

LA ROULURE DU CHATAIGNIER

(*Castanea sativa* Mill.)

par Bernard CHANSON *, Jean-Michel LEBAN ** et Bernard THIBAUT ***

Cet article résume une série d'observations et de travaux réalisés de 1981 à 1987, grâce aux financements et à la participation du Ministère de la Recherche, de la Région Languedoc Roussillon, de la Société Rougier Océan Landex et des Centres Régionaux de la Propriété Forestière Languedoc Roussillon, Midi Pyrénées, Limousin et Poitou Charentes.

L'étude de la roulure du Châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) a été entreprise à la demande des professionnels dans le but d'apporter des éléments de réponse à deux groupes de questions :

— **de la part des sylviculteurs** : peut-on raisonnablement réussir une sylviculture du Châtaignier pour répondre à la demande industrielle actuelle ? Si oui, est-ce possible à partir des peuplements de taillis existants et lesquels ? Faut-il créer de nouveaux

peuplements en taillis ou en futaie, sur quelles stations, avec quel matériel végétal, en utilisant quelle sylviculture (espacement, éclaircies, élagage, rotation...) ?

— **de la part des industriels** : comment utiliser au mieux la ressource existante qui en tout état de cause devra être récoltée dans un délai relativement rapproché (10 à 30 ans) ? Peut-on clarifier les relations commerciales en disposant d'un bon moyen de détection précoce du risque de roulure, suivi d'un classement par usages possibles ? Peut-on utiliser malgré tout à des usages nobles une partie de la récolte présentant ce risque, grâce à des techniques particulières (modes de débits, de séchage, type d'assemblages) ?

I. — LA POSITION DU CHATAIGNIER DANS LA FORET FRANCAISE.

Après les chênes et le hêtre, le Châtaignier est la plus importante des essences à feuilles caduques françaises. Il occupe environ 530 000 ha pour un volume sur pied de 81 millions de m³ et une production annuelle de 4 millions de m³ (fig.1).

*** C.N.R.S. Laboratoire de Mécanique Générale des Milieux Continus

* U.S.T.L. Université des Sciences et Techniques du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 Montpellier Cedex

** I.N.R.A. Station de recherches sur la qualité des bois
Centre de recherches forestières,
Champenois
54280 Seichamps

Son ancien statut d'arbre fruitier lui a valu une très grande extension. L'abandon progressif de la récolte des châtaignes et donc de l'entretien des peuplements, a pour conséquences actuelles un vieillissement et un parcellement contraignant qui s'accorde mal avec la production de bois (les châtaigneraies sont à 95 % privées, situées dans des régions économiquement défavorisées et au relief difficile). C'est un handicap important lorsque le bois produit n'a pas une valeur commerciale élevée.

Jusqu'à présent, les efforts de recherche assez anciens et importants ont porté sur l'amélioration fruitière, la production de bois n'étant qu'un sous produit de celle de la châtaigne. La réussite du passage du statut « d'arbre à pain » à celui « d'arbre à bois » est retardée par :

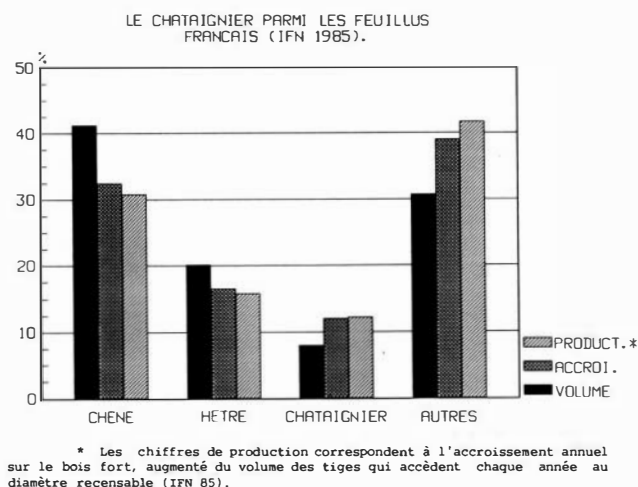


Figure 1

II. — LA ROULURE.

II.1. Définition

On retrouve le terme de roulure et la description de ce défaut dans tous les manuels forestiers depuis plus de deux siècles. Mais la définition varie parfois assez sensiblement selon les auteurs et trahit souvent une hypothèse sur la cause de ce défaut :

« Maladie des arbres, qui consiste en un décollement entier ou partiel des couches ligneuses » (Petit Larousse Illustré, 1952; Dictionnaire de la Langue Française, Littré, 1971.)

« Décollement des arbres, solution de continuité entre deux couches concentriques de croissance résultant d'une flexion exagérée (vent, neige, etc...) » (Petit Robert 1, 1981)

« Anomalie du bois résultant de l'action du gel ou d'un traumatisme et produisant une séparation partielle entre deux couches ligneuses adjacentes » (Dictionnaire Forestier Multilingue, 1975)

« Maladie des arbres qui s'annonce par la séparation d'une ou plusieurs couches ligneuses qui se roulent sur elles-mêmes » (Dictionnaire Encyclopédique Quillet, 1935)

« Solution de continuité entre les couches concentriques d'un arbre. La surface se dessèche et les nouvelles couches annuelles sont désagrégées ». (Dictionnaire Technologique, Vol.6, Le bois, la Maison du Dictionnaire, 1986)

« Fente circulaire provoquée, à l'intérieur du bois, par le décollement de deux anneaux ligneux successifs sur tout le pourtour ou sur une partie seulement du cylindre. La roulure est due à une flexion exagérée sous l'influence du vent, de la neige et à l'action d'une forte gelée » (Encyclopédie Economique de Sylviculture, Le Chevalier Editeur, 1930)

« Défaut du bois, non apparent sur l'arbre sur pied, constitué par un décollement entre deux cernes d'accroissement » (Dictionnaire d'Agriculture, La Maison Rustique, 1977)

« Cupshake or ringshake : A division or shrinkage between the annual rings of timber » (Collier's. Standard Dictionary New York, 1968)

Les ouvrages classiques sur le bois n'échappent pas à cette diversité d'appréciations :

— le manque de connaissances sylvicoles sur les châtaigneraies

— la nature de la ressource actuelle qui est issue de sélections suivant des critères de production fruitière, ou de productions aujourd'hui marginalisées (piquets, douelle,...)

— la fréquence d'un défaut du bois souvent considéré comme réhébitoraire et qui freine fortement son utilisation par les industries actuelles : la roulure.

Par contre, les principaux atouts du Châtaignier sont sa forte productivité, son adaptation à des terrains acides pauvres et un bois apprécié pour ses bonnes qualités esthétiques et mécaniques.

Depuis quelques années, des industries à forte valeur ajoutée comme le tranchage, le déroulage, la menuiserie industrielle ont manifesté pour ce bois, un regain d'intérêt lié à la nécessité de développer le marché des feuillus français en remplacement des essences exotiques.

A. Mathey (Traité d'exploitation commerciale des bois, tome I, 1906) : « la roulure est une fente circulaire, occasionnée par le décollement de deux anneaux ligneux consécutifs »... « Ce défaut est d'autant plus grave qu'on ne peut point le reconnaître sur les arbres vivants »... « Tout effort mécanique tendant à ployer un arbre dont les anneaux ligneux ne sont pas réguliers et homogènes favorise la production de roulure sur les points où l'effort est maximum ».

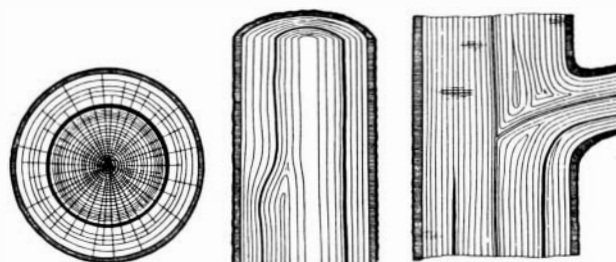
F.P. Kollmann (Principles of Wood Science and Technology, Vol.I, 1968) : "Shake is a defect which is classed as natural because it occurs in the standing tree. Ruptures which follow the growth rings are called ring or wind shakes."

Panshin, De Zeeuw (Text Book of Wood Technology, 1964) : « Ring shakes undoubtedly result from growth stresses in the tree, but other causes may contribute to their formation, as for example frost or bending due to the wind action and the sap sucker injury »

J. Beauverie (Le Bois, 1905) : « elle résulte de l'action d'un hiver très rigoureux : le cambium est, dans ce cas, désorganisé et il ne fonctionne plus pour donner l'aubier, ou du moins il ne produit qu'un tissu sans solidité ».

Erteld et al. (Defect in Wood, 1963) : « Elles sont souvent provoquées par des variations d'épaisseur des cernes annuels »

A. Guillaume (La culture rationnelle du Châtaignier, 1943) : « on l'attribue à l'action du vent, du gel et du retrait. Elle n'apparaît généralement que chez les arbres très âgés et isolés... »



QUELQUES EXEMPLES DE ROULURE (d'après PICCIOLI 1912).

Figure 2 : Le trait noir épais figure la roulure.

J. Venet (Identification et classement des bois français, 1974) : « Les roulures sont des **fentes** en arc de cercles (formant parfois un cercle continu) qui se produisent le long d'un cerne à la **limite entre deux zones de structure distincte**, en particulier à la limite du bois d'été d'un cerne et du bois de printemps du cerne suivant »

Selon les cas, l'observation du défaut se fait dès l'abattage, sur le parc à grume, lors du sciage, du séchage, du rabotage, du montage d'un meuble, de la mise en teinte de celui-ci...

Le seul point commun de toutes ces observations est l'**existence, à un instant donné, d'une séparation tangentielle (qui suit la direction du cerne annuel) entre deux portions du bois d'une même tige ou d'une même planche**. Cette séparation peut être totale (dans une tige cela se traduit par la présence d'un manchon et d'un noyau central qui se détachent entièrement; dans une planche cela se traduit par une rupture complète en deux portions de planche) ou partielle (on observe alors une fissure d'une certaine longueur dans la direction tangentielle et dans la direction longitudinale).

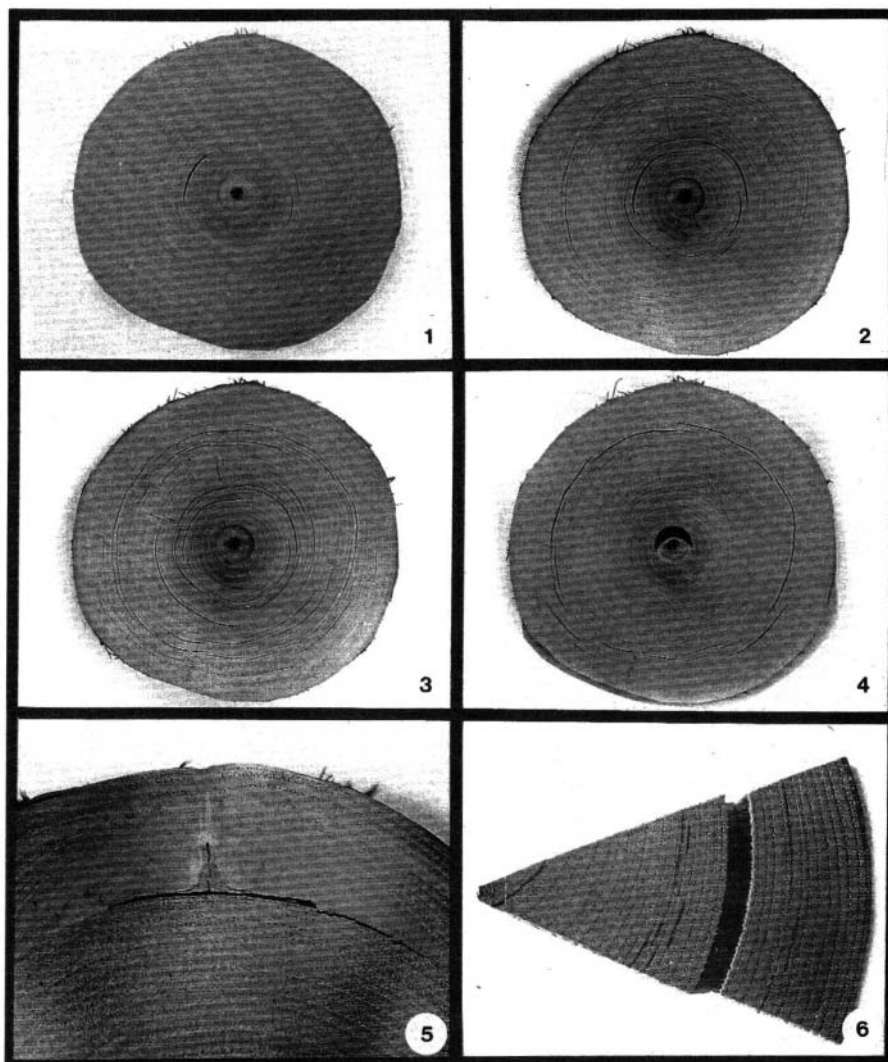
La notion de « roulure » = « maladie de l'arbre » est tellement ancrée dans les esprits, que beaucoup de praticiens croient que la **séparation** est préexistante dans l'arbre sur pied, bien que souvent on ne puisse pas la distinguer lors de l'abattage.

Il est tout à fait exact que des fissures ouvertes par le séchage par exemple, peuvent se refermer lorsque l'on réhumidifie le bois. Elles sont alors pratiquement impossibles à détecter alors que la séparation est toujours présente (photo. 1 à 4).

Il suffit pour le prouver de débiter un petit élément de bois traversé de part en part par la fissure préalablement observée : cet élément se sépare immédiatement en deux morceaux (photo. 6).

Lorsque la roulure est présente dans l'arbre sur pied, le débit de l'arbre en rondelle, puis en secteurs traversés par cette roulure conduit au même résultat : le secteur traversé par la roulure se sépare immédiatement en deux morceaux. Cela se produit généralement lorsque l'arbre présente un anneau de pourriture prononcée qui suit le cerne annuel.

Mais dans des arbres sains pour lesquels aucune fissure ou anomalie n'était détectable a priori, le débit en secteurs fait avec précaution, ne donne jamais cette séparation en deux morceaux, alors



Photos 1-2-3-4 : Images successives de la même rondelle à différentes humidités.

1. — Rondelle humide ($H=50\%$) : les roulures proches du coeur sont très visibles, les roulures externes sont quasiment invisibles.

2. — Humidité = 25 % Les roulures externes commencent à apparaître.

3. — Humidité = 16 % De très nombreuses roulures peu ouvertes sont visibles.

4. — Humidité = 12 % Seules les roulures externes restent bien ouvertes. Les roulures proches du coeur sont fermées et invisibles.

Photo 5 : Roulure associée à un traumatisme et une cicatrisation.

Photo 6 : Un secteur entièrement traversé par une roulure se sépare en deux morceaux à l'usinage.

même que les billons prélevés de part et d'autre de la rondelle présentent (en fin de séchage par exemple) des roulures prononcées.

Les nombreuses observations faites sur le terrain, en laboratoire ou en usine, nous ont montré que la **séparation** n'est quasiment jamais présente dans l'arbre sur pied.

La très grande majorité des « roulures » observées est donc le résultat d'un processus, ultérieur à la décision d'abattage, qui provoque cette séparation.

Cette distinction fondamentale entre « roulure » préexistante dans l'arbre sur pied, et roulure apparaissant lors des différentes opérations sur l'arbre, la bille ou la planche n'est pas académique.

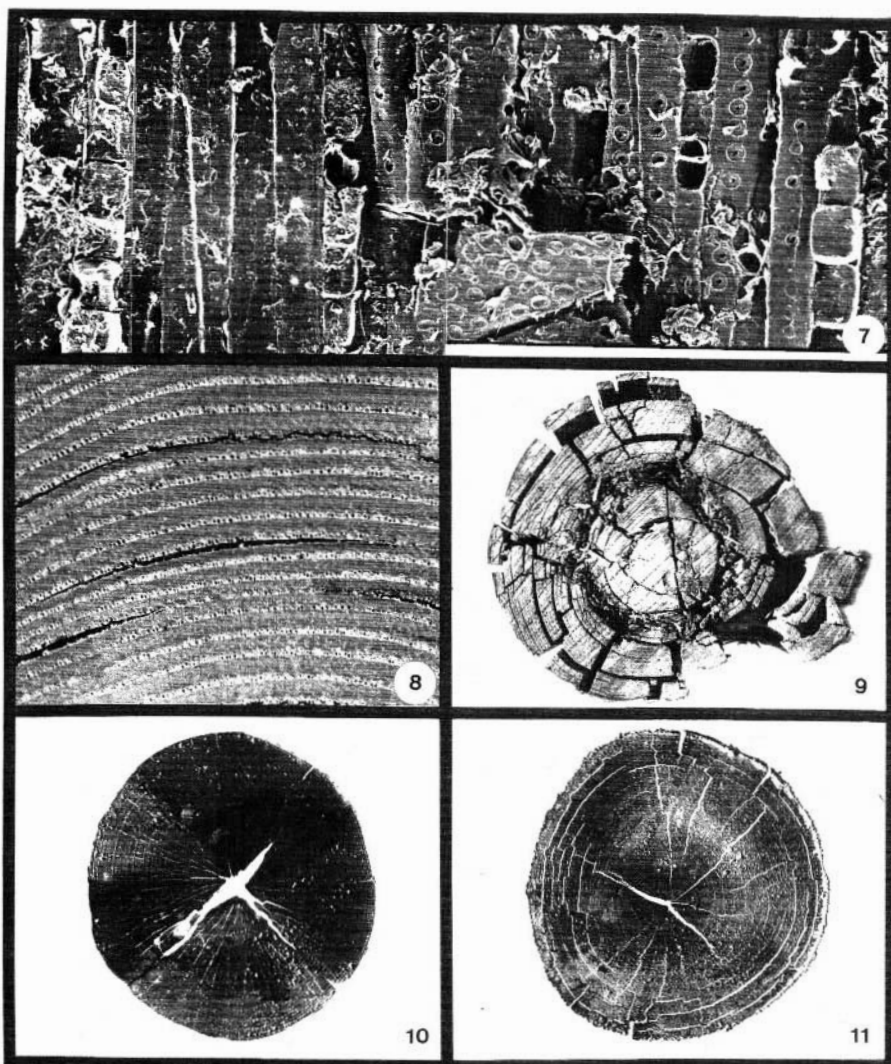


Photo 7 : Facies de rupture observé en microscopie électronique à balayage (x 55) sur la face tangentielle d'une roulure. La fissure chemine entre les cellules au niveau de la lamelle moyenne. Il n'y a quasiment pas de rupture des cellules de parenchyme des rayons ligneux qui sont prééminents.

Photo 8 : Roulures de séchage dans les cernes successifs d'une rondelle.

Photo 9 : Extrémité d'un billon de châtaignier qui a éclaté suivant de nombreuses roulures lors du séchage.

Photo 10 : Aspect de la fissuration d'une rondelle de Douglas humide plongée dans un bain d'azote liquide : il n'y a que des fissurations radiales.

Photo 11 : Idem pour une rondelle de châtaignier : il y a coexistence d'un réseau de fissurations radiales à coeur et d'une série de roulures en périphérie.

Dans le premier cas, il s'agit d'un « fonctionnement pathologique » de l'arbre qui se traduit par un « **décollement** » d'origine « biologique » (discontinuité entre cellules résultant de la division cellulaire elle-même, ou d'un mécanisme biochimique ultérieur). L'industriel est alors désarmé et seul le sylviculteur peut espérer trouver des solutions (photo. 5).

Dans le second cas, la roulure est « **une fissure** » (photo 7-8) dans un matériau soumis à des contraintes mécaniques d'origines multiples (libération de contraintes internes à l'abattage, contraintes de séchage ou de réhumidification, contraintes liées à l'action de l'outil de coupe, d'un vissage, d'un clouage, etc...). Le sylviculteur peut chercher à intervenir sur les qualités intrinsèques du bois (résistance à l'ouverture d'une fissure tangentielle par exemple),

ou les niveaux de contraintes internes dans l'arbre. L'industriel peut optimiser ses choix en terme de type de débit, de techniques de séchage, ou d'assemblage.

II.2. — Bibliographie sommaire :

Dans une étude bibliographique, Chang (1972) classe en trois catégories les principaux facteurs considérés comme **susceptibles** de provoquer l'apparition de roulures :

- les facteurs liés à l'environnement,
- les contraintes de croissance,
- les dégâts externes.

Les facteurs liés à l'environnement :

— **la température** : des modifications brutales de température ou des radoucissements rapides en période de gel favoriseraient l'apparition des roulures (Bruce, 1902). Dans le même ordre d'idée, Noyes, (1912) constate une forte présence de roulures dans les régions soumises à de fréquentes variations de température. Ces observations ont été confirmées par Foweel (1948), Saharov (1952) et Scerbakov (1955). Certains auteurs ont montré qu'il existait une relation entre roulure et gélivure (Fostier, 1952; Harrar, 1954). Mais Rol (1953) souligne la variation individuelle, sur une même parcelle, des relations entre roulure et gélivure.

— **le vent** : Mergen (1958) envisage des effets indirects du vent par son action sur la formation de bois de réaction et par le niveau de contrainte qu'il induit dans le tronc.

— **le sol** : Lachaussée (1953) montra que les sols à faible rapport Ca/Fe auraient une forte incidence sur la roulure. Ce rapport jouerait par une carence en calcium dont le déficit provoque une fragilisa-

tion de la lamelle moyenne (Davis, 1949, Kalra, 1956). Fostier (1952) explique, dans le cas du chêne, les variations de fréquence de roulures par des différences pédologiques.

Les contraintes de croissance :

Il semble que l'ordre de grandeur des contraintes de croissance soit insuffisant pour qu'elles provoquent à **elles seules** une roulure (Boyd, 1950; Ferland, 1981).

Pour Kubler (1987) les modèles classiques de distribution des contraintes de croissance montrent que les roulures se produiraient uniquement à coeur, ce qui n'est pas le cas. Archer (1987), en tenant compte de la dissymétrie maintes fois observée dans la répartition de ces contraintes, calcule des états de

contrainte aux extrémités, après abattage, qui pourraient induire des roulures à une certaine distance du coeur.

Les dégâts externes :

Tous les dégâts atteignant le cambium et induisant la mise en place de tissus traumatiques semblent favoriser l'apparition de la roulure. Il s'agit dans ce cas de « roulures traumatiques » généralement associées à une attaque de champignon ou à un bourrelet cicatriciel. Quelques travaux très détaillés ont été réalisés aux Etats-Unis sur des arbres particuliers.

Shigo (1963) a remarqué que des attaques de pics provoquent des blessures suffisantes pour permettre une invasion par des agents pathogènes qui fragilisent les tissus. La rupture des tissus peut alors être provoquée par des sollicitations internes (contraintes de croissance) ou externes (vent, sécheresse, gel).

Kandeel et Mc Ginnes Jr (1970) ont trouvé, sur un *Quercus Coccinea* présentant des dégâts au niveau du houppier, une relation entre tissus traumatiques et la localisation des roulures, et des

variations de composition chimique au niveau des cernes roulés.

Mc Ginnes Jr et al. (1971) avaient proposé les mêmes conclusions à la suite de l'étude de roulures d'un *Juglans nigra* L. endommagé par le feu.

Owen et Wilcox (1982) décrivent des roulures présentes dans des *Abies concolor* (Gord. et Glend.) Lindl. après des attaques de scarabées. Ils concluent que la formation des roulures est provoquée par deux facteurs résultant des blessures qui fragilisent la lamelle moyenne : la structure anatomique et chimique particulière du bois et une plus grande sensibilité aux attaques de bactéries.

Plusieurs études ou enquêtes ont essayé de relier la fréquence d'apparition de la roulure (selon des protocoles et des définitions du terme « roulure » propres à chaque enquête) et des critères de station ou de type de peuplement (Guiot 1983, Madesclaire 1980, Bonenfant 1985, Wilson 1962). Aucune relation probante n'a pu être mise en évidence contrairement aux opinions généralement exprimées par les praticiens lors d'enquêtes similaires (Reveillaud 1979, Bonenfant 1985, Noël 1982).

III. — OBSERVATION ET FREQUENCE D'APPARITION DE LA ROULURE.

Nous citerons les résultats de quatre séries d'observations qui ont été menées sur un nombre significatif d'arbres ou de billons, avec un protocole homogène dans chaque cas.

III.1. Châtaigneraie bretonne (M. Bonenfant 1985)

L'enquête a porté sur 480 arbres observés dans 24 placettes réparties sur les différentes régions forestières bretonnes.

Les observations ont été effectuées sur la culée des arbres abattus dans les quelques semaines qui ont suivi cet abattage. La présence et l'âge (compté à la fois depuis la moelle et depuis l'écorce) de chaque fissuration décelable ont été notés.

— Toutes les placettes comportaient au moins un arbre roulé, de 5 à 100 % des arbres pouvant être roulés au moins une fois

— 40 % des arbres observés présentaient au moins une roulure décelable à ce stade d'observation.

L'analyse des « années à roulure » ou des « âges d'apparition de la roulure » est particulièrement instructive :

a) il n'y avait pas clairement d'années très « favorables » à la roulure bien qu'il y ait eu en particulier des années de « grand froid » (fig. 3).

b) Aucune fissure n'a été décelée dans les « cernes les plus récents » (après 1967).

En analysant ce phénomène en âge relatif du cerne par rapport à l'âge total (fig 4), il apparaît une double évolution systématique. La fréquence d'apparition de la fissure ainsi détectée est faible mais non nulle vers le coeur, passe par un maximum vers 40 à 50 % de l'âge de l'arbre et décroît brutalement pour être nulle au voisinage de l'écorce dans des cernes qui font partie à la fois de l'aubier et du duramen.

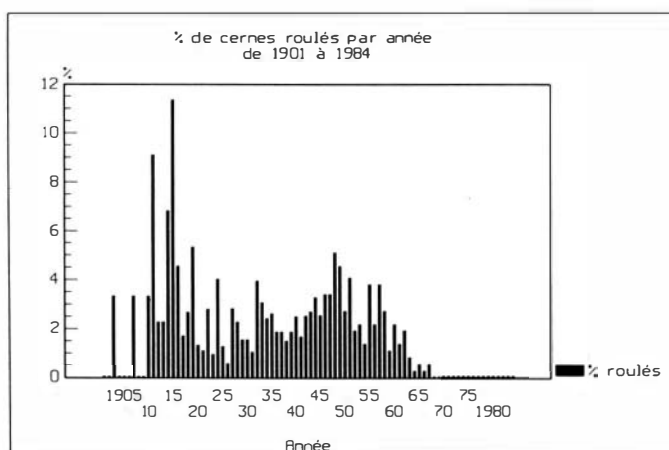


Figure 3

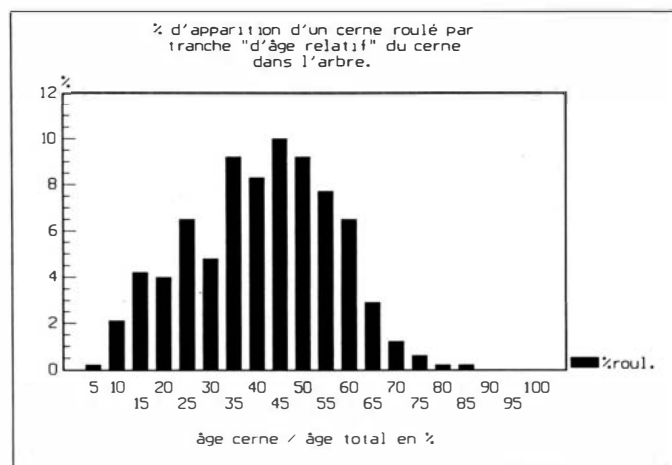


Figure 4

III.2. — Châtaigneraie catalane (Bonnefoi et al. 1983, Chanson 1988)

Cette fois, l'observation concerne 9 placettes représentant différentes conditions de station. 94 arbres ont été abattus après observation et prélèvement de deux carottes diamétrales à angle droit. Ces arbres ont été débités en 315 billons de longueur 120 cm dans lesquels furent prélevés 315 planches de coeur d'épaisseur 40 mm. Les observations, ont été faites sur ces planches après 6 mois puis 18 mois de séchage en chambre conditionnée (20°, 60 % d'humidité relative de l'air).

Le terme de « roulure » regroupe ici deux niveaux de gravité :

R1 : fissuration tangentielle importante pénétrant d'au moins 10 mm dans la longueur de la planche (roulure grave).

R2 : fissuration tangentielle nette de longueur supérieure à 10 mm, mais ne pénétrant quasiment pas dans la longueur. Par ailleurs, les associations entre roulure et présence de pourriture ont été notées.

A nouveau toutes les placettes présentaient au moins une fois le défaut avec un pourcentage de rejets roulés variant de 17 à 90 %. En moyenne 60 % des rejets et 30 % des billons présentaient au moins une fissuration classée R1 ou R2 (11 % pour R1 et 19 % pour R2, 5 % de roulures traumatiques).

La proportion de billons considérés comme roulés décroissait légèrement depuis la bille de pied jusqu'à la deuxième surbille (fig. 5).

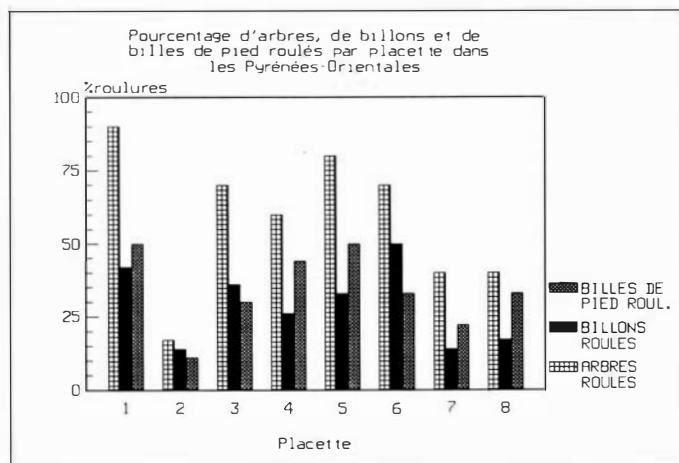


Figure 5

La très grande majorité des carottes ont été prélevées avec le maximum de précautions, par le même opérateur et la même tarière en bon état. Aucune rupture n'a été observée en dehors des zones de pourriture (roulures traumatiques). Par contre les quelques carottes prélevées sans précaution par le bûcheron étaient quasiment toutes brisées.

Lors d'une enquête réalisée en 1979 par le Centre Régional de la Propriété Forestière Languedoc Roussillon, dans la même région (52 placettes, 156 arbres, 1 carotte par arbre), l'observation des ruptures sur les carottes avait donné les résultats suivants :

— sur 86 % des placettes, aucune rupture n'a été observée

— 10 % des arbres ont présenté au moins une rupture de la carotte.

III.3. — Déroulage du Châtaignier - 1ère série :

156 arbres ont été choisis au hasard dans six départements (Aude, Aveyron, Hérault, Lot, Tarn, Tarn et Garonne) par les techniciens locaux des C.R.P.F. pour être abattus et façonnés en billons d'environ 3 m.

Les seuls critères de sélection étaient les suivants :

- diamètre au fin bout supérieur à 15 cm,
- absence de pourriture visible,
- absence de grosses branches pourries,
- flèche sur trois mètres inférieure à 7 cm.

L'abattage a été effectué en Mars 1986 et les billons de 3 m ont été acheminés sur un parc à grume le 8.04.1986 où ils sont restés, stockés à l'air libre, jusqu'au 8.07.1986. Les billons ont ensuite été tronçonnés en deux billons de 133 cm avec une purge de dimension variable aux deux extrémités initiales et le prélèvement d'une rondelle intermédiaire d'épaisseur 2 à 5 cm (fig. 6).

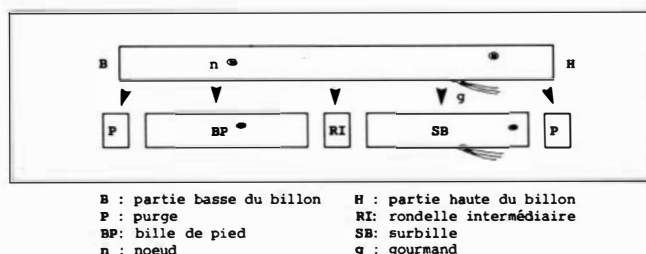


Figure 6 : Schéma de la découpe des billons de 3 m avant étuvage.

Les observations ont été réalisées avant la découpe, immédiatement après la découpe et la purge, puis sur les rondelles intermédiaires après séchage à l'air libre jusqu'à 12 % d'humidité. Dans tous les cas la définition du mot roulure a été la suivante : fissuration tangentielle nette de longueur supérieure à 10 mm visible sur la face observée.

Les faces des billes de 3 m stockées pendant 3 à 4 mois à l'air libre présentaient quasiment toutes un grand nombre de « roulures » plus ou moins longues (fig. 7). Moins de 2 % des billes pouvaient être considérées comme totalement indemnes à ce stade.

Après la purge (fig. 8), les fissures tangentielles encore visibles sur les faces de ces nouveaux billons correspondent à des « roulures » plus graves. A cette étape, 39 % des arbres et 23 % des billes (28 % des billes de pied et 18 % des surbilles) présentent au moins une roulure. 17 % seulement des arbres notés roulés présentent au moins une roulure sur les deux billons à la fois.

Quant aux rondelles intermédiaires séchées en laboratoire, 8 % seulement d'entre elles présentent au moins une roulure (généralement d'assez faible amplitude).

Enfin des incidents graves provoquant l'éclatement partiel ou total du billon sur la dérouleuse n'ont eu lieu que pour 4 % des billons (photo 9).

Observation des roulures avant découpe.

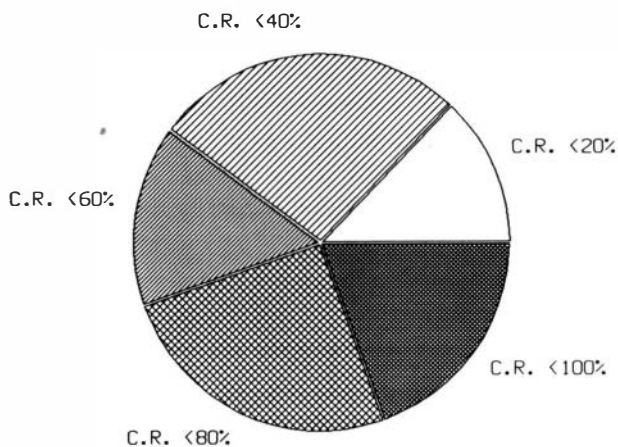


Figure 7 : C.R. : pourcentage des cercles roulés.

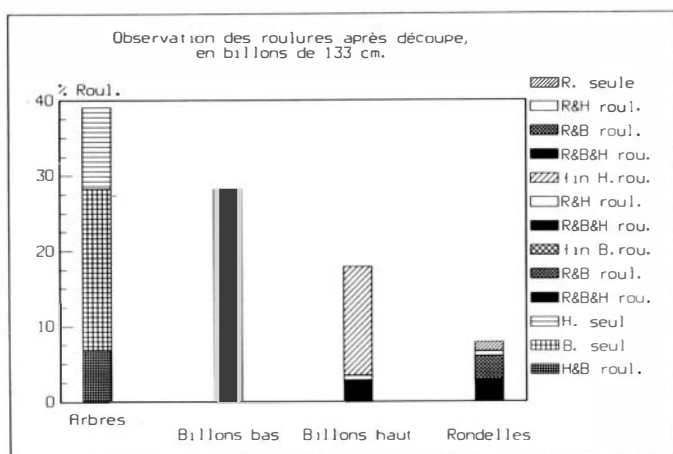


Figure 8 : H : billon haut, B : billon bas, R : rondelle.

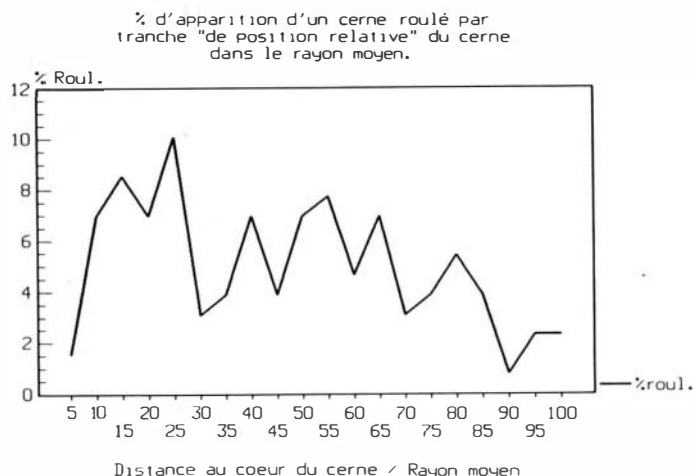


Figure 10 (*) : Les incidents ont lieu au déroulage à cause de la roulure.

La distribution des roulures observées sur les billons après tronçonnage, en fonction de leur distance au cœur (fig. 9), montre une décroissance sensible de la fréquence d'apparition des roulures vers l'extérieur de la tige, mais cette fréquence ne devient pas nulle comme dans les observations de Bonenfant qui étaient effectuées sur des billons bien plus humides en bout. La zone d'apparition la plus probable se situe, dans cet échantillon, entre 15 et 30 % du rayon moyen à partir de la moelle.

III.4. — Déroulage du Châtaignier 2^e série :

Cette fois 285 arbres ont été prélevés dans 37 placettes réparties en 4 régions (Pyrénées Orientales, Cévennes, Limousin et Périgord) avec des critères de sélection identiques aux précédents.

Les arbres ont été immédiatement tronçonnés en billons de 133 cm. L'observation des roulures sur les deux faces des 703 billons a été faite entre 1 et 6 jours après l'abattage. Compte tenu de ces délais et des conditions météorologiques régnant pendant l'abattage, le débardage et le transport, les faces des billons n'ont quasiment pas pu sécher.

Les billons ont été étuvés et déroulés dans les deux jours suivant les dernières observations. Une deuxième observation des faces des billons a été effectuée immédiatement après l'étuvage. Seules les fentes ouvertes pouvaient être détectées à ce stade (coloration noire uniforme des faces qui rendait invisibles les zones de pourriture).

Les roulures associées à une pourriture, ou à un traumatisme évident ont été qualifiées de « Roulures Traumatiques » (R.T. visibles seulement avant l'étuvage). Les roulures correspondant à une fente nette dans une zone de bois sans défaut ont été qualifiées de « Roulures Saines » (R.S.). Ce dernier terme a été utilisé pour toutes les roulures visibles après étuvage.

Si l'on tient compte de l'ensemble des observations, 89 % des placettes, 42 % des arbres et 23 % des billons ont présenté au moins une roulure. 6 % des billons présentaient des roulures traumatiques et 18 % des roulures saines (avant ou après étuvage). Des incidents de déroulage imputables à la roulure se sont produits pour 8 % des billons (fig. 10).

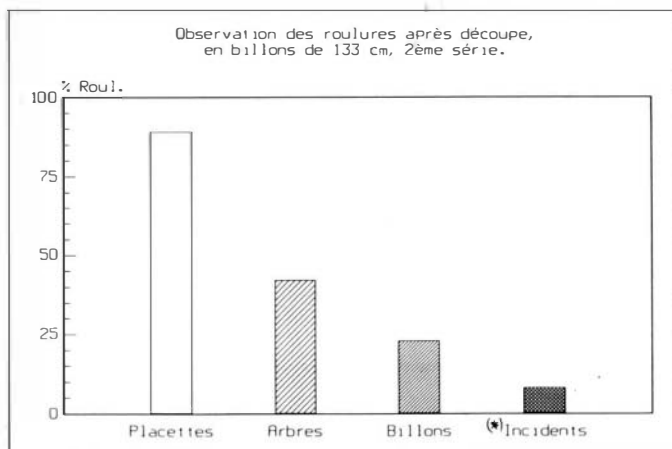


Figure 9

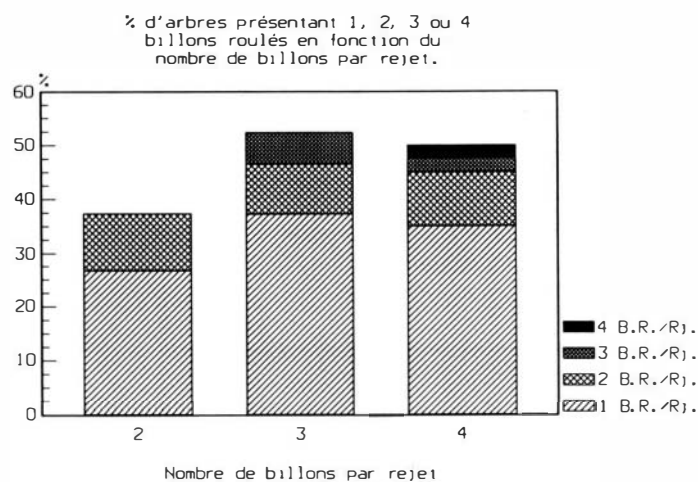


Figure 11 : Rj : rejet; B.R. : billon roulé.

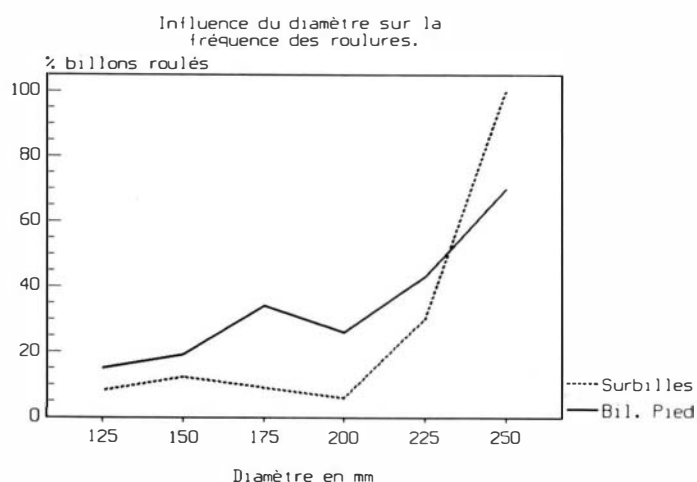


Figure 12

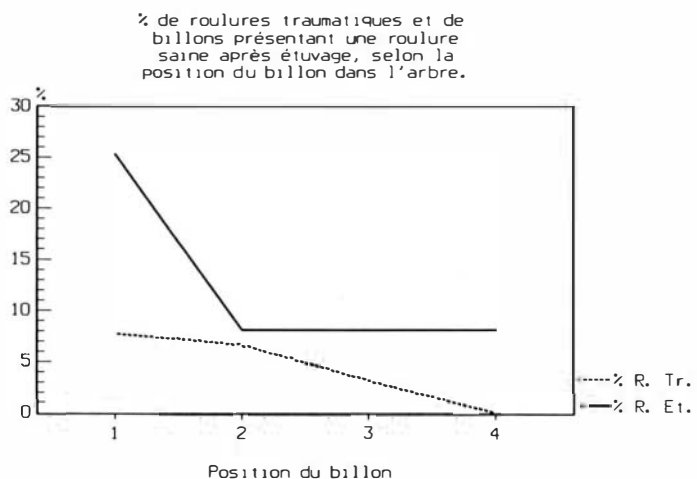


Figure 13 : R.Tr. : roulure traumatique; R.Et. : roulure observée après étuvage.

Il faut remarquer que, dans tous les cas, pour 70 % des arbres comportant plusieurs billons un seul de ces derniers était roulé et que tous les billons étaient roulés pour 18 % seulement de ces arbres (fig. 11).

La fréquence d'apparition d'au moins une roulure augmente sensiblement avec le diamètre de la bille de pied. Elle est, en moyenne, deux fois plus élevée dans la bille de pied que dans les surbilles, en ce qui concerne les roulures saines (fig. 12). La fréquence d'apparition des roulures traumatiques quant à elle diminue régulièrement de la base vers le sommet de l'arbre (fig. 13).

L'examen de l'évolution des observations avant et après étuvage est particulièrement instructif : l'étuvage a eu pour double effet d'ouvrir fortement certaines « roulures saines » très visibles après l'étuvage et de cacher les traumatismes, les pourritures ou les roulures saines restées très fermées (noircissement des deux faces).

Malgré certaines erreurs inévitables, dues aux difficultés d'observation, plusieurs phénomènes apparaissent clairement :

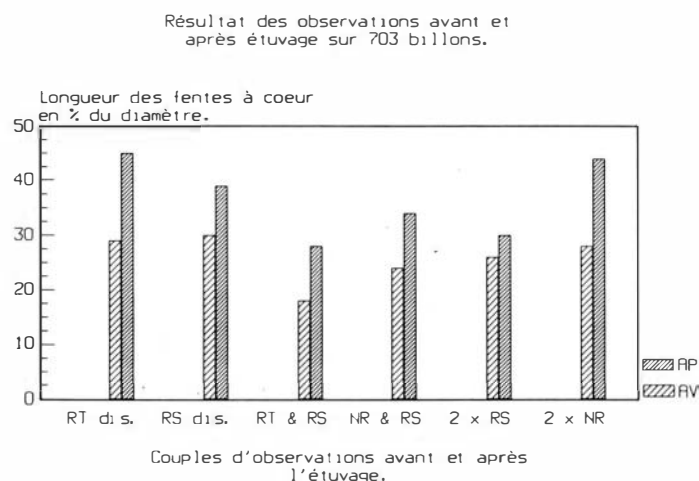


Figure 14 : R.T. : roulure traumatique; R.S. : roulure saine; N.R. : non roulé; Dis : roulure disparue à l'étuvage.

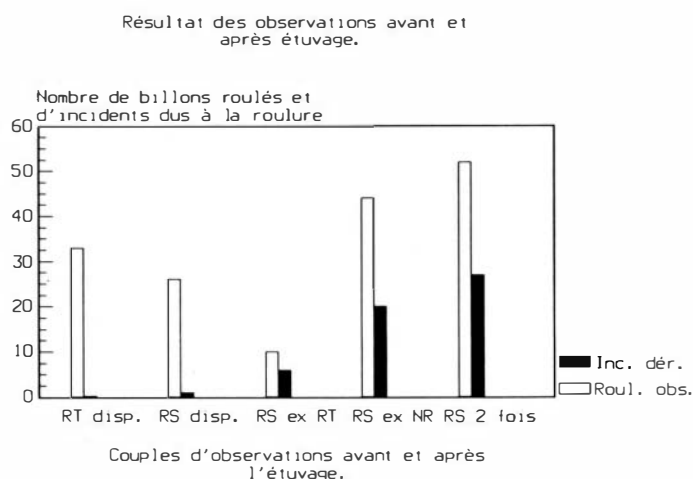


Figure 15 : Inc. der. : incident de déroulage.

- la longueur relative de la fente à coeur et son évolution lors de l'étuvage, sont nettement différentes pour les billons non roulés, et pour les billons présentant des roulures saines avant et après étuvage (fig. 14).

- une bonne partie des billons présentant des roulures traumatiques ne sont plus décelés après étuvage; ils se comportent comme les billons non roulés pour ce qui est de la fente à coeur et n'ont occasionné aucun incident de déroulage imputable à la roulure (fig. 15).

- les billons présentant une roulure saine après étuvage, qu'ils aient été notés « roulure traumatique », « non roulé » ou « roulure saine » avant étuvage, ont une fente à coeur nettement plus courte après étuvage;

- 97 % des billons qui ont occasionné des incidents de déroulage directement imputables à la roulure, avaient été détectés après étuvage.

IV. — LES MECANISMES D'APPARITION DE LA ROULURE.

Les nombreuses observations systématiques relatées ci-dessus, des observations complémentaires au laboratoire sur le Châtaignier et d'autres essences (Douglas en particulier), et des travaux spécifiques sur les propriétés physiques et mécaniques du bois de Châtaignier (Leban, 1985), mettent en évidence plusieurs familles de mécanismes pouvant conduire à une séparation tangentielle qui sera appelée « roulure ».

IV.1. — Traumatismes et pourriture

Shigo 1972, après observation d'un très grand nombre d'arbres d'espèces variées (4 000 arbres), affirme que toutes les roulures sont associées à des blessures qui ont occasionné un traumatisme. Celui-ci est visible par une coloration anormale (et une composition chimique localement anormale selon McGinnes et al., 1973) qui peut évoluer jusqu'à la pourriture.

Il peut donc y avoir, en liaison avec le traumatisme, une action de dégradation de la matière ligneuse par des champignons ou des bactéries (Owen et Wilcox, 1982).

Lorsque la lamelle mitoyenne est ainsi digérée, il y a réellement « décollement » local entre deux parties du bois dans l'arbre vivant. Il est probable également que le fonctionnement perturbé du cambium à la suite du traumatisme, se traduise par une très faible cohésion locale entre couches de cellules successives.

Tout cela conduit à des discontinuités très souvent présentes dans l'arbre sur pied, qui risquent de s'étendre avec l'âge et qui sont des amorces de rupture pour la suite.

Les roulures traumatiques sont assez souvent observées dans le Châtaignier, elles sont plus fréquentes dans la bille de pied et dans les régions méditerranéennes où les arbres subissent des agressions comme le feu, la dent du bétail, etc...(fig. 16)

La cause de ces roulures étant accidentelle, il est logique de trouver que dans la plupart des cas :

- elles ont une localisation précise qui ne dépend que de l'année du traumatisme;

- les arbres les contenant se comportent par ailleurs comme des arbres non roulés (cf. 2^e série de déroulage).

Ces roulures traumatiques sont les plus simples à « traiter » :

- le forestier peut agir par différents biais pour limiter au maximum les risques de blessure : lutte

anti-incendie, mise en défens des peuplements jeunes, qualité du travail d'exploitation lors des éclaircies, élagage précoce éventuel,...

- l'exploitant et l'industriel peuvent aisément déceler la zone traumatique, trier ou purger selon les cas.

IV.2. — Cohésion mécanique

Deux propriétés mécaniques intrinsèques doivent être considérées :

- la résistance à un effort de traction qui se traduit localement par une contrainte maximum au delà de laquelle il y a rupture.

- la résistance à la propagation d'une fissure existante (concept de « fragilité »).

Un matériau peut avoir une bonne résistance à la traction en l'absence de fissure préexistante et être fragile (aciers très durs ou verre par exemple).

Le Châtaignier est un bois remarquable par son aptitude... à la fente : les contraintes de rupture mesurées dans les essais normalisés de traction perpendiculaire au sens de la fibre, sont particulièrement basses (la moitié des valeurs trouvées pour des bois de densité équivalente comme le chêne ou le hêtre) (Takahashi et al., 1983). Les risques de fissuration sous l'effet d'un niveau de contrainte important seront donc plus élevés que pour la plupart

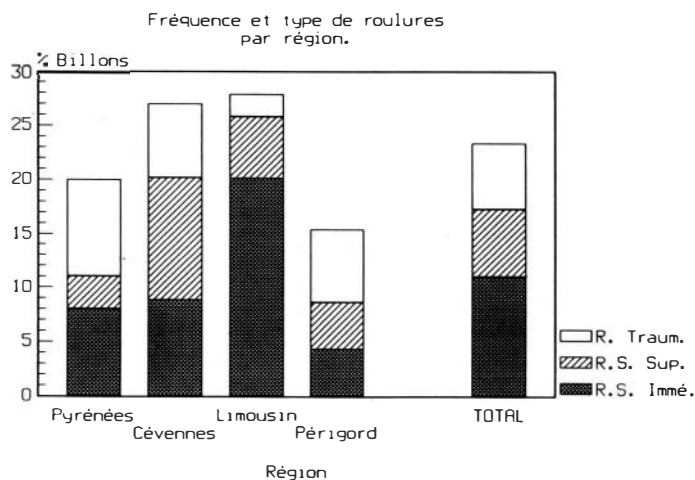


Figure 16 : R.S. : roulure saine observée uniquement après étuvage.

R.S. Immé : roulure saine observée à l'abattage.

des autres bois feuillus, et ces fentes risquent de se propager plus facilement et plus loin en raison de la grande rectitude de fil de ce bois.

Il est bien connu que la fente en long suit toujours le fil du bois (en l'absence de noeud ou d'autres désorientations bien sûr). Si l'on observe une rondelle séchée, il apparaît aussi que dans le plan transversal le bois présente des directions de fissuration privilégiées. Un peu comme les papiers pour imprimante microperforés selon deux directions perpendiculaires, les fentes dans une rondelle suivent presque toujours une direction radiale, ou tangentielle (parallèle à la direction du cerne).

Dans la très grande majorité des espèces la direction radiale est « hégémonique ». Lors du séchage d'un billon ou d'une rondelle, il n'y a pas de fentes tangentielles, pas de « roulures ». En revanche toutes les observations faites sur le Châtaignier montrent que, pour ce bois, la prééminence de la fissuration radiale est faible.

Dans certains cas, il n'y a que des fentes radiales, dans quelques cas, il n'y a que quelques roulures importantes sans fentes radiales visibles, mais dans la majorité des cas la rondelle présente un réseau de fentes successivement radiales et tangentielles.

L'expérience suivante est symptomatique : deux rondelles humides de 2 cm d'épaisseur sont trempées dans l'azote liquide ce qui provoque leur éclatement quasi immédiat. La rondelle de Douglas ne présente que des fissurations radiales alors que la rondelle de Châtaignier développe des fissures radiales importantes dans la partie centrale puis des roulures quasi totales à la périphérie (photo. 10-11).

Les essais de déroulage ont aussi montré que certains arbres avaient une cohésion « radiale » particulièrement faible. Par exemple, les deux billons de l'arbre 54L (Lot) ont littéralement explosé (photo.9) sous l'action des efforts d'entraînement. Les fissures se sont produites dans quasiment tous les cerne successifs.

Une analyse de cette cohésion radiale a été effectuée sur des éprouvettes provenant de 66 arbres de la Châtaigneraie catalane (fig. 17-18). Trois éprouvettes très proches l'une de l'autre et, a priori, identiques ont été prélevées sur chaque planche (1 planche par arbre).

Ces éprouvettes ont été usinées spécialement afin que la rupture ne se produise pas au voisinage des mors de serrage de la machine de traction (les rares ruptures de ce type n'ont pas été prises en compte). Sauf pour trois séries, la dispersion des valeurs mesurées (module d'élasticité radial, et contrainte à la rupture radiale) est faible.

Par contre, il est remarquable de constater que c'est seulement dans 20 % des cas que la rupture s'est toujours produite dans le même cerne (3 à 6 cerne environ se trouvaient dans la zone plus étroite où peut se produire la rupture). Cela signifie que la cohésion radiale est assez constante d'un cerne à l'autre, et qu'elle pourrait être caractéristique de l'arbre.

Les valeurs moyennes par planche, obtenues tant pour le module d'élasticité que pour la contrainte de rupture, varient quasiment du simple au double entre les cas extrêmes avec une distribution assez différente pour ces deux propriétés.

Le nuage des points moyens dans le plan module d'élasticité - contrainte de rupture (fig. 19) montre que :

a) la liaison entre module d'élasticité et contrainte de rupture est forte

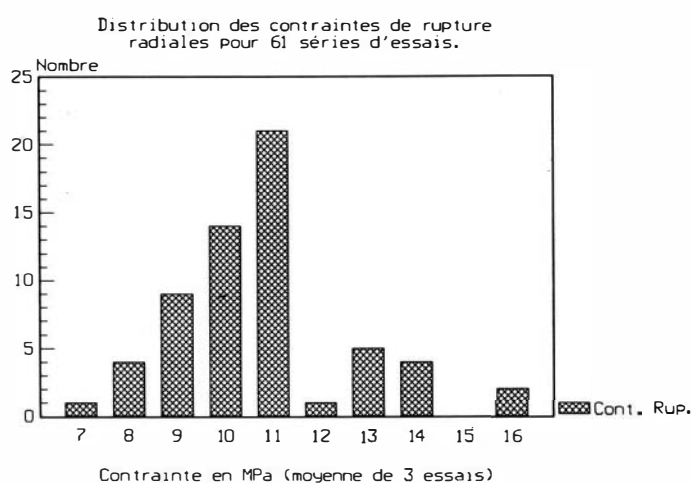


Figure 17

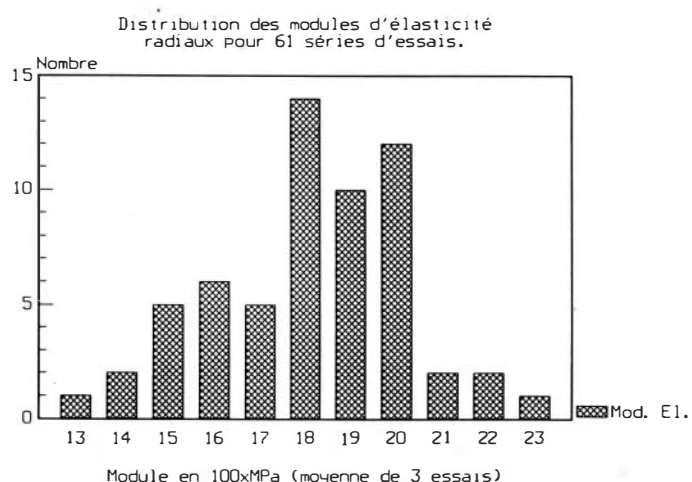


Figure 18

b) les points sont bien regroupés autour du point moyen : il y a environ 15 % d'arbres « fragiles » et 15 % d'arbres « résistants » situés au dehors de la fenêtre $\pm 15\%$ par rapport à ce point moyen.

c) ni le module d'élasticité, ni la contrainte de rupture ne permettent une séparation efficace des arbres qui ont été notés « roulés » ou « sains » lors de l'observation sur les planches, bien que les différences entre les deux populations soient très significatives.

d) tous les arbres (sauf 1) dont le module d'élasticité ou la contrainte de rupture sont particulièrement bas (valeurs inférieures à la moyenne d'au moins 15 %) ont présenté au moins un billon roulé. Ces arbres particulièrement « fragiles » ou à faible module représentent 6 à 12 % de l'échantillon examiné.

IV.3. — Déformations de maturation Contraintes internes à l'arbre

Il est aujourd'hui bien connu (Kubler, 1987; Archer, 1987; Guéneau, 1973; Ferrand, 1981) que l'arbre sur pied est une structure précontrainte. Le bois dans le tronc est soumis à un champ de contraintes internes dont l'origine est liée à la déformation des cellules ligneuses lors de leur maturation après la division cambiale. Il est peut-être plus approprié de parler d'un « potentiel interne de déformations » (Fournier et al, 1988), caractérisant la matière ligneuse dans l'arbre (fig. 20).

Une première partie de ce « potentiel » va s'exprimer lors de l'abattage, du tronçonnage puis du sciage du bois vert. Ces opérations conduisent à une « libération élastique » partielle ou totale des contraintes internes à l'arbre puis au billon. Lors de ces « libérations », les niveaux de contraintes aux extrémités (du billon ou de la planche) peuvent devenir suffisamment élevés pour provoquer l'apparition de fissures et leur propagation sur une distance plus ou moins grande (conduisant parfois à l'éclatement).

Compte tenu de la distribution interne des contraintes, ces fissures doivent se développer d'abord à coeur. Ce sont presque toujours des fentes radiales d'une longueur initiale variable, mais parfois aussi des roulures à coeur. Après cette première fissuration le niveau moyen des contraintes dans le billon est nettement plus faible. La fissuration s'arrête la plupart du temps (photo. 12).

Une deuxième partie de ce « potentiel » peut s'exprimer d'une manière « différée » lors de l'étuvage du bois humide (en vue de son déroulage, ou pendant la première phase d'un séchage à l'air chaud).

Cela va augmenter le niveau de contraintes dans le même schéma de distribution (mais le coeur déjà fissuré est plutôt assimilable à un « trou » central). Cette augmentation est souvent suffisante pour déclencher un nouveau processus de fissuration qui peut être :

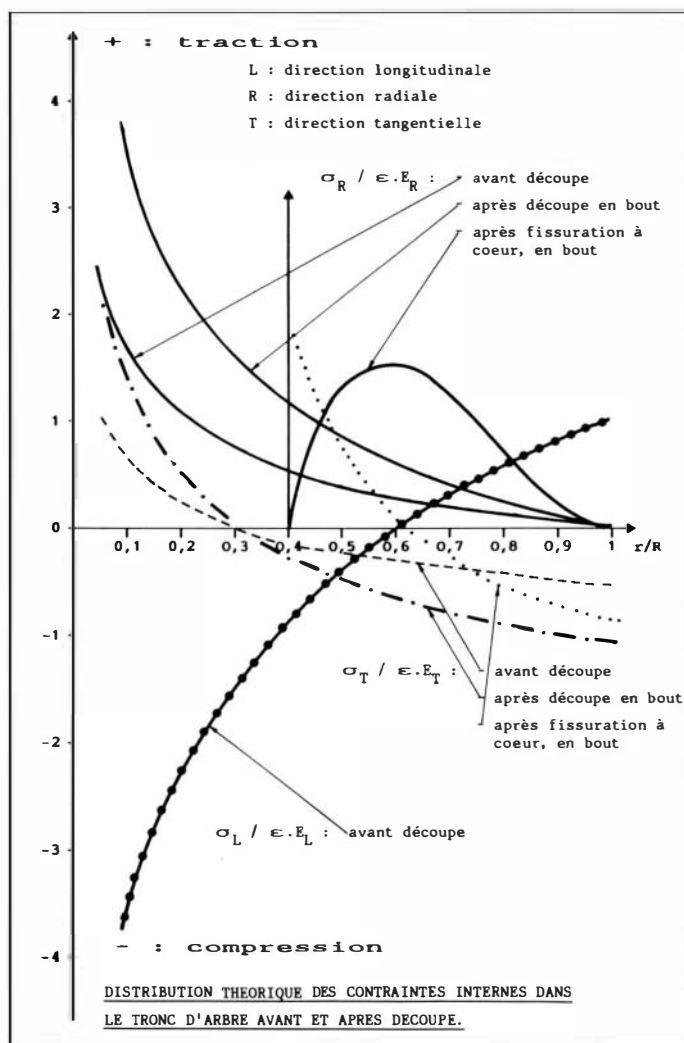


Figure 20

- la progression radiale de la fissure à coeur existante lorsque l'« aptitude à la roulure » est faible (billons ne présentant pas de roulures saines ni avant ni après l'étuvage).

- le changement d'orientation de cette fissure radiale qui se développe en roulure

- l'apparition de roulures entre la partie centrale déjà fissurée et l'extérieur, en particulier lorsque l'« aptitude à la roulure » est forte. La fente radiale à coeur n'évolue quasiment plus, ce sont les fentes tangentielles qui apparaissent ou se développent (billons présentant des roulures saines avant et après étuvage).

La roulure se produit dans la zone de conjonction optimale d'un niveau de contrainte radiale élevé et d'une faible résistance mécanique, c'est à dire quasiment toujours à une limite de cerne et jamais dans les cernes voisins de l'écorce pour le bois vert. En effet la contrainte de traction radiale y devient nulle pour des raisons d'équilibre mécanique. Cela explique que BONENFANT (op. cit.) n'ait observé aucune roulure dans les 15 derniers cernes des Châtaigniers bretons.

Lorsque tous les cernes ont une cohésion très faible comme cela semble être le cas pour certains arbres, les roulures se produisent indifféremment dans un cerne ou l'autre mais toujours dans la même zone de contrainte radiale maximale.

L'apparition d'une roulure nette dans le bois vert à l'abattage et à l'étuvage est généralement un signe

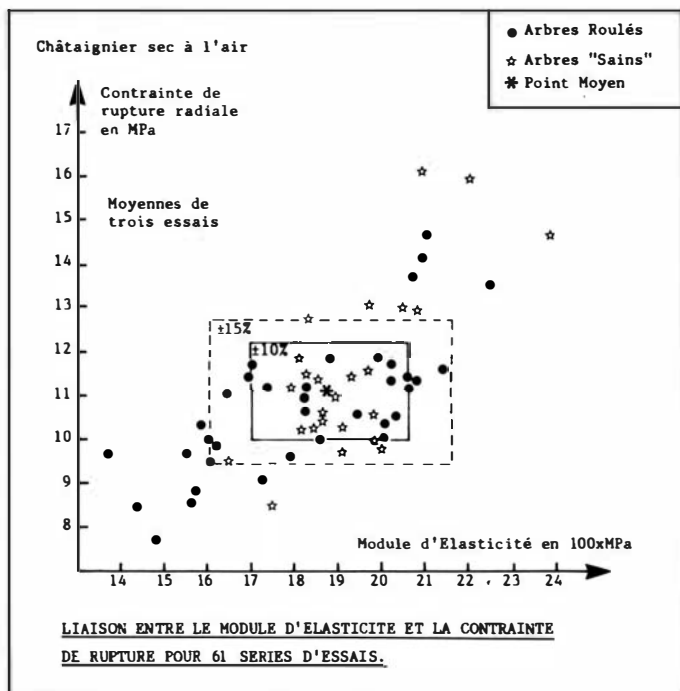


Figure 19

évident de « fragilité » mécanique du bois dans la direction radiale.

IV.4. — Contraintes de séchage :

Lors du séchage d'une pièce de bois (billon, rondelle, planche ou placage), le matériau constitutif de cette pièce va subir des déformations importantes. Le « retrait » du bois va commencer à se faire sentir lorsque localement l'humidité interne du matériau descend en dessous d'une valeur limite voisine de 30 % (fig. 21). L'anisotropie de ces retraits est une première particularité du bois. En moyenne les valeurs du retrait total de l'état vert à l'état anhydre sont :

Retrait tangentiel 8,08 %

Retrait radial 3,44 %

Retrait longitudinal 0,33 % (Leban op. cit.)

Ces différences entre les valeurs des retraits (en particulier la différence entre le retrait tangentiel, et le retrait radial) font que dans certaines géométries (billon ou rondelle par exemple) le bois ne peut pas se déformer librement. Cela provoque l'apparition de nouvelles contraintes internes qui peuvent conduire à des fissurations plus ou moins profondes (Tahani et Guitard, 1987).

a) Normalement, dans un séchage traditionnel, les fissurations doivent commencer radialement à partir de la périphérie du billon, ce qui est la règle générale.

Une analyse des contraintes au fond de la fissure ainsi initiée montre que la fissure risque de changer complètement de direction pour devenir tangentielle (roulure) si la « résistance à la propagation de fissure » est faible dans la direction tangentielle (Leban op. cit.). Ce phénomène est facile à observer lorsque l'on sépare les feuilletts successifs du papier d'imprimante en déchirant selon les microperforations (au lieu d'aller jusqu'au bout, la « fissure » part à angle droit pour suivre les microperforations qui délimitent la petite bande latérale utilisée pour l'entraînement du papier).

Ceci explique les observations fréquentes de fissures de séchage qui se développent radialement puis tangentiellement (pour quelquefois repartir radialement) à la fois pour le Douglas et le Châtaignier (photo 13-14-15).

Ces « roulures de séchage » visibles en bout des billons stockés longtemps à l'air libre, pourront se développer à faible distance de l'extérieur, ce qui va modifier la répartition sur le diamètre des « roulures graves » présentes à ce stade, puisqu'il y a cumul des roulures d'abattage du bois vert et des roulures de séchage (cf. déroulage 1ère série).

Après débit du billon en planches, celles qui ne contiennent pas le coeur peuvent sécher sans apparition de contraintes internes, si les retraits restent « homogènes » pendant le séchage. Il n'y a plus alors apparition de fissures.

b) Par ailleurs, lors de l'opération de séchage, l'humidité interne d'une pièce de bois n'est pas uniforme. Les parties proches de l'extérieur sont plus sèches que l'intérieur. Elles devraient donc se rétracter plus fortement, ce qui est impossible compte tenu de la géométrie de la pièce. Il y a encore apparition de contraintes internes qui peuvent être très élevées aux extrémités du billon ou des planches.

L'ampleur de ces contraintes dépend :

- du cycle utilisé : dans un séchage « brutal », l'extérieur est rapidement beaucoup plus sec que le coeur et les fentes de séchage sont plus graves

- de la géométrie des pièces elles-mêmes : plus

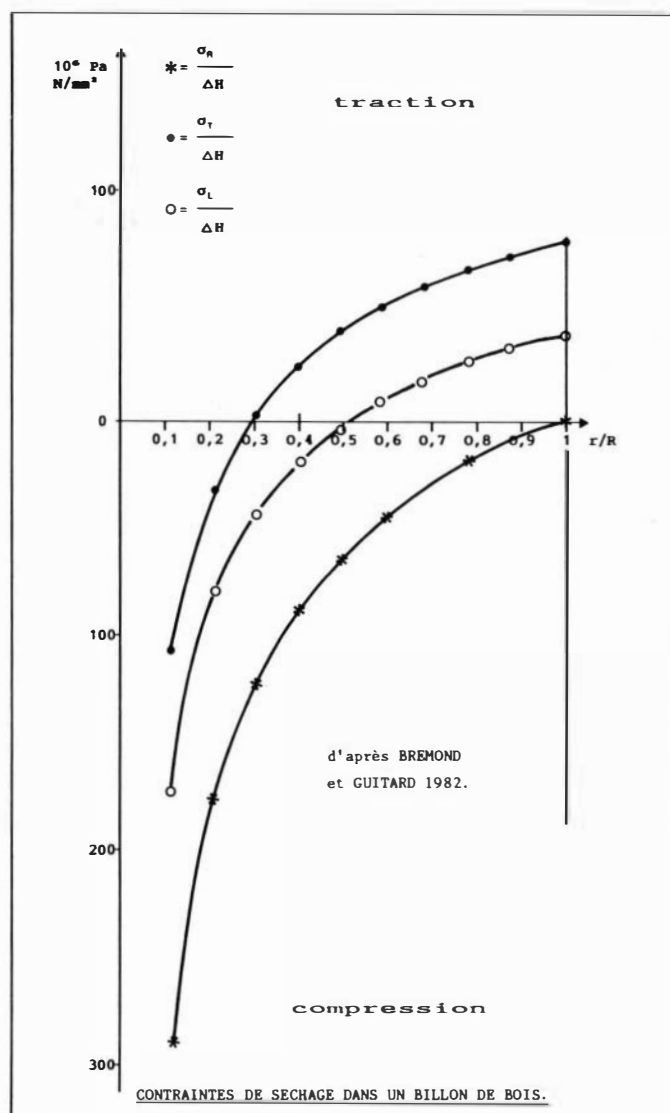


Figure 21

les dimensions (transversales en particulier) sont réduites, plus le niveau de contrainte est faible

c) Enfin, les valeurs locales des retraits, de l'humidité initiale du bois et de la vitesse de séchage, ne sont pas homogènes à l'intérieur d'un arbre (Polge, 1966; Leban, op. cit.). En règle générale le retrait longitudinal est plus élevé et le retrait tangentiel plus faible vers le coeur ou dans les zones de bois de réaction, le duramen est plus sec que l'aubier, sa perméabilité plus faible....

Une série de mesures simultanées des retraits radiaux, tangentiels et axiaux a été réalisée sur 130 éprouvettes prismatiques radiales provenant de 65 arbres de la Châtaigneraie catalane (Leban, op. cit.). Les mesures ont été réalisées cerne par cerne (12 cernes par éprouvette en moyenne), à des humidités différentes pendant le séchage (5 à 8 mesures de l'état vert à l'état anhydre).

Les résultats montrent assez souvent des variations importantes des différents retraits dans des cernes voisins. Ces gradients de retraits peuvent être importants pendant une phase du séchage puis s'estomper voire même disparaître à la fin du séchage (hétérogénéité d'humidité initiale, ou de perméabilité du bois ?)

Il n'y a pas de liaison statistique significative ni entre les retraits (radial, tangentiel, longitudinal) ni entre leurs écarts types (un arbre peut présenter des

variations importantes pour le retrait axial mais pas pour les autres par exemple).

Dans l'analyse des comparaisons entre les cerne notés roulés (sur les planches de coeur sèches) et les cerne notés non roulés, il ressort que :

- il n'y a pas de liaison significative entre la présence de la roulure et la valeur des retraits

- le cerne qui précède le cerne roulé a quasiment toujours un retrait tangentiel plus élevé que le cerne roulé

- plus de la moitié des cerne roulés ont un retrait radial deux fois plus élevé que le retrait radial moyen de la barette.

- Dans 71 % des cas, le retrait radial du cerne roulé est très nettement différent des retraits des deux cerne qui l'encadrent (plus élevé ou plus bas)

- Dans 57 % des cas, le retrait axial du cerne roulé est nettement différent des retraits des cerne qui l'encadrent.

Dans un séchage « normal », s'il existe de fortes hétérogénéités internes d'humidité du bois ou de retrait potentiel, des contraintes élevées vont apparaître en cours ou en fin de séchage entre les zones de comportement nettement différent. La roulure dans ce cas se produira de préférence dans les zones de transition brutale (de largeur de cerne par exemple liées à la fermeture du peuplement ou à une éclaircie) comme cela est fréquemment observé.

En conclusion, pendant le séchage d'une pièce de bois, plusieurs facteurs vont contribuer à augmenter le risque de fissuration :

- l'ampleur de la différence entre le retrait tangentiel et le retrait radial

- la présence de variations importantes de l'humidité interne, des retraits potentiels ou de la vitesse de séchage entre différentes parties de la pièce de bois (coeur - aubier, bois normal - bois de tension, cerne larges - cerne étroits,...).

- la géométrie de cette pièce de bois (plus les dimensions sont grandes plus le risque est élevé).

Au total, l'apparition d'une roulure « saine » est toujours un phénomène qui se déclenche dès qu'un seuil est franchi localement. Son existence à un moment donné dépend énormément de l'histoire de la pièce de bois, de toute la procédure de prélèvement et d'observation.

Cela explique les variations énormes (de 8 % à 98 %) de « fréquence d'apparition de la roulure », pour un même échantillonnage.

Vouloir « caractériser » le phénomène « roulure » par l'existence, à un moment donné, d'une fissure dans un cerne particulier, est finalement un très mauvais choix, sauf pour les roulures traumatiques.

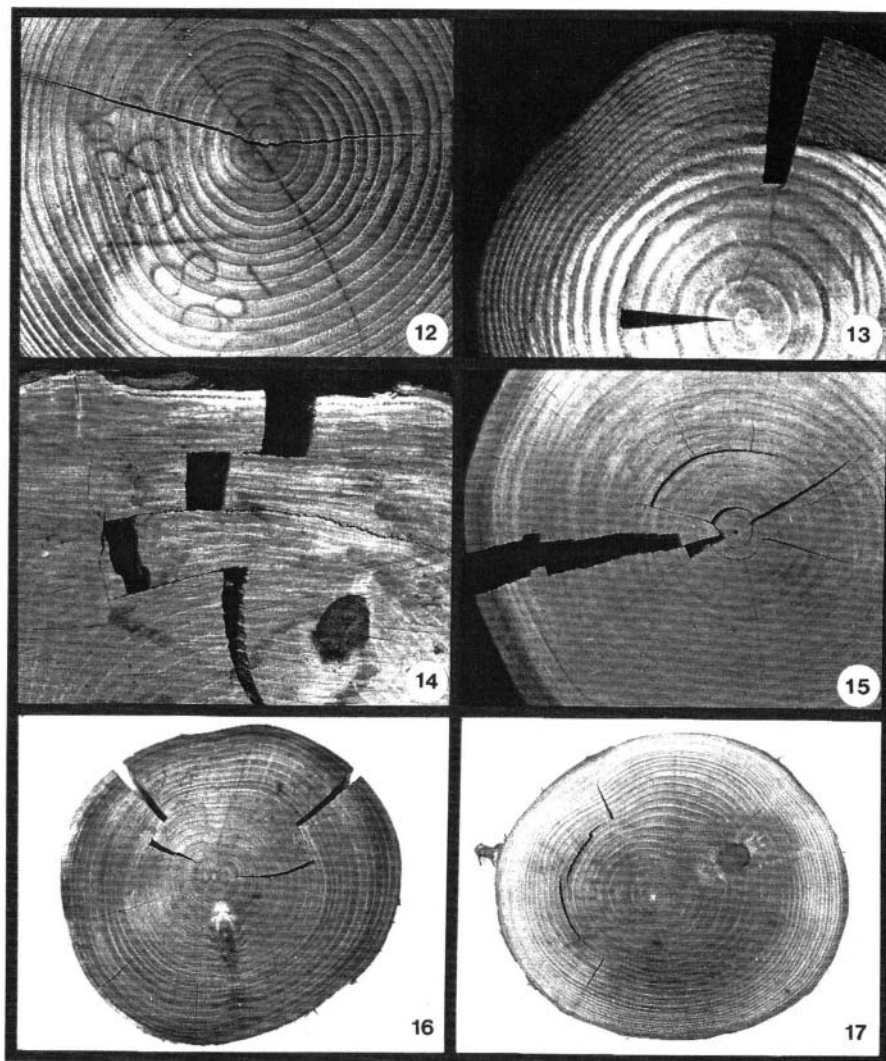


Photo 12 : Fissure radiale d'abattage à coeur qui se développe lors de l'étuvage.

Photo 13 : Exemple de fissuration qui démarre en position radiale à l'extérieur, se transforme en roulure, pour finir à nouveau en position radiale, dans une rondelle de Douglas.

Photo 14-15-16 : Exemple d'alternance roulures-fissurations radiales apparaissant lors du séchage à l'air libre ou en étuve de rondelles de châtaignier.

Que penser de la purge ?

Dès que la fissure s'est produite sur une certaine longueur, il faut purger la partie du billon ou de la planche qui est déjà dévalorisée. Très souvent le niveau des contraintes internes (dans le bois vert comme dans le bois sec) a suffisamment diminué pour qu'une roulure ne se produise plus au moment de la purge. Cela permet au moins de livrer un produit d'aspect sain.

Mais si l'on a supprimé un effet, bien souvent les causes restent. Dans les billons à très faible cohésion des roulures pourront apparaître à nouveau dans toutes les étapes ultérieures. Dans les pièces encore humides, le séchage risque d'ouvrir de nouvelles roulures.

Si la purge est une nécessité (elle permet aussi dévier la propagation des fissures existantes), elle masque un premier avertissement souvent bien utile. Il faudrait donc que dans toute transaction cette purge et les raisons qui l'ont amenée soient mentionnées (c'est sans doute un voeu pieux).

V. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

L'ensemble des observations et mesures réalisées ces dernières années montre que le terme « roulure » recouvre en fait plusieurs phénomènes de nature foncièrement différente. Il n'est pas étonnant que cette confusion ait empêché jusqu'ici de relier la « présence de roulure » aux critères de station, de peuplement ou de provenance alors qu'il est quasiment évident sur le terrain qu'il y a des « zones » à roulure, peut être des « provenances plus roulives » et des conditions de sylviculture défavorables (à-coups de croissance).

Il est tout à fait indispensable de séparer les différents phénomènes qui à un moment donné sont appelés du même nom, « la roulure » :

a. — le Châtaignier est un arbre très sensible aux traumatismes (Chanson 1982); les blessures dues à l'abattage, au feu, à l'action des animaux (insectes, oiseaux ou autres) vont toujours favoriser l'apparition de roulures traumatiques qui n'ont que très peu de liaisons à priori avec le type de station, la sylviculture ou la génétique.

b. — il apparaît clairement dans les différentes observations que certains Châtaigniers ont une cohésion mécanique radiale particulièrement faible qui les **prédispose** à l'apparition de roulures à tous les stades de l'utilisation et, semble-t-il dans tous les cerne.

Cette caractéristique intrinsèque pourrait se mesurer sur des carottes de sondage prélevées soigneusement. Elle a de fortes chances d'être en liaison directe avec un fonctionnement particulier du cambium dont l'origine est probablement à la fois stationnelle (effet placette souvent assez net) et génétique.

c. — le déclenchement de roulures à l'abattage et à l'étuvage est directement lié à la présence d'un « potentiel interne de déformation » dont la valeur semble dépendre, comme pour le Hêtre, de la sylviculture (les ruptures immédiates à l'abattage sont bien plus fréquentes dans le Limousin où les peuplements sont caractérisés par des tiges élancées et un houpier étriqué).

d. — dans un séchage « raisonnable », de grandes dimensions des pièces séchées et la présence d'hétérogénéités internes fortes d'humidité, de retraits ou de perméabilité sont des facteurs favorisant l'apparition de fissures en général. Dans le cas du Châtaignier, l'aptitude à la fente et la faible cohésion radiale favorisent la fissuration tangentielle de type roulure lors du séchage.

Toute sylviculture visant à réduire les hétérogénéités internes (arbres de franc pied à développement équilibré, croissance régulière pendant la vie de l'arbre) aura un effet bénéfique sur le risque de déclenchement de roulures lors du séchage.

Une pratique industrielle visant à débiter le bois vert le « plus loin possible », afin de sécher des pièces de plus petite dimension (pièces proches des dimensions d'emploi en menuiserie, parquet, meuble de cuisine ou petits éléments destinés à la reconstitution de bois massif) réduira sensiblement aussi ce risque. La pratique courante du débit et du séchage en plot est sans doute la plus mauvaise du point de vue du risque de roulure lors du séchage.

QUE FAIRE

Il est évident que les risques de fissuration et notamment les risques de « roulure » sont particulièrement élevés dans le cas du Châtaignier, et que, sans précautions particulières, les essais de valorisation industrielle de ce bois sont voués à l'échec.

Néanmoins, les résultats des études précédentes et la réalité actuelle des parquetteries du Périgord, des scieries de Bretagne ou du Dauphiné montrent, qu'avec des précautions, une bonne partie de la ressource actuelle peut être utilisée pour des usages nobles.

La récolte actuelle est très nettement inférieure à la production biologique et les 80 millions de m³ sur pied continuent de vieillir. En prenant comme hypothèse (plutôt pessimiste) que le 1/4 de la production biologique pourrait être transformé en produits semi-finis de qualité avec un rendement de 20 %, cela représenterait en première transformation 200 000 m³ de produits à 2 500F/m³ soit un chiffre d'affaire de 10 Milliards de Francs sur 20 ans. Il existe à la fois un marché (européen surtout) et une ressource abondante. Cela mérite peut être un effort d'innovation et de mise au point d'un outil industriel.

Les opérations de recherche-développement souhaitables pour lancer une aventure industrielle peuvent être identifiées à deux niveaux :

— qualification de la ressource :

La première opération consiste à analyser plus avant la cohésion mécanique radiale du bois afin de mettre au point un procédé de détection précoce, fiable et économique des arbres ou des parcelles à exclure d'office. Ce procédé, associé à des techniques (de plus en plus disponibles) de détection automatique de défauts visuels ou de forme, pourra être intégré dans les opérations de tri automatisées à différents points de la chaîne industrielle.

— choix et optimisation des processus de première transformation :

La majeure partie des fissures qualifiées de roulure sont provoquées par les opérations de débit et de séchage. Moyennant des hypothèses réalistes (qui s'enrichiront progressivement avec l'expérimentation sur le terrain) il est possible de mettre au point des logiciels simulant les risques de roulures en fonction du type de débit et de la technique de séchage afin d'optimiser à priori ces débits (moyennant bien sûr une démarche expérimentale de calibration et de vérification). Ces logiciels seront ensuite associés à des logiciels d'optimisation géométrique du débit (compte tenu des informations de forme et de défaut), et des logiciels de gestion des stocks et des besoins en produits semi-finis.

Une bonne partie de ces produits semi-finis sera réalisée par collage et aboutage d'éléments de plus petite dimension (lamellé-collé pour menuiserie, parquet composite, lamibois,...) pour lesquels des techniques et des matériels existent déjà sur le marché.

Faut-il par ailleurs abandonner le Châtaignier comme essence forestière, en se contentant de récolter la ressource actuelle qui pourrait être progressivement remplacée par d'autres essences comme le Douglas ou l'Epicéa de Sitka ?

Pour répondre à cette question, il faut à la fois analyser la demande future en bois feuillus et bois résineux, la productivité et la valeur des uns et des autres, leur impact « écologique » et paysager....

Il est certain qu'une décision positive en faveur du Châtaignier devra s'accompagner d'un programme « d'amélioration » et d'expérimentation sylvicole qui prendra en compte les critères de « qualité du bois ». Il est donc indispensable d'analyser cette fois les causes possibles ou les facteurs aggravants de la « roulure ».

Les études précédentes indiquent trois voies qui correspondent aux différents mécanismes conduisant à l'apparition des roulures :

a) pathologie du cambium en réponse à différentes attaques extérieures (blessures d'abattage, feu, piqûres d'insectes ou d'oiseaux, chancre,...). Une meilleure connaissance des agents et des mécanismes aidera les choix sylvicoles indispensables (techniques de plantation, d'éclaircies, d'exploitation, contrôle sanitaire et abattage précoce des individus atteints ...).

b) liaisons entre l'existence d'une très faible cohésion radiale générale et la physiologie de l'arbre : carences minérales du sol, génétique Le procédé de détection précoce de cette très faible cohésion mis au point pour l'industrie servira d'outil pour repérer les arbres et cartographier les zones « dangereuses ». Il sera possible alors de relier les critères génétiques et de station à un critère objectif, caractérisant bien le phénomène étudié. Le but final est bien sûr le choix de stations favorables (ou l'amendement de certaines stations défavorables) et de provenances à meilleure cohésion.

c) fonctionnement « normal » de l'arbre lors de sa croissance dans les différentes phases (juvénile, fermeture des peuplements, éclaircies) afin de mieux connaître la genèse et la répartition des contraintes internes, du bois de réaction, les variations de l'humidité interne de la perméabilité et des retraits potentiels. L'objectif est cette fois d'aider à optimiser la mise en place et la conduite des peuplements nouveaux afin de minimiser les difficultés dues aux hétérogénéités internes lors du séchage.

Bien entendu ces études nécessaires sur la « physiologie » du Châtaignier sont des programmes de longue haleine et il n'est pas question d'attendre de tout savoir ou tout comprendre pour agir.

Un peu d'intuition et beaucoup de bon sens permettent déjà de donner des règles simples à un forestier décidé à tenter dès aujourd'hui un renouvellement de la châtaigneraie :

— choisir d'abord des parcelles, des stations ou des zones, où le Châtaignier n'a pas la réputation d'être manifestement « roulif ».

— utiliser, faute de mieux, des graines provenant d'arbres, ou de zones de « bonne réputation »

— prévoir dès le départ une sylviculture dynamique permettant une croissance soutenue et **régulière** des arbres, en favorisant des houppiers assez amples et **équilibrés**.

— élaguer **soigneusement** très tôt la future bille de pied

— éviter au maximum toutes blessures des troncs lors des opérations sylvicoles et ne pas hésiter à abattre ou marquer les arbres atteints à un âge déjà avancé.

Faut-il favoriser plutôt la « futaie » ou les taillis ?

Pour un peuplement neuf, il paraît évident que la futaie est préférable. La croissance des arbres en taillis favorise inévitablement à la fois les blessures au pied, et un mode de croissance moins régulier et moins équilibré. Mais dans des conditions optimisées (éclaircies précoces des taillis, bonnes stations, amendements,...) le « coût » de ces défauts n'est peut être pas très « élevé » et le choix de poursuivre des taillis bien venants dont la révolution ne dépasserait pas 30 à 40 ans est peut être un meilleur choix économique. Personne ne peut répondre aujourd'hui sur ce point mais il faut savoir que des brins de Châtaignier de bonne qualité sont intéressants comme bois d'oeuvre dès que le diamètre atteint 20 cm.

Des expérimentations de terrain couplées avec des opérations de valorisation industrielles seront de toutes façons nécessaires. Le jeu semble en valoir la chandelle.

**B.C.
J.-M.L.
B.T.**

BIBLIOGRAPHIE

1. Archer R.R. (1987). — Growth Stresses and Strains in Trees. Springer-Verlag. 240 p.

2. Bonenfant M. (1985). — Croissance et qualité du châtaignier de futaie en Bretagne. E.N.G.R.E.F mémoire de 3^e année. 123 p.

3. Bonnefoi C., Chanson B., Leban J.M. & Thibaut B. (1983). — Etude de la qualité du bois de châtaignier : fissuration tangentielle du bois de type « roulure ». PRÉMAT Languedoc-Rousillon.

4. Boyd J.D. (1950). — Tree growth stresses : 2 : The development of shake and other visual failures in timber. *Australian J. Applied Sci. Res. Bull.* 3 (3) : 296-312.

5. Bremont C., Guitard D. (1982). — Apparition des contraintes internes dans les matériaux à symétrie matérielle orthotrope cylindrique. Cas des contraintes internes dans le bois. Communication au 1^{er} colloque Sciences et Industries du Bois, Grenoble.

6. Bruce E.S. (1902). — Frost cracks and wind shakes. *Forest and irrigation* 8 : 270-293.

7. Chang C.I.J., (1972). — The cause of ring shake : a review of literature. *Quarterly J. of Chinese Forestry* 6 (1) : 69-77.

8. Chanson B. (1982). — Approche structurale et histophysiologique du bois de châtaignier (*Castanea sativa* Mill.). Etude préliminaire à celle de la roulure. D.E.A Sciences forestières. Nancy.

9. Chanson B. (1988). — Etude de quelques propriétés physiques et anatomiques du bois de rejets de taillis de châtaignier (*castanea sativa* Mill.). Application à l'étude de la roulure. Thèse de l'Université de MONTPELLIER II ; 278 p.

10. Davis D.E. (1949). — Some effect of calcium deficiency on the anatomy of *Pinus tadea*. *Amer. J. of Botany.*, 36 : 276-282.

11. Ferrand J.C. (1981). — Etude des solutions pratiques à apporter aux problèmes posés par les contraintes de croissance des arbres forestiers. Thèse de Docteur-Ingénieur en Sciences du Bois. I.N.P.L Nancy.

12. Fostier G., (1952). — Les lésions des chênes par le gel. *Forêts de France et action Forestière*, N° 42.
13. Fournier M., Langbour P., Guitard D., Bordonne P.A. & Sales C. (1988). — Fast growth species : strains and stresses in living tree stem. Communication, IUFRO, All division 5 meeting, Sao-Paulo.
14. Guéneau P. (1973). — Contraintes de croissance. *Cahiers Scientifiques n° 3, Bois et Forêts des Tropiques*.
15. Guiot A. (1983). — Contribution à l'étude du châtaignier à bois en Bretagne. *S.R.A.F de Bretagne*, Rennes.
16. Harrar E.S. (1954). — Defects in hardwood veneer logs; their frequency and importance. *U.S. For. Serv. S.E. For. Exp. Sta.*, Sta. paper 3.
17. Kalra G.S. (1956). — Response of the tomato plant to calcium deficiency. *Botan. Gaz.*, 118 (1) : 18-37.
18. Kandeel S.A., Mc Ginnes E.A. (1970). — Ultrastructure of ring shake in Scarlet Oak. *Wood Sci.* 2 (3) : 171-178.
19. Kubler H. (1987). — Growth stresses in trees and related wood properties. *For. Prod. Abst.* 10 (3) : 61-119.
20. Lachaussée E. (1953). — Note upon shake and forest crack of *Quercus robur*. *For. Abstr.* 15, N° 1598.
21. Leban J.M. (1985). — Contribution à l'étude de la roulure du châtaignier. Thèse I.N.P.L. NANCY. 164 p.
22. Mc Ginnes E.A. Jr, Chang C.I.J. & Wu K.Y.-T. (1971). — Ring shake in some hardwood species : The individual tree approach. *Journal of Polymer Science C* 36 : 153-176.
23. Mc Ginnes E.A. Jr & Wu K.Y.-T. (1973). — Intra incremental chemical studies in Scarlet Oak. *Wood Science*, 5 (4) : 287-294.
24. Madesclaire A. (1980). — Etude des types de stations de la châtaigneraie gardoise. Mémoire de 3^e année ENITEF.
25. Mergen F. (1958). — Distribution of reaction wood in certain eastern hemlock as a fonction of its terminal growth. *For. Sci.*, 4 (2) : 98-109.
26. Noël M. (1982). — Enquête documentaire dans les départements à châtaignier. Exposé des réponses. *Centre Régional de la Productivité et des Etudes Economiques Montpellier*.
27. Noyes W. (1912). — Wood and Forest Manual. *Art Presse, Peoria, Illinois*.
28. Owen D.R & Wilcox W.W. (1982). — The association between ring shake, wetwood and fir engraver beetle attack in white fir. *Wood and Fiber*, 14 (4) : 267-280.
29. Piccioli L. (1912). — La cipollatura dei legmani. *Atti della R. Accademia dei Georgofili*, Quinta Serie, Vol IX.
30. Polge H. (1966). — Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploitation densitométrique de radiographie d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. *Ann. Sci. Forest.*, 23 (1).
31. Reveillaud L. (1979). — Enquête sur le roulure du Châtaignier dans le Languedoc-Rousillon. Rapport de stage de technicien forestier, E.N.I.T.E.F.
32. Rol R. (1953). — Les gélivures. *Bulletin de la Société Forestière de Franche Comté et des Provinces de l'Est*, n° 12 (26), 642-651.
33. Saharov M.I. (1952). — Dependence of the temperature of Scotch pine upon forest types. *For. Abstract*, 15.
34. Scerbakov I.P. (1955). — Use of a semi conducteur electric thermometer for measuring temperature in trees tissues. *For. Abstract*, 17.
35. Shigo A.L. (1963). — Ring shake associated with sapsucker injury. *U.S. For. Serv. Res. Paper NE-8*.
36. Shigo A.L. (1972). — Ring and ray shakes associated with wounds in trees. *Holzforschung* 26 (2) : 60-62.
37. Tahani N. & Guitard D. (1987). — Etat des contraintes internes dans un billon soumis à un séchage radial. Communication au 2^e colloque Sciences et Industries du Bois, Nancy.
38. Takahashi A., Tanaka C., Shiota Y. (1983). — Compilation of Data on the Mechanical Properties of Foreign Wood (Part IV) European Woods. Research Report of Foreign Woods 11 — Faculty of Agriculture, Shimane University.
39. Wilson, B.F. (1962). — A survey of the incidence of ring shake in Eastern Hemlock. *Harvard Forest Papers* N° 5.

Résumé

Les observations et mesures réalisées sur 480 arbres de la châtaigneraie bretonne et 535 arbres débités en 1018 billons pour les peuplements des régions Languedoc Rousillon, Limousin, Midi Pyrénées et Poitou-Charente, montrent que le terme de roulure » recouvre en fait plusieurs phénomènes de nature foncièrement différentes.

a. — le Châtaignier est un arbre très sensible aux traumatismes : les blessures dues à l'abattage, au feu, à l'action des animaux (insectes, oiseaux ou autres) vont toujours favoriser l'apparition de roulures traumatiques. Il faut donc particulièrement veiller à la qualité des travaux sylvicoles et ne pas faire vieillir inutilement des arbres blessés.

b. — il apparaît clairement que certains châtaigniers ont une cohésion mécanique radiale particulièrement faible qui les prédispose à l'apparition de roulures à tous les stades de l'utilisation. Après avoir mis au point un test de dépistage de cette « anomalie » de fonctionnement général du cambium, il serait utile de rechercher les facteurs qui la conditionnent (génétique, nature ou carences du sol...).

c. — le déclenchement de roulures à l'abattage et à l'étuvage est directement lié à la présence d'un « potentiel interne de déformation » dont la valeur semble dépendre, comme pour le hêtre, de la sylviculture. La distribution interne de ces contraintes entraîne la formation de roulures à cœur ou le développement de fentes radiales de longueur variable qui peuvent être suivies par l'apparition de roulures entre le cœur fendu et la périphérie.

d. — lors du séchage de pièces de grandes dimensions la présence d'hétérogénéités internes fortes d'humidité, de retraits ou de perméabilité sont des facteurs favorisant l'apparition de fissures. L'aptitude à la fente et la faible cohésion radiale du bois de châtaignier expliquent la fissuration tangentielle de type roulure dans ce cas. Toute sylviculture visant à réduire les hétérogénéités internes aura un effet bénéfique. par ailleurs, une pratique industrielle permettant de débiter le bois vert le « plus loin possible » afin de sécher des pièces de plus petite dimension réduira sensiblement aussi ce risque de fissuration.

Summary

The ringshake of the chestnut

This paper gives a summary of a range of observations and tests made from 1981 to 1987, with the subsidies and the participation of the Ministère de la Recherche, the Région Languedoc-Roussillon, the Société Rougier Océan Landex, and the Centres Régionaux de la Propriété Forestière Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Limousin and Poitou-Charantes.

Behind the oaks and beeches, the chestnut is the most important French species with deciduous leaves. It grows on about 530 000 ha for a standing volume of 81 Millions of cubic meters and an annual production of 4 millions of cubic meters (fig. 1).

1. — The ringshake

The definition of the word « ringshake » is often different from one writer to another and often betrays an hypothesis on the cause of this default. It has been observed in different circumstances, either as soon as the cut down, or in the timber yard, when sawn, or dried or planned, when making a piece of furniture, or drying it...

The only common point of all these observations is the existence, at some time, of one tangential separation (that follows the direction of the annual growth ring) between two parts of wood from the same stem or the same board.

Many observations made in the open air, and in laboratories or in factories, have shown that the separation is almost never present on a standing tree. Most of the ringshakes observed are the result of a processus following the pulling down and that causes this separation.

2. — Observation and frequency of the ringshake

a. — A first survey in the Breton chestnut plantation has been made on 480 trees of 24 forest plots. The observation has been made on the strump of the tree in a few weeks after they had been cut down.

— every plot has at least one ringshaked tree from which 5 to 100 % of trees can be ringshaked at least once

— 40 % of the trees show at least one ringshake that can be seen at this stage of observation

— We cannot really say that some years are really « propitious » to ringshake though some of them have particularly been of « great cold » (fig. 3).

The frequency of this ringshake is weak next to the heart, then gets to a maximum at about 40 to 50 % of the age of the tree and slows down suddenly as to be non existent next to the bark in growth rings that belong both to the sapwood and the heartwood.

b. — In 9 plots of the Catalan chestnut plantation representing different conditions of station, 94 trees were cut down after an observation and one cut off of two diametrical heart samples in right angle. These trees have been cut into 315 logs 120 cm long from which 315 boards 40 mm thick have been taken in the heart. Observations have been made on those boards after six months and 18 months drying in a conditioned room.

Once more, every plot shows at least once this default with a 17 to 90 % of ringshaked sprouts. An average of 60 % of sprouts and 30 % of logs show at least one ringshake (11 % for serious ringshakes, 5 % linked with cambium traumatism).

c. — 156 trees have been chosen by chance in six Départements (Aude — Aveyron — Hérault, Lot, Tarn, Tarn et Garonne) to be cut down and shaped into 3 meter long logs. Those have been stocked three months in the open air, and then cut into two 133 cm long logs. The observations have been made before the cut, just after the cut and the steaming, and then on the intermediate discs after drying in the open air up to 12 % of humidity.

The front of the 3 meter long logs kept in the open air all show a big number of ringshakes.

After steaming (fig. 8) 39 % of the trees and 23 % of logs show at least one ringshake.

Only 8 % of discs dried in a laboratory show at least one ringshake.

At last, when cutting those logs, a total or partial bursting of the log on the peeling machine only occurs for 4 % of the logs (photo 9).

d. — 285 trees have been taken from 37 forest plots in 4 different areas (Pyrénées Orientales, Cévennes, Limousin, Périgord) with the same items of selection as above.

The trees have immediately been cut into 133 cm long logs and both sides of 703 logs have been observed.

The logs have then been steamed and peeled in the next two days after their last observations. A second observation of the sides of the logs have been made after steaming. Only the open cracks could be seen at this stage.

Ringshakes linked with rot or an obvious damage have been called traumatic ringshakes (R.T. only visible before steaming). Ringshakes corresponding to a clean cut in a perfect area of wood have been called sound ringshakes (R.S.). This last term has been used for all the ringshakes visible after steaming.

If we take in account the whole of the observations, 89 % of the plots and 42 % of the trees and 23 % of the logs have shown at least one ringshake. 6 % of logs have shown traumatic ringshakes and 18 % have shown sound ringshakes (before and after steaming). Peeling damages due to ringshake have occurred for 8 % of logs (fig. 10).

The length of the simple heart crack and its evolution when steaming, is quite different for non ringshaked logs and for logs showing sound ringshakes before and after steaming (fig. 14).

One good part of the logs showing traumatic ringshakes can no longer be seen after steaming. They behave as non ringshaked logs (fig. 15).

97 % of the logs that have provoked peeling damages directly due to ringshake had been discovered after steaming.

3. — How ringshake appears : mechanisms

The many systematic observations told above and complementary ones in laboratories on chestnut and other species (Douglas fir in particular) and specific works on physical and mechanical properties on chestnut wood, show obviously several families of mechanisms that lead to ringshakes.

— Traumatism

If ringshakes are rather often observed on chestnuts, they are more frequent in butt logs and in Mediterranean areas where the trees undergo aggressions as fire, animals teeth... (fig. 16). Wounds by cambium, easy to see (rot, brown color...) are the beginning of more important ringshakes that develop afterwards.

— Mechanical cohesion

Tests of peeling have shown that some trees had a particularly weak radial cohesion. For instance, the 2 logs of the 54 L tree (Lot) have quite exploded (photo 9) under driving efforts. Cracks occurred in about all the successive layers.

An analysis of this radial cohesion has taken place on test-pieces from 66 trees of the Catalan chestnut forest (fig. 17-18). Three test-pieces very near one from another and at first glance the same, have been taken on each board (1 board from 1 tree).

We can see a rather constant radial cohesion from one growth ring to another on the same tree. There is a strong relation between the modulus of elasticity and the breaking stress. When the modulus of elasticity and the breaking stress are specially low, at least one ringshaked log could be seen on the trees. These particularly « fragile » trees or at weak modulus consist of 6 to 12 % of the examined samples.

— Inner stresses of the standing tree

Pulling down, cross cutting and sawing green wood lead to a total or partial « elastic release » of inner stresses. On the occasion of these releases, stresses levels at both ends (of the log or the board) can be high enough to provoke shakes on a longer or shorter distance.

Taking into account the inner distribution of stresses, these fissures are first in the heart. Almost always they consist of radial cracks of different lengths but also sometimes of ringshakes in the heart.

Afterwards, and specially when steaming, some ringshakes can appear between the central part, already cracked, and the outside, in particular when a ringshake aptitude is strong. The radial crack in the heart does no longer really move.

If a ringshake appears clearly in a green wood, when pulled down or steamed, it is generally an obvious sign of mechanical « fragility » of the wood in the radial direction.

— drying stresses

Differences between shrinkage (in particular the difference between tangential shrinkage and radial shrinkage) prevent wood from free deformation in certain geometries. This creates new inner stresses that can lead to cracks. Those must normally start radially from the periphery of the log.

An analysis of the stresses at the bottom of the so begun cracks shows that it might completely change its direction as to become tangential (ringshake) if there is a weak « resistance to crack propagation » in a tangential direction (photos 13 — 14 — 15).

Besides, when drying, if strong inner heterogeneities of humidity of wood or potential shrinkage exist, high stresses may appear during drying or at the end of drying between areas of different behaviours. In this case, ringshake will appear more in areas of sharp transition (change in width of growth ring for example, related to the closing of the forest canopy or to a thinning) as it is often seen.

4. — Conclusions

All these observations and measures of the last years show that the word « ringshake » really means several phenomenons of quite different natures.

a. — The chestnut is a tree very sensitive to traumatism. Wounds due to pulling down, fire, animal's facts (insects, birds or other...) will always

help traumatic ringshakes. We must then be particularly careful on the quality of sylvan works and not make wounded trees grow old uselessly.

b. — It is clear that some chestnuts have a particularly weak radial mechanical cohesion that helps ringshaking at any stage of the use. Being now able to detect this « anomaly » of general cambial activity, it would be useful to find the factors that condition it (genetics, nature or deficiencies of the soil).

c. — The birth of ringshakes when cutting down or steaming the trees is directly related to the presence of an « internal deformation potential » the nature of which seems to depend on silviculture, as for the beech. The importance taken by heart fissures when steaming will need a serious survey of this technic applied to chestnut.

d. — When seasoning large pieces, the presence of strong inner heterogeneities of humidity, of shrinkage or permeability are factors in favour of shaking. The aptitude to fissure and the weak radial cohesion of chestnutwood explains the tangential fissuration of ringshake type in this case. Any silviculture that tends to reduce inner heterogeneities will have a good effect. Besides, industrial practices allowing to cut green wood the « fairest » possible in order to dry smaller pieces will also perceptibly reduce this risk of shaking.

Riassunto

La cipollatura del castagno

Questo articolo riassume una serie di osservazioni e di lavori realizzati dal 1981 fino a 1987, grazie ai finanziamenti e alla partecipazione del Ministero della Ricerca, della Regione Linguadoca-Rossiglione, della Società Rougier Ocean Landex e dai Centri Regionali della Proprietà Forestale Linguadoca-Rossiglione, Mezzogiorno-Pirenei, Limosino, Poitou-Charentes.

Dopo le querce e il faggio, il castagno è la più importante delle essenze a foglie caduche francesi. Occupa circa 530 000 ettari per un volume sulla pianta di 81 milioni di m³ e una produzione annua di 4 milioni di m³ (fig. 1).

1. — Cipollatura

La definizione della parola cipollatura muta sensibilmente secondo gli autori e tradisce spesso un'ipotesi sulla causa di quel difetto. Secondo i casi, l'osservazione del difetto si fa fin dall'abbattimento, sul parco di legname in tronco, al momento del segare, dell'essiccamento, della piallatura, del montaggio di un mobile, della messa in tinta di questo...

Il solo punto comune di tutte quelle osservazioni è l'esistenza, a un certo istante, di una separazione tangenziale (che segue la direzione del cerchio annuale) tra due porzioni di legno di uno stesso fusto o di una stessa asse.

Le numerose osservazioni fatte sul terreno, in laboratorio, in fabbrica, ci hanno mostrato che la separazione è quasi mai presente sull'albero in piede. La grandissima maggior parte delle « cipollature » osservate è dunque il risultato di un processo, ulteriore alla decisione di abbattimento e che provoca questa separazione.

2. — Osservazione e frequenza di apparizione della cipollatura

a. — Una prima inchiesta nel castagneto bretone ha portato su 480 alberi presenti in 24 posti. Le osservazioni sono state effettuate sulla spalla degli alberi abbattuti nelle poche settimane che hanno seguito questo abbattimento.

— tutti i posti compartano almeno un'albero cipollato, di 5 a 100 % degli alberi che possono essere cipollati almeno una volta.

— 40 % degli alberi osservati presentano almeno una cipollatura che può essere scoperta a questo stadio di osservazione.

— non ci sono chiaramente anni assai « favorevoli » alla cipollatura sebbene fossero stati, in particolare, anni di gran freddo (fig. 3).

La frequenza di apparizione della fessura così rivelata è debole ma non nulla verso il cuore, passa per un massimo verso 40 a 50 % dell'età dell'albero e decresce brutalmente nelle vicinanze della scorza nei cerchi che fan parte nello stesso tempo dell'alburno e del durame.

b. — Nei 9 posti del castagneto catalano che rappresentano varie condizioni di stazione, 94 alberi sono stati abbattuti dopo osservazione e prelievo di due carote diametrale ad angolo retto. Questi alberi sono stati tagliati in 315 bilioni di lunghezza 120 cm nei quali furono prelevati 315 assi di cuore di spessore 40 mm. Le osservazioni sono state fatte su queste assi dopo 6 mesi, poi 18 mesi di essiccamento in camera condizionata.

Di nuovo tutti i posti presentano almeno una volta il difetto con una percentuale di rigetti cipollati variando di 17 a 90 %. In media 60 % dei rigetti e 30 % dei bilioni presentano almeno una fessurazione (11 % per le cipollature gravi, 5 % di cipollature associate a traumatismi del cambio).

c. — 156 alberi sono stati scelti all'azzardo in sei dipartimenti (Aude, Aveyron, Hérault, Lot, Tarn, Tarn et Garonne) per essere abbattuti e operati in bilioni di circa 3 m. Questi sono stati accumulati tre mesi ad aria aperta, poi tagliati in bilioni di 133 m. Le osservazioni sono state realizzate prima il taglio, subito dopo il taglio e la purga, poi sulle rondelle intermedie dopo essiccamento ad aria aperta fino a 12 % di umidità.

Le faccie dei tronchi di 3 m accumulati ad aria aperta presentavano quasi tutti un gran numero di « cipollature » (fig. 7).

Dopo la purga (fig. 8), 39 % degli alberi e 23 % dei tronchi presentano almeno una cipollatura.

Soltanto 8 % delle rondelle essiccate in laboratorio presentano almeno una cipollatura.

Finalmente, al momento della sfogliatura di questi tronchi, incidenti gravi provocando lo scoppio parziale o totale del tronco sulla macchina sfogliatrice hanno avuto luogo soltanto per 4 % dei bilioni (foto 9).

d. — 285 alberi sono stati prelevati in 37 posti ripartiti su 4 regioni (Pirenei Orientali, Cevenne, Limosino e Périgord) con criteri di selezione identici ai precedenti.

Gli alberi sono stati subito tagliati in bilioni di 133 cm e le due faccie dei 703 bilioni sono state osservate.

I bilioni sono stati liscivati e sfogliati nei due giorni seguente le ultime osservazioni. Una seconda osservazione delle faccie dei bilioni è stata effettuata subito dopo il trattamento al vapore. Sole le fessure aperte potevano essere rivelate a questo stadio.

Le cipollature associate a una putrefazione, o a un traumatismo evidente sono state qualificate Cipollature Traumatiche (C.T. visibili soltanto prima del trattamento al vapore). Le cipollature che corrispondono a una fessura netta in una zona di legno senza difetto sono state qualificate di cipollature sane (C.S.). Questo ultimo termine è stato utilizzato per tutte le cipollature visibili dopo trattamento al vapore.

Se si tiene conto dell'insieme delle osservazioni, 89 % dei posti, 42 % degli alberi e 23 % dei bilioni hanno presentato almeno una cipollatura. 6 % dei bilioni presentavano cipollature traumatiche e 18 % cipollature sane (prima o dopo il trattamento al vapore). Incidenti di sfogliatura imputabili alla cipollatura si sono prodotti per 8 % dei bilioni (fig. 10).

La lunghezza relativa della fessura a cuore e la sua evoluzione al momento del trattamento al vapore, sono nettamente differenti per i bilioni non cipollati e per i bilioni che presentavano cipollature sane prima e dopo trattamento al vapore (fig. 14).

Una buona parte dei bilioni che presentano cipollature traumatiche non sono più scoperte dopo trattamento al vapore; si comportano come i bilioni non cipollati (fig. 15).

97 % dei bilioni che hanno cagionato incidenti di sfogliatura direttamente imputabili alla cipollatura, erano stati rivelati dopo trattamento al vapore.

3. — I meccanismi di apparizione della cipollatura

Le numerose osservazioni sistematiche riportate qui sopra, osservazioni complementari al laboratorio sul castagno e altre essenze (Douglas in particolare), e lavori specifici sulle proprietà fisiche e meccaniche del legno di castagno, mettono in evidenza parecchie famiglie di meccanismi che possono condurre alla cipollatura.

— Traumatismi :

Le cipollature traumatiche sono abbastanza spesso osservate nel castagno, sono più frequenti nella bilia di piede e nelle regioni mediterranee in cui gli alberi subiscono aggressioni come il fuoco, la dente del bestiame, ecc... (fig. 16). Le ferite del cambio facilmente svelabili (putrefazione, colorazione bruna...) sono inizi di fessure più importanti che sviluppano nel seguito.

— Coesione meccanica :

Le prove di sfogliatura hanno mostrato che alcuni alberi avevano una coesione « radiale » particolarmente debole. Per esempio, i due bilioni dell'albero 54L (Lot) hanno assolutamente esploso (foto 9) sotto l'azione degli sforzi di trasmissione. Le fessure si sono prodotte in quasi tutti i cerchi successivi.

Un'analisi di questa coesione radiale è stata effettuata su provette che provenivano di 66 alberi del castagneto Catalano (fig. 17-18). Tre provette molte vicine una dell'altra e, a priori, identiche sono stati prelevati su ogni asse (un'asse per albero).

Risulta che la coesione radiale è abbastanza costante di un cerchio all'altro in uno stesso albero. Il legame tra modulo di elasticità e costrizione di rottura è forte. Tutti gli alberi il cui modulo di elasticità e la costrizione di rottura sono particolarmente bassi hanno presentato almeno un bilione cipollato.

Questi alberi particolarmente « fragili » o con un modulo debole rappresentano 6 a 12 % del campione esaminato.

— Costrizioni interne dell'albero in piede :

L'abbattimento, il tagliare in tronconi poi il segare del legno verde conducono a una « liberazione elastica » parziale o totale delle costrizioni interne. Al momento di queste « liberazioni », i livelli di costrizioni alle estremità (del bilione o dell'asse) possono diventare abbastanza elevati per provocare l'apparizione di fessure e la loro propagazione su una distanza più o meno grande.

Conto tenuto della distribuzione interna delle costrizioni, queste fessure devono svilupparsi prima a cuore. Sono quasi sempre fessure radiali di una lunghezza iniziale variabile, ma talvolta anche cipollature a cuore.

Poi, particolarmente al momento del trattamento al vapore, può averci apparizione di cipollature tra la parte centrale già fessurata e l'esterno, particolarmente quando l'« attitudine alla cipollatura » è forte. La fessura radiale a cuore non si sviluppa quasi più.

L'apparizione di una cipollatura netta nel legno-verde all'abbattimento e al trattamento al vapore è generalmente un indizio evidente di « fragilità » meccanica del legno nella direzione radiale.

— Costrizioni di essiccamento :

Le differenze tra i valori dei regressi (particolarmente la differenza tra il regresso tangenziale e il regresso radiale) fanno che in certe geometrie, il legno non può sformarsi liberamente. Questo provoca l'apparizione di nuove costrizioni interne che possono condurre a fessurazioni. Codeste devono

normalmente iniziare radialmente cominciando dalla periferia del bilione.

Un'analisi delle costrizioni al fondo della fessura così iniziata mostra che rischia di cambiare completamente di direzione per diventare tangenziale (cipollatura) se la « resistenza alla propagazione di fessura » è debole nella direzione tangenziale (fotografie 13-14-15).

D'altronde, al momento dell'operazione di essiccamento, se esistono forti eterogeneità interne di umidità del legno o di regresso potenziale, costrizioni elevate appariranno nel corso o alla fine dell'essiccamento tra le zone di comportamento nettamente differenti. La cipollatura in questo caso si produrrà più volentieri nelle zone di transizione brutale (di larghezza di cerchio per esempio, legate alla chiusura di un popolamento o a una radura) come questo è osservato frequentemente.

4. — Conclusioni

L'insieme delle osservazioni e misure realizzate questi ultimi anni mostra che il termine di « cipollatura » ricopre in fatto parecchi fenomeni di natura fondamentalmente differente.

a. — il castagno è un albero sensibilissimo ai traumatismi; le ferite dovute all'abbattimento, al fuoco, all'azione degli animali (insetti, uccelli, o altri) favoriranno sempre l'apparizione di cipollature traumatiche. Bisogna dunque essere particolarmente attento alla qualità dei lavori silvicoli e di non fare invecchiare inutilmente gli alberi feriti.

b. — appare chiaramente che certi castagni hanno una coesione meccanica radiale particolarmente debole che predispone loro all'apparizione di cipollature ad ogni stadio dell'utilizzazione. Dopo avere messo al punto un test di individuazione di questa « anomalia » del funzionamento generale del cambio, sarebbe utile ricercare i fattori che la condizionano (genetica, natura o carenza del suolo...).

c. — l'inizio di cipollature all'abbattimento e al momento del trattamento al vapore è direttamente legato alla presenza di un « potenziale interno di deformazione » di cui il valore sembra dipendere, come per il faggio, della silvicoltura. L'ampiezza presa dalle fessure a cuore al momento del trattamento al vapore necessiterà un'analisi seria di queste tecniche di trattamento al vapore applicate al castagno.

d. — al momento dell'essiccamento dei pezzi di grandi dimensioni la presenza di eterogeneità interne forti, di umidità, di regressi o di permeabilità sono fattori che favoriscono l'apparizione di fessure. L'attitudine alla fessura e la debole coesione radiale del legno di castagno spiegano la fessurazione tangenziale di tipo cipollatura in questo caso. Ogni silvicoltura mirando a ridurre le eterogeneità interne avrà un effetto benefico. D'altronde, una pratica industriale che permetterebbe di tagliare a pezzi il legno verde il « più lontano possibile », per essiccare pezzi di dimensione più piccola ridurrebbe sensibilmente anche questo rischio di fessurazione.