

Caractérisation technologique et valorisation en bois d'œuvre du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur



Réalisée à la demande du
Conseil Régional de Provence-
Alpes-Côte d'Azur

Action « Technologie du bois et marchés »
Programme du Groupe Pin d'Alep (GPA)
AFOCEL – CEMAGREF – CIRAD –
CRPF – INRA – ONF

Rapport final provisoire

Jean GERARD
septembre 2004
Programme Bois - CIRAD-Forêt



SOMMAIRE

1 – RAPPEL DU CONTEXTE ET DES ENJEUX DE L'ETUDE.....	3
2 - OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	3
3 – RESULTATS.....	4
31 – Provenance des bois testés et échantillonnage.....	4
32 - Qualification des billons.....	5
33 - Sciage	6
34 - Classement des bois	7
35 - Séchage.....	8
5 - CARACTERISATION TECHNOLOGIQUE.....	12
6 - COLLAGE	17
7 - FINITIONS	22
8 – REALISATIONS ET PROTOTYPES.....	23
Annexe 1 : Descriptif technico-économique de l'entreprise <i>Ebe Bois</i>	25
Annexe 2 : Diaporama présenté lors de la restitution finale du projet	28

1 – RAPPEL DU CONTEXTE ET DES ENJEUX DE L'ETUDE

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la récolte de bois d'œuvre tend à croître, phénomène lié à la montée en puissance des forêts plantées pour la production de bois de qualité. De plus, les efforts d'amélioration de la forêt, engagés depuis plusieurs décennies, vont pouvoir être valorisés avec la mise en marché d'un volume croissant de bois d'œuvre.

Actuellement, la ressource est insuffisamment exploitée pour des raisons multiples, mais des progrès considérables peuvent être accomplis dans ce domaine, nécessitant entre autre l'élargissement des marchés actuels.

Les bois de la région présentent une potentialité technologique certaine, et leur très grande variété devrait leur permettre de se placer sur une large gamme d'emploi. Pour cela, ils doivent faire l'objet de diagnostics technologiques, depuis l'étude de la qualité des arbres sur pied jusqu'à l'optimisation des itinéraires technologiques adaptés à chaque essence ou groupe d'essences, et l'analyse des marchés effectifs ou potentiels correspondants.

Fréquemment utilisé en reboisement en climat méditerranéen sec, le Pin d'Alep, qui s'étend sur plus de 200 000 ha en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, est une essence dont les propriétés technologiques ont été peu étudiées (Dilem 1992*, Thibaut et al. 1992*) bien qu'elles présentent une forte variabilité en fonction de différents facteurs externes, notamment l'âge des arbres et les conditions de croissance (Malkh 2001*). Ces études et recherches font ressortir des premières tendances :

- les caractéristiques intrinsèques du Pin d'Alep sont souvent proches de celles du Pin maritime,
- les techniques de débit « périphérique » apparaissent les mieux adaptées pour obtenir le maximum de pièces à faible teneur en résine,
- les caractéristiques technologiques des bois restent très variables en fonction de la répartition géographique des peuplements ce qui nécessite la mise en place d'études locales pour une meilleure connaissance du matériau.

Une meilleure connaissance de cette variabilité et de ses facteurs explicatifs permettrait d'envisager le développement de l'utilisation d'une partie de la ressource disponible pour certains emplois, en remplacement de résineux plus conventionnels (Epicéa, Pin sylvestre, Pin maritime ...).

2 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

? Déterminer les principales caractéristiques technologiques du Pin d'Alep de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

? Analyser et formaliser les possibilités techniques et économiques de valorisation de cette essence.

La connaissance des caractéristiques technologiques du Pin d'Alep est un préalable indispensable à toute tentative de développement de l'utilisation en bois d'œuvre de cette

essence. Elle conduit à pouvoir identifier les créneaux d'utilisation sur lesquels peut se placer cette essence, et constitue ainsi la base d'un argumentaire technico-économique pour assurer le développement de son utilisation.

3 - RESULTATS

31 – Provenance des bois testés et échantillonnage

Une première série d'expérimentations a été lancée sur un lot de 19 grumes de Pin d'Alep fournies par l'entreprise *Ebé Bois* localisée à Aubagne.

Le plan d'expérimentation a été défini avec cette entreprise qui a été contactée dès le lancement du projet ; elle est actuellement la principale (et quasi unique) dans la Région PACA à transformer du Pin d'Alep.

Une fiche descriptive technico-économique de *Ebé Bois* est donnée en annexe 1.

Les caractéristiques des billons sont les suivantes :

N° Billon	Longueur (cm)	Diamètre moyen (cm)	Volume (m ³)
1	230	40	0,29
2	224	32	0,18
3	201	32	0,16
4	-	41	-
5	230	40	0,28
6	229	39	0,27
7	-	34	-
8	220	37	0,24
9	237	35	0,22
10	-	36	-
11	225	35	0,22
12	-	34	-
13	224	33	0,19
14	-	37	-
15	234	34	0,21
16	-	40	-
17	228	33	0,19
18	237	41	0,31
19	220	33	0,18

32 - Qualification des billons

Les grumes de Pin d'Alep ont été qualifiées en se référant aux règles de classement des bois ronds résineux en vigueur.

Les bois reçus sont de moyens à gros diamètre.

Les grumes sont relativement bien conformées mais certaines présentent une forme sinueuse qui peut limiter les rendements matière au sciage.

Certaines présentent un cœur résineux qui constitue un défaut rédhibitoire : ce type de défaut n'est pas réellement expliqué, mais un certain nombre d'hypothèses sont émises quant à son origine :

- conditions de croissance trop favorables,
et/ou
- sols trop humides,
et/ou
- arbres très âgés et dépérissants.

D'une façon générale, les défauts de résine correspondent à une réaction de l'arbre à des traumatismes extérieurs (vent, incendies, ...).

Les inconvénients dus aux défauts de résine sont multiples : encrassement des lames de scie et des outils d'usinage, déclassement des bois, hétérogénéité locale de propriétés, durcissement du bois pouvant poser problème au clouage, problèmes d'adhérence des produits de finition, coulures après mise en œuvre ...

Le fait de sécher artificiellement les bois contribue à limiter certains problèmes dus à la résine qui se durcit en séchant et dont les constituants se polymérisent aux moyennes températures mises en œuvre en séchage traditionnel (70-80°C).

Les grumes reçues présentaient peu de cœur excentré (ou peu marqué si existant) ce qui a des répercussions favorables sur la future qualité du sciage et du séchage des bois.



33 - Sciage

Deux modes de sciage ont été expérimentés et comparés :

- sciage parallèle : mode de sciage traditionnel, le plus simple, mais qui présente l'inconvénient de fournir des débits d'orientations variées d'où un risque ultérieur d'hétérogénéité de comportement au séchage.
- sciage sur quartier : mode de sciage plus évolué, plus contraignant en terme de manipulation des grumes, mais qui présente l'avantage de fournir des pièces sciées orientées sur quartier donc présentant des moindres risques de déformation au séchage.

Les paramètres de sciage utilisés sont les suivants :

- Scie à ruban de volant 130cm
- Epaisseur des débits : 27 mm et 41 mm
- Vitesse linéaire de 32m/mn
- Lame : denture copeau projeté
- Stellitage des lames (grade 2)
- Largeur de la lame : 135 mm
- Pas de 45 mm
- Epaisseur de lame : 13/10^{ème}
- Angle d'attaque : 24°
- Largeur de la voie : 23/10^{ème}

Sur 6 billons, un plateau diamétral a été prélevé pour les essais ultérieurs de caractérisation.

Le sciage n'a présenté aucune difficulté particulière, la résine abondante dans certaines grumes n'occasionnant aucun encrassement particulier des lames.

Le rendement matière obtenu s'élève à près de 62%, soit un rendement très supérieur à ce qui était attendu ; le fait de scier des grumes relativement courtes a eu un effet favorable sur le rendement-matière.

Sciage parallèle



Sciage sur quartier



34 – Classement des bois

Les bois sciés ont fait l'objet d'un classement en prenant comme référence les règles européennes de classement d'aspect des résineux (Pins, Douglas, Sapin-Epicéa).

Les résultats obtenus sont les suivants :

Choix	Utilisation	% en volume
0	Ebénisterie, menuiserie fine	1,3
1	Menuiserie courante	10,8
2	Fermette, lamellé-collé	26,1
3	Ossature, charpente courante	34,4
4	Autres	27,5

Les rendements qualitatifs ont été supérieurs à ce qui était attendu (classement en grand longueur).

Le bleuissement constitue un problème spécifique aux bois reçus et il n'a pas été pris en compte lors du classement en considérant qu'il n'était pas lié à la qualité intrinsèque du bois mais à son conditionnement inadapté. Le bleuissement est sans doute déjà présent avant le sciage ; il est dû à un trop long stockage des billes sur parc ou en forêt ; le bleuissement peut ensuite s'accroître lors du séchage à l'air des planches si les règles de l'art ne sont pas respectées (aération des bois insuffisante).

Les principaux défauts à l'origine du déclassement des bois sont les nœuds (sautants ou noirs) et les plages d'entre-écorce.

Sciage de choix O



35 - Séchage

Les bois sciés ont fait l'objet d'un pré-séchage à l'air puis ont été séchés en séchoir traditionnel.

Le séchage artificiel a duré une semaine (165 heures) avec une humidité moyenne des bois de 51% au départ et une humidité finale de 9%.

La table de séchage suivante a été utilisée :

Phase	H% du bois	T sèche	H % air
Préchauffage 1		45	75
Préchauffage 2		50	77
Séchage	>50	55	74
	50-40	55	69
	40-35	55	66
	35-30	63	62
	30-27	63	59
	27-24	63	59
	24-24	63	56
	21-18	65	53
	18-15	65	50
	15-12	65	47
	12-9	65	41
	9-6	65	39
Equilibrage		55	

A l'issue du séchage artificiel, très peu de défauts ont été observés (quelques déformations sur les planches en partie supérieure des piles).

Lorsque les bois sont uniquement séchés à l'air libre, il est cependant conseillé de respecter les règles suivantes afin de limiter les risques de fentes et de déformation :

* Epaisseur et l'écartement des baguettes optimums :

Epaisseur des bois (mm)	Epaisseur des baguettes (mm)	Ecartement des baguettes (cm)
18 à 20	20	30 à 40
20 à 40	25	40 à 50
40 à 50	30	50 à 60
50 à 65	35	70 à 80
65 à 85	40	90
>85	45	100

* **Les baguettes doivent être disposées bien alignées verticalement les unes par rapport aux autres, toutes de la même épaisseur** ; elles doivent être sèches pour éviter les taches sur le bois et pour limiter leur retrait irrégulier qui accentuerait les déformations des bois ; des baguettes doivent être disposées aux extrémités des piles.

* L'air doit pouvoir circuler à l'intérieur de la pile de bois : les piles doivent être disposées perpendiculairement à la direction du vent.

* Les piles de bois doivent être protégées de la pluie et du soleil par des couvertures aux débords suffisants.

* Pour éviter l'éventuelle apparition de fentes en bout notamment pour les pièces de grosse section, l'application de produit dit «anti-fentes» aux extrémités des sciages est conseillée. Ces produits (de type Mobilcer) limitent les échanges d'humidité entre le bois et l'air et ralentissent ainsi le séchage aux extrémités des sciages. Leur coût est minime¹. Ils contribuent de plus à améliorer la présentation des colis d'avivés.

* **Afin de limiter les déformations des avivés, l'application de charges (type dalle de béton) sur les piles pendant toute la durée du séchage est fortement conseillée.** Cette technique est simple et peu coûteuse. Correctement utilisée, elle est très efficace, notamment pour les bois réputés nerveux comme le Pin d'Alep.

La charge à appliquer est de l'ordre de 1 tonne/m².

Le séchage naturel présente l'avantage d'être peu brutal du fait de l'alternance du jour et de la nuit au cours de laquelle l'humidité relative de l'air remonte toujours à une valeur élevée. Il ne nécessite aucune source d'énergie et apparaît relativement simple à conduire.

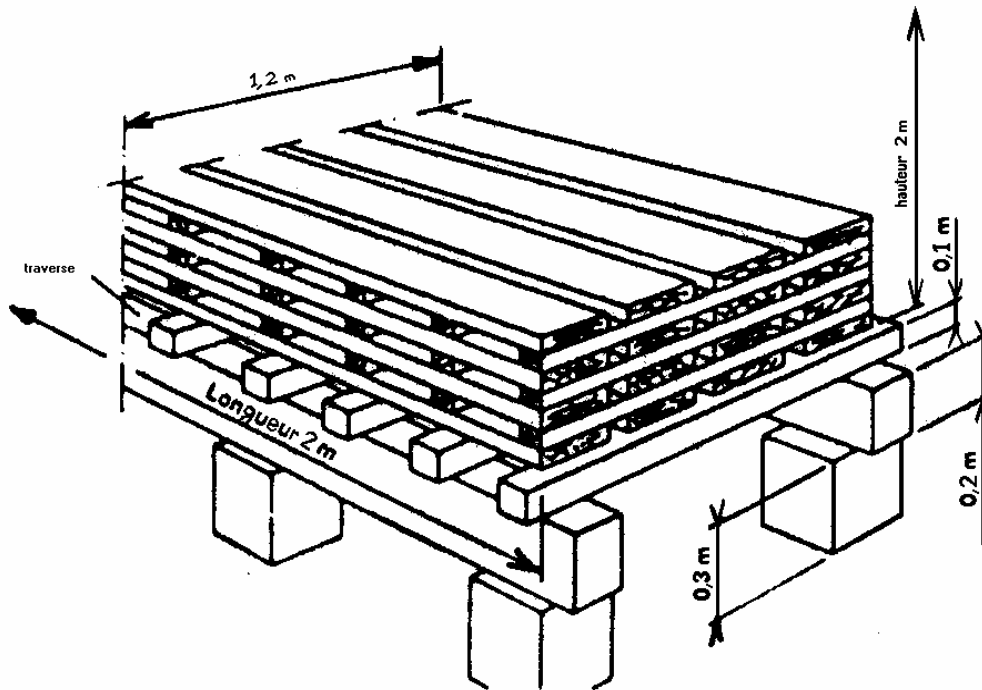
En revanche, la température et l'hygrométrie de l'air ne sont pas maîtrisées. Le séchage naturel favorise les attaques par les insectes et les champignons. Enfin et surtout, le séchage naturel, par sa lenteur, exige de grandes surfaces de terrain et entraîne des immobilisations de capitaux qui peuvent être considérables.



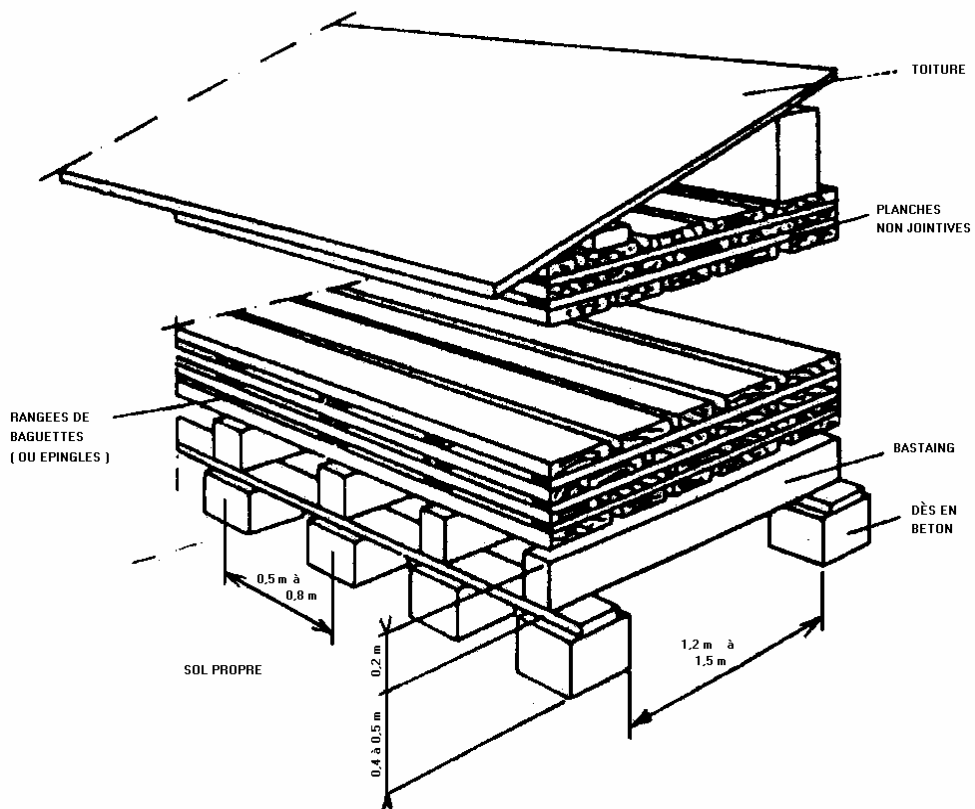
¹ : A titre indicatif, à raison de 1kg de produit à appliquer par m² sur les sections des sciages et sachant que le prix du produit est voisin de 1,6€/kg, le coût de l'application (hors M.O.) est donc de 1,6€/m³ pour du 2m de longueur ou 0,8€/m³ pour du 4m.



Séchage à l'air : techniques de constitution de piles d'avivés



Constitution d'une pile de planches



Constitution d'une pile de planches

4 – CARACTERISATION TECHNOLOGIQUE

Les principales caractéristiques étudiées sur le Pin d'Alep l'ont été sur les bois qui ont fait précédemment l'objet d'essais de sciage et de séchage.

Ces caractéristiques sont présentées ci-dessous :

Densité (sans unité) : la densité (déterminée sur les bois à 12% d'humidité) est une caractéristique technologique de base, la première à déterminer pour qualifier un bois ; cette propriété est reliée, plus ou moins étroitement, avec les principales propriétés physiques et mécaniques du bois ainsi qu'avec certaines caractéristiques de mise en œuvre.

Dureté Monnin (sans unité) : la dureté Monnin (notée D et déterminée sur les bois à 12% d'humidité) est une propriété particulièrement importante à connaître lorsqu'il est envisagé une utilisation des bois sous forme de parquet (ou tout autre emploi dans lequel le bois sera soumis à des chocs ou à des poinçonnements).

Classes de dureté :

$D < 1,5$: 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

Retrait radial total (Rr) et retrait tangentiel total (Rt) (en %) : jusqu'au Point de Saturation des Fibres, le bois ne se rétracte pas en séchant ; en revanche, en dessous de ce seuil, il est soumis à des variations dimensionnelles quand son humidité varie. Le retrait en dessous du PSF intervient suivant les trois directions du bois : longitudinale, tangentielle et radiale. Le retrait longitudinal est très faible par rapport aux deux autres, de l'ordre de quelques dixièmes de pour cent, mais il peut avoir une influence notable sur les variations dimensionnelles de pièces de grandes longueurs. Très peu de données sont disponibles sur cette caractéristique qui reste délicate à mesurer en laboratoire. Le retrait tangentiel total et le retrait radial total sont habituellement déterminés pour qualifier le comportement du bois lors du séchage ou plus généralement lors de variations d'humidité.

Classes de retrait tangentiel total :

$Rt < 6,5 \%$: retrait faible

$6,5 \% < Rt < 10 \%$: retrait moyen

$Rt > 10 \%$: retrait fort

Classes de retrait radial total :

$Rr < 3,8 \%$: retrait faible

$3,8 \% < Rr < 6,5 \%$: retrait moyen

$Rr > 6,5 \%$: retrait fort

Point de saturation des fibres (%) : 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 occasionne des phénomènes de retrait à l'origine de déformations du bois. Le Point de Saturation des Fibres (ou PSF) correspond au taux d'humidité du bois saturé en eau liée, taux en dessous duquel le bois va commencer à se contracter en séchant. Le PSF varie

habituellement entre 20 et 40% suivant les essences, mais se situe le plus souvent aux environs de 30%.

Classes de Point de Saturation des Fibres :

PSF < 25 % : faible

25 < PSF < 35 % : moyen

PSF > 35 % : fort

Stabilité :

Les essais de sensibilité des bois aux variations d'humidité, essais non standards mis au point au CIRAD-Forêt, permettent de quantifier l'aptitude d'un bois à perdre ou à reprendre de l'humidité lors de changements cycliques des conditions ambiantes. Ce paramètre donne des informations complémentaires par rapport à celles fournies par les retraits de séchage.

Les essais sont réalisés sur des éprouvettes minces orientées sur quartier (L = 10 cm ;

l = 6 cm ; e = 0,5 cm) ; ces plaquettes subissent trois cycles de stabilisation sous deux conditions de température et d'hygrométrie différentes.

Contrainte de rupture en compression (en MPa) : cette résistance (notée C12 et déterminée sur les bois à 12% d'humidité) correspond à la contrainte qu'il est nécessaire d'appliquer suivant la direction du fil du bois pour obtenir la rupture d'une éprouvette de dimension standard.

Classes de résistance en compression parallèle :

C12 < 45 MPa : résistance faible

45 MPa < C12 < 75 MPa : résistance moyenne

C12 > 75 MPa : résistance élevée

Contrainte de rupture en flexion statique (en MPa) : la résistance en flexion statique (notée F12 et déterminée sur les bois à 12% d'humidité) correspond à la contrainte qu'il est nécessaire d'appliquer au milieu d'une éprouvette de dimension standard reposant sur deux appuis pour arriver à sa rupture.

Classes de résistance en flexion statique :

F12 < 75 MPa : contrainte faible

75 MPa < F12 < 125 MPa : contrainte moyenne

F12 > 125 MPa : contrainte élevée

Module d'élasticité longitudinal (en MPa) : le module d'élasticité longitudinal (noté EL et déterminé sur les bois à 12% d'humidité) 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.

Classes de module d'élasticité longitudinal :

EL < 12 500 MPa : module faible

12 500 MPa < EL < 18 500 MPa : module moyen

EL > 18 500 MPa : module élevé

Note : 1kg/cm² = 0,098 N/mm² = 0,098 MPa

Echantillonnage et méthode de prélèvement

Le prélèvement des éprouvettes destinées à la réalisation des essais physiques et mécaniques a été effectué suivant un protocole standard qui permet de veiller à une répartition homogène des échantillons sur la section transversale du bois (représentation ci-dessous).



Prélèvement des éprouvettes pour les essais physiques et mécaniques



Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau suivant :

Essence	Densité	Retrait radial total (%)	Retrait tangentiel total (%)	Dureté (Monnin)	Rupture en flexion (MPa)	Module d'Young (MPa)
Pin d'Alep (PACA)	0,55 (0,53 - 0,58) bois léger	4,1 (3,7 - 4,7) moyen	7,3 (7 - 8,1) moyen	2,8 (2,4 - 3,1) tendre	82 (63 - 98) moyen	11200 (8300 - 13500) moyen
Pin sylvestre	0,52 (0,45 - 0,60) bois léger	4,1 (3 - 5,5) moyen	7,8 (6,2 - 9) moyen	3 tendre	90 moyen	11900 (9500-13500) moyen
Douglas	0,51 (0,47 - 0,60) bois léger	4,5 (3,5 - 6) moyen	7,2 (6 - 8,5) moyen	2,2 tendre	85 moyen	12100 (10000-14000) moyen
Sapin	0,40 (0,35 - 0,50) bois très léger	3 - 4 faible	6 - 8 moyen	1,5 très tendre	68 faible	10000-12000 moyen
Epicéa	0,45 (0,38 - 0,50) bois très léger	3,6 (3 - 4) faible	8 (6,5 - 9) moyen	1,4 très tendre	71 faible	11000 (9500-12500) moyen

Les résultats obtenus sur le Pin d'Alep sont comparés aux caractéristiques moyennes de résineux « conventionnels » : Pin sylvestre, Douglas, Sapin, Epicéa.

Il apparaît clairement que le Pin d'Alep soutient parfaitement la comparaison par rapport à ces résineux tant pour ses résistances mécaniques que pour ses caractéristiques de stabilité.

Les tableaux suivants donnent les résultats plus détaillés obtenus sur les 6 arbres sur lesquels a été réalisée cette partie des essais :

	retrait radial total			retrait tangentiel total			Point de Saturation des Fibre		
	moyenne (en %)	écart type (en %)	CV%	moyenne (en %)	écart type	CV%	moyenne (en %)	écart type (en %)	CV%
Billon A	4,1	0,56	13,59	7,1	0,62	8,68	30,9	1,07	3,47
Billon V	3,7	0,68	18,35	7,1	1,05	14,68	29,0	1,92	6,62
Billon W	3,9	0,58	15,07	7,0	0,76	10,92	29,4	1,82	6,21
Billon X	4,7	0,67	14,18	8,1	0,81	10,03	30,2	1,04	3,43
Billon Y	3,9	0,73	18,45	7,4	0,63	8,52	29,5	1,31	4,44
Billon Z	4,0	0,98	24,71	7,1	1,23	17,28	29,7	1,42	4,77
	4,1	0,7	17,4	7,3	0,8	11,7	29,8	1,4	4,8

Dureté			
Billon	Monnin moyenne	Ecart type	Nombre d'éprouvettes
A	2,91	0,34	18
V	2,75	0,35	21
W	3,12	0,45	14
X	3,14	0,47	17
Y	2,43	0,36	10
Z	2,69	0,39	11
Moyenne des billons	2,84	Ecart type sur les 6 moyennes	Nombre total d'éprouvettes 91
Moyenne des éprouvettes	2,87	0,27	Nombre moyen d'éprouvettes par billon 15,2

Le tableau suivant donne les résultats détaillés pour les trois caractéristiques *Densité*, *Module d'élasticité* et *Contrainte de rupture en flexion* en fonction de la structure du bois : bois présentant ou non des nœuds prononcés ou des infiltrations de résine

Billon	Densité						Module (Mpa)						Rupture (Mpa)								
	toutes échantillons	nb	après élimination des échantillons nouveaux	nb	après élimination des échantillons nouveaux et grasses	nb	toutes échantillons	après élimination des échantillons nouveaux	après élimination des échantillons nouveaux et grasses	après élimination des échantillons inutilisables visiblement	nb	après élimination des échantillons défectueux après rupture	nb	toutes échantillons	après élimination des échantillons nouveaux	après élimination des échantillons nouveaux et grasses	après élimination des échantillons inutilisables visiblement	nb	après élimination des échantillons défectueux après rupture	nb	
A	0,55	23	0,54	19	0,54	19	9136	9956	9956	74	19	85	11								
V	0,55	27	0,54	24	0,54	24	11096	11589	11589	82	24	88	21								
W	0,61	21	0,57	16	0,57	14	10408	11294	11722	86	17	96	12								
X	0,58	23	0,58	16	0,58	16	12116	13496	13496	98	15	108	12								
Y	0,53	19	0,53	19	0,53	19	11771	11771	11771	92	18	92	18								
Z	0,54	12	0,54	9	0,54	9	8383	8273	8273	63	8	-	0								
moyenne des billons	0,56		0,55		0,55		10485	11063	11134	82		94									
moyenne des échantillons	0,56		0,55		0,55		10650	11282	11341	84		93									
variation en %	0,21		-0,17		-0,22		1,57	1,98	1,86	1,66		-0,73									

5 – COLLAGE

Les essais de collage ont été réalisés dans la perspective d'utilisation en intérieur ; en effet, la faible durabilité naturelle du Pin d'Alep ne laisse pas envisager d'utilisation en extérieur sans traitement de préservation adapté, et l'utilisation d'éléments collés soumis à des contraintes climatiques générerait un niveau de risque trop élevé.

Les essais conduits sur le Pin d'Alep visaient à obtenir des produits type Lamibois® ou BMR (Bois Massif Reconstitué) dont la fabrication nécessite des investissements et une technicité limités.

La colle utilisée pour le Pin d'Alep et qui a donné des résultats satisfaisants est une vinylique deux composants.

Les enjeux associés au développement des techniques de reconstitution par collage sont multiples. Ces techniques permettent en effet de mieux valoriser des bois qui ne peuvent être utilisés en l'état sous forme massive et qui constituent une ressource à laquelle peut être apportée un complément de valeur ajoutée substantiel. Cette ressource actuellement peu valorisée ou totalement délaissée se présente sous différentes formes disponibles aux différents stades de la filière :

- * Grumes de petit diamètre provenant ou non d'éclaircies et dont la valorisation constitue un problème récurrent pour les gestionnaires forestiers : la production de bois massif à partir de ce type de ressource reste très limitée du fait des faibles rendements matière obtenus.

- * Grumes mal conformées dont il est très difficile sinon impossible de tirer des pièces massives de dimension satisfaisante.

- * Bois présentant des défauts qu'il est nécessaire de purger avant utilisation.

- * Bois sciés déclassés

* Déchets de scierie

La technique de reconstitution par collage présente des avantages multiples en relation avec la nécessité d'obtenir des produits dont les caractéristiques répondent aux besoins des utilisateurs:

- * Obtention de produits plus stables que les bois massifs ce qui est particulièrement intéressant pour les bois réputés nerveux.
- * Fabrication de produits de grande dimension (panneaux, poutres) qui peuvent être ensuite utilisés comme une matière première de base par les seconds transformateurs.
- * Possibilités de jouer sur l'esthétique des produits finaux, notamment en associant des essences de teinte et d'aspect différents.

La fabrication de bois reconstitués par collage reste cependant limitée par un certain nombre de facteurs techniques liés à la qualité intrinsèque du bois et aux procédés de fabrication. En particulier, la nécessité en fabrication de respecter les règles de l'art demeure un préalable indispensable pour assurer la qualité des produits obtenus.

La fabrication des panneaux en bois massif reconstitué (panneaux BMR)

Les panneaux BMR sont fabriqués en assemblant par collage des lattes de bois (aboutées ou non) dont les sections varient généralement de 2x2 cm à 5x5 cm. Cette technique de reconstitution permet notamment d'utiliser des bois de petite dimension après purge des défauts, ces bois étant souvent peu valorisés par ailleurs (déchets de scierie, délignures, dosses ; déchets de déroulage, noyaux de déroulage ; sciages déclassés ; bois de petit diamètre, bois d'éclaircie, essences secondaires ; bois peu stables ou présentant beaucoup de défauts).

Les produits obtenus présentent des caractéristiques physiques et mécaniques comparables à celles des bois massifs qui les composent, mais la technique de reconstitution leur assurent une meilleure stabilité. Le champ d'utilisation des panneaux BMR est très vaste : construction (mur de remplissage, cloison, plancher, porte...), ameublement, escalier, parquet et plancher, décoration, agencement et aménagement intérieur, bricolage.

Les panneaux BMR peuvent être fabriqués avec des équipements industriels mais aussi avec des matériels artisanaux simples et rustiques (machines classiques de menuiserie), notamment lorsque des problèmes de maintenance et d'entretien peuvent se poser et où les possibilités d'investissement sont limitées. Les différentes étapes de la fabrication de ce produit et les contraintes techniques correspondantes sont présentées ci-après.

Séchage des bois

La fabrication des panneaux, et notamment les opérations de corroyage et collage des lames, nécessitent l'utilisation de bois dont l'humidité ne doit pas être supérieure à 16%. Cela implique d'utiliser un séchoir artificiel, au minimum pour la phase finale du séchage si les bois sont préalablement ressuyés à l'air libre. Il est possible d'envisager le séchage des bois bruts (dosses, sciages) ou bien des lattes déjà délignées (surcote à prévoir). En pratique, le séchage des lattes apparaît le mieux adapté même si les déformations que prennent certaines pièces durant le séchage nécessitent un tronçonnage en éléments plus courts avant corroyage.

Corroyage des lattes

La fabrication de panneaux BMR exige un corroyage de précision, au minimum sur les deux faces à encoller.

Les lattes peuvent avoir une section rectangulaire. Dans ce cas il est préférable de coller les lattes sur leur plus large face (contre-collage et non collage sur chant) de façon à augmenter la

stabilité du panneau. L'usinage de lattes de section carrée permet de choisir l'orientation des pièces dans le panneau et de sélectionner en face apparente celles présentant le moins de défauts.

Les lattes sont corroyées à l'aide de dégauchisseuses et de raboteuses, mais l'utilisation d'une corroyeuse quatre faces est préconisée pour des productions importantes.

Aboutage des lattes

Pour fabriquer des panneaux de longueur convenable (à partir de 1,50 m), il devient indispensable d'abouter les lattes qui sont souvent de faible longueur après purge des défauts. L'aboutage simple à plat après tronçonnage d'équerre des lattes est possible sans collage en bout. Cette méthode n'affaiblit pas le produit si les joints sont bien répartis dans le panneau mais elle complique les opérations de composition, d'encollage et de pressage des panneaux. De plus, les joints sont souvent visibles et peu adhérents du fait de l'absence de pressage en bout.

Pour pallier cet inconvénient, il est conseillé de procéder à un aboutage à entures multiples à l'aide d'une colle à prise rapide qui permet de manipuler rapidement les lattes sans risque de décollement des entures. Cette technique d'aboutage n'est guère possible qu'avec une chaîne automatique qui intègre les opérations de tronçonnage des lattes pour éliminer les défauts, d'usinage puis d'encollage des entures, d'assemblage-pressage des lattes, puis de calibrage et mise à longueur par tronçonnage. Ce type d'installation ne nécessite pas une maintenance plus lourde que celle des équipements classiquement utilisés en menuiserie.

Encollage et pressage des lattes

Les panneaux peuvent être collés à l'aide de différents types de colle. Pour obtenir des panneaux très résistants, on privilégiera l'utilisation de colle vinylique avec durcisseur ou de colle résorcine pour les utilisations en extérieur ; il faut veiller à respecter les conditions de stockage des composants de la colle et tenir compte de la durée de vie limitée du mélange.

Les quantités de colle nécessaires pour assurer la qualité du collage sont variables suivant la nature des produits, mais varient le plus souvent de 350 à 500 grammes au m² de joint soit 175 à 250 grammes au m² encollé sachant que l'encollage manuel peut s'effectuer sur une ou deux faces en fonction de la colle utilisée.

Les lattes peuvent être encollées et pressées à l'aide d'un appareillage manuel simple. La presse peut être fabriquée à l'aide de serre-joints renforcés placés sur une ligne de serrage ce qui permet la fabrication simultanée de plusieurs panneaux mis bout à bout en toute longueur. Des dispositifs de serrage modulaire sont aujourd'hui disponibles. Ils sont bien adaptés à la fabrication de panneaux BMR ou produits équivalents ; ils peuvent être fixés verticalement le long d'un mur ce qui limite les problèmes d'encombrement.

Quel que soit le système de pressage utilisé, un écartement de 30 cm d'axe en axe entre les points de pressage est conseillé.

Il est déconseillé d'encoller les lattes directement sur la presse pour deux raisons principales :

- * L'encollage sur les deux faces du joint nécessite le retournement des lattes d'où un risque de dépôt de colle sur les éléments de la presse.

- * Lorsque les lattes sont de faible épaisseur, la largeur totale de la surface à encoller peut être très largement supérieure à la largeur du panneau d'où nécessité de modifier l'écartement des mâchoires des serre-joints ce qui n'est pas possible en cours de collage.

La construction d'une table d'encollage de même longueur que la presse est donc fortement conseillée. Cette table doit être positionnée parallèlement à la presse, au voisinage immédiat de celle-ci. Elle peut servir de support pour la composition des panneaux (agencement des lattes entre elles) tandis que la précédente série de panneaux est sous presse.

La table d'encollage peut être fabriquée entièrement en bois avec deux longerons sur lesquels sont clouées des lattes usinées en forme de « T » renversé afin de diminuer au maximum la surface de contact avec les lattes encollées. Si l'entre-axe des points de serrage est de 30 cm, celui des lattes de la table d'encollage doit être de 15 cm afin que les pièces courtes à encoller soient bien positionnées.

Les lattes sont encollées à l'aide d'une encolleuse manuelle à rouleau (personnel 1). L'épaisseur de colle doit être égalisée et les surplus éliminés à l'aide d'un pinceau (personnel 2). Tandis que les lattes sont retournées pour l'encollage de la seconde face (personnel 2), l'encolleuse à rouleau est utilisée sur le panneau suivant. Seules la première et la dernière latte du panneau ne sont encollées que sur une face.

Lorsque les lattes du premier panneau sont encollées, elles sont alignées et positionnées une à une sur la presse (personnel 3) puis affleurées entre elles à l'aide d'un marteau après un premier serrage (personnel 4).

La pression de serrage recommandée est celle mentionnée par les fabricants de colle sur leur produit. En pratique, les presses sont rarement équipées de dispositifs de mesure de pression, et le serrage est considéré comme satisfaisant lorsque l'excédent de colle s'écoule le long des joints.

Un tel schéma de fabrication mettant en oeuvre quatre personnes permet d'encoller et de presser une série de panneaux de 600 mm de large sur 9 m de longueur en moins de 30 minutes, soit un temps inférieur à la durée de vie du mélange collant.

A une température ambiante de 25 à 30°C, le temps de pressage des panneaux est inférieur à trois heures. Cela permet de réaliser trois séries de collage dans une journée de travail, les temps morts étant relativement limités compte tenu du temps pris par la composition des panneaux.

Les presses murales verticales permettent de presser des panneaux jusqu'à 1,10m de largeur (ou deux fois 0,55m) et jusqu'à 125 mm d'épaisseur, avec la possibilité de presser simultanément plusieurs panneaux sur l'épaisseur de la presse (dans ce cas, il est conseillé d'insérer une feuille de papier entre les panneaux de façon à éviter qu'ils ne se contrecollent entre eux).

Dimensionnement des panneaux

Longueur et largeur

La largeur finale des panneaux est conditionnée par la capacité des raboteuses disponibles dans l'atelier. En général, cette capacité est limitée à 600 mm pour du matériel ordinaire.

La longueur des panneaux dépend de leur utilisation finale, mais en pratique, il devient difficile de fabriquer des pièces de longueur supérieure à 2,50 m ce qui correspond à la longueur standard des panneaux de contreplaqué ou de latté.

En l'absence de chaîne d'aboutage, les panneaux doivent être plus courts afin de limiter le nombre d'aboutages à plat. La longueur des panneaux doit être alors fixée en tenant compte de l'entre-axe des points de serrage de la presse. Ainsi, en considérant une longueur maximale de panneau égale à 2,50m et un entre-axe de 30 cm, les longueurs inférieures seront successivement de 2,20m, 1,90m, 1,60m, 1,30m, 1,00m, 0,70m.

Le premier point de serrage doit se situer entre 20 et 25cm de l'extrémité du panneau, cette distance devant être systématiquement inférieure ou égale à un demi entre-axe.

Afin de faciliter le classement des lattes par longueur et limiter la perte de matière, les lattes devront être tronçonnées avant corroyage en tenant compte des longueurs finales des panneaux. Une surcote de 5 cm sur la longueur des lattes brutes est généralement conseillée.

Épaisseur

L'épaisseur des panneaux dépend de leur utilisation finale mais aussi de la section des lattes avant et après corroyage. Pour avoir une tenue mécanique suffisante, les panneaux doivent avoir une épaisseur supérieure à 20 mm. L'épaisseur maximale ne dépasse pas 50 mm en général bien que pour certaines utilisations spéciales massives, elle puisse atteindre 80 mm.

Finition des panneaux

Après sortie de la presse, les panneaux doivent être mis à stabiliser durant au moins 24 heures. Ils sont ensuite rabotés, le premier passage se faisant sur la face inférieure du panneau afin d'éliminer les bavures de colle. Les passes suivantes s'effectuent alternativement sur les deux faces par enlèvement de matière sur une faible épaisseur (de 0,5 à 1,5 mm) et à vitesse lente suivant la puissance de la machine et l'état des lames. Les panneaux peuvent être utilisés sans ponçage si les raboteuses sont bien réglées et les couteaux bien affûtés.



Panneaux contrecollés en Pin d'Alep type BMR (Bois Massif Reconstitué) ayant fait l'objet d'un traitement à l'huile



6 - FINITIONS

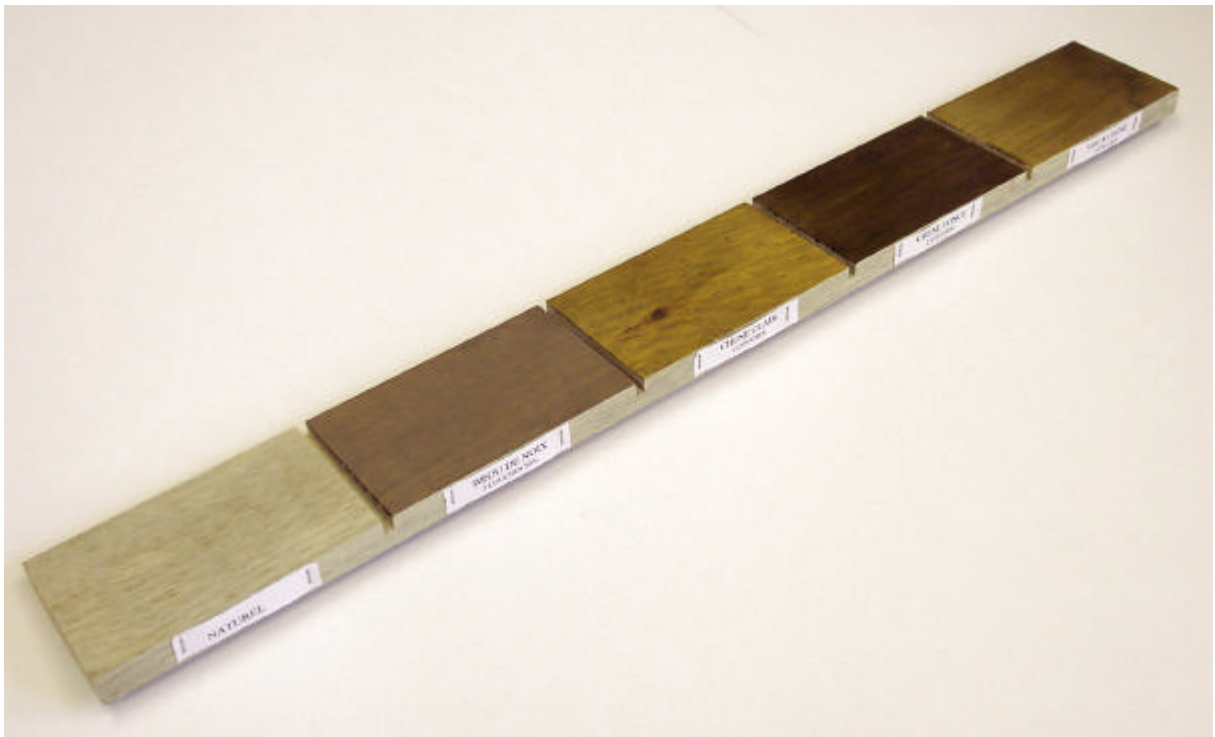
Les essais de finition avaient pour objectifs d'étudier la compatibilité entre les produits testés et le bois de Pin d'Alep, de tester le pouvoir masquant de ces produits, notamment contre le bleuissement.

Les produits testés ont été les suivants :

- Vernis polyuréthane standard
- Lasures de finition teintées (bleuissement)
- Lasure d'imprégnation (*HLS* - Sikkens ; *Exponil* - Mauler)
- Teintes

Aucun de ces produits n'est apparu réfractaire à une utilisation sur du Pin d'Alep, et ce malgré le taux de résine élevé dans cette essence.

Le meilleur pouvoir masquant pour le bleuissement a été obtenu à l'aide d'une teinte « brou de noix » (cf. photo ci-dessous, deuxième produit testé à partir de la gauche).



7 – REALISATIONS ET PROTOTYPES

Compte tenu des résultats expérimentaux obtenus et des potentialités de mise en valeur sous forme de bois d'œuvre qui sont apparues à l'issue des essais, deux réalisations ont été mises en œuvre, pour une utilisation intérieure et extérieure en milieu abrité (cf. photos ci-dessous).

Pin d'Alep huilé





Pin d'Alep vernis

Descriptif technico-économique de l'entreprise *Ebe Bois*

Quartier des Craux

St-Jean de Garguier RN396-CD43

13400 AUBAGNE

tél. : 04 42 32 06 38 télécopie : 04 42 32 84 89

ORIGINE ET ORGANISATION DE L'ENTREPRISE

Initialement, cette entreprise était une scierie de bois à palettes (responsable : Monsieur Ebé père) avec une production de 5000 à 6000m³ ; dans les années 85, elle a cessé ses activités. L'entreprise *Ebe Bois* a été créée en 1991 ; elle est dirigée par Monsieur et Madame Masini (née Ebé). M. Masini s'occupe des activités techniques de l'entreprise (exploitation et transformation) tandis que Mme Masini a en charge la gestion et les activités commerciales. *Ebe Bois* emploie 15 personnes, 5 sur le site, 9 en exploitation (M. Masini est sur les deux activités) et deux administratifs commerciaux.

ACTIVITES

- * Fourniture de bois de trituration à Tarascon (environ 10 000 tonnes par an) vendu 160F/tonne (prix pouvant atteindre 260F pour une entreprise comme *Ebe Bois* qui fournit des quantités importantes).
- * Bois de chauffage : production de 6000 à 7000 stères (prix : 200F/stère bord de route)
- * Sciage
- * Négoce : lambris de Pin maritime (fournisseur : Imberty), produits en bois ronds (fabriqués par l'entreprise *Provence Bois Rond* à Sisteron qui fraise des bois ronds, essentiellement du Mélèze² pour la fabrication de produits d'aménagement extérieur), produits en Châtaignier, quincaillerie pour produits-bois...

RESSOURCE - APPROVISIONNEMENT

- * Essences transformées : Pin d'Alep, Douglas (essence qui monte en puissance), Pin sylvestre, Pin pignon (accessoirement), Cyprès, Pin noir, Platane (sciage à façon), Cèdre.
- * Volumes traités : 80% de Pin d'Alep.
- * Distance d'approvisionnement : 80km autour de l'entreprise.
- * Système d'achat : 50% d'origine publique, 50% d'origine privée.
- * Prix d'achat : entre 30 et 80F/m³ pour le Pin d'Alep sur pied.
- * Types de peuplement : peuplements âgés, coupes rases, peuplements souvent mélangés.
- * Dimensions des billes : en Pin d'Alep, de 2 à 4m de longueur, diamètre compris entre 40 et 80cm.
- * Les bois sont triés sur chantier selon leur destination ; des billes de gros diamètre peuvent être commercialisées pour la trituration : ce sont des billes déclassées car présentant, entre autres défauts, une zone centrale très résineuse, parfois pourrie (= *gras*, défaut qui serait lié

² Le Mélèze est ainsi utilisé en extérieur sans traitement de préservation

aux conditions de croissance trop favorables et/ou à des sols trop humides et/ou caractéristique d'arbres très âgés et dépérissants).

* Equipements d'exploitation : 3 porteurs Turboforest, Valmet 860, Caterpillar 554, 1 grumier Volvo 420.

* Coût de revient des bois en entrée scierie : 200 à 300F

TRANSFORMATION

Sciage

* Volumes produits : 400 à 600 m³ de sciage (dont 80% Pin d'Alep) ; *Ebe Bois* scie aussi des bois fournis par 2 ou 3 autres exploitants ; l'entreprise ne fait que peu de sciage à façon (platane...) ; le sciage se fait uniquement à la demande ; l'entreprise dispose d'une capacité de sciage supérieure à la production actuelle ; ses stocks de sciage sont limités.

* Equipements : scie semi-mobile Serra Mammut Type L6 (18,5kW) très mécanisée (chargeur, retourneur, aligneur) achetée en 1998 (500 000 FF, soit la moitié du prix d'un porteur).

* Rendement : 50% en produits courants sur le Pin d'Alep.

* Dimensions des produits : en Pin d'Alep, 2 à 4m de longueur, et sections standards en charpente (le plus souvent des sections carrées); les débits présentant des rapports largeur/épaisseur trop élevés sont à éviter pour limiter les problèmes de déformations des bois.

* Les sciages ne sont pas classés : le classement se fait au départ au niveau des grumes. Les sciages de Pin d'Alep peuvent présenter de gros nœuds (dont des nœuds noirs *sautant*), mais certaines billes sont très peu noueuses (billes de pied nettes de nœuds) ; pas d'aubier apparent. Les bois sont souvent bleuis (défaut majeur) : le bleuissement est sans doute déjà présent avant le sciage ; il est dû à un trop long stockage des billes sur parc ou en forêt ; le bleuissement peut ensuite s'accroître lors du séchage à l'air des planches si les règles de l'art ne sont pas respectées (aération des bois).

Deuxième transformation

L'entreprise dispose d'une capacité de rabotage (pas de profilage).

Séchage

* Le seul séchage pratiqué actuellement est un séchage naturel ; les bois peuvent rester stockés 2 à 3 semaines mais compte tenu des impératifs de la demande, le temps de stockage est parfois beaucoup plus court (problème pour les bois d'intérieur).

* *Ebe Bois* envisagerait de développer du séchage artificiel (possibilité de valoriser les déchets).

Traitement

Les bois ne sont pas traités.

Un traitement n'est pas envisagé (trempage ou autoclave) : opération trop problématique, nécessitant une autorisation de la préfecture, qui serait mal perçue localement à cause des risques environnementaux.

Valorisation des déchets

Les déchets massifs partent en bois de chauffage (la trituration ne prend que les dosses écorcées) ; les particuliers peuvent venir s'approvisionner directement sur le site. Les déchets ne font pas l'objet d'une valorisation organisée.

COMMERCIALISATION

* Débouchés / clients : vente directe aux particuliers et aux artisans qui viennent par ailleurs acheter des produits de négoce ; la vente est uniquement locale.

* Les sciages de Pin d'Alep sont écoulés sur des marchés de niche : charpente, coffrage (= planche à maçon) pour du revêtement intérieur (avivés non profilés).

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DU PIN D'ALEP POUR *EBE BOIS*

Pour le Pin d'Alep, *Ebé Bois* est davantage limité par ses marchés (à protéger) que par la ressource ou la capacité de transformation.





Annexe 2

**Diaporama présenté lors de la restitution finale du projet
7 juillet 2004**