaire de donner les définitions à la base desquelles l'IFN fait ses sondage et calculs.

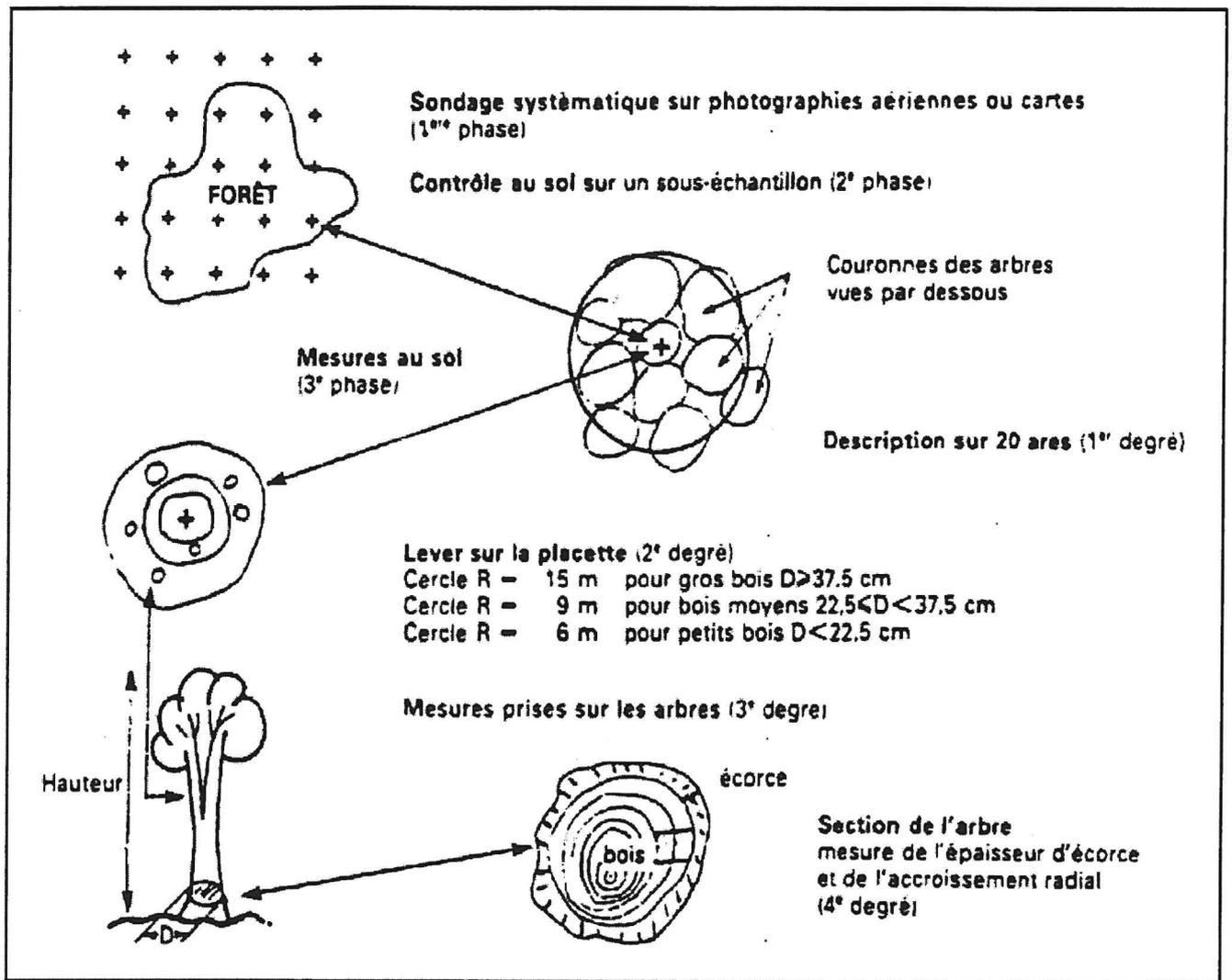


Schéma 2 : Schéma simplifié des diverses opérations d'inventaire forestier

- Région forestière : par définition c'est une division territoriale où règnent en moyenne des conditions similaires ou équivalentes du point de vue forestier et qui présentent
- généralement des types de forêt ou des types de paysage comparables. Les limites des régions forestières sont tracées indépendamment des limites administratives (départements, cantons, communes).
- Type de peuplement : il est noté en photo-interprétation puis contrôlé au sol par les équipes de terrain. C'est un ensemble forestier, continu ou discontinu, qui présente une unité suffisante de point de vue de son intérêt économique, direct ou indirect, et des problèmes qu'il pose pour sa mise en valeur et son exploitation.
La classification repose essentiellement sur la structure des peuplements et leur composition en essences forestières. On distingue, par exemple, en Languedoc-Roussillon : le taillis feuillu, la futaie feuillue, la futaie résineuse, le mélange futaie résineuse-taillis (ou futaie mixte), la châtaigneraie à fruits, les garrigues et maquis, et les boisements lâches montagnards.
- Altitude et exposition.

Pour les formations boisées de production on effectue les levés au sol (deuxième et troisième phase), alors que pour le reste des formations à s'arrêter à ce niveau.

III2. Deuxième phase

Dans cette étape un échantillonnage au hasard est réalisé de l'ordre de 1 500 points de sondage par département, soit 1 point pour 100 ha. Le but de cette phase est de valider les résultats de la photo-interprétation (de la première phase) sinon faire les rectifications nécessaires et, par là, arrêter définitivement, à la date de l'inventaire, l'importance des formations inventoriées.

III3. Troisième phase

La deuxième et troisième phase sont, pratiquement toujours simultanées et confondues dans leurs exécutions. L'unité de sondage adoptée est un cercle concentrique de 25 m de rayon. Les données prélevées sont les suivantes :

➤ Description du peuplement :

Elle ne prend en compte que les arbres recensables³ vivants et les brins non recensables d'avenir (sont donc exclus les arbres morts, chablis, coupés, le sous-étage non recensable sans avenir)

- Le couvert : dense, clair,...
- La structure forestière : taillis simple, taillis sous futaie, futaie régulière, futaie irrégulière,
- L'essence prépondérante : c'est l'essence qui présente le plus fort couvert libre relatif dans la strate considérée (futaie ou taillis). Pour les mélanges futaie-taillis, la strate concernée est celle de la futaie sauf précision contraire,
- Le classe d'âge dans les peuplements réguliers,

³ Pour l'IFN l'arbre est recensable à partir d'un diamètre de 7.5 cm.

- L'exploitabilité : elle consiste à estimer le degré de difficulté pour exploiter la placette considérée, pour le faire on se base sur des classes d'exploitabilité définies au préalable,
- L'évolution du peuplement : mentionner s'il y a des actions de régénération, de conversion, de transformation, etc.

➤ Données écologiques :

Telles que la pente, la topographie, la géologie, la pédologie et la flore.

➤ Mesures et observations sur les arbres :

Pour faire ses mesures, l'IFN découpe, fictivement, l'arbre en 3 parties : le premier billon de la bille de pied, le deuxième billon de la bille de pied et les surbilles de tige qui s'arrêtent à la découpe 7 cm. Ces mesures portent en gros sur :

- Les diamètres
- Les hauteurs
- Les surfaces terrières
- L'accroissement radial
- La qualité des bois
- Et éventuellement l'âge et l'épaisseur de l'écorce.

L'annexe 1 présente clairement les différentes découpes et mesures prises.

Pour adapter l'unité de sondage à la nature, et surtout, à la densité des peuplements à échantillonner, on utilise un dispositif de sondage (voir figure 1 et tableau 1) composé de trois placettes circulaires concentriques, centrées sur le point échantillon. Elles sont contenues dans l'unité de sondage de la deuxième phase qui est le cercle, concentrique, de 25 m de rayon.

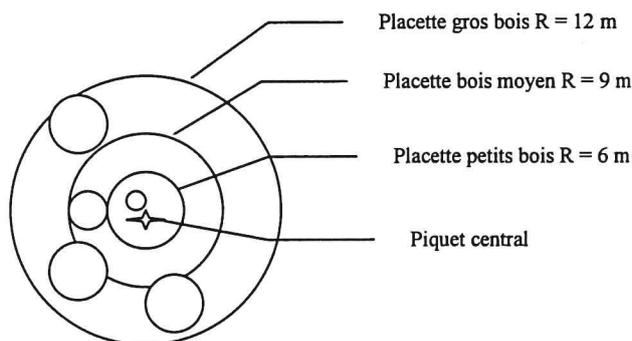


Figure 1: Dispositif de sondage des formations de boisement (IFN)

Placettes 3 ^e phase		Arbres concernés	
Rayon (m)	Superficie (ares)	Catégorie de dimension IFN	Diamètre (cm) à 1.30 m
6	1.13	Petits bois vifs	7.5 à 22.4
9	2.54	Moyens bois vifs	22.5 à 37.4
15	7.07	Gros bois vifs	37.5 et plus
		Tous arbres morts, accidentés ou coupés, depuis moins de 5 ans	7.5 et plus

Tableau 1: arbres recensés dans chaque placette (IFN)

III4. Exploitation des données dendrométriques

Les données dendrométriques obtenues seront enregistrées dans la base des données de l'IFN et seront exploitées pour faire les calculs suivants :

III4.1. Calculs sur chaque arbre (vif, mort ou chablis) :

A. Volume

La méthode de cubage de l'IFN a été initiée par L. BRENAC dès sa création, elle consiste à découper de bas en haut la tige principale en : (voir annexe 1)

- Un « premier billon » de 2.60 m de longueur dont le volume est obtenu par la formule cylindrique : surface de la section à 1.30 m multipliée par 2.60 m. le volume obtenu est dit commercial ;
- Un « second billon » situé entre 2.60 m de haut et la première déformation observée sur la tige : grosse branche ou décroissance brutale. Ce second billon qui correspond en général à la partie principale de la tige, est cubé par la formule de NEWTON (ou formule des trois niveaux).

A cet effet, on mesure les diamètres suivants :

$D_{2.6}$: diamètre à 2.60 m de haut, c'est à dire à la base du deuxième billon ;

D_d : diamètre découpe, à l'extrémité supérieure de ce même billon ;

D_m : diamètre au milieu du deuxième billon.

$$V(2^e \text{ billon}) = \frac{\Pi}{24} (D_{2.6}^2 + 4D_m^2 + D_d^2)(H_d - 2.6)$$

où $(H_d - 2.6)$ est la longueur du deuxième billon.

Le volume en bois des surbilles de tige est la somme des volumes commerciaux de chacune.

B. Accroissement courant en volume

L'accroissement en volume d'un arbre au cours de la période de 5 ans précédent l'inventaire est par définition égal à la différence entre son volume calculé à la date de l'inventaire et son volume estimé 5 ans auparavant. Ce dernier est calculé à partir des mesures d'accroissement radial et d'accroissement en hauteur sur 5ans précédent l'inventaire.

Pour le calculer on applique la formule suivante :

$$\text{Accroissement} = \frac{V}{5} \times \left[1 - \left[\frac{D_{130} - (2 \times EC) - (2 \times AR_5)}{D_{130} - (2 \times EC)} \right]^2 \times \frac{(H_t - L_5)}{H_t} \right]$$

Avec :	V	: volume total de l'arbre
	$D_{1.3}$: diamètre à 1.30 m
	EC	: épaisseur de l'écorce
	AR_5	: accroissement radial pour les 5 dernières années
	H_t	: hauteur total de l'arbre

L'accroissement en volume IFN d'un peuplement est la somme pondérée des accroissements individuels des arbres vifs recensables et des arbres coupés pendant les 5 ans précédant

l'inventaire, le tout rapporté à l'année : il s'agit donc d'un accroissement courant annuel en volume (moyenne sur 5 ans), exprimé soit en m³/an soit en m³/ha/an.

C. Production biologique

La production biologique IFN d'un peuplement est la somme de son accroissement courant en volume et du passage à la futaie (appelé aussi recrutement) pendant les 5 ans précédant l'inventaire, le tout rapporté à l'année.

Le recrutement est la somme des volumes des arbres qui sont passés recensables pendant ces 5 ans.

Il s'agit donc d'une production courante annuelle en volume, exprimée soit en m³/an soit en m³/ha/an.

III4.2. Pondération des résultats

Pour passer des résultats-arbres (recensés au cours de la troisième phase de l'inventaire) aux résultats à l'hectare, on utilise des coefficients de pondération calculés en se référant aux placettes de sondages relatives aux différentes catégories de bois

Ces coefficients sont :	petits bois :	88.42
	moyens bois :	39.29
	gros bois :	14.15

Pour passer des résultats à l'hectare aux résultats totaux, on calcule la surface d'extension de chaque point de sondage (elle est de 100 ha en moyenne)

$$\text{valeurs} \cdot \text{pondérée} \cdot \text{totale} = \sum (\text{valeurs} \cdot \text{à l'ha} \times \text{surface} \cdot \text{d'extension})$$

Ces valeurs sont : volume, accroissement en volume, surface terrière, recrutement...

III5. Disponibilité en bois

C'est vrai que la connaissance de l'accroissement biologique donne une bonne idée sur la ressource et par la suite sur le volume qu'on pourrait exploiter annuellement, sans porter préjudice à la forêt. Néanmoins, certains facteurs font que cet accroissement ne soit pas toujours exploitable pour différentes raisons : accessibilité aux peuplements...d'où la notion de la disponibilité.

III5.1. Définition

Tout d'abord, il importe de signaler la présence de différentes significations du mot disponibilité : on l'a défini comme "la quantité totale de bois qu'on pourra prélever pendant une période donnée, dans une zone donnée, si l'on applique des règles raisonnables de gestion". Ces dernières doivent assurer la gestion durable des forêts de la région. Elles doivent ainsi intégrer les différents objectifs de production, d'accueil du public et de protection générale des milieux et paysages.

Une telle définition, appelée par certains auteurs la **disponibilité physique ou théorique**, donne la disponibilité globale en bois, qui pratiquement ne peut pas être mise en marché dans sa globalité vu les contraintes économiques liées aux coûts d'exploitation, de débardage, de transport, transformation...Seule une étude de marché, pourra définir la part de cette

disponibilité qui peut effectivement être commercialisée. D'où une autre définition de la disponibilité appelée **disponibilité économique** (R. MARCHAL, 1989).

III5.2. Contraintes s'opposant aux calculs de la disponibilité

Les principales contraintes qui s'opposent à la détermination de la disponibilité sont (R. MARCHAL, 1989):

- La mauvaise connaissance de la structure des peuplements pour les classes d'âges qu'ils renferment. Un peuplement avec beaucoup de jeunes arbres présentera une importante production biologique mais ils ne peuvent pas être exploités car ils sont non matures. Ce problème ne se pose pas aux chênes méditerranéens car la quasi totalité est sous forme de taillis,
- Les pertes qui dépendent des conditions d'exploitation suivant qu'on se trouve en montagne ou en plaine,
- Les contraintes environnementales à savoir la protection des sols, la restauration des terres de montagne (RTM), la préservation de la biodiversité... réglementent l'exploitation,
- Les facteurs socio-économiques dont le principal facteur est la structure foncière de la forêt : l'extrême morcellement de la forêt privée peut rendre certaines opérations sylvicoles et d'exploitation irréalisables car trop coûteuses.

III5.3. Quelques organismes s'intéressant à l'estimation de la disponibilité

Différents organismes ont travaillé sur l'évaluation de la disponibilité, parmi eux on peut citer:

- Le SERFOB, qui réalise dans chaque région administrative ses propres prévisions de disponibilités forestières en projetant sur l'avenir les chiffres d'exploitation passées. Ces chiffres sont uniquement ventilés en "bois d'œuvre" et bois d'industrie" et pour les deux ou trois essences représentant le plus gros volume sur pied. Ainsi pour la région Languedoc-Roussillon on a réparti les résultats concernant les feuillus entre le hêtre et la catégorie "autres feuillus". Les chênes méditerranéens ne sont pas pratiquement pris en compte dans les statistiques d'exploitation forestière à cause surtout de l'importance de l'autoconsommation,
- Les CRPF établissent des prévisions relativement imprécises dans le cadre de l'élaboration d'"orientations régionales de production".
- L'IFN s'intéresse de plus en plus à l'évaluation des disponibilités et publie à la fin de chaque cycle d'inventaire deux tomes sur "l'étude de la ressource forestière et de les disponibilités" pour chaque région française.

III5.4. Méthode utilisée par l'IFN pour l'estimation de la disponibilité

La méthode, utilisée par l'IFN, consiste à répartir les formations boisées de production d'une région en différents ensembles de peuplements susceptibles d'être soumis à un même scénario de gestion : ce sont les domaines d'études (D.E.), puis à appliquer un ou plusieurs scénarios moyens à chaque domaine d'étude ainsi défini.

A. Constitution des domaines d'études

Ils doivent comporter au moins 50 points de sondage et recouvrir au moins 5000 ha pour être bien représenté par les données IFN. Les critères utilisés pour la définition des domaines d'études en Languedoc-Roussillon sont :

- la catégorie de la propriété : privée ou public,

- l'essence prépondérante,
- le(s) département(s) et, chaque fois que possible, la (les) région(s) forestière(s).

En L.R, l'IFN a défini 59 D.E dont 32 en forêt privée et 27 en forêt public. Ce nombre important de D.E est dû à l'extrême diversité des essences, aux conditions stationnelles et aux modes de gestion sylvicoles pratiqués dans la région.

L'ensemble des domaines d'études, pour toute la région L.R, couvrent une superficie de 762700 ha dont :

- peuplements inventoriés : 697 200 ha
- peuplements non inventoriés : 65 500 ha

Les surfaces non traitées sont de 112 500 ha correspondent à des essences trop peu représentées pour constituer un domaine d'étude et aux régions forestières marginales. Les disponibilités en bois étaient considérées comme négligeables dans ces peuplements.

Pour chaque domaine d'étude ainsi défini, une analyse détaillée a été réalisée, permettant de caractériser les peuplements avant l'élaboration des scénarios.

B. Scénarios de gestion

A chaque domaine d'étude on a appliqué deux scénarios de gestion :

- scénario actuel : prolongement de la gestion actuelle
- scénario optimal : gestion optimale (c'est à dire « ce que l'on souhaiterait faire »).

Chaque scénario est résumé en rattachant chaque intervention sylvicole à deux grands types de coupes :

- coupe de régénération : il s'agit des coupes de régénération, transformation et des coupes rases de taillis simples. Les hypothèses sylvicoles à définir sont : l'âge d'exploitabilité pour la futaie régulière, la conversion en futaie régulière et les taillis simples ou le diamètre d'exploitabilité pour la futaie irrégulière.
- coupe d'amélioration : il s'agit des coupes d'éclaircies dans les peuplements traités en futaie régulière et en conversion et des coupes de balivage dans les taillis. Les hypothèses sylvicoles à prendre en compte sont :
 - l'âge de la première éclaircie,
 - la rotation des coupes,
 - le taux de prélèvement de chaque éclaircie, exprimé soit en pourcentage du volume sur pied ou du nombre de tiges soit en m³/ha/an,
 - le taux de réalisation des coupes : cette hypothèse est introduite en forêt privée afin de tenir compte des forêts gérées de façon extensive. C'est le rapport entre les coupes effectivement réalisées et la totalité des coupes qui devraient l'être, compte tenu de scénario proposé.

Les scénarios adoptés pour chaque domaine d'étude ont été élaborés en étroite collaboration avec les gestionnaires privés et publics. Ils s'appuient donc essentiellement sur une connaissance pratique de la gestion sylvicole appliquée ou susceptible d'être appliquée en L.R.

C. Calcul des disponibilités

La période choisie par l'IFN pour l'estimation des disponibilités en L.R. s'étend sur 15 ans (1996-2010) : cette durée correspond aux durées d'applications moyennes actuellement pratiquées pour les plans simples de gestion et pour les aménagements en forêts publiques. L'IFN a utilisé deux méthodes pour calculer les disponibilités en bois selon le type de l'essence prépondérante concernée.

La première appliquée sur les peuplements résineux prépondérants, en utilisant un modèle de simulation de l'évolution des peuplements réguliers par classe d'âge. ce modèle est mis en œuvre dans le logiciel PCSIMUL développé à l'IFN : Il s'agit d'une méthode dynamique qui fournit une évolution des disponibilités en bois par tranche de 5 ans sur la période considérée.

La deuxième appliquée sur les peuplements feuillus appelée "méthode des disponibilités brutes" mise en œuvre dans le logiciel DISFO C'est une méthode statique qui consiste à diviser les peuplements en un groupe de régénération et un groupe d'amélioration moyennant la détermination d'un diamètre limite pour chacun des groupes.

Aussi il faut définir au préalable deux paramètres importants :

- le taux d'éclaircie à appliquer au groupe d'amélioration. ce taux (volume des coupes d'éclaircies + la mortalité sur la durée d'aménagement $n / n \times$ production biologique), est généralement pris égal à 50 %, sauf en taillis simple où il est de 0 %,
- le volume de la coupe totale pour le groupe de régénération.

Il a paru illusoire de calculer des disponibilités par tranche de 5 ans pour les peuplements feuillus compte tenu de l'importance des taillis et de la longueur des rotations utilisées pour les éclaircies (de 10 à 20 ans).

Le calcul des disponibilités dans les groupes de régénération (cas de chêne vert) est basé sur la formule :

$$\text{disponibilité en régénération} = V/d + P/2 \text{ en m}^3/\text{an}$$

avec : V : volume sur pied du groupe de régénération

P : production courante du groupe de régénération en m^3/an

d : durée de la régénération

Le calcul des disponibilités est réalisé pour chaque domaine d'étude et chaque scénario en distinguant les coupes d'amélioration et les coupes de régénération.

D. Ventilation de la disponibilité

Différents critères de ventilation sont utilisés par l'IFN :

- l'essence ou le groupe d'essence,
- la qualité des bois : on distingue, le bois d'œuvre et le bois d'industrie/chauffage,
- la classe de diamètre à 1.30 m regroupés selon l'essence (cm),
- l'exploitabilité.

II2. La ressource forestière en chêne vert

Dans cette partie nous allons essayer d'étudier la ressource en chêne vert grossièrement en Languedoc-Roussillon et d'une manière plus détaillée dans l'Hérault. Pour ceci nous sommes basés sur les données de l'IFN.

Les documents publiés par l'IFN ne comportent pas des données détaillées sur le chêne vert, ce dernier reste marginal devant les essences plus exploitées et mieux réputées telles que : le Hêtre, le Sapin, le Pin... Par conséquent il a fallu consulter la base de données de l'IFN et s'entretenir avec Nabila HAMZA (Ingénieur à l'IFN) qui a beaucoup travaillé sur l'estimation de la ressource en bois.

L'IFN dispose actuellement des résultats de trois cycles d'inventaires pour tous les départements de la région Languedoc-Roussillon, (voir tableau 2).

Il est difficile de comparer les valeurs de la ressource relatives à chaque département vue que leurs cycles d'inventaires n'ont pas été faits dans la même période.

Département	Cycle d'inventaire	Date des levés de terrain
Aude	1	1969
	2	1978
	3	1989
Gard	1	1973
	2	1982
	3	1993
Hérault	1	1974
	2	1983
	3	1997
Lozère	1	1969
	2	1979
	3	1992
Pyrénées-Orientales	1	1971
	2	1980
	3	1991

Tableau 2: Cycles et dates d'inventaires par département (IFN, 1997)t

II21. Surfaces occupées par le chêne vert

Le tableau 2 présentant la surface boisée de production par département montre que le Gard et l'Hérault comportent presque les mêmes superficies boisées en chêne vert de production.

départ	cycle d'inv	année	surface (ha)		
			publique	privée	totale
Aude (11)	3	1989	5 364	26 699	32 063
Gard (30)	3	1993	14 746	68 737	83 483
Hérault (34)	3	1997	8 995	68 375	77 370
Lozère (48)	3	1992	9	2 610	2 619
PO (66)	3	1991	1 498	20 634	22 132
Région			30 612	187 055	217 667

Tableau 3 : Surfaces boisées de production par département (IFN, 1997)

L'Hérault représente 36 % de la superficie boisée en chêne vert, il vient en deuxième position après le Gard avec 38 %

On constate aussi que la propriété privée domine (86 % de la totalité des surfaces). Pour le département du Gard ce n'est que 18 % de la superficie qui est publique, cette dernière est encore plus faible pour l'Hérault et n'est que de 12 % seulement.

Il faut signaler que seulement le département de l'Hérault a été intégralement inventorié. Les autres départements ont été inventoriés en partie et l'IFN a procédé à estimer les volumes sur pied non inventoriés. En effet, les superficies boisées en chêne vert non inventoriées sont de :

- 13 500 ha pour l'Aude (1989),
- 68 300 ha pour le Gard (1993).

II22. volume sur pied

départ	cycle d'inv	année	publique	privée	totale
Aude (11)	3	1989	192 407	710 061	902 468
Gard (30)	3	1993	452 616	1 445 450	1 898 066
Hérault (34)	3	1997	165 899	1 527 940	1 693 839
Lozère (48)	3	1992	2 166	152 058	154 224
PO (66)	3	1991	64 646	673 854	738 500
Région			877 735	4 509 362	5 387 097

Tableau 4 : Volumes sur pied (en m³) par département et propriété (IFN, 1997)

La ventilation par propriété et département montre que 84 % du volume sur pied est privé. L'Hérault et le Gard renferment 67 % du volume sur pied régional. L'Hérault renferme 32 % de ce volume dont 10 % uniquement sont publiques (voir tableau 4).

Si on étudie la répartition du volume sur pied par classes de diamètre dans l'Hérault (voir graphiques 1 et 2) on remarque que :

- La forêt privée couvre un nombre de classes de diamètre plus important,
- Une distribution asymétrique des volumes par classes de diamètre, dont la médiane se situe entre les classes 10 et 15, en plus il n'y a pas un équilibre entre gros et petits bois ceci est dû au fait que la quasi totalité de la ressource est sous forme de taillis (voir tableau 7). En effet, les trois premières classes (10, 15, 20) renferment 97 % du volume de chêne vert sur pied dans la forêt publique et 95 % dans la forêt privée. Ceci confirme que la ressource en bois de chêne vert est de nature « petits bois ». Comme contre exemple, on

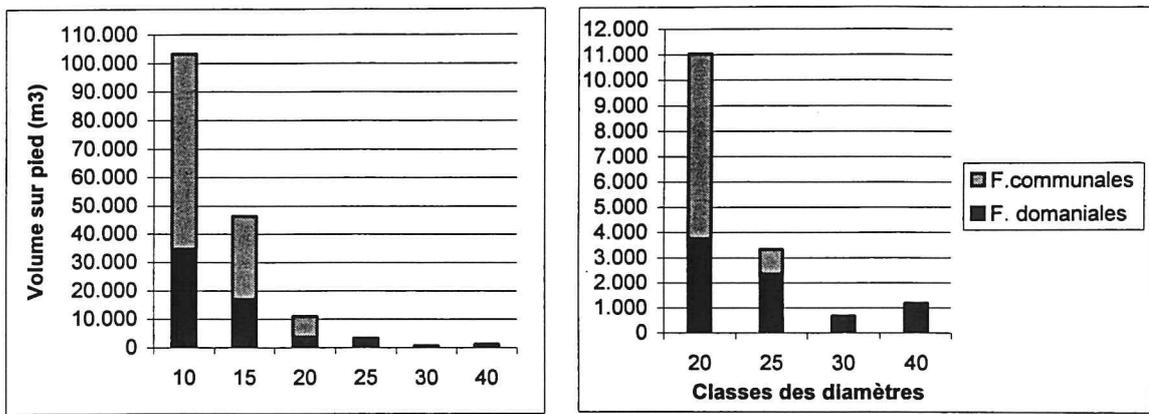
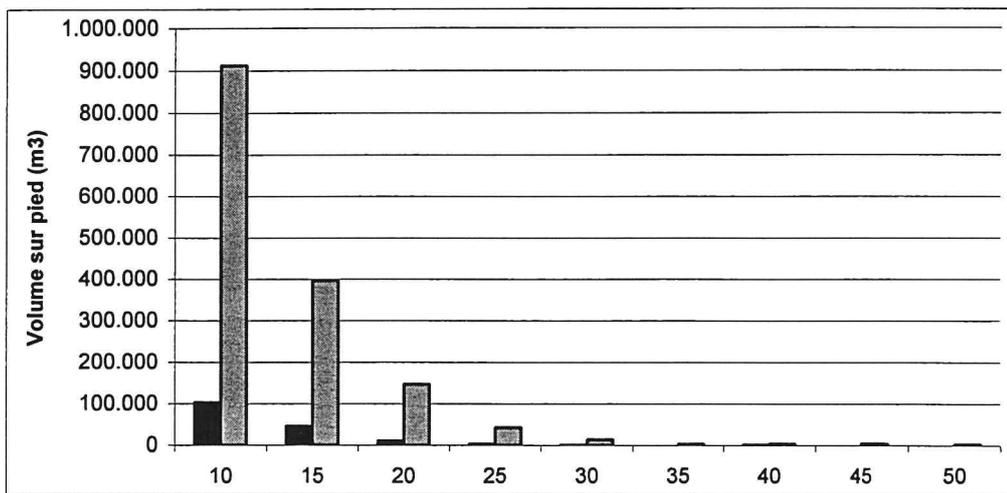


Figure 1 : Répartition du volume sur pied par classes de diamètre dans la forêt soumise



si on fait un "ZOOM" au niveau des classes de diamètre 25, 30, 35, 40, 45, 50 on obtient :

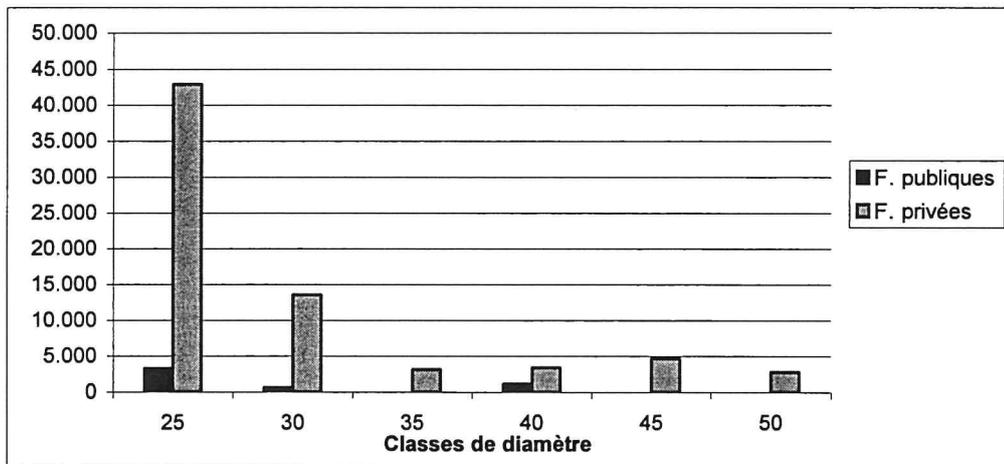


Figure 2 : Répartition du volume sur pied de chêne vert par classes de diamètres dans les forêts soumises et privées.

peut citer la Corse dans laquelle on assiste à une distribution plus équilibrée illustrant la présence des futaies.

Le volume en bois de la classe 10 est en réalité encore plus important car le diamètre de recensabilité IFN est arrêté à 7.5 cm uniquement.

En étudiant la superficie et le volume séparément on ne peut pas juger de l'importance de la ressource de bois sur pied, Pour le faire il faut en tenir compte en même temps en rapportant les volumes aux superficies. Le tableau 6 présente ce ratio par régions forestières et propriétés, on remarque que :

- Bien que les garrigues occupent environ 53 % de la totalité de la superficie boisée en chêne vert de tout le département, le ratio V/S (volume rapporté à la superficie) qui leur correspond est faible par rapport aux autres régions, il est de 17 en forêt publique et de 18 en forêt soumise, ce qui montre que ces formations sont les moins denses,
- Le département offre un ratio moyen de 22 m³/ha, ce dernier est très modeste comparé à la moyenne de la chênaie méditerranéenne qui est de 38 m³/ha. Pour avoir un ordre d'idée les moyennes pour la forêt méditerranéenne et l'ensemble de la forêt française sont respectivement : 70 et 129 m³/ha (au premier janvier 1988),
- La forêt domaniale possède un meilleur ratio moyen de 26 m³/ha et ceci grâce aux régions forestières Avant-monts et Lodévois, Causses et Montagne noire,
- La région forestière Plaine viticole et vallée de l'Hérault est riche, elle offre des densités de 40 m³/ha en forêt privée et 115 m³/ha en forêt domaniale.

Pour avoir une idée plus fine sur la nature de la ressource, nous avons ventilé les ratios par groupes de classes de diamètre et propriété. Le tableau 5 comporte les résultats.

Diamètre	Propriétés	Volume/Surface (m ³ /ha)
< 20 cm	Communales	16
	Domaniales	24
	Publiques	18
	Privées	21
	Sous-total	23
> 20 cm	Communales	0,15
	Domaniales	2
	Publiques	0,6
	Privées	1
	Sous-total	1
Total		24

Tableau 5 : Volumes par unité de surface de production ventilés par groupe de diamètre

On constate que dans la gamme des diamètres supérieurs à 20 cm, la forêt domaniale donne une meilleure valeur de 2 m³ / ha. Alors que la forêt privée n'offre que la moitié.

Propriété	Régions forestières	V (m3)	S (ha)	V/S (m3/ha)	AC (m3/an)	PB (m3/an)	PB (m3/ha/an)
privée	AVANT-MONTS ET LODEVOIS	828 877	30 905	27	27 542	37732	1,22
privée	CAUSSES	5 602	337	17	205	282	0,84
privée	GARRIGUES	569 060	34 094	17	20 830	28537	0,84
privée	MONTAGNE NOIRE	25 811	806	32	834	1142	1,42
privée	PLAINE VITICOLE ET VALLEE DE L'HERAULT	88 546	2 233	40	3 097	4243	1,90
Forêts privées toutes régions confondues		1 517 897	68 375	22	52 508	71937	1,05
domaniale	AVANT-MONTS ET LODEVOIS	30 206	890	34	982	1345	1,51
domaniale	CAUSSES	4 388	125	35	107	147	1,17
domaniale	GARRIGUES	18 235	1 167	16	520	712	0,61
domaniale	MONTAGNE NOIRE	7 109	124	57	185	254	2,05
Forêts domaniales toutes régions confondues		59 939	2 306	26	1 794	2458	1,07
communale	AVANT-MONTS ET LODEVOIS	47 453	1 838	26	1 600	2191	1,19
communale	GARRIGUES	51 029	4 682	11	1 547	2119	0,45
communale	MONTAGNE NOIRE	3 901	138	28	122	167	1,21
communale	PLAINE VITICOLE ET VALLEE DE L'HERAULT	3 576	31	115	77	105	3,40
Forêts communales toutes régions confondues		105 958	6689	16	3 345	4583	0,69
Forêts soumises toutes régions confondues		165 897	8 995	18	5 139	7041	0,78
Hérault		1 683 793	77 370	22	57 648	78978	1,01

Tableau 6 : Ventillation des différents paramètres d'évaluation de la ressource par régions forestières et par propriétés

V : volume sur pied
S : surface boisée de production
AC : accroissement courant
PB : production courante

II23. Types de peuplements de chêne vert

département	Types de peuplement (ha)	
	Taillis	Garrigues et maquis
Aude (1989)	10 688	22 332
Gard (1993°)	51 295	26 694
Hérault (1983)	7 027	61 127
Lozère (1992)		1731
PO (1991)	11 911	14 032

Tableau 7 : surface boisée de production par type de peuplement

Les garrigues et les maquis sont les types de peuplement prépondérants dans les départements de l'Aude et l'Hérault, ils occupent respectivement 70 % et 79 % de la superficie totale boisée en chêne vert. Alors que pour le Gard ce sont les taillis simples qui dominent puisqu'ils recouvrent 61 % de la superficie totale de chêne vert (voir tableau n° 7).

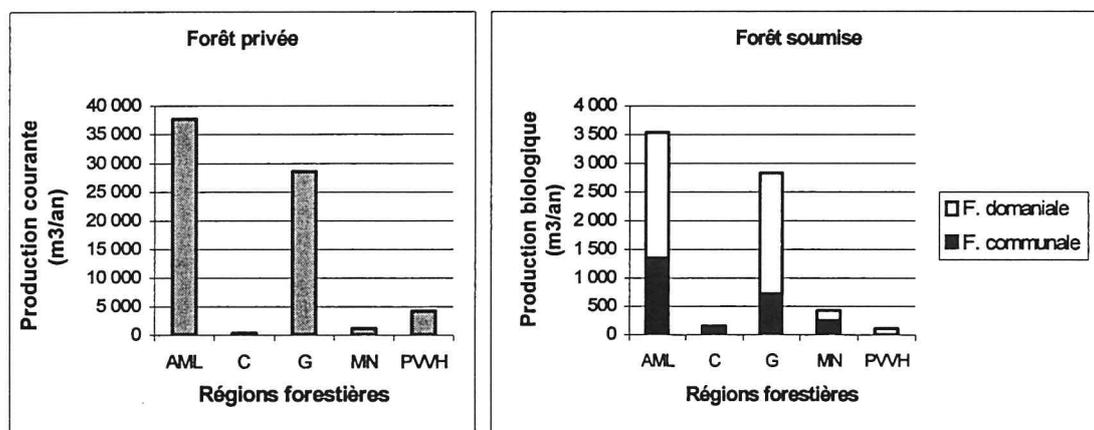
Les autres types de peuplements tels que : la futaie (régulière et irrégulière) et les mélanges taillis-futaie ne méritent pas d'être cités car ils occupent une superficie insignifiante.

II24. Accroissement courant et production biologique

Ayant l'accroissement courant par régions forestières (fourni par l'IFN), nous avons calculé la production biologique en admettant que le recrutement moyen est de 37 % de l'accroissement courant (R. Marchal, 1989). Cette valeur paraît élevée mais elle est justifiée vu l'énorme volume sur pied de bois de faible diamètre que comporte cette espèce.

Les résultats figurent dans la tableau 5.

C'est la forêt privée qui donne la production courante la plus importante de 72 000 m³/an environ, ensuite la forêt communale avec 4 600 m³/an et à la fin la forêt domaniale avec 2460 m³/an. Quant à la production biologique par hectare et par an elle est de l'ordre de 1 m³ dans les forêts privées et domaniale alors qu'elle est plus faible (0,7 m³/ha/an) en forêt communale. Les histogrammes suivants (graphique 3) illustrent la répartition de la production biologique par propriétés et régions forestières.



Graphique 3: répartition de la production biologique par propriétés et régions forestières

AML : Avant Monts et Lodévois

MN : Montagne noire

C : Causses

PVVH : Plaine viticole et vallée de l'Hérault

G : Garrigues

La région Avant-monts et Lodévois offre une production courante la plus importante dans les trois types de propriétés. Les garrigues viennent en deuxième position mais leur production courante ramenée à l'hectare est faible vue leur faible densité.

La région Plaine viticole et vallée de l'Hérault est remarquable par sa production biologique à l'hectare, elle est de 1,9 en forêt privée et de 3,4 en forêt communale (tableau 6).

II25. Disponibilité en bois de chêne vert

Les scénarios de gestion relatifs au chêne vert sont très simples car ce dernier est souvent traité en taillis simple et par conséquent la seule intervention pratiquée est la coupe rase après une certaine révolution. Sauf dans des cas très rares on assiste à un traitement en taillis fureté qui nécessite la préservation de certains brins.

Ces scénarios consistent à préciser un âge d'exploitabilité et un taux de réalisation des coupes. Il est à signaler que la gestion des taillis de chêne vert est rarement mentionnée dans les plans d'aménagements (en forêt publiques) ou dans les plans simples d'aménagement (en forêt privées). La gestion de ces peuplements reste liée à la volonté des collectivités locales et des propriétaires privées. En plus l'activité de chasse de sanglier est importante dans la région, souvent et sous impulsion des chasseurs les communes renoncent à certaines coupes de taillis et préfèrent les laisser un lieu de refuge pour le gibier.

Tous ceci témoigne la difficulté d'estimer le taux de réalisation des coupes de taillis.

L'âge d'exploitabilité n'est pas fixe dans toutes les régions. Dans le Gard par exemple, les peuplements obéissent toujours à des vieux règlements de gestion se caractérisant par une coupe rase tous les 20 à 25 ans. Par contre dans l'Hérault la révolution est plus grande (comm. pers. avec M. FLEURY de l'ONF).

On en conclue qu'il n'est pas évident d'estimer la disponibilité en bois d'une essence comme le chêne vert. Mais ça n'empêche que l'IFN a essayé de faire quelques estimations selon trois périodes : 1996-2000, 2001-2005, 2006- 2010.

Le scénario actuel consiste à appliquer un âge d'exploitabilité entre 50 et 60 ans et un taux de réalisation des coupes variant entre 10 et 40 %. Quant au scénario optimal l'IFN espère une amélioration de ces deux paramètres. Il a fixé des révolutions allant de 35 jusqu'à 60 ans et des taux de réalisation des coupes variant entre 15 et 50%.

Ces âges et ces taux se fixent en fonction du domaine d'étude concerné.

Le tableau 8 présente la disponibilité en bois de chêne vert dans tous les départements de la région Languedoc-Roussillon.

Département	propriété privée		propriété publique		toutes propriétés	
	S. actuel	S. optimal	S. actuel	S. optimal	S. actuel	S. optimal
Aude (11)	5 100	8 000	2 500	2 500	7 600	10 500
Gard (30)	11 100	19 300	5 100	6 400	16 200	25 700
Hérault (34)	9 500	16 900	3 700	3 700	13 200	20 600
Lozère (48)	100	300	0	0	100	300
PO (66)	2 400	2 700	1 800	1 000	4 200	3 700
la région	28 200	47 200	13 100	13 600	41 300	60 800

Tableau 8 : Répartition des disponibilités en bois de chêne vert par département et propriété
Pour la période : 1996-2000 (source : IFN, 1997)

L'Hérault vient en deuxième position, avec 42 % (13 200 m³/an) de la disponibilité en scénario actuel et 34 % (20 600 m³/an) en scénario optimal, après le Gard.

Il vaut mieux tenir compte toujours de la disponibilité correspondante au scénario actuel car elle est plus proche de la réalité.

Au sein de l'Hérault, la forêt privée comporte 70 % (9 500 m³/an) de la totalité de la disponibilité départementale.

Si on étudie la répartition de cette disponibilité par classe de diamètre (voir tableau 9), on constate qu'elle est nulle dans les classes : 35, 40, 45, 50, bien que ces derniers offrent des volumes sur pied non négligeables (voir l'histogramme de la figure 2). En plus souvent les bûcherons, pour éviter de fendre les bûches, n'exploitent pas les bois qui dépassent 25 cm de diamètre. Tous ceci montre que cette disponibilité a été sous-estimée. Mais ça n'empêche qu'elle nous donne une idée sur la ressource.

CLASSE DE DIAMETRE (cm)	ACTUEL			OPTIMAL		
	PRIVEE	PUBLIQUE	Total	PRIVEE	PUBLIQUE	Total
10	5 700	2 300	8 000	10 100	2 300	12 400
15	2 500	1 000	3 500	4 400	1 000	5 400
20	900	300	1 200	1 600	300	1 900
25	300	100	400	500	100	600
30	100	0	100	200	0	200
35	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	100	0	100
50	0	0	0	0	0	0
Total	9 500	3 700	13 200	16 900	3 700	20 600

Tableau 9 : Répartition de la disponibilité par classes de diamètre et par propriété pour l'Hérault. Pour la période 1996-2000 (source : IFN, 1997)

Une disponibilité de 13 200 m³/an en bois de chêne vert dans le département de l'Hérault correspond à un pourcentage de 17 % de la production biologique ce qui paraît faible et confirme par la suite notre déduction relative à la sous-estimation de la disponibilité.

II26. les prélèvements en bois de chêne vert

Les prélèvements en bois de chêne vert sont mal connus. En forêt publique, l'ONF les estime à :

- 17 500 m³/an dans le Gard,
- 3 500 m³/an dans l'Hérault,
- 2 500 m³/an dans l'Aude,
- 1 500 m³/an dans les Pyrénées orientales,
- 0 m³/an dans en Lozère.

Ces valeurs nous ont été communiquées suite à entretien avec monsieur Bertrand FLEURY de l'ONF.

C'est évident que le plus grand prélèvement soit fait dans le Gard puisqu'il a la surface et le volume sur pied les plus importants de tous les autres départements.

Nous remarquons que les prélèvements au niveau du Gard dépassent largement la disponibilité mentionnée sur le tableau 8 (6 400 m³/an). Ceci est dû au fait qu'au niveau de ce département 80 % des superficies boisées en chêne vert n'ont pas été inventoriées (Cf § II-1). Les volumes sur pied qui leur correspondent ont été estimés par l'IFN.

La quasi totalité de ces prélèvements s'effectuent dans la gamme des diamètres entre 10 et 25 cm de cette façon les bûcherons peuvent vendre leurs billons directement sans fendage. Certaines coupes ont été réalisées dans des diamètres plus importants. Les bois n'ont pas trouvé de débouché et sont en train de pourrir dans leurs parcelles.

D'après monsieur FLEURY les quantités de bois de chauffage vendues fluctuent mais connaissent ces dernières années une certaine stabilité.

Pour avoir une idée sur les niveaux de prélèvements en forêt privée, nous avons contacté madame VEDRINES du SERFOB. Elle nous a fourni deux chiffres obtenus suite à l'Enquête Annuelle de Branche (E.A.B) qui s'effectue annuellement dans chaque département par le ministère de l'agriculture : En 1996 les prélèvements en bois de feu toutes propriétés confondues étaient de 86 272 m³ dans la région Languedoc-Roussillon et 18 521 m³ dans le département de l'Hérault. Ces chiffres couvrent d'autres espèces en plus du chêne vert à savoir : le chêne pubescent, le hêtre, parfois certains résineux. On n'a pas la proportion de chacune, mais on sait que le bois chêne vert est prépondérant.

Pour avoir un ordre de grandeur sur les prélèvements en forêt privée nous avons supposé que le chêne vert constitue environ 70 % du volume prélevé et nous nous sommes basé sur les chiffres fournis par l'ONF sur les prélèvements en forêt soumise.

Nous avons trouvé que le prélèvement en forêt privé est de l'ordre de 35 400 m³/an dans toute la région et 9 500 m³/an dans l'Hérault.

Il importe de signaler qu'en forêt privée il est extrêmement difficile d'estimer les quantités prélevées en bois de chauffage à cause surtout des coupes non déclarées, de l'autoconsommation et des ventes au marché noir.

II27. Conclusion

Le tableau suivant résume tous les paramètres d'évaluation de la ressource étudiés.

	F. dom.	F. commu.	F. soumise	F. privée	Total
Surface (ha)	2 300	6 700	9 000	68 375	77 375
Volume sur pied > 20 cm de diamètre (m ³)	4 200	1 000	5 200	70 700	75 900
Volume sur pied < 20 cm de diamètre (m ³)	55 700	105 000	160 700	1 457 000	1 617 700
Volume sur pied total	60 000	106 000	166 000	1 527 700	1 693 700
Volume / Surface (m ³ /ha)	26	16	18	22	22
Production biologique (m ³ /an)	2 460	4 600	7 060	72 000	79 060
Production biologique (m ³ /ha/an)	1,07	0 7	0,8	1,05	1,01
Disponibilités (m ³ /an)			3 700	9 500	13 200
Prélèvements (m ³ /an)			3 500	9 500	13 000

Tableau 10 : Résumé des différentes données permettant l'évaluation de la ressource en bois dans l'Hérault

Dans l'Hérault le volume de bois sur pied de chêne vert est estimé à 1,7 millions de m³ environ, la majeure partie de cette ressource est de diamètre inférieur à 20 cm, mais un volume de bois non négligeable de 76 000 m³ est supérieur à 20 cm.

La production biologique est de 79 000 m³/an, alors que le prélèvement n'est que de 13 000 m³/an soit un pourcentage de 16 %.

D'après les estimations faites par l'IFN la disponibilité réalisable en bois de chêne vert dans l'Hérault est de 13 200 m³/an qui coïncide parfaitement avec les prélèvements. Ceci est dû aux conditions d'exploitabilité difficiles des chênaies vertes.

De point de vue volume par hectare, la forêt domaniale possède le meilleur ratio de 26 m³/ha dont 2 m³/ha pour la gamme de diamètre supérieure à 20 cm.

Les régions forestières Plaine viticole et vallée de l'Hérault et Avant-Monts et Lodévois paraissent intéressantes de point de vue densité, accroissement courant et production biologique.

III. DETERMINATION DE QUELQUES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DU BOIS DE CHENE VERT

III1. MATERIELS ET METHODES

III11. Matériel végétal

La connaissance des caractéristiques physiques et mécaniques du bois est nécessaire pour pouvoir lui trouver la valorisation adéquate. Pour ceci nous avons choisi 7 billes (n° 16, 21, 31, 39, 40, 45, 49) qui ont été tronçonnées en billons de 40 cm de longueur environ tout en essayant d'éliminer les principaux défauts (nœuds vicieux ou pourris, courbures...). Une extrémité de chaque billon a été poncée pour pouvoir faire le marquage des éprouvettes. Cette dernière opération consiste à marquer des carrés de 15 × 15 mm tout en respectant l'orientation des cernes pour pouvoir mesurer par la suite les retraits radiaux et tangentiels.

Le marquage des éprouvettes a été reporté sur des calques pour pouvoir localiser, après débit, leur emplacement (près de la moelle, au centre, ou à proximité de l'écorce). Toutes les éprouvettes ont été numérotées à l'aide de 3 chiffres : une éprouvette ayant comme numéro 40-5-20 est extraite du billon n° 40 ; elle est la cinquième rencontrée dans le sens trigonométrique direct (en prenant la première marquée comme référence), et elle est à une distance de 20 mm du cœur du billon.

Lorsque nous avons débité les billons pour avoir les éprouvettes brutes, nous avons laissé une marge de 1 cm environ sur chaque côté afin de compenser les retraits de séchage.

Un produit antifente a été appliqué sur les extrémités des éprouvettes (nom commercial : MOBILCER M) afin d'éviter l'apparition d'éventuelles fentes dues au retrait.

L'objectif est d'aboutir à la fin, après stabilisation et usinage, à des éprouvettes normalisées de dimensions 15 × 15 × 340 mm à 12 % d'humidité

Pour les stabiliser nous avons prévu de les mettre en premier lieu dans une chambre froide (2°C, 85 % d'humidité), puis dans une chambre humide (30°C, 85 % d'humidité), puis dans une salle climatisée (20°C, 65% d'humidité), afin de sécher progressivement le bois dont l'humidité tombe progressivement à 22 % puis 18 % et puis 12 %.

A 12 % d'humidité, les bois sont prêts à subir les essais mécaniques.

L'humidité de départ des éprouvettes est de 45 % ; elle a été déterminée en appliquant la formule $(Ph-Po)/Po$

Ph : poids d'un échantillon à l'état vert,

Po : poids d'un échantillon à l'état anhydre (après passage dans une étuve).

Ces éprouvettes stabilisées vont servir pour la détermination de certaines caractéristiques mécaniques (module d'élasticité et contrainte de rupture en flexion) et physiques (densité, dureté et retraits de séchage).

En plus des éprouvettes prélevées dans le lot de 53 billons, 11 éprouvettes prélevées dans d'un arbre de parc ont été stabilisées puis ont fait l'objet d'essais préliminaires.

III12. Méthode

III12.1. Module d'élasticité longitudinal (ou module d'Young)

C'est une propriété de première nécessité technologique pour les emplois en structure où les pièces de bois sont fréquemment sollicitées en flexion statique suivant leur plus grande direction, parallèlement aux fibres. Cette propriété caractérise la proportionnalité entre la charge et la déformation. Elle constitue un indicateur de la rigidité du bois.

Le module d'élasticité longitudinal est déterminé sur bois stabilisé (à 12 % d'humidité) en utilisant un dispositif de mesure conçu au CIRAD-Forêt par P.A Bordonné (1989). Le principe de la méthode, appelée vibratoire, repose sur l'analyse du spectre de fréquence des vibrations d'une poutre flottante (théorie de Timoshenko). L'éprouvette repose sur des bracelets élastiques de faible rigidité et la sollicitation est provoquée par une percussion sur une des extrémités (voir schéma 3).

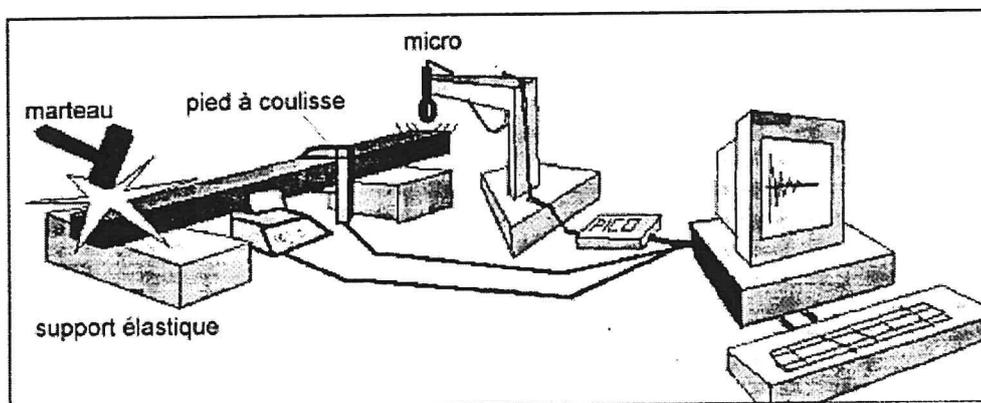


Schéma 3 : Dispositif expérimental de mesure du module d'élasticité longitudinal

On distingue quatre étapes pour réaliser les mesures :

- l'initialisation : elle permet de saisir les caractéristiques géométriques de l'éprouvette (masse, hauteur, largeur, longueur) nécessaires au calcul.
- l'acquisition : elle se développe au moment de la percussion de l'éprouvette par enregistrement du signal : un microphone enregistre les variations de pression à l'autre extrémité de l'éprouvette, le signal électrique résultant est ensuite amplifié et filtré. En fin de chaîne une carte analogique/numérique intégrée au micro-ordinateur déclenche l'échantillonnage du signal à partir d'une tension déterminée.
- transformation du signal : un module effectue la transformée de Fourier rapide du signal (FFT : Fast Fourier Transform) pour la détermination des fréquences propres.
- l'interprétation : les fréquences propres sont visualisées à l'écran sous forme de pics que sélectionne l'opérateur et un programme détermine les modules d'élasticité.

Le principe de fonctionnement de cette méthode est tiré du "guide d'utilisation du dispositif vibratoire - mesure du module d'élasticité".

La méthode décrite ci-dessus est dite "dynamique", par opposition à une autre méthode dite

"quasi-statique" qui consiste à déterminer le module en flexion 4 points, elle présente les principaux avantages suivants (J. Gérard, 1994) :

*c'est une méthode non destructive : les éprouvettes testées ne subissent aucun endommagement; elles peuvent être utilisées ultérieurement pour la mesure d'autres caractéristiques telles que la dureté et la rupture ce qui permet d'éliminer les biais dus à la variation interéchantillons lors d'études de corrélations entre propriétés,

*les mesures sont "répétables", faciles à mettre en œuvre et très rapides d'exécution,

*les éprouvettes présentant des défauts internes sont facilement repérables : leur spectre de fréquences des résonances présente des anomalies flagrantes (double pic de fréquence ou absence de pic bien marqué).

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle n'est pas normalisée contrairement à la flexion 4 points. Néanmoins J. Gérard avait donné une relation de passage entre ces deux caractéristiques : $E_{ld} = 1.22 E_{lq} \Leftrightarrow E_{lq} = 0.81 E_{ld}$ avec $r^2 = 0.87$.

E_{ld} : Module mesuré par la méthode vibratoire

E_{lq} : Module mesuré par un essai normé en flexion 3 points.

III12.2. Densité

La densité (ou la masse volumique) est une caractéristique technologique de base, la première à déterminer pour qualifier un bois. Elle est obtenue simultanément au module d'élasticité longitudinal dans la méthode vibratoire décrite ci-dessus (les mesures de dimension de l'éprouvette servant à estimer son volume).

III12.3. Point de saturation des fibres (PSF) et le retrait

Dans un bois vert, une partie de l'eau remplit plus ou moins complètement les vides cellulaires et intercellulaires. L'évacuation de cette eau libre s'effectue sans retrait du bois. Lorsque l'eau libre a entièrement disparu, le bois ne contient plus que de l'eau liée qui imprègne les membranes des cellules, et dont le départ lors du séchage va occasionner des phénomènes de retraits à l'origine de la déformation du bois.

Le PSF correspond au taux d'humidité du bois saturé en eau liée, taux en dessous duquel le bois va commencer à sécher en se contractant. Le PSF varie de 20 à 40 % suivant les essences.). On a remarqué qu'au dessous du PSF les dimensions du bois varient linéairement avec son humidité, d'où la possibilité de déterminer le PSF par régression linéaire.

Géométriquement le bois est caractérisé par 3 directions : une première dite longitudinale qui est la direction des fibres ou trachéides, une deuxième dite radiale qui est la direction des rayons ligneux et enfin une troisième dite tangentielle qui est perpendiculaire à la précédente. En séchant, le bois ne travaille pas de la même manière dans toutes des directions. En effet, le retrait tangentiel est de l'ordre de 10 %, le retrait radial est de l'ordre de 5 % et le retrait longitudinal de l'ordre 0,2 % ; le retrait est donc anisotrope.

Pour déterminer le retrait et le PSF nous avons débité une éprouvette de 15×15×10 mm aux deux extrémités de chaque éprouvette de module. Ensuite nous avons placé ces échantillons, pendant 48 heures, dans un autoclave pour saturer rapidement les bois.

Les barrettes de bois saturées ont ensuite séjourné dans différentes chambre conditionnées :

- chambre froide : température 2°C, 85% d'humidité ce qui correspond à une humidité théorique du bois de 22%,
- chambre climatisée : température 20°C, humidité de l'air 65% ce qui correspond à une

humidité théorique de bois de 12%,

- une étuve humide : température 20°C, humidité de l'air 30% ce qui correspond à une humidité de bois de l'ordre de 6%,
- une étuve sèche : température 103°C, bois à l'état anhydre.

A chaque passage, les éprouvettes sont pesées et les dimensions radiales et tangentielles sont mesurées à l'aide d'un comparateur micrométrique. Les données obtenues (poids et retraits) sont automatiquement stockées sous un P.C (voir schéma 4).

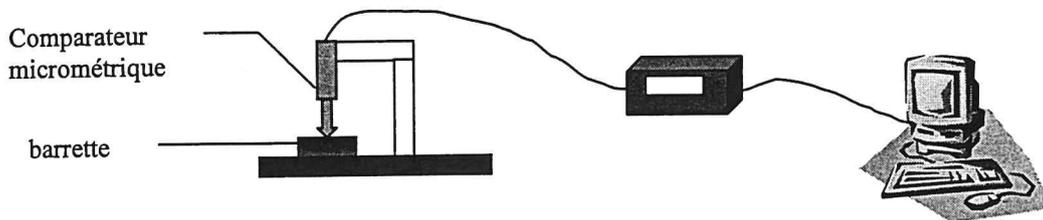


Schéma 4 : dispositif expérimental de mesure du retrait

Le retrait par rapport à l'état saturé (R_t pour le retrait longitudinal et R_r pour le retrait radial) est donné par la relation :

$$R = \frac{(D_s - D_o)}{D_s} \times 100$$

où D_s et D_o sont respectivement les dimensions des échantillons dans les directions considérées (radiale ou tangentielle) à l'état saturé puis à l'état anhydre.

Le retrait tangentiel et radial sont habituellement déterminés pour qualifier le comportement du bois lors de séchage ou plus généralement lors de variations d'humidité.

Pour le PSF nous avons calculé les retraits relatifs à différents états d'humidité du bois (22, 12, 6 et 0 %), nous avons ensuite tracé le graphique qui donne l'humidité du bois en fonction du retrait. La droite obtenue est de la forme $a x + b$ où b est la valeur de PSF recherchée.

III12.4. *Contrainte de rupture en flexion statique*

C'est la contrainte (exprimée en Mpa) qu'il est nécessaire d'appliquer au milieu d'une éprouvette reposant sur deux appuis pour arriver à sa rupture.

La contrainte nécessaire à la rupture est « la résistance » du bois (M. Fournier, 1997).

L'éprouvette est placée en appui sur le banc de flexion de façon que la charge soit appliquée parallèlement aux cernes. Les deux têtes cylindriques de chargement sont mises en contact avec la face supérieure de l'éprouvette, puis la charge est augmentée jusqu'à la rupture (voir schéma 5). Nous avons obtenu pour chaque éprouvette des diagrammes force / flèche de l'éprouvette. A partir de cette force le logiciel détermine la contrainte.

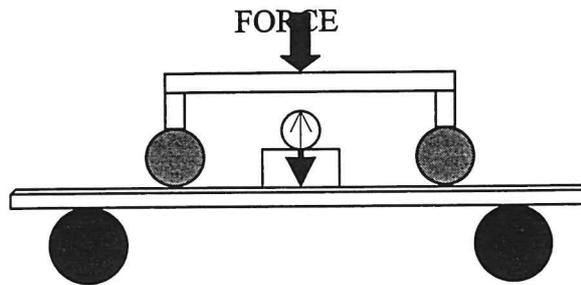


Schéma 5 : Principe du dispositif expérimental de détermination des contraintes de rupture

III12.5. Dureté MONNIN

Le principe de cet essai est de déterminer la résistance à la pénétration sur la face radiale de bois, d'un cylindre de rayon 30 mm, appliqué suivant une génératrice avec un effort de 1960 N.

La dureté est une propriété particulièrement importante à connaître lorsqu'il est envisagé une utilisation du bois sous forme de parquet.

Le dispositif expérimental est composé de :

- une machine permettant d'exercer un effort et de le mesurer, munie d'un plateau en acier parfaitement plan monté sur une rotule,
- un cylindre d'empreinte en acier ,
- un comparateur optique permettant de mesurer l'empreinte,
- un pied à coulisse pour mesurer les dimensions de la section transversale de l'éprouvette.

Le mode opératoire consiste à :

1. placer l'éprouvette à plat au milieu du plateau à rotule et amener la face radiale en contact avec une génératrice du cylindre d'empreinte, l'axe de ce dernier étant disposé perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'éprouvette,
2. poser une feuille de papier carbone entre le cylindre et l'éprouvette pour avoir une empreinte bien visible, puis charger le cylindre d'empreinte jusqu'à la charge 1960 N,
3. mesurer la largeur de l'empreinte au moyen du comparateur optique.

Pour chaque éprouvette, nous avons calculé la flèche de pénétration à l'aide de la formule suivante :

$$t = 15 - \frac{1}{2} \sqrt{900 - a^2}$$

Où t : la flèche de pénétration en mm,
 a : est la largeur d'empreinte en mm.

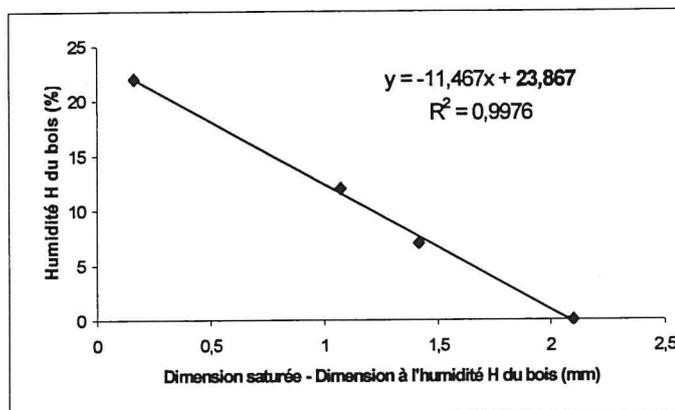
La valeur de la dureté MONNIN est l'inverse de la flèche de pénétration :

$$N = \frac{1}{t}$$

III.2. Résultats

Les résultats détaillés des essais figurent en annexe 5-1.
Le tableau 12 présente un récapitulatif de ces résultats par billon.

Pour déterminer le PSF, nous avons tracé le graphique 4 de la variation de l'humidité de bois en fonction du retrait tangentiel.



Graphique 4 : Détermination du PSF par régression linéaire

Le PSF du bois de chêne vert est de 24 % environ.

Faute de temps et de disponibilité du laboratoire, la dureté a été déterminée uniquement sur les éprouvettes des pré-essais. Nous avons obtenu une dureté de MONNIN moyenne de 8. Cette dernière correspond à des échantillons de densité moyenne 0,91 donc moins lourd que la moyenne des échantillons que nous avons préparés.

Grâce à l'équation de la courbe de tendance de la variation de la dureté en fonction de la densité (graphique 11), nous avons déterminé la dureté du bois correspondant à la densité 1,02. Elle est de l'ordre de 10.

D'après les classes de caractéristiques physiques et mécaniques figurant en annexe 5 et d'après le tableau 12, on peut dire que le bois de taillis de chêne vert sur lequel les essais ont été réalisés est : **très lourd, très dur, de module d'élasticité moyen (et par la suite de rigidité moyenne), résistant à une contrainte de rupture en flexion statique moyenne, de retrait radial moyen, de retrait tangentiel fort, de retrait volumique fort et de PSF faible.**

Les résultats des pré-essais, (éprouvettes prélevées dans un seul arbre de parc), ont montré que le bois est moins dense (bois lourd), et de retrait tangentiel moyen (voir tableau 12). Le reste des caractéristiques sont identiques à celles obtenues dans les essais définitifs.

Si nous comparons le bois de chêne vert à trois essences tropicales de référence (l'Ayous, le Sipo, et l'Azobé) on remarque qu'il est proche de l'azobé pour la densité, la dureté et les retraits mais beaucoup plus faible pour le module d'élasticité et la contrainte de rupture en flexion (voir tableau 11 et annexe 6).

	d	D	Rv	Rt	Rr	EL	F
Chêne vert	1,02	10	16,9	10,9	6,1	12178	102
	très lourd	très dur	fort	fort	moyen	moyen	moyenne
Ayous	0,38	1,1	10	5,3	3	6000	75
	très léger	très tendre	moyen	faible	faible	faible	Faible
Sipo	0,62	3	12,5	6,8	4,8	11000	130
	léger	mi-dur	moyen	faible	moyen	moyen	moyenne
Azobé	1,05	10.5	19	11,5	8	17600	230
	très lourd	très dur	fort	fort	fort	fort	forte
Teck	0,66	4	6	4,3	2,5	8000	100
	mi-lourd	mi-dur	faible	faible	faible	faible	moyenne
Chêne pédonculé, sessile	0,75	4,2	15,5	10,7	4,7	11000	150
	mi-lourd	mi-dur	moyen	moyen	moyen	moyen	moyenne

Tableau 11 : tableau comparatif de certaines propriétés physiques et mécaniques pour le chêne vert d'autres essences.

Une bonne dureté est indispensable pour la fabrication du parquet. Nous pouvons remarquer que le Teck et les Chênes des régions tempérées, qui ont une bonne réputation dans ce genre de valorisation, sont de la classe « mi-dur », alors que le Chêne vert appartient à la classe « très dur ». Cependant son retrait est très élevé.

N° Billon		d (kg/cm3)	EL (MPa)	F (MPa)	Rr (%)	Rt (%)	Rv (%)
16	moyenne	1,04	13737	85	5,9	10,3	16,2
	écart-type	0,04	3243	38	0,4	0,6	0,9
	max-min			47			2,4
	classe	très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
21	moyenne	0,99	12147	87	6,7	10,9	17,5
	écart-type	0,02	3060	35	0,6	0,4	0,9
	max-min	0,04	6843	78	1,3	1,3	2,4
	classe	très lourd	moyen	moyenne	fort	fort	fort
31	moyenne	1,01	10578	88	6,1	11,0	17,2
	écart-type	0,03	1887	19	0,7	1,1	1,5
	max-min	0,06	5027	39	1,8	2,2	5,8
	classe	très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
39	moyenne	1	15333	115	6,4	10,0	16,3
	écart-type	0,03	1451	24	0,3	0,5	0,5
	max-min	0,07	2875	47	0,5	1,3	1,2
	classe	très lourd	élevé	moyenne	moyen	fort	fort
40	moyenne	1,02	14110	115	5,9	10,5	16,4
	écart-type	0,05	1045	20	0,9	0,8	1,3
	max-min	0,14	2785	54	2,4	2,7	5,1
	classe	très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
45	moyenne	1,03	12145	110	6,1	12,0	18,1
	écart-type	0,02	1056	20	0,8	0,8	0,9
	max-min	0,1	3659	52	3,0	3,9	4,1
	classe	très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
49	moyenne	1,05	10657	89	5,4	11,2	16,6
	écart-type	0,06	724	20	1,1	0,8	1,6
	max-min	0,14	2059	40	4,0	2,7	5,3
	classe	très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
moyenne générale		1,02	12178	102	6,1	10,9	16,9
écart-type générale		0,04	2097	26	0,7	0,7	1,1
max-min		0,16	9777	86	3,4	5,4	7,7
classe		très lourd	moyen	moyenne	moyen	fort	fort
Pour l'arbre de parc							
moyenne générale		0,90	13471	95	5,4	9,5	14,9
écart-type générale		0,07	858	21	0,3	0,4	0,7
max-min		0,24	2428	31	1,0	1,5	2,2
classe		lourd	moyen	moyenne	moyen	moyen	fort

d : densité

EL : module d'élasticité longitudinal

F : contrainte de rupture en flexion statique

Rr : retrait radial

Rt : retrait tangentiel

Rv : retrait volumique

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des résultats des essais

III21. Evolution radiale de certaines propriétés

Pour avoir une idée sur l'évolution de certaines caractéristiques en fonction de la distance à la moelle, nous avons tracé les graphiques suivants relatifs aux billons 31, 45 et 49.

III21.1. Retrait

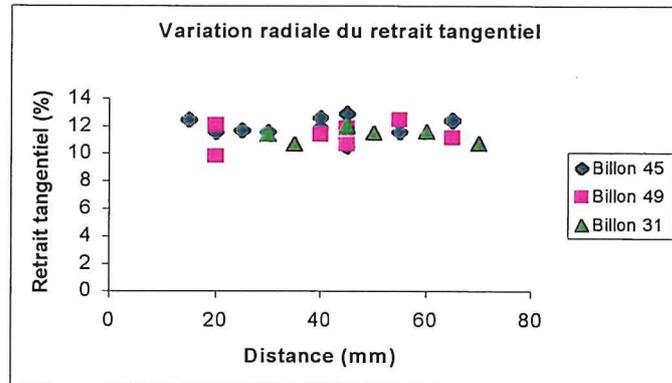


Figure 5 : Variation du retrait tangentiel en fonction de la distance radiale

La figure 5, montre l'absence de corrélation entre le retrait tangentiel et la distance à la moelle. Par contre le retrait radial diminue linéairement avec la distance radiale (coefficient de corrélation entre les deux variables égal à 0,52 pour le billon 45, à 0,7 pour le billon 31 et 0,11 pour le billon 49). On constate une corrélation générale sur les 3 billons (voir graphique 6).

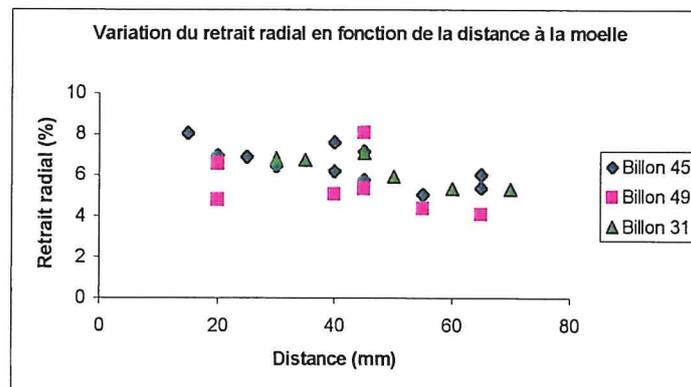


Figure 6 : Variation du retrait radial en fonction de la distance radiale

III21.2. Densité

Pour le billon 49, on obtient une bonne corrélation entre les deux variables ($R^2=0,85$), alors que pour les deux autres billons la corrélation est très faible (voir graphique 7). Pour la totalité des billons confondus la corrélation existe mais elle est faible ($R^2=0,24$).

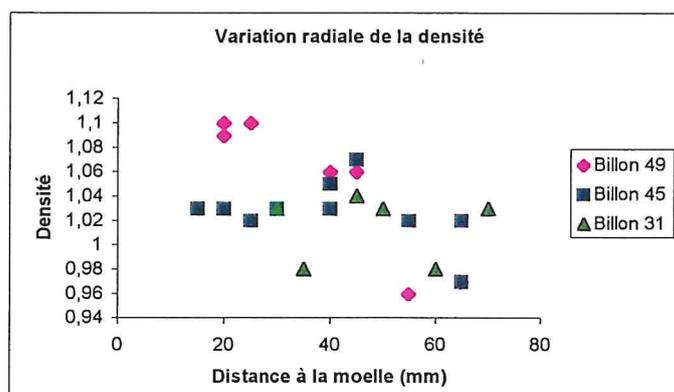


Figure 7 : Variation radiale de la densité

III21.3. Module d'élasticité

Le graphique 8 montre une corrélation faible pour les billons 31 et 49 (0,21 et 0,31), alors que pour le billon 45 elle est négligeable.

Pour tous les billons confondus la corrélation est très faible.

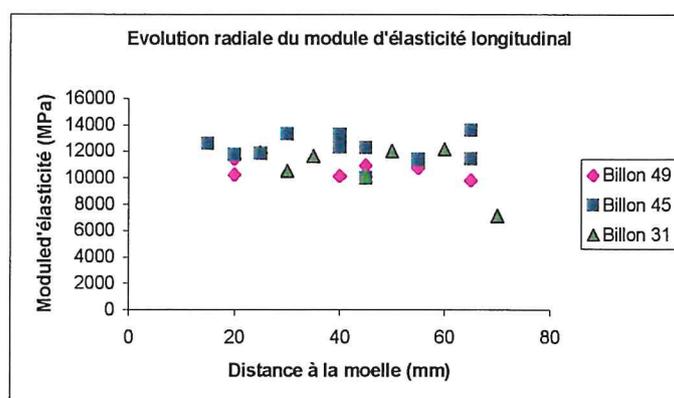


Figure 8 : Variation radiale du module d'élasticité longitudinale

III22. Relations entre propriétés

III22.1. Module d'élasticité / Densité

Tous billons confondus la corrélation est très faible. Par contre elle est faible pour les deux billons 49 et 31 (respectivement 0,28 et 0,26). Pour le billon 45 elle est négligeable (voir graphique 9).

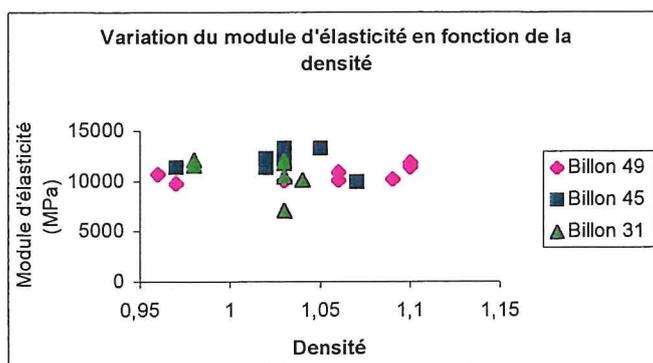


Figure 9 : Variation du module d'élasticité en fonction de la densité

III22.2 Contrainte de rupture / Densité

Les éprouvettes de rupture sont en nombre plus limité que pour les autres caractéristiques.

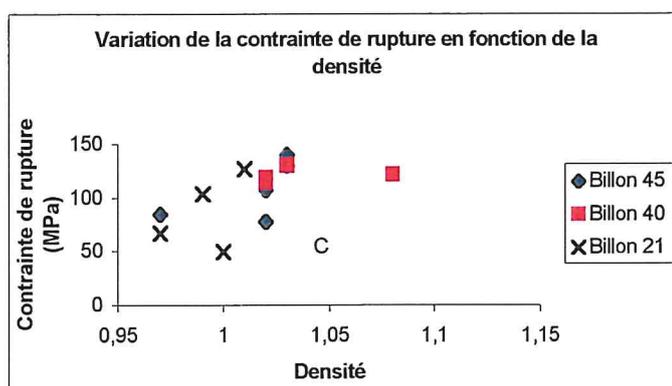


Figure 10 : Variation de la contrainte de rupture en fonction de la densité

La tendance générale correspond à une légère augmentation de la rupture avec la densité. On obtient une faible corrélation pour les billons 21 et 45 (respectivement 0,21 et 0,39). Pour tous les billons confondus la corrélation est très faible.

III22.3. Dureté / Densité

Cette relation est établie à partir des résultats des pré-essais.

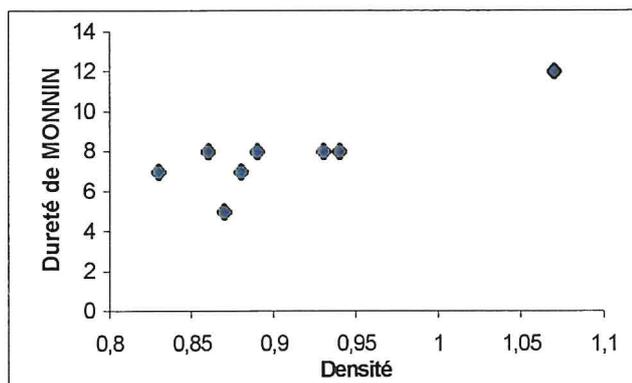


Figure 11 : Variation de la dureté en fonction de la densité

On constate une assez bonne corrélation entre la dureté et la densité ($R^2 = 0.7$).

III22.4. Retrait volumique / densité

Le graphique 12 montre que la corrélation entre les deux propriétés est très faible.

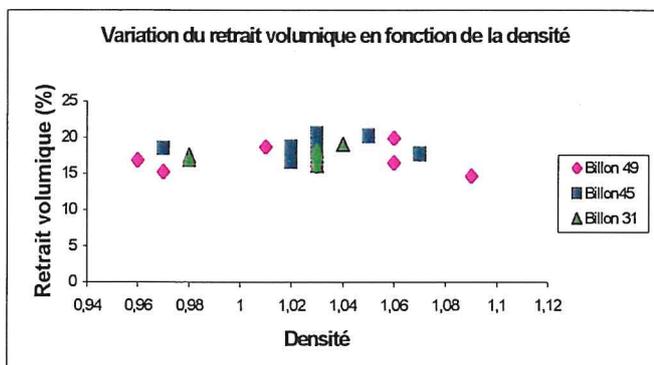


Figure 12 : Variation du retrait volumique en fonction de la densité

D'une manière générale, tous billons confondus, les corrélations entre les différentes propriétés du bois de chêne vert sont faibles (voir la matrice des corrélations)

	d	Rv (%)	EL (MPa)	F (MPa)	Dureté
d	1				
Rv (%)	0.017	1			
EL (Mpa)	0.006	0.00005	1		
F (Mpa)	0.006	0.01	0.26	1	
Dureté	0.72*	0.023*	0.55*	0.1*	1

* déterminés à partir des échantillons des pré-essais

Tableau 12 : Matrice des corrélations entre les propriétés tous billons confondus

Classiquement la densité explique assez bien les variations de propriétés (dureté et résistances mécaniques) ; ce résultat n'a pas été observé dans le cas présent. Ceci est essentiellement dû à la faible variabilité du paramètre densité chez la chêne vert ($cv = 4\%$).

IV. ESSAIS DE TRANSFORMATION EN BOIS D'ŒUVRE

L'objectif de ce chapitre est d'estimer le rendement matière pour les deux types de fabrication envisagées (éléments de parquet et pré-débits pour le tournage), et d'évaluer les difficultés rencontrées lors du sciage, de l'usinage et du séchage des produits.

Certaines caractéristiques du bois, principalement la dureté et l'aspect (couleur, figuration liée à la maillure) ont conduit le CIRAD à lancer des essais de fabrication de lames de parquets massif à coller de faible épaisseur (condition nécessaire pour assurer la stabilité du produit). Les dimensions finales des lames sont les suivantes : longueur : 270 mm, largeur : 50 mm et épaisseur : 10 mm.

La fabrication des pré-débits sous forme de carrelets a été envisagée par un importateur de bois tempérés et tropicaux désireux de se procurer des carrelets de 28×28×130 mm (dimensions finis) pour un client américain « interpellé » par le caractère esthétique du chêne vert.

Le prix d'achat annoncé pour ces carrelets est de 1 F l'unité.

IV1. Sélection et classement des billons

IV11. Sélection des bois

Seule une partie de la ressource en chêne vert actuellement utilisée comme bois de feu peut être valorisée sous forme de bois d'œuvre.

53 billons provenant d'une parcelle de taillis simple en cours d'exploitation ont fait l'objet d'essais de transformation. Ces billons ont été sélectionnés dans un lot destiné au bois de chauffage. Leur longueur est d'environ 1,20 m et leur diamètre est compris entre 10 et 20 cm. Il est à noter que le dispositif actuel monté sur une scie à ruban de reprise au CIRAD pour débiter des billons de courte longueur ne permet pas de scier des billons de diamètre supérieur à 20 cm. L'exploitant qui a fourni les billons de chêne vert a signalé la possibilité de fourniture de billons de plus gros diamètre, mais en plus courte longueur (il avait été initialement envisagé de scier les bois sur la scie de tête du CIRAD qui n'accepte que des bois d'une longueur supérieure à 1,10 m).

IV12. Classement des billons

Les billons présentent des défauts de différente nature dont certains se développent dans l'arbre sur pied tandis que d'autres surviennent durant l'abattage ou lors des opérations ultérieures de transformation.

Ces défauts ont une incidence sur les propriétés du bois et limitent les possibilités de valorisation. Les principaux défauts que peut présenter le chêne vert sont décrits en annexe 2. Un classement des billons a été effectué en fonction de l'importance et de la fréquence de ces défauts. Ce classement doit permettre de déterminer leur mode de valorisation ultérieure.

Au CTBA on classe les différentes anomalies en trois catégories :

- Singularité : toute particularité morphologique ou anatomique relevée dans l'arbre sur pied ou abattu, et dans le bois débité, susceptible d'affecter l'utilisation ou la mise en œuvre du matériau. Exemples : nœuds (découverts, recouverts), fil tors, cœur excentré, entre écorce, lunure, courbure, cannelure, bosse ou excroissance, graisse, loupe, méplat, fentes (fentes de cœur, cadranure, roulure, fente et trou d'abattage, gélivures, coup de foudre, fentes de retrait, gerces),
- Altération : toute coloration anormale ou modification survenues dans la consistance ou la composition chimique du bois dues à un agent extérieur, ainsi que toute dégradation causée notamment par l'attaque de champignons. Exemples : la pourriture, le cour rouge, l'aubier pourri, la maladie du T.
- Dégradation : toute altération causée notamment par l'attaque des insectes. Exemples : les petits trous (piqûres), gros trous, la surface carbonisée, la blessure cicatrisée, le côté sec, les corps étrangers.

Malgré leurs faibles dimensions les billons de chêne vert présentent une hétérogénéité qualitative considérable, par conséquent il nous a paru indispensable de procéder à leur classement.

En effet, il existe pour les chênes des régions tempérées des normes de classement réalisées par le CTBA. Ces normes ne peuvent pas être appliquées sur une essence fournissant du bois de faible diamètre comme le chêne vert. Autrement dit on ne peut être exigeant de la même façon pour qualifier ce genre de bois.

Vu que nos billes seront par la suite tronçonnées en billons de 30 cm de longueur environ nous avons fait abstraction des courbures car leur effet sera atténué.

Les défauts que nous avons retenus sont : les nœuds (sains et pourris), le cœur noir et les dégradations (petits trous et grands trous).

Pour pouvoir classer ces billes nous avons commencé par mesurer les diamètres en croix aux deux extrémités et la longueur exacte de chacun. Ensuite, nous avons procédé à leur description en relevant le nombre, la taille et l'ampleur des défauts précités.

Les données obtenues ont été reportées sur un tableau (voir annexe 3)

Nous avons dégagé trois classes de qualité A, B et C, en se basant sur le diamètre des billes et sur les éventuels défauts qu'ils peuvent comporter (voir tableau 13).

Classes		A	B	C	
		D > 20 cm	15 ≤ D ≤ 20	10 < D < 15	
Nœuds	sains	< 20 mm	Y	Y	Y
		> 20 mm	2	3	Y
	pourris	< 20 mm	1	2	Y
		> 20 mm	O	1	Y
Cœur noir	≤ 1/3 D		Y	Y	Y
	> 1/3 D		O	O	Y
Dégradations	petits trous		O	2	Y
	gros trous		O	O	Y

Y : défaut admis quel que soit son nombre

O : défaut exclu

Chiffre : nombre de défauts admis

Tableau 13 : caractéristiques des différentes classes

A l'issue de cette description nous avons obtenu :

- aucune bille de classe A,

- 20 billes de classe B,
- 33 billes de classes C.

Les résultats de classement ont mis en évidence le nombre important de défauts que comporte les bois étudiés (essentiellement cœur noir et nœuds), et la nécessité de partir de billons de courte dimension si l'on veut envisager une valorisation en bois d'œuvre du chêne vert.

Pour avoir une idée sur les rendements matière par classe de diamètre nous avons distingué deux classes de diamètre :

D1 : $15 \leq D \leq 20$
D2 : $10 < D < 15$

IV2. Transformation des bois

IV21. Equipement utilisés

Pour la fabrication des carrelets, 20 billes ont été utilisées.
Les lames de parquets ont été fabriquées à partir de 14 billes.
Les caractéristiques de ces billes sont décrites en annexe 3.

Les billons ont été scié à l'aide d'une scie à ruban d'atelier équipée d'un dispositif porte-billons (descriptif en annexe 7). Cette scie permet de débiter des billons de faible diamètre (20 cm maximum) et de longueur inférieure à 29 cm (ces critères restrictifs sont liés au dispositif actuel de griffage des billons ; pour les essais ultérieurs, **un nouveau dispositif sera mis au point pour débiter des billons de plus grande dimension**).

La scie est pourvue d'un chariot muni de griffes de serrage, d'un guide d'épaisseur et d'un variateur qui commande la vitesse d'avancement du chariot. Compte tenu de la dureté du bois, une vitesse d'avancement égale à 50 % de la vitesse maximum a été retenue.

Les caractéristiques de cette machines sont les suivantes :

- diamètre du volant : 800 mm
- puissance nominale : 5 kw
- lame en acier de 50 mm de largeur avec une denture couchée et un écartement entre les dents de 8 mm.

Les opérations de reprise ont été réalisées avec les équipements habituels : scie à ruban de reprise, scie circulaire, dégauchisseuse, raboteuse.

IV22. Méthode de transformation

Nous avons fixé les dimensions des produits bruts à : $40 \times 40 \times 280$ mm pour les carrelets.
Les éléments de parquets ont été scié à 15 mm d'épaisseur finie.

IV22.1. Sciage

Les billes de chêne vert sélectionnées ont été tronçonnées en des billons de 29 cm.

Le diamètre des billons ne permet pas un débit sur quartier ou sur faux cartier ceci nous a amené à opter pour le débit en plot. Ce dernier promet un rendement meilleur mais les débits sont de moins bonne qualité.

Le technicien, pour pouvoir déterminer l'épaisseur de la dosse à enlever, examine la régularité de la surface du billon et le nombre maximum des plateaux de 40 mm ou de 15 mm d'épaisseur qu'il peut obtenir suivant le produit final désiré : carrelets ou éléments de parquets. Il a commencé par couper une dosse lui permettant d'obtenir une face de référence (voir annexe 7). Ensuite, il utilise le guide d'épaisseur pour débiter les plateaux. Ces derniers ont été par la suite repris sur une scie circulaire et débités en carrelets de dimensions 40×40 mm et nous nous sommes limités à délimiter les plateaux destinés à la fabrication des éléments de parquets, mais pour voir l'influence des dimensions des avivés sur le comportement du bois durant le séchage, nous avons réduits certains avivés à 55 mm de largeur.

Les extrémités des produits obtenus sont immédiatement traités par le produit antifente pour éviter l'apparition des fentes de retrait.

IV22.2. Séchage

Pour sécher, les carrelets et les planchettes de parquets vont suivre les mêmes étapes que les éprouvettes des essais : chambre humide et chambre climatisée qui permettent une stabilisation du bois respectivement à 19 et 13 %.

Les carrelets sont empilés horizontalement de façon alternée, mais sans baguettage. Par contre pour les avivés de parquets nous avons intercalé des baguettes entre deux couches de planchettes. Ces planchettes ont été espacées d'une distance de 5 cm environ. Des surcharges ont été posées sur chaque pile pour éviter au maximum la déformation des avivés en tuiles.

Pour pouvoir suivre l'évolution de l'humidité de nos produits, nous avons déterminé l'humidité de certains échantillons dès le départ et périodiquement des pesées ont été faites pour déterminer l'humidité.

Une fois stabilisés à 12 % d'humidité, ils ont été rabotés pour acquérir les dimensions finales recommandées : 28×28×130 mm pour les carrelets et 50×10×270 mm pour les éléments de parquet.

IV23. Résultats

IV23.1. Difficultés rencontrées

A. Au cours du sciage

- les fentes de retrait apparaissent rapidement, par conséquent nous étions obligés de traiter les bouts des billons par un produit antifente. Nous avons remarqué qu'il fallait au moins deux couches de ce produit pour inhiber l'apparition des gerces. Les bouts des carrelets bruts et des planchettes de parquet ont été, aussi, traités par le même produit. Des échantillons témoins ont montrés l'efficacité et l'utilité de ce traitement,
- le sciage des billons était très long, il a fallu 20 mn environ pour chacun d'eux. Ce ci revient au fait que la scie utilisée est conçue pour des usages expérimentaux. En effet, le chariot avance lentement à cause de la dureté du bois,
- la lame en acier utilisée se désaffûtait rapidement. Un affûtage après sciage de 3 billons était nécessaire. L'utilisation d'une lame stellite aurait facilité la tâche car elle est conçue pour le sciage du bois dur.

B. Au cours du séchage

- certains carrelets se sont déformés très légèrement mais la plupart sont restés intacts. En effet, des dimensions de 40×40×280 n'encouragent pas la déformation des carrelets,
- ce n'était pas le cas pour les planchettes de parquet, malgré les charges posées sur les piles. Nous avons remarqué la déformation de certaines sous forme de tuiles, surtout au niveau de celles comportant du cœur noir et d'autres ont acquis un aspect ondulé. Aussi des fentes se sont apparues au niveau du cœur noir. Néanmoins les planchettes de parquet qui ont été sciées à 55 mm de largeur sont restées intactes.
- dans la chambre humide il y a eu un développement de champignons sur le bois à cause de l'humidité élevée.

IV23.2. Description et tri des produits obtenus

Les avivés obtenus après premier sciage comportent pas mal de défauts, parmi lesquels nous citons (voir annexe 9-2):

- Le cœur noir qui était fréquent et parfois associé à des pourritures,
- La présence remarquable de petits nœuds vicieux noirs.

Après sciage de reprise et séchage d'autres défauts sont apparus tels que les déformations des planchettes de parquet et parfois des fissurations au niveau du cœur noir.

La présence de ces défauts change complètement la couleur et l'aspect du bois.

Il est à signaler que le bois de chêne vert ne comporte pas que des défauts, au contraire il possède certaines qualités rares chez d'autres essences. L'annexe 9-1 présente des photos scannées d'une face d'un avivé, et de deux coupes radiale et tangentielle de ce bois. Nous remarquons :

- Une couleur claire
- La coupe tangentielle met en évidence les rayons ligneux, très fréquents, de différentes longueurs avec une couleur plus foncée. La coupe radiale fait apparaître les mailles. Tout ceci donne au bois de chêne vert un aspect figuré très beau.

De telles caractéristiques sont parfois très recherchées pour certaines valorisations.

L'opération de tri consistait à éliminer toutes les pièces jugées mal conformées ou atteintes d'un défaut qui les rend non valorisables.

Nous avons éliminé les pièces qui comportent beaucoup de cœur noir, des nœuds pourris et des fentes. Par contre nous avons accepté quelques nœuds noirs par carrelet, de diamètre inférieur ou égales à 2 mm lorsqu'ils sont superficiels et ne sont pas groupés (voir photos 5 et 6 de l'annexe 9-2). En effet, nous avons remarqué que lorsque les nœuds noirs sont très petits ils sont non traversants. En tournerie ils seront éliminés et dans la cas des éléments de parquet on peut les laisser au niveau des contre parement⁴.

IV23.3. Rendements

Pour pouvoir parler de la rentabilité économique et par la suite de l'intérêt que pourrait apporter ce bois, il est indispensable de procéder à des calculs de rendement matière.

⁴ Le contre parement : c'est la face opposée au parement

Le parement : c'est la face de la lame à parquet destinée à rester apparente après pose.

Pour cela nous avons calculé le diamètre moyen et le volume de chaque bille. Ensuite, ayant le nombre des pièces retenues après tri et les dimensions définitives qui sont de 50*10*270 mm pour les éléments de parquet et 28×28×130 mm pour les carrelets, nous avons calculé le volume final de chaque produit donné par chaque billon. Le rapport de ce dernier avec le volume du billon avant sciage donne le rendement matière de chacune des billes et par la suite le rendement global.

Connaissant le nombre total des billons obtenus de longueur 29 cm, nous avons fait une extrapolation pour trouver le rendement qui leur correspond.

Les résultats figurent dans l'annexe 8.

Pour les carrelets

Le rendement total de tout le lot est de **4,5 %**. Au niveau billes il varie entre 2 et 10 %.

Les rendements par classes de diamètre sont de 5 % pour la classe D1 et 4 % pour la classe D2.

Les rendements par classes de qualité a donné :

4 % pour la classe B
4 % pour la classe C

A l'issue de ces rendements matière on constate que les deux classes A et B donnent des rendements identiques, alors qu'il y a une différence faible de 1 % entre les deux classes de diamètres D1 et D2.

Pour les éléments de parquet

Les éléments de parquet ont donné un rendement global plus important de 7 %.

Par classes il est de :

8 % pour la classe B
6 % pour la classe C
8 % pour la classe de diamètre D1
6 % pour la classe de diamètre D2.

Il importe de signaler que le rendement était plus important avant l'opération de tri des produits. En effet, il était de 20 % pour les carrelets et 29 % pour les éléments de parquet. Ceci montre le nombre important des pièces qui ont été éliminés à cause des défauts.

D'après les rendements calculés par classes, nous constatons que sélectionner les billes en se basant sur des classes par qualité de bois, au moins dans notre cas, n'a pas un grand intérêt. En effet, ils donnent des rendements ou bien identiques ou bien très proches. Donc il est plus commode de se baser sur les classes de diamètres.

Ayant le nombre total de billons (de 29 cm de longueur) qui ont été obtenu à partir de la totalité des billes qui sont de 43 pour les carrelets et 35 pour les éléments de parquet, nous avons fait une extrapolation pour avoir une idée sur le rendement issu des billons et comparer par la suite les deux.

Les rendements ont nettement augmenté, ils sont passés à 9 % pour les carrelets et à 13 % pour les éléments de parquets.

On constate que pour une telle valorisation du bois de chêne vert l'utilisation de billons de faibles longueur améliore très nettement les rendements.

Il importe de signaler que les bûcherons mettent sur le marché des billes de longueur 50 et 100 cm par contre nous nous sommes approvisionné en des billons de longueur 120 cm tronçonnés par la suite en des billons de 29 cm environ. Donc notre itinéraire n'était pas optimum dès le départ.

V. RENTABILITE ECONOMIQUE DE LA TRANSFORMATION D'UN STERE DE BOIS ROND : PREMIERE APPROCHE

Afin d'estimer la rentabilité économique de la valorisation du bois de chêne vert en bois d'œuvre, nous avons procédé à un calcul du coût de transformation d'un mètre cube de bois livré sous forme de billes de 1 m de longueur. Ce volume est équivalent à 1,54 stère ou une tonne. Avec un rendement de 60 % on obtient, après tronçonnage, 1 stère de billons de 30 cm de longueur (équivalent 600 Kg).

Pour ceci nous avons défini un certain nombre d'hypothèses de base qui ont permis d'évaluer les coûts à chaque étape de la filière de transformation.

Nous avons inventorié les machines nécessaires pour ce genre de transformation de bois :

- une tronçonneuse électrique de bûcheronnage pour le tronçonnage des billes en billons de 30 cm de longueur,
- une scie à ruban de diamètre 800 avec un chariot adapté qui servira pour le premier sciage des billons (machine équivalente à celle utilisée dans l'atelier du CIRAD, mais plus puissante). L'utilisation d'une lame stellite est indispensable compte tenu de la dureté de bois.
- Une dégauchisseuse : pour usiner deux faces de références préalablement au rabotage,
- une raboteuse,
- une scie circulaire : pour le délignage des avivés et la mise en dimension des produits.

V1. Hypothèses de production

Dans cette étude nous avons émis un certains nombre d'hypothèses :

- ce genre de valorisation intéresse uniquement des unités artisanales,
- l'unité de transformation de bois est déjà équipée d'une raboteuse, d'une scie circulaire, d'une tronçonneuse et d'une dégauchisseuse ; et il ne reste à acquérir que la scie à ruban et le chariot,
- le travail sera réalisé par une seule personne durant 8 heures par jour,
- les billes destinées au sciage ont une longueur de 1 m et un diamètre moyen de 15 cm,
- Nous nous sommes basé sur les rendements que nous avons trouvé dans la deuxième partie : 9 % pour les carrelets et 13 % pour les lames de parquet,
- la transformation du bois est considérée comme économiquement intéressante lorsque les recettes couvrent les coûts de production.

V2. Coût de la matière première et prix des produits finis

Le prix de vente du bois de chêne vert sur pied est de 90 F/m³ (prix ONF en 1998). Par contre il est de 350 F façonné et livré en billes de 1 m de longueur.

Le prix de vente d'un carrelet (28*28*130 mm) est de 1 à 1,5 F.

Le prix d'un mètre carré de parquet massif de 10 mm d'épaisseur en chêne sessile ou pédonculé est de :

- 151 F TTC pour la qualité dite "extra",

- 92 F TTC pour la qualité dite " deuxième choix " (nœuds tolérés).
- Ces prix nous ont été communiqués par la société TEKNOPARKE à Aix (prix 1998).
Le prix du mètre carré de parquet fabriqué à partir du bois des essences tropicales telles que Teck, Wengé, Wacapou...est de 150 à 300 F. Vu ces caractéristiques le bois de chêne vert est plus proche de ces essences que du Chêne de France.

V3. Temps d'opération

Dans tout calcul de rendement économique, le facteur temps est très important. Nous avons estimé, avec le responsable de l'atelier du CIRAD, la durée de travail au niveau de chaque poste de travail.

Pour ce genre de transformation de bois on distingue les postes suivants :

- tronçonnage,
- badigeonnage des billons avec du produit antifente,
- premier sciage,
- délignage,
- empilage des produits pour le séchage,
- sciage de reprise : dégauchissage, rabotage, mise à dimensions définitive des produits,
- tri des produits,
- empilage et emballage : cerclage et/ou emballage sous film.

Nous avons essayé d'estimer le temps nécessaire pour transformer un stère de billons de 30 cm de longueur et de 15 cm de diamètre en moyenne.

Connaissant le volume du bois que représente un stère (0,65 m³ environ) et le volume d'un billon (5310 cm³), on trouve qu'un stère contient 122 billons environ.

En moyenne chaque billon a donné, après triage, 7 lames de parquets de dimensions 50×10×270 mm et 4 carrelets de dimensions 28×28×130 mm.

Le tableau 15 comporte les estimations de temps faites au niveau de chaque poste de travail.

- La transformation de 122 billons de bois donne 488 carrelets de dimension 28×28×130 mm (après triage) et demande 32 heures environ.
- La transformation de 122 billons de bois donne 854 lames de parquet de dimension 50×10×270 mm (après triage) et demande 54 heures environ.

V4. Coût de transformation d'un stère de bois rond

Pour connaître les prix actuels du matériel et des outils nous avons contacté certains vendeurs. Les prix qui nous ont communiqués sont les suivants :

- prix de la scie à ruban : 34 600 FTTC (COLLIOT et LABOURO, prix 1998)
- prix du chariot : 15 000 FTTC environ
- lames stellitées pour la scie (× 2): 1 100 × 2 = 2 200 FTTC (prix 1997)
- produit antifente (MOBILCER M : produit par Mobil Oil) : 10 FTTC le Kilo (prix 1998).

Postes de travail	Carrelets				Lames de parquets			
	Billons/h	Carrelets/h	Tb (heures)	Tc (heures)	Billons/h	Lames/h	Tb (heures)	Tp (heures)
Tronçonnage	30		4		30		4	
Badigeonnage	60		2		60		2	
Premier sciage	12		10		6		20	
Délignage		60*		4		100		8
Empilage		200*		1		100		8
Dégauchissage, rabotage, mise en longueur et tri		100**		10		80		11
Empilage et emballage		200**		1		200		1

Tb : temps de travail nécessaire pour transformer un stère de bois

Tc : temps de travail nécessaire pour transformer la totalité des carrelets donnés par un stère

Tp : temps de travail nécessaire pour transformer la totalité des lames de parquet données par un stère

* : carrelets de 28 cm de longueur

** : carrelets de 13 cm de longueur

Tableau 15: Estimation du temps nécessaire, pour transformer un stère de bois, au niveau de chaque poste de travail

- Usure des lames stellitées :

La règle dit qu'une lame est à changer lorsqu'un tiers de sa largeur est usé, ce qui correspond à environ 40 affûtages (sachant que la largeur de la lame est de 50mm et que chaque affûtage use environ 2 mm). D'après le responsable de l'atelier du CIRAD, un affûtage est nécessaire tous les 20 billons. La lame est donc à changer après sciage de 800 billons environ. Le coût des lames pour le sciage d'un mètre cube de bois rond est de :

$$(1\ 100 / 800) \times 122 = 167 \text{ FTTC} / \text{m}^3$$

On remarque que le fait de changer la lame après son usure revient cher. Il est plus économique de restelliter périodiquement les lames. Cette opération coûte beaucoup moins cher, que le remplacement de la lame entière. Nous estimons le coût de cette opération à un quart du coût calculé ci-dessus, soit **40 FTTC / m³** environ.

- Consommation en produit antifente :

Nous avons utilisé environ 2 kg de ce produit pour badigeonner nos 53 billes de départ. Donc pour les 122 billons il nous faut environ 4 kg.

$$\text{soit : } 4 \times 10\text{F} = \mathbf{40 \text{ FTTC} / \text{m}^3}$$

- Amortissement de la machine et du chariot :

- durée d'amortissement : 10 ans
- nombres de jours ouvrables : 220 jours
- production de la scie : 0,5 stère de billons par jour*

$$\text{d'où l'amortissement : } (34\ 600 + 15\ 000) / (0,5 \times 220 \times 10) = \mathbf{45 \text{ F} / \text{m}^3}.$$

- Consommation en énergie :

D'après les fiches techniques des différentes machines la consommation moyenne à vide en électricité est de 4 Kwh environ. Nous avons estimé au double la consommation lorsque les machines sont en fonctionnement, soit 8 Kwh.

Sachant que le prix du Kwh pour les entreprises est de 0,62 TTC (prix 1998) et supposant que les machines vont tourner 7 heures par jour. La consommation en électricité sera de :

$$0,62 \times 7 \times 8 = 34,7 \text{ F} / \text{jour}.$$

Donc pour la transformation d'un stère de bois rond (sous forme de billons), la consommation en électricité est de :

- 4 jours \times 34,7 = **138,8 F/m³** : pour les carrelets,
- 7 jours \times 34,7 = **242,9 F/m³** : pour les lames de parquets.

* En réalité la fabrication sera faite à la commande ; de ce fait la scie ne fonctionnera pas d'une manière continue.

- Entretien :

L'affûtage des lames, la maintenance des machines...sont estimés à 20 % de l'amortissement (D. BABA, 1988), soit 9 F/m^3 .

- Coût de la main d'œuvre :

Nous avons supposé que ce travail sera réalisé par un seul ouvrier ou bien par le propriétaire de l'unité lui même. Un ouvrier coûte environ 9000 F par mois, d'où le coût de la main d'œuvre pour la transformation d'un mètre cube de bois rond :

- pour les carrelets :

$$(9000 \text{ F} / 30) \times 4 \text{ jours} = 1200 \text{ F} / \text{m}^3$$

- pour les éléments de parquets:

$$(9000 \text{ F} / 30) \times 7 \text{ jours} = 2100 \text{ F} / \text{m}^3$$

V5. Les recettes

Pour les carrelets :

Nous avons trouvé qu'un stère de billons donne 488 carrelets. Leur prix de vente est de :

$$488 \times 1 \text{ F} = 488 \text{ F}$$

Pour les lames de parquet :

Pour notre cas, nous étions assez exigeant dans le triage des lames de parquets, par conséquent nous avons considéré qu'ils sont de bonne qualité.

Un stère de billons a donné 854 lames de parquets de dimensions $50 \times 10 \times 270 \text{ mm}$, ce qui fait une superficie totale de $11,5 \text{ m}^2$. Le prix de vente serait de $11,5 \times 150 \text{ F} = 1725 \text{ F}$.

V6. Valorisation des déchets

Les déchets obtenus se composent de :

- Des chutes obtenus après le tronçonnage des billes,
- Des délignures,
- Des carrelets et des éléments de parquet éliminés à cause des défauts qu'ils comportent,
- De la sciure.

Les chutes de tronçonnage peuvent être vendus en tant que bois de chauffage. Nous estimons leur volume à 40 % du volume total des billes de départ de 1 m de longueur. L'obtention d'un stère de billons de 30 cm de diamètre engendre 0,6 stère environ de bois de chauffage qui peut être vendu à 240 F (400 F/stère).

Pour le reste des déchets (sauf la sciure) ils peuvent être vendus comme bois de feu au prix de 300 F/tonne .

Pour les carrelets, avec un rendement matière de 9 %, un stère de billons donne environ 540 Kg de déchets qui peuvent être vendus à 162 F .

Pour les lames de parquets, avec un rendement matière de 13 %, un stère de billons engendre 522 Kg qui peuvent être vendus à 156 F .

V7. Résultats et discussion

Le coût de transformation d'un m³ de bois est :

- 1873 F dont 1200 F coût de la main d'œuvre pour les carrelets,
- 2908 F dont 2100 F coût de la main d'œuvre pour les lames de parquets,

La main d'œuvre représente 70 % du coût de transformation du bois.

Le prix de vente des produits et des déchets de transformation :

- $(1 \text{ F} \times 488) + 240 + 162 = 890 \text{ F}$
- $(150 \text{ F} \times 11,5) + 240 + 156 = 2121 \text{ F}$

Nous constatons que l'opération est déficitaire, le déficit est de :

- -983 F : pour les carrelets,
- -787 F pour les lames de parquets.

Donc suivant les hypothèses précédemment émises la transformation du bois de chêne vert est économiquement non rentable pour les deux types de produit. Mais il faut signaler que nous étions pessimistes quant à l'estimation des temps nécessaires au niveau de chaque poste de travail et du prix de vente des produits.

Pour améliorer la rentabilité économique il faudra jouer sur les trois paramètres suivants :

- Un meilleur rendement : en procédant à une sélection sérieuse des billes avant transformation,
- Un prix de vente élevé des produits finis : qui est possible si on arrive à vendre le parquet au même prix que celui des essences tropicales,
- Un meilleur coût de transformation de bois : en diminuant le temps nécessaire pour la transformation d'un stère de bois. Ceci est possible en automatisant le travail et en utilisant d'autres machines telles qu'un banc de tronçonnage des billes et une scie à cadre alternative multilames (ce qui occasionnera éventuellement des coûts supplémentaires).

Nous avons établis certains scénarios pour savoir dans quels cas cette opération serait intéressante.

Scénario 1 : augmentation des prix de vente à 1.80 F le carrelet et 220 F le mètre carré de parquet

Dans ce cas le prix de vente des produits (y compris les déchets) serait de :

- 1280 F pour les carrelets
- 2926 F pour les lames de parquets

On constate que pour les carrelets le déficit persiste toujours (-592 F/m³). Néanmoins la transformation devient intéressante pour le parquet où l'on obtient un gain de 18 F/m³.

Scénario 2 : augmentation du rendement de 20 %

Le prix de vente des produits deviendrait :

- 987 F pour les carrelets
- 2466 F pour le parquet

Dans les deux cas le coût de transformation dépasse le prix de vente des produits.

Scénario 3 : augmentation de la productivité de 40 %

Dans ce cas les coûts de transformations deviennent :

- 1393 F pour les carrelets
- 2068 F pour le parquet

Nous constatons que le déficit persiste toujours pour les carrelets (-503 F/m³). Par contre, l'opération devient intéressante pour le parquet et occasionne un gain de 53 F/m³.

Scénario 4 : augmentation de la productivité de 50 % :

Dans ce cas les coût de transformations des carrelet est de 1273 F/m³ équivalent à un déficit de 383 F/m³.

Scénario 5 : augmentation de la productivité de 50 % et vente des carrelets à 1.80 F la pièce (combinaison des scénarios 1 et 4):

Dans ce cas l'opération devient intéressante et on assiste à un gain de 7 F/m³.

Nous en concluons que :

- L'augmentation du rendement de 20 % n'occasionne pas une amélioration significative de la rentabilité économique pour les deux types de produits et l'opération demeure déficitaire.
- Pour que les revenus de la transformation de bois de chêne vert en carrelets couvre les frais, il faut augmenter la productivité de 50 % et vendre les carrelets à 1,80 F la pièce,
- Pour que la transformation de bois de chêne vert en parquet devient intéressante il faut : soit augmenter la productivité de 40 % soit vendre le produit à partir de 220 F le mètre carré (c'est à dire au prix du parquet fabriqué à partir de certaines essences tropicales).

En parquetterie la fabrication de lamelles de parquet composite (de 2 à 4 mm d'épaisseur) améliore certainement le rendement matière et par la suite la rentabilité économique. Néanmoins l'acquisition d'une scie à cadre alternative multilames serait nécessaire.

VI. CONCLUSION

Le département de l'Hérault est très riche en bois de chêne vert. La quasi totalité de la ressource est de diamètre inférieur à 20 cm..

On estime le volume sur pied total à 1,7 millions de m³ dont 76 000 m³ de diamètre supérieur à 20 cm. Cette partie de la production n'est pas exploitée car les bois de gros diamètre nécessitent un travail de reprise (fendage) long et coûteux.

La production biologique est de 79 000 m³ par an alors que le prélèvement n'est que de 13000 m³ par an (16 %). L'IFN donne une valeur de disponibilité en bois égale aux prélèvements.

La forêt domaniale possède le meilleur ratio volume par hectare de l'ordre de 26 m³/ha dont 2 m³/ha pour la gamme de diamètre supérieure à 20 cm. Aussi la meilleure production biologique par hectare.

Les régions forestières Plaine viticole et vallée de l'Hérault et Avant-Monts et Lodévois paraissent intéressantes de point de vue densité, accroissement courant et production biologique.

Les essais mécaniques et physiques effectués sur le Chêne vert ont montré que le bois est très lourd, très dur, de résistance à la rupture en flexion et de module d'élasticité moyens. Ses retraits sont moyens (retrait radial) à élevés (retrait tangentiel et retrait volumique). Son point de saturation des fibres est faible.

En comparant le bois de chêne vert à trois essences tropicales de référence (l'Ayous, le Sipo, et l'Azobé), il apparaît que ce bois est voisin de l'Azobé pour la densité, la dureté et les retraits volumiques et tangentiel mais beaucoup pour le module d'élasticité et la contrainte de rupture en flexion.

Le bois de chêne vert possède une dureté plus élevée que d'autres essences réputées pour une utilisation en parquet telles que le Chênes de France (sessile et pédonculé) et le teck.

Les retraits de séchage élevés ne constituent pas un facteur limitant à condition de travailler des pièces de petites dimensions.

Les essais de transformation de bois de chêne vert ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- l'utilisation de produit antifente est indispensable pour éviter l'apparition de gerces,
- avec le matériel de reprise du CIRAD (lames en acier, chariot de faible puissance), le sciage a demandé plus de temps que le débit d'une essence classique ; l'utilisation de lames stellitées et d'un chariot avec une vitesse d'avance plus élevée est fortement préconisée,
- un séchage des produits à l'air libre sous abri donne de bons résultats à condition de sécher des pièces de petite dimension qui doivent être baguettées ; sur les piles doivent être placées des charges afin de limiter les risques de déformation.

Les produits obtenus sont de couleur claire, de grain fin et d'aspect très figuré ce qui leur confère un caractère esthétique recherché. Ils présentent cependant des défauts liés à la qualité du bois (cœur noir, petits nœuds irrégulièrement répartis).

Les rendements matière calculés à partir de la fabrication de carrelets et de lames de parquets sont d'autant plus élevés que les billes sont de faible longueur. Pour des billons de 30 cm de longueur, les rendements varient de 9 % pour les carrelets à 13 % pour les lames de parquets.

La transformation d'un stère de bois rond de chêne vert (de longueur 1 m et de diamètre 15 cm en moyenne) coûterait **suivant les hypothèses précédemment émises qui correspondent à un processus de fabrication de type expérimental :**

- 1870 F pour les carrelets contre 900 F pour le prix de vente des produits finis,
- 2900 F pour les lames de parquets contre 2100 pour le prix de vente finis.

Pour que la fabrication de ces deux types de produit à partir du chêne vert soit économiquement intéressante, il sera en toute logique nécessaire :

- pour les carrelets, de doubler la productivité par rapport aux essais de transformation qui ont été réalisés et de vendre le produit à 1,80 F la pièce,
- pour les lames de parquets, d'augmenter la productivité de 40 % (ce qui pourra se faire très facilement compte tenu de l'hypothèse de départ concernant les possibilités de production) **ou** d'augmenter le prix de vente du produit final qui devra être supérieur à 220F le mètre carré.

De façon analogue à certains parquets en bois tropicaux, le parquet de Chêne vert doit être considéré comme un produit de haut de gamme dont l'aspect esthétique est recherché, dont la fabrication consommera pas des volumes de bois importants, mais qui permettra d'apporter un complément de valeur ajoutée par rapport au bois de feu qui demeure le créneau d'utilisation majeur de cette essence.

Donc la valorisation du bois de chêne vert en parquet est plus prometteuse.

Références bibliographiques

DRISS B. 1988 : Possibilités de valorisation technologique du chêne vert marocain. Mémoire de DEA.

DUCREY M.: Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de chêne vert de la région méditerranéenne française.

FOURNIER M. 1997 : Le matériau bois, structure et propriétés. Cours.

GERARD J. 1994 : Contraintes de croissance, variations internes de densité et de module d'élasticité longitudinal, et déformations de sciage chez les Eucalyptus de plantation. – Thèse.

IFN Juin 1997 : Etude de la ressource forestière et de la disponibilité en bois en Languedoc-Roussillon. Tome 1 et 2.

LAMHAMEDI M.S. 1985 : Economie et valorisation du chêne vert au Maroc. Mémoire de troisième cycle Agronomie.

LEHMAN. F. 1982 : Etude des peuplements de chêne vert de la forêt domaniale du FANGO. Mémoire de troisième année.

MARCHAL R. 1989 : Valorisation par tranchage et déroulage des bois de chênes méditerranéens. Thèse.

Projet VANINA : Utilisation des bois de maquis dans les domaines de la décoration et du mobilier.

ANNEXES

Annexe 2

Effets des différentes anomalies sur les propriétés du bois

Singularités Altérations Dégradations	Influence sur
Aubier	- l'homogénéité de couleur - la durabilité
Largeur d'accroissement	- la résistance mécanique - l'aptitude à l'usinage - le temps de séchage
Couleur	- l'aspect esthétique
Nœuds	- la résistance mécanique - l'aptitude à l'usinage - la déformation au séchage - l'aspect esthétique
Fil tors	- la résistance mécanique - l'aptitude à l'usinage - la déformation au séchage - l'aptitude à la fente
cœur excentré	- les déformations - le rendement qualitatif
entre écorce	- le rendement qualitatif et quantitatif
Lunure	- le rendement qualitatif et quantitatif - la durabilité
Courbure	- la résistance mécanique - le rendement quantitatif
Cannelure	- le rendement qualitatif et quantitatif
Bosse ou excroissance	- le rendement qualitatif et quantitatif - l'aspect esthétique
Méplat	- le rendement qualitatif - l'aptitude à l'emploi
Fentes	- le rendement quantitatif - la sensibilité aux altérations et dégradations
Altérations dues à l'action des champignons	- la résistance mécanique - l'aptitude à l'usinage - l'aspect esthétique - le rendement qualitatif et quantitatif - l'aptitude à l'emploi
Dégradations dues aux insectes	- la résistance mécanique - l'aspect esthétique - le rendement quantitatif et qualitatif - l'aptitude à l'emploi
Autres dégradations	- la résistance mécanique - l'aptitude à l'usinage - le rendement quantitatif et qualitatif

Source : CTBA

Annexe 3

Tableau de classement des billons de chêne vert (voir suite à la page suivante)

Billons	classe1	Classe2	Dm	L (cm)	V (cm3)	Noeuds			
						sains		pourris	
						< 20 mm	> 20 mm	< 20 mm	> 20 mm
1	C	D2	14	120	18472	3			
2	C	D2	13,25	124	17097	2			
3	C	D2	10,5	110	9525	7			
4	B	D1	15,75	127	24742				
5	C	D2	13,25	136	18752				
6	C	D2	14	119	18318	3	1		
7	B	D1	17,5	129	31027				
8	C	D2	14	110	16933		1	2	
9	B	D1	15,75	120	23379	4		1	
10	C	D2	13,75	130	19303	2		2	
11	B	D1	17,75	132	32662	2			
12	B	D1	15,25	120	21918		1	1	
13	B	D1	15,5	128	24152			1	
14	C	D1	19,5	140	41809			2	
15	B	D1	18,5	123	33062	3		1	
16	C	D2	12	121	13684		2		
17	C	D2	12	125	14137	1			1
18	B	D1	16,75	119	26221			1	
18'	C	D2	14,75	120	20504		1		
19	B	D1	15	125	22089	1		2	
20	C	D2	13,5	136	19466		2		
21	C	D2	12,75	118	15065			1	
22	B	D1	17,5	131	31508		1		
23	B	D1	17,75	136	33652		1		
24	C	D1	17,5	133	31989		2	5	
25	B	D1	15	121	21382		2		
26	C	D2	14,75	133	22725			1	
27	C	D1	19,5	148	44199	1			2
28	C	D1	16	128	25735		1	3	
29	B	D1	17,75	120	29693		1	1	
30	C	D2	14	142	21859		5	2	
31	C	D2	14,5	108	17834			2	2
32	C	D2	13,75	117	17373		3	4	
33	C	D2	12	141	15946		5		
34	C	D2	10,5	115	9958		2		2
35	C	D2	11,6	135	14267			2	
36	C	D1	18,5	138	37094	5			1
37	B	D1	17,5	127	30546	4		2	
38	B	D1	17,5	130	31268				1
39	C	D2	11,5	133	13814	2		2	
40	C	D2	13	116	15396	1			2
41	C	D2	13	133	17653				
42	B	D1	15,5	128	24152	1			1
43	C	D2	13,75	128	19006				
44	C	D2	14,25	134	21370	2			
45	B	D1	16	130	26137				
46	B	D1	15	114	20145	1			
47	C	D1	19,25	116	33760				2
48	C	D2	13,25	131	18063			2	
49	C	D2	14	115	17702	2			
50	B	D1	16,75	122	26882	1	1		1
51	C	D2	13,25	128	17649				
52	B	D1	17,25	125	29212		1	2	

Billons	Coeur noir		Dégradation		Remarques
	<=1/3 D	>1/3 D	petits trous	gros trous	
1					fente au niveau de l'écorce
2					
3					
4	X				
5				1	
6	X				
7	X				belle bille mais pas parfaitement cylindrique
8					
9					
10					
11	X				belle bille
12	X				
13	X				billon aplati au milieu
14		X			
15	X				
16	X				très mauvais, 50 cm seulement sont correcte
17					il devrait être purgé au niveau du noeud pourri
18	X				billon aplati sur toute sa longueur
18'					
19	X				on pourrait purger au niveau du noeud pourri
20	X			1	des pourritures tout le long du billon
21	X				
22	X				fente au niveau de l'écorce - belle bille
23	X				
24	X				
25	X				fente au niveau de l'écorce
26	X				belle bille
27		X			deux nœuds grands nœuds pourris
28	X				bon sur 82 cm (droit et sain)
29	X				si on purge au niveau des deux noeuds
30	X				
31	X				
32	X				35 cm du côté supérieur sont à purger
33	X				
34				1	très mauvais billon
35					ce billon est sous forme d'un arc
36	X			1	le gros noeud pourri est au centre
37	X				on pourrait purger à 30 cm côté supérieur
38	X		1		
39	X				
40					mauvais billon
41					très mauvais : sous forme d'un arc, tordu
42	X			1	
43	X				belle bille : saine, droite
44	X				
45					c'est très sain mais présence de 2 courbures
46	X				
47		X		1	bille droite si purge à 20 cm côté supérieur
48			1		
49	X		2	1	le gros trou est au milieu
50	X				billon droit, mais gros noeud sain au centre
51	X				belle bille
52	X				billon droit

Annexe 4

Résultats des essais mécaniques et physiques

4-1 : les essais faits sur le bois de taillis

éprouvettes	distance	EL (Mpa)	densité	F (Mpa)	Rr (%)	Rt (%)	Rv (%)
49 3 20	20	11430	1,10		6,57	12,12	18,69
49 10 20	20	10259	1,09		4,81	9,85	14,66
49 6 25	25	11885	1,10	69,2			
49 9 40	40	10126	1,06		5,08	11,41	16,49
49 5 45	45	10930	1,06		8,07	11,88	19,95
49 11 45	45	10061	1,03	109,5	5,34	10,71	16,05
49 4 55	55	10735	0,96		4,39	12,51	16,9
49 7 65	65	9826	0,97		4,08	11,2	15,28
45' 1 15	15	12574	1,03	129,6	8,04	12,47	20,51
45 2 20	20	11767	1,03		6,96	11,59	18,55
45' 6 25	25	11820	1,02	118,5	6,88	11,7	18,58
45 1 30	30	13294	1,03	140	6,42	11,59	18,01
45 8 40	40	13264	1,05		7,6	12,65	20,25
45 11 40	40	12293	1,03		6,19	11,94	18,13
45' 8 45	45	9943	1,07		7,18	10,53	17,71
45' 2 45	45	12256	1,02	107,7	5,78	12,93	18,71
45' 12 55	55	11363	1,02	77,6	5,06	11,6	16,66
45 9 65	65	13602	1,02	118	5,38	12,41	17,79
45 10 65	65	11422	0,97	84,8	6,04	12,47	18,51
40' 6 20	20	13522	1,02	118,8	6,91	10,24	17,15
40 4 20	20	12756	1,08	121,9	6,55	10,11	16,66
40 2 40	20	14300	1,02	114,7			
40' 5 55	40	15541	0,94		6,52	10,56	17,08
40' 2 60	55	14430	1,03	130,4	5,23	10,19	15,42
39 1 25	25	16885	1,04	119,5			
39 3 35	35	14010	0,99	136,7	6,57	10,29	16,86
39 4 20	60	15103	0,97	90	6,55	9,23	15,78
31 8 30	30	10501	1,03	59,9	6,79	11,43	18,22
31 6 35	35	11603	0,98	98,6	6,72	10,72	17,44
31 10 45	45	10112	1,04		7,07	12,02	19,09
31 2 50	50	12011	1,03	95,4	5,94	11,54	17,48
31 4 60	60	12135	0,98	98,1	5,34	11,65	16,99
31 11 70	70	7108	1,03		5,32	10,8	16,12
21 6 15	15	13776	0,99	103,7	6,63	11,69	18,32
21 3 30	30	8618	0,97	66,7	7,47	11,12	18,59
21 2 30	30	10732	1,00	49,6	6,75	10,74	17,49
21 1 20	20	15461	1,01	127,1	5,77	10,41	16,18
16 6 55	55	16029	1,07	78			
16 2 30	30	11442	1,01	50,1	5,27	9,61	14,88

Remarque : les valeurs manquantes correspondent soit à des éprouvettes cassant au niveau d'un défaut (contrainte de rupture), soit à des barrettes mal orientées (retrait).

4-2 : Les essais faits sur l'arbre de parc

n° éprouvette	densité	EL (Mpa)	F (Mpa)	dureté	Rv (%)
1	1,07	15394	111,2	12	16,4
2	0,86	12966	106,7	8	14,2
4	0,93	13875	104,1	8	15,6
5	0,93	13220	85,1	8	15,5
6	0,94	14676	116,2	8	13,7
7	0,88	13093	97,1	7	15,9
10	0,89	13051	111,1	8	15,5
11	0,83	13208	100,5	7	14,3
12	0,87	13173	102,7	5	15,1

Annexe 5

Les classes des propriétés physiques et mécaniques

Densité

$MV < 500 \text{ kg/m}^3$: bois très léger
$500 \text{ kg/m}^3 < MV < 650 \text{ kg/m}^3$: bois léger
$650 \text{ kg/m}^3 < MV < 800 \text{ kg/m}^3$: bois mi-lourd
$800 \text{ kg/m}^3 < MV < 950 \text{ kg/m}^3$: bois lourd
$MV > 950 \text{ kg/m}^3$: bois très lourd

Dureté de MONNIN

$D < 1,5$: bois très tendre
$1,5 < D < 3$: bois tendre
$3 < D < 6$: bois mi-dur
$6 < D < 9$: bois dur
$D > 9$: bois très dur

Point de saturation des fibres

$PSF < 25 \%$: PSF faible
$25 < PSF < 35 \%$: PSF moyen
$PSF > 35 \%$: PSF élevé

Retrait volumique

$B < 9 \%$: retrait faible
$9 \% < B < 13 \%$: retrait moyen
$B > 13 \%$: retrait fort

Retrait tangentiel et radial

$R_t < 6,5 \%$: retrait faible	$R_r < 3,8 \%$: retrait faible
$6,5 \% < R_t < 10 \%$: retrait moyen	$3,8 \% < R_r < 6,5 \%$: retrait moyen
$R_t > 10 \%$: retrait fort	$R_r > 6,5 \%$: retrait fort

Contrainte de rupture

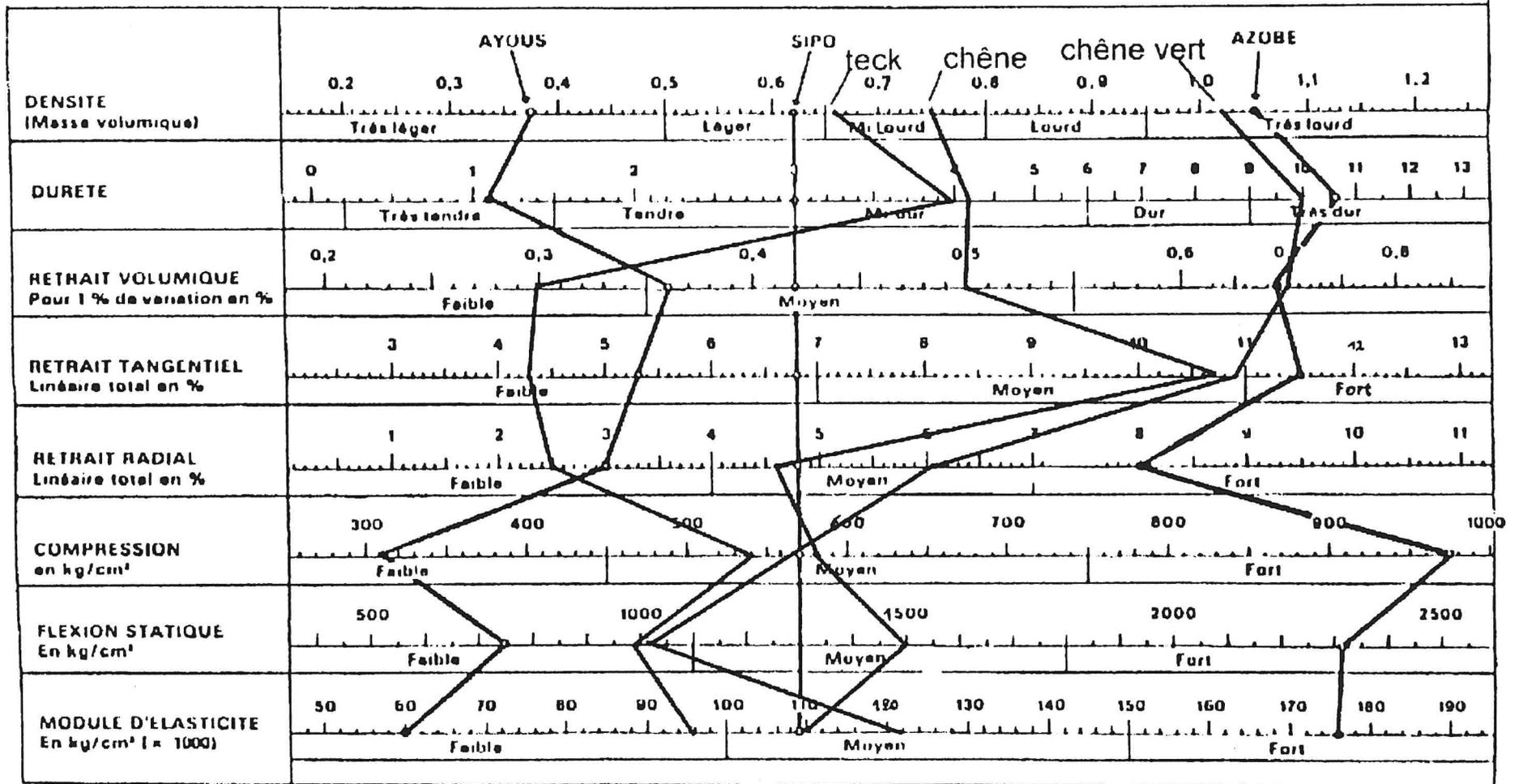
$F_{12} < 85 \text{ MPa}$: Contrainte faible
$85 \text{ MPa} < F_{12} < 140 \text{ MPa}$: Contrainte moyenne
$F_{12} > 140 \text{ MPa}$: Contrainte élevée

Module d'élasticité longitudinal

$E_L < 10\,000 \text{ MPa}$: Module faible
$10\,000 \text{ MPa} < E_L < 15\,000 \text{ MPa}$: Module moyen
$E_L > 15\,000 \text{ MPa}$: Module élevé

Comparaison des caractéristiques physiques et mécaniques du chêne vert avec d'autres essences

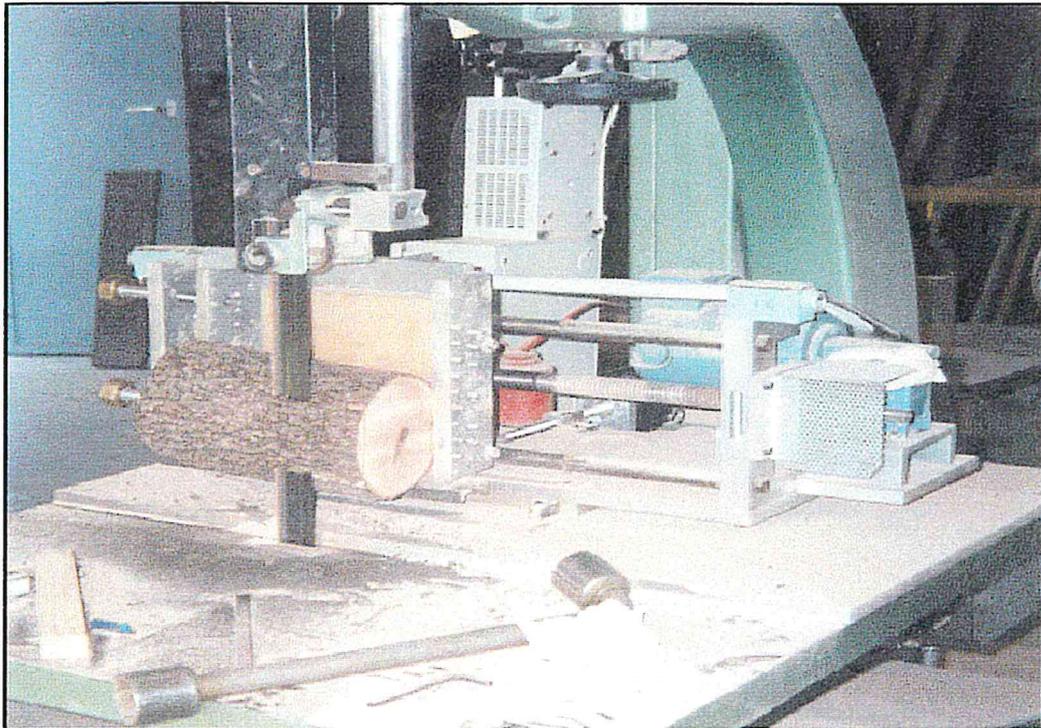
Annexe 6



Remarque : la résistance à la compression n'a pas été déterminée pour le chêne vert. La valeur figurant sur ce graphique n'est pas correcte

Annexe 7

La scie à ruban utilisée pour le sciage des billons de chêne vert



Annexe 8

Les rendements matière

8-1 : rendement carrelets

Billes	Diamètre	Classe 1	Classe 2	Vbilles (cm3)	Nc 1	Vc 1(cm3)	Rc 1 (%)	Nc 2	Vc 2(cm3)	Rc 2 (%)	R'c1	R'c2 (%)
3	10,5	D2	C	9524,6	2	912	10	2	203,8	2,14		
5	13,25	D2	C	18752,0	8	3648	19	5	509,6	2,72		
6	14	D2	C	18318,1	8	3648	20	5	509,6	2,78		
18	16,75	D1	B	26221,3	13	5928	23	18	1834,6	7,00		
18'	14,75	D2	C	20504,2	14	6384	31	6	611,5	2,98		
22	17,5	D1	B	31508,3	16	7296	23	13	1325,0	4,21		
24	17,5	D1	C	31989,3	10	4560	14	10	1019,2	3,19		
28	16	D1	C	25735,2	14	6384	25	16	1630,7	6,34		
30	14	D2	C	21858,6	9	4104	19	9	917,3	4,20		
32	13,75	D2	C	17372,7	4	1824	10	2	203,8	1,17		
35	11,6	D2	C	14266,8	4	1824	13	2	203,8	1,43		
36	18,5	D1	C	37093,7	15	6840	18	23	2344,2	6,32		
37	17,5	D1	B	30546,2	9	4104	13	7	713,4	2,34		
38	17,5	D1	B	31267,7	12	5472	18	13	1325,0	4,24		
43	13,75	D2	C	19006,1	10	4560	24	14	1426,9	7,51		
44	14,25	D2	C	21370,3	9	4104	19	9	917,3	4,29		
46	15	D1	B	20144,9	8	3648	18	9	917,3	4,55		
48	13,25	D2	C	18062,6	9	4104	23	10	1019,2	5,64		
51	13,25	D2	C	17648,9	13	5928	34	17	1732,6	9,82		
				431191,4	187	85272	20	190	19364,8	4,49	39	9

Classe	Rc1 (%)	Rc2 (%)	R'c1	R'c2 (%)
B	19	4	37	8
C	20	4	39	8
D1	19	5	37	10
D2	21	4	41	8
15<=D1<20				
10<D2<15				

Nc1 : nombre de carrelets (4*4*28,5) obtenus après sciage de reprise
Vc1 : volume des carrelets obtenus après sciage de reprise
Nc2 : nombre de carrelets (2,8*2,8*13) retenus après triage
Vc2 : volume des carrelets retenus
Rc1 : rendement issu des billes, avant triage
Rc2 : rendement issu des billes, après triage
R'c1 : rendement issu des billons, avant triage
R'c2 : rendement issu des billons, après triage

8-2 : Rendement parquet

N° billon	diamètres	classe 1	classe 2	Vbilles (cm3)	Vp1 (cm3)	Np1	Vp2 (cm3)	Rp1 (%)	Rp2 (%)	R'p1	R'p2 (%)
1	14	D2	C	18472	3759	4	540	20	3		
7	17,5	D1	B	31027	11340	20	2700	37	9		
8	14	D2	C	16932	4872	9	1215	29	7		
10	13,75	D2	C	19303	5838	5	675	30	3		
11	17,75	D1	B	32662	10920	28	3780	33	12		
12	15,25	D1	B	21917	7896	13	1755	36	8		
13	15,5	D1	B	24151	2289	6	810	9	3		
14	19,5	D1	C	41809	14464	16	2160	35	5		
15	18,5	D1	B	33061	9765	18	2430	30	7		
17	12	D2	C	14136	1848	5	675	13	5		
26	14,75	D2	C	22725	6573	16	2160	29	10		
29	17,75	D1	B	29693	7560	20	2700	25	9		
33	12	D2	C	15946	2541	8	1080	16	7		
42	15,5	D1	B	24151	9777	18	2430	40	10		
47	19,25	D1	C	33759	11445	22	2970	34	9		
				379744	110887	208	28080	29	7	54	13

Classe	Rp1 (%)	Rp2 (%)	R'p1	R'p2
A	30	8	56	15
B	28	6	52	11
D1	31	8	58	15
D2	24	6	45	11
15<=D1<20				
10<D2<15				

Vp1 : volume des avivés obtenus après premier sciage
 Np1 : nombre d'éléments de parquet retenus après triage
 Vp2 : volume des éléments de parquet retenus
 Rp1 : rendement après premier sciage issu des billes
 Rp2 : rendement final issu des billes
 R'p1 : rendement après premier sciage issu des billons
 R'p2 : rendement final issu des billons

Annexe 9

Annexe 9-1



Photo 1 : Aspect d'un avivé de chêne vert sur dosse



Photo 2 : Face radiale d'un carrelet (les mailles sont très claires)

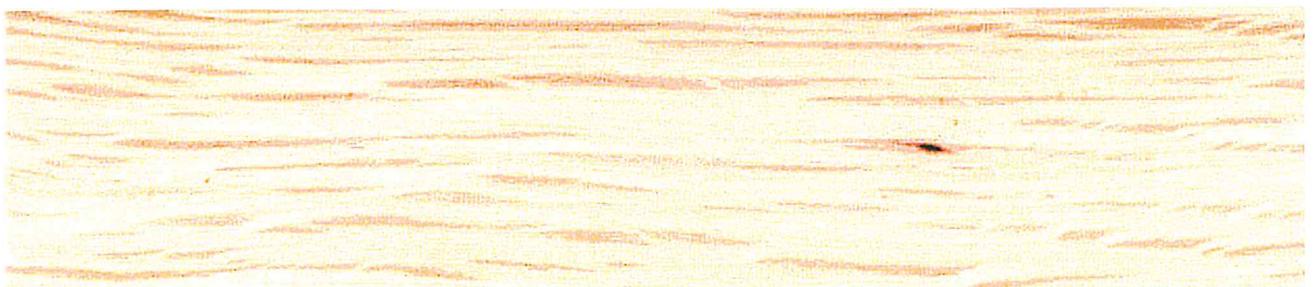


Photo 3 : Face tangentielle d'un carrelet (les rayons ligneux sont très clairs)

Annexe 9-2



Photo 4 : Cœur noir fendu : défaut majeur du bois de chêne vert



Photo 5 : Nœuds vicieux regroupés : carrelet rejeté



Photo 6 : Petit nœud noir isolé : carrelet retenu

LA GOUTTE D'ENCRE

**53 place Thermidor
Le Parvis des Facultés
34000 MONTPELLIER
FRANCE
Tél : 04-67-65-30-96**