



**HAL**  
open science

# Elagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus

A. Soutrenon

► **To cite this version:**

A. Soutrenon. Elagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus. Cemagref Editions, pp.104, 1991, 2-85362-241-X. hal-02581887

**HAL Id: hal-02581887**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02581887v1>**

Submitted on 21 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Elagage artificiel et risques phytosanitaires

PUB00012284

CHEZ LES FEUILLUS



Alain SOUTRENON

CEMAGT17-2



**CEMAGREF**  
Grenoble



Alain SOUTRENON

CETIAGT 17-2

# Élagage artificiel et risques phytosanitaires

chez les feuillus



**CENTRE NATIONAL  
DU MACHINISME AGRICOLE  
DU GÉNIE RURAL  
DES EAUX ET DES FORÊTS**

**GRUPEMENT DE GRENOBLE**  
2, rue de la Papeterie, BP 76  
38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex  
Tél. : 76 76 27 27 - Télex : 980 679 F  
Télécopie : 76 51 38 03

## Chez le même éditeur

**La forêt et ses ennemis** - 1991 - 3<sup>e</sup> édition - J.F. Abgrall et A. Soutrenon - Volume broché 21x29,7 - 399 pages - 340 F TTC.

**Phytocides en Sylviculture** - Coédition INRA-CEMAGREF - 1988 - Volume broché 21x29,7 - 120 pages - 175 F TTC.

### **Guide technique du forestier méditerranéen français**

1988 - classeur 28x32 et le chapitre 3 - Les essences forestières - 295 F TTC.

1989 - chapitre 4 - Protection des forêts contre l'incendie - broché - 100 F TTC.

1990 - Chapitre 1 - Conception des projets forestiers - broché - 100 F TTC.

1991 - Chapitre 5 - Protection phytosanitaire - broché - 180 F TTC.

### **Collection "Études" du CEMAGREF, série Forêt**

n° 1 - **Annales 1988 - 1989** - Volume broché 17x24 - 126 pages - 100 F TTC.

n° 2 - **Le Massif Central cristallin. Analyse du milieu, choix des essences** - 1989 - A. Franc - Volume broché 17x24 - 104 pages - 150 F TTC.

n° 3 - **Les stations forestières du pays d'Othe** - 1990 - D. Girault - Volume broché 17x24 - 174 pages - 150 F TTC.

n° 4 - **Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide** - 1990 - Volume broché 17x24 - 120 pages - 150 F TTC.

n° 5 - **Annales 1989 - 1990** - 132 pages - 150 F TTC.

---

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés,  
réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que "les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite" (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituera donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

**Élagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus** - 1991 - 1<sup>re</sup> édition - ISBN 2-85362-241-X - Alain SOUTRENON - CEMAGREF - Groupement de Grenoble - Responsable d'édition : Julienne BAUDEL - Mise en page PAO : Valérie PAGNEUX - Impression : Imprimerie JOUVE Paris - Édition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA - BP 22 - 92162 Antony Cedex - Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 CACHAN - Prix : 120 F TTC.

Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :

- eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme et équipement agricoles
- équipement des industries agro-alimentaires
- production et économie agricoles.

Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de la Technologie, de l'Agriculture et de la Forêt.

Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.



## AVANT-PROPOS

---

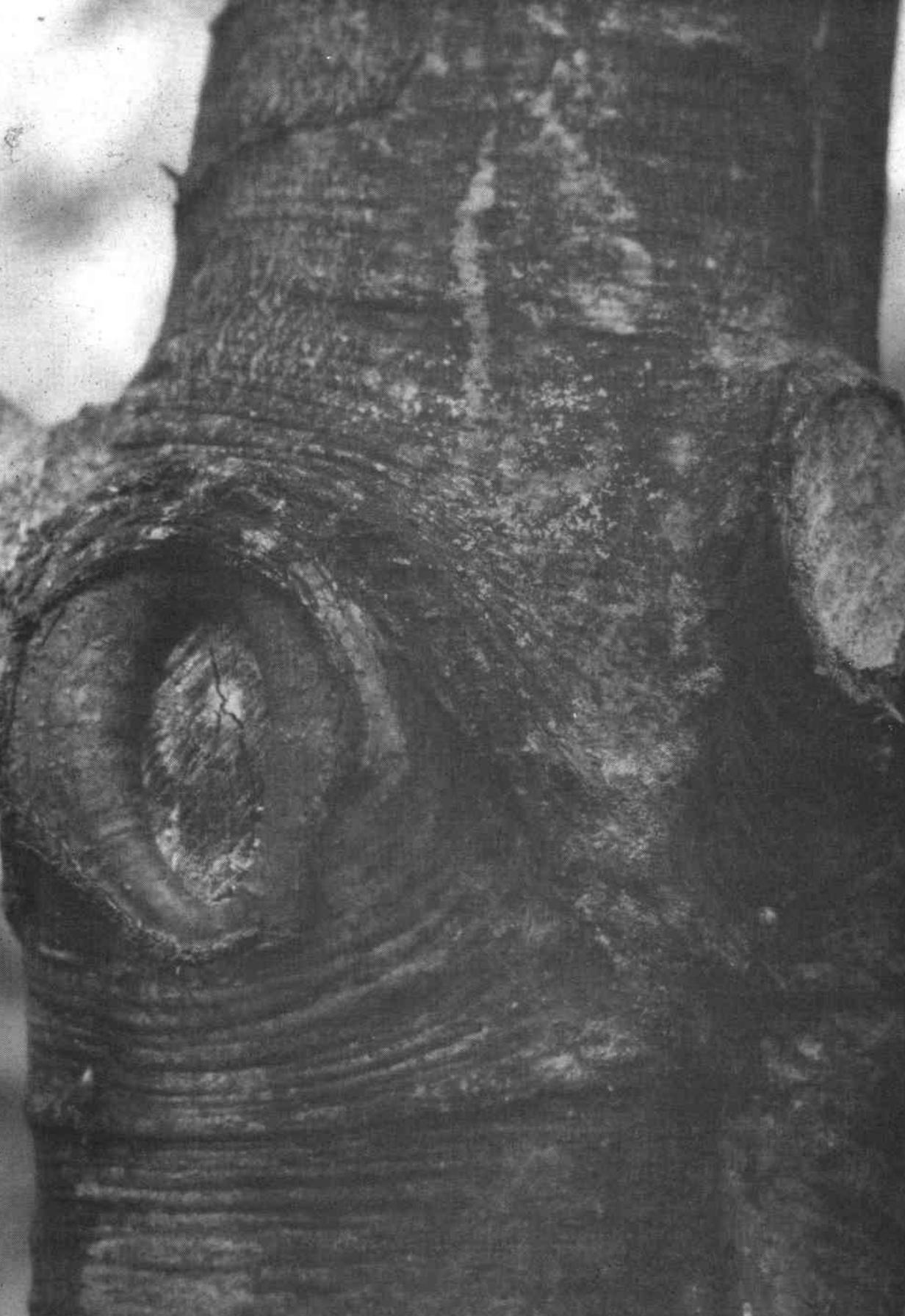
Cet ouvrage reprend dans la collection "Guide pratique" CEMAGREF le rapport élaboré en avril 1990 par Alain SOUTRENON, suite aux recherches bibliographiques, aux observations de terrain et aux manipulations de laboratoire effectuées en 1989.

Ce "Guide pratique" annule et remplace le premier document épuisé et disponible alors sous la forme d'une étude polycopiée.



## SOMMAIRE

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>2. GÉNÉRALITÉS</b> .....	<b>17</b>
<b>3. ÉTUDE PAR ESSENCE</b> .....	<b>33</b>
<b>ENCART PHOTOGRAPHIQUE</b> .....	<b>65</b>
<b>4. PROTECTION DES PLAIES</b> .....	<b>77</b>
<b>CONCLUSIONS GÉNÉRALES</b> .....	<b>81</b>
<b>ORIENTATIONS FUTURES</b> .....	<b>87</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>91</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>97</b>
<b>CRÉDIT PHOTOGRAPHIQUE</b> .....	<b>103</b>



## RÉSUMÉ

---

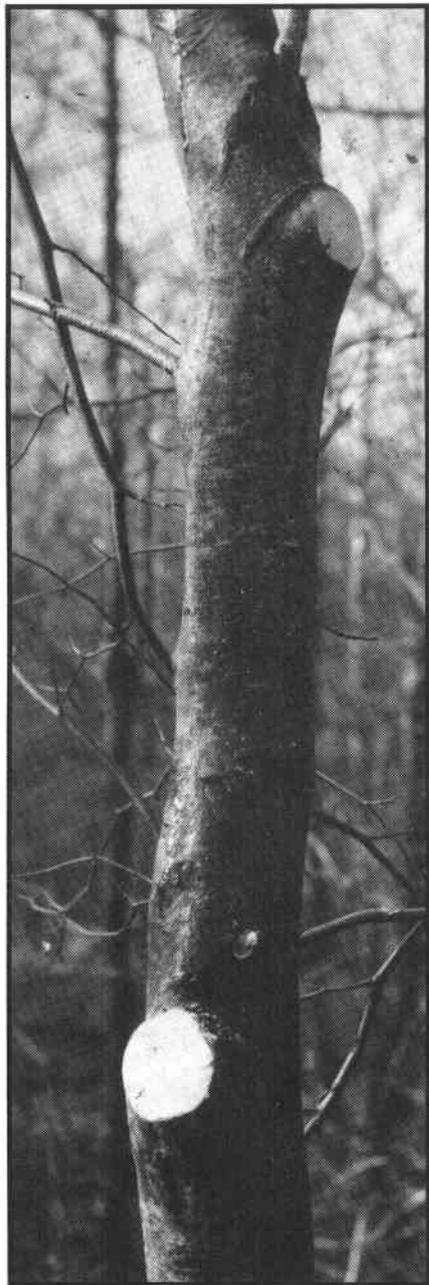
L'élagage artificiel risque de devenir une des méthodes déterminantes de la sylviculture au cours des années à venir, au moins là où les conditions de station permettent de produire un bois de grande qualité.

Cependant, des observations ponctuelles de colorations anormales relevées notamment sur le hêtre, ont suscité des inquiétudes sur les conséquences de l'élagage artificiel. Cette pratique entraîne-t-elle des risques phytosanitaires d'ordre physiologique et biotique, au niveau de la plaie d'élagage ?

Cette étude réalisée en 1989 pour la première fois en France, s'est traduite par l'élaboration d'une synthèse bibliographique des références parues sur le sujet (travaux de SHIGO en particulier) et par un premier constat de l'importance réelle du phénomène (visites de plantations élaguées, prises d'échantillons, mise en culture de prélèvements au niveau des altérations, lecture et interprétation des boîtes de Pétri).

L'étude porte principalement sur le hêtre et cinq autres essences (érable, merisier, chêne, noyer, frêne). Elle met en évidence que les manifestations redoutées ne sont pas aussi systématiques qu'on pouvait le craindre a priori. On relève le plus souvent une coloration anormale du bois limitée à la partie de la branche interne au tronc : les rares cas de pourriture observés sont consécutifs à des élagages tardifs ou mal effectués. Les théories de SHIGO ont été vérifiées. Enfin, l'article conclut en définissant un élagage idéal compte tenu des connaissances actuelles.





- Pratique de l'élagage :  
avantages et inconvénients 12
- Raisons de cette étude 13
- Difficultés de l'étude  
bibliographique 14
- Autres recherches menées 15

## Pratique de l'élagage : avantages et inconvénients

L'élagage des branches vivantes des arbres forestiers a longtemps eu "mauvaise réputation". Il a été déconseillé, voire même condamné par de nombreux auteurs, qui l'estiment préjudiciable aux arbres tant par la diminution de la surface foliaire dont il est responsable, que surtout par les plaies qu'il peut entraîner. Sur ce dernier point, il a été avancé que souvent les élagages ne sont pas pratiqués à la bonne période : les plaies cicatrisent donc lentement et risquent d'exposer les tissus ligneux fraîchement coupés à divers agents pathogènes (champignons, bactéries, virus), susceptibles d'engendrer des altérations à l'origine de dépréciations parfois importantes des bois.

Qu'en est-il réellement ? Il est communément admis que les avantages procurés par l'élagage compensent fréquemment ses inconvénients. L'élagage s'avère être une intervention souvent nécessaire, car il contribue largement à l'obtention de bois de qualité (sans noeud).

A l'heure actuelle, l'utilité et le bien-fondé de cette pratique peuvent être démontrés facilement, autant d'un point de vue financier que sylvicole. L'élagage tend à devenir le complément souhaitable voire indispensable d'une sylviculture intensive.

## Raisons de cette étude

Depuis quelques années en vue de la recherche d'un bois de qualité, les forestiers français de l'administration et du privé sont incités, en particulier par des aides financières, à la pratique de l'élagage artificiel. Le développement de l'élagage est spécialement préconisé dans les écoles forestières. Cette technique risque de devenir une des pratiques déterminantes de la sylviculture ces prochaines années, du moins partout où les conditions permettent de produire un bois de grande qualité.

En France, cette opération sylvicole concerne plus particulièrement certaines essences feuillues telles que le hêtre, le frêne, le merisier, l'érable et à un moindre degré le chêne et le noyer. Cette mise au point porte exclusivement sur l'élagage de ces essences feuillues, qui semble poser certains problèmes. Le problème de l'élagage du peuplier n'est pas abordé dans cette étude.

Nous avons étudié les risques d'atteintes phytosanitaires (colorations anormales, pourritures) consécutives à ces blessures localisées que constituent les plaies d'élagage des branches vivantes.

Le principal objectif de ce travail est double ; d'une part il s'agit de l'élaboration d'une synthèse bibliographique des références éparses et fragmentaires parues à ce jour, d'autre part il s'agit de dresser un constat de l'étendue du phénomène, dans les plantations élaguées visitées en 1989.

La question posée est de déterminer si la plaie d'élagage constitue réellement une porte d'entrée préférentielle pour les agents biotiques de colorations anormales et de pourritures, c'est-à-dire s'il existe vraiment un problème phytosanitaire à court et à long terme. Dans l'affirmative, nous présenterons pour chaque essence les principaux éléments d'information actuellement disponibles sur le sujet. En revanche, dans le cas d'une réponse négative, nous déterminerons si

les manifestations anormales observées peuvent effectivement relever principalement de phénomènes abiotiques, découlant le plus souvent de mécanismes d'ordre physiologique (sans intervention d'agent pathogène).

## Difficultés de l'étude bibliographique

La compilation de la littérature montre que, d'une manière générale, le problème a été peu étudié, sinon à peine abordé. Une grande masse de documentation (essentiellement étrangère) doit être consultée pour trouver quelques renseignements valables sur les conséquences de l'élagage. En outre, un certain nombre des descriptions ou des expériences réalisées aboutissent à des résultats divergents, voire parfois contradictoires.

Sont surtout connus les travaux du chercheur américain SHIGO Alex et de son équipe\*, qui portent essentiellement sur les conséquences de blessures artificielles (plaies effectuées avec des emporte-pièces) et sur les mécanismes de défense des arbres (compartimentage). Ces études traitent peu ou de façon imprécise des risques représentés par les plaies d'élagage. Néanmoins, on peut penser qu'une blessure artificielle (de faible profondeur) a les mêmes répercussions qu'une plaie d'élagage, et certains des résultats de SHIGO peuvent donc être extrapolés pour la présente étude.

\* (USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Durham, New Hampshire)

Toutes les informations traitant de près ou de loin du sujet ont ainsi été relevées et analysées. En outre, nous avons contacté certains des auteurs ayant réalisé des observations et donné des descriptions de phénomènes consécutifs à la pratique de l'élagage (SHIGO, U.S.A ; LIESE, Allemagne ; LONSDALE et MERCER, Grande-Bretagne).

Cette démarche nous a permis de collecter un grand nombre d'informations, parfois minimes, concernant la présence ou non d'altérations et leur nature sur différentes essences.

Enfin, une dernière difficulté d'importance majeure doit être soulignée. Dans certaines publications, il est fait état d'infection par des agents pathogènes sans mention de leur nom (même générique) et sans description de ceux-ci.

### Autres recherches menées

Outre cette synthèse bibliographique, d'autres démarches ont été effectuées :

- visites au printemps et à l'automne 1989 de peuplements élagués\* : observations extérieures sur le terrain, observations internes de coupes longitudinales à partir de tiges abattues à cet effet,
- recherche des agents pathogènes par des prélèvements à partir de tiges abattues par des mises en cultures en conditions stériles et par leur identification après lecture et interprétation des boîtes de Pétri,

\*20 forêts visitées dans la moitié Nord de la France, 39 observations "choisies" au hasard nécessitant l'abattage d'environ 60 arbres.

- interrogation de spécialistes d'autres disciplines sur des points précis pour tenter d'avoir des informations supplémentaires (CTBA, qualité du bois ; CTFT, anatomie et biochimie du bois ; INRA, bactériologie ; Université de Montpellier, phénomène d'oxydation du bois ; ENITEF, technologie du bois).

**Il est important de signaler que la plupart des observations ont été faites sur des sujets jeunes ou assez jeunes. En outre, les plus anciens élagages pratiqués remontent seulement à une quinzaine d'années. Pour le moment, on ne peut donc pas prévoir l'évolution future des phénomènes qui ont été décrits.**



- **Rappel de quelques définitions** 18
- **Élagage et cicatrisation** 19
- **Modèles explicatifs** 23
- **Mécanismes de réaction selon SHIGO : compartimentage et théorie des barrières** 26
- **Phénomènes intervenant dans le processus d'infection** 29

## Rappel de quelques définitions

Dans le contexte de cette étude, il est utile de rappeler certaines définitions.

**Une altération** est une modification de la composition chimique du bois, elle peut correspondre soit à une coloration anormale (ou un changement de couleur), soit à une échauffure ou à une pourriture.

**Une coloration** est d'origine physiologique ou pathologique. Elle correspond le plus souvent à d'importantes modifications de la composition chimique des membranes ou des contenus cellulaires, ou à une dégradation de la structure des cellules. Ces colorations anormales déprécient la valeur des bois sans en amoindrir leur résistance mécanique mais rendent certaines utilisations impossibles.

**L'échauffure** correspond à une modification légère de la composition chimique provoquée par l'attaque de champignons dans le bois, généralement avant séchage ; elle se manifeste par un changement peu prononcé de consistance accompagné d'un changement de coloration. Elle entraîne une modification sensible des propriétés.

On parle surtout d'échauffure pour les bois en grume, débités ou mis en oeuvre, mais on peut penser que le bois mis à nu au niveau de la plaie d'élagage pendant une certaine période peut également constituer un terrain d'attaque privilégié pour les agents d'échauffure.

**Une pourriture** correspond à une modification profonde de la composition chimique du bois. Elle est due à des champignons (essentiellement des basidiomycètes hyménomycètes) et à des

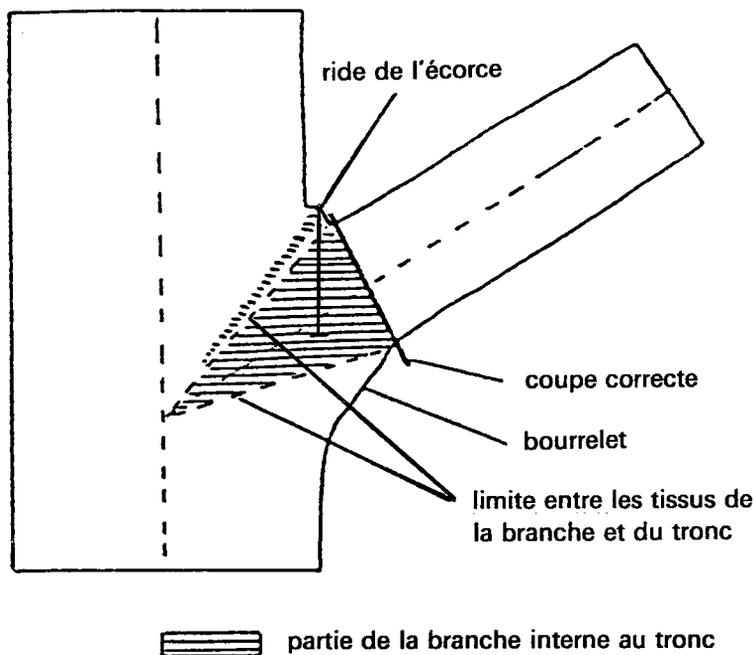
bactéries lignicoles, et se manifeste soit dans le bois sur pied (parasites de blessure : cas de la plaie d'élagage), soit dans le bois en grume, débité ou mis en oeuvre, au-dessus d'une certaine humidité. Dans le cas de nécroses, seul le contenu des cellules vivantes est modifié alors que la structure des tissus demeure. En revanche, dans le cas de la pourriture, non seulement les contenus cellulaires sont touchés, mais encore les parois cellulaires subissent une profonde modification et la structure des tissus est atteinte.

La pourriture se manifeste par un changement de consistance accompagné ou non d'un changement de coloration et entraîne une modification importante des propriétés chimiques, mécaniques et physiques du bois qui devient généralement impropre à tout usage.

La nature des enzymes excrétées par les champignons pathogènes détermine le mode de décomposition du bois et l'aspect qu'il prend au cours de l'attaque. On distingue trois grands types de pourriture : la cubique, la fibreuse et l'alvéolaire, qui inclut la tubulaire.

## Élagage et cicatrisation

La caractéristique d'un bon élagage est de permettre la cicatrisation rapide et totale des plaies. Pour ce faire, l'élagage doit être réalisé sur des arbres jeunes, à branches de diamètre inférieur à 3 cm. La section doit être propre et nette, sans arrachement ni écrasement, et il convient surtout de préserver à tout prix la ride de l'écorce et le bourrelet (appelé également bourrelet d'insertion, bourrelet de cicatrisation, empattement, ou col de branche) [voir schéma 1 page suivante].



**Schéma 1 - Emplacement de la coupe (d'après MICHAU, 1987).**

En effet ce bourrelet, sorte de renflement présent à la base de chaque branche, a une grande importance. Il renferme les tissus particulièrement actifs de protection de la branche, qui produisent des substances chimiques de défense (composés phénoliques) [SHIGO, 1985].

La coupe est trop souvent réalisée parallèlement au tronc en sectionnant ce bourrelet. SHIGO a démontré que cette pratique entraîne rapidement une coloration du bois et l'installation de pourritures (SHIGO, 1984, 1985, SHIGO et al, 1987). DUSESIEFKEN et LIESE (1988a, 1988b) ont effectué de nombreuses observations sur des arbres de parcs et d'alignement (érable, hêtre, tilleul, peupliers ...) qui avaient été élagués tantôt parallèlement au tronc, tantôt en préservant le bourrelet. Leur attention a porté sur

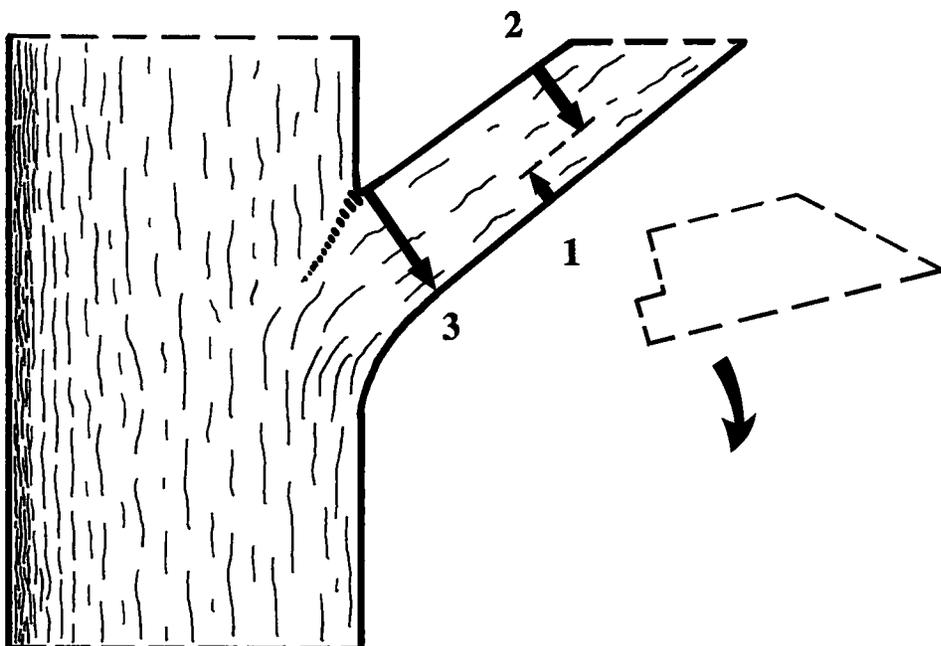
l'apparition des tissus cicatriciels, la présence d'altération dans le bois et la surface des plaies. Leurs principales conclusions, pour une coupe pratiquée en respectant le bourrelet, sont les suivantes :

- la plaie est plus petite et la cicatrisation plus rapide,
- la partie altérée est plus réduite,
- la coloration ne s'étend pas jusqu'aux tissus du tronc,
- les tissus du tronc ne sont pas blessés,
- le cambium réagit moins à la blessure.

SHIGO définit très précisément la coupe idéale : elle correspond au plan joignant l'extérieur immédiat de la ride d'écorce de branche et l'extrémité supérieure du bourrelet (voir schéma 1 ). Sur une coupe ainsi faite le cal démarrera sur tout le pourtour de la plaie, les bords étant correctement alimentés en sève. La plaie sera progressivement recouverte jusqu'à sa totalité.

Par ailleurs, la vitesse de cicatrisation dépend de multiples facteurs : vigueur de l'arbre (NEELY, 1988), taille de la plaie, manière dont elle a été ouverte, époque de l'élagage et éventuellement périodes d'infection optimales des différents agents pathogènes spécifiques ou non de l'essence élaguée. La branche doit être coupée de façon franche, selon une section lisse et oblique. On empêchera ainsi la réception aisée des spores et la stagnation de l'eau dans la blessure. Le choix des outils d'élagage a donc son importance, une scie mal affûtée étant par exemple à l'origine de surfaces de coupes propres à favoriser "l'atterrissage" et la pénétration des spores.

Pour l'élagage des grosses branches, la coupe doit être effectuée en trois temps afin d'éviter l'arrachement des tissus (voir schéma 2 page suivante).



**Schéma 2 - Coupe correcte d'une branche de gros diamètre (d'après MICHAU, 1987).**

Afin de minimiser les risques d'altération, nous essaierons de préciser pour chaque essence :

- la taille des branches à élaguer,
- la manière dont doit être pratiqué l'élagage,
- la date d'intervention optimale pour éviter toute contamination déterminée par la période permettant une cicatrisation rapide,
- l'opportunité de l'emploi d'un produit à appliquer sur les plaies.

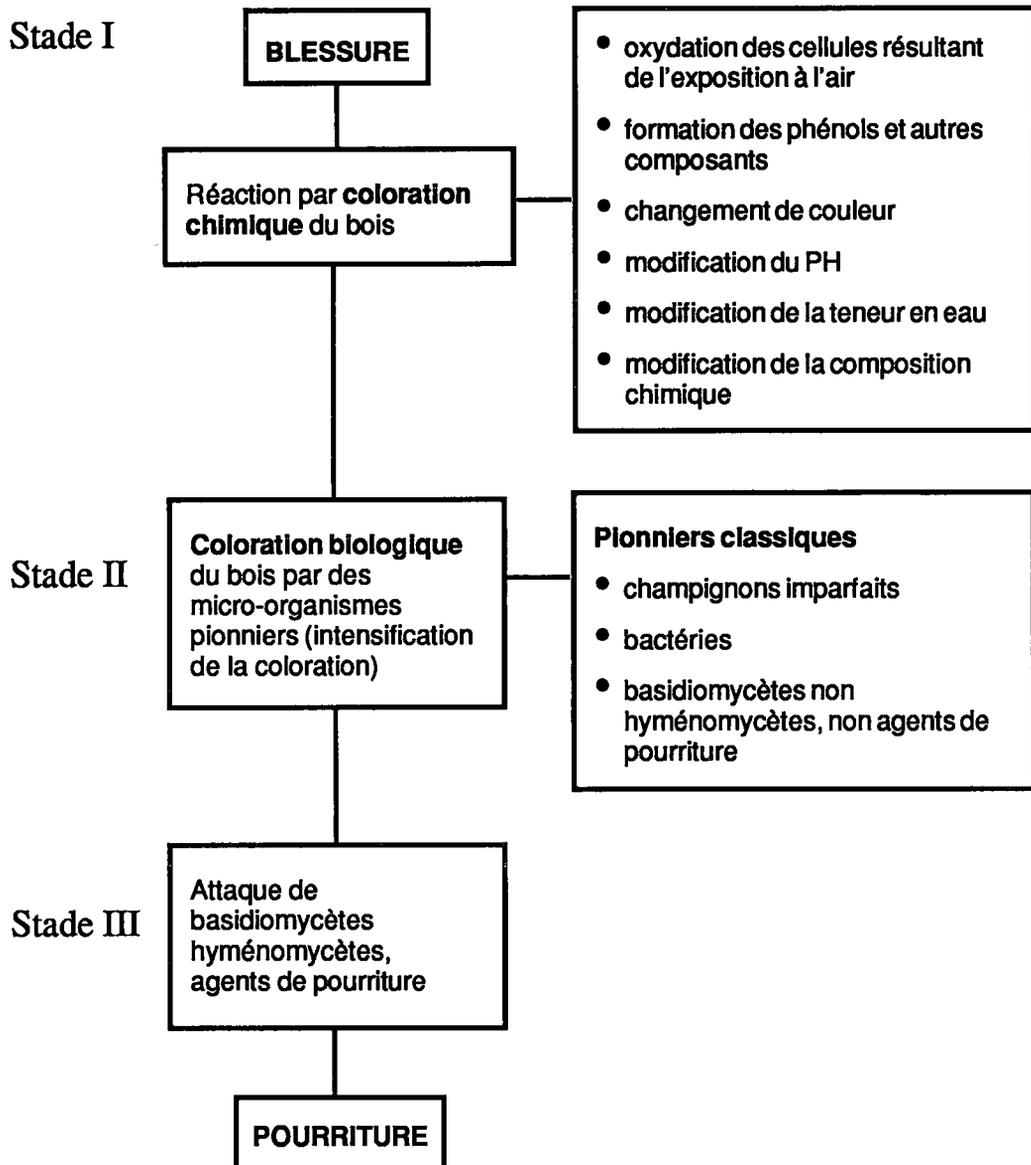
## Modèles explicatifs

Le liège étant inattaquable, l'infection ne peut avoir lieu que si une blessure interrompt la continuité de l'écorce. Selon la théorie classique, le processus de contamination implique que l'ouverture d'une plaie soit suivie de la pénétration d'un champignon pathogène basidiomycète hyménomycète. L'altération se développerait consécutivement à son attaque.

D'après les observations de certains auteurs, cette théorie mérite d'être élargie : l'infection est un phénomène complexe. Dans le processus de coloration anormale et de pourriture du bois, on observe une séquence de micro-organismes qui s'installent les uns après les autres dans un ordre précis ("succession parasitaire"). Entre ces micro-organismes, existent des relations variées d'interdépendance, allant du commensalisme à l'antagonisme : aussi bien des champignons (ascomycètes, basidiomycètes, champignons imparfaits) que des bactéries.

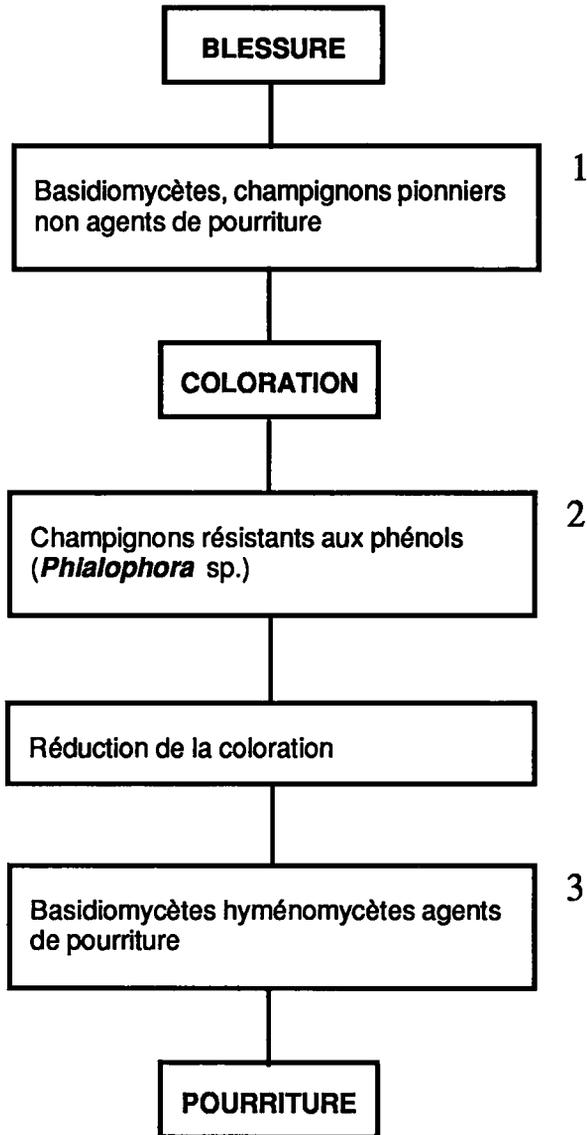
De nombreuses observations de blessures réalisées à l'emporte-pièce ont abouti à la description des **deux mécanismes de succession suivants** :

\* Selon SHIGO (1967), SHIGO et HILLIS (1973), l'arbre réagirait à l'ouverture d'une plaie par une coloration des tissus ligneux suivie d'une colonisation du bois par des bactéries et des champignons pionniers, qui favoriseraient le développement ultérieur de champignons basidiomycètes hyménomycètes générateurs de pourriture. Ce modèle peut se schématiser de la façon suivante.



Selon SHIGO, lorsque les arbres sont vigoureux et les plaies peu importantes, le processus s'arrête au stade I. Lorsque la vitalité de l'arbre diminue et que des plaies plus grandes sont infectées, le processus continue jusqu'au stade II. Enfin, lorsque la vigueur de l'arbre est faible, les blessures importantes et l'agressivité des micro-organismes forte, le processus peut aller jusqu'au stade III.

\* Suite à des observations complémentaires, SHORTLE ET COWLING (1978) ont proposé ultérieurement un nouveau modèle.



La différence majeure réside dans le fait que les basidiomycètes non hyménomycètes et autres champignons pionniers non agents de pourriture, envahiraient le bois en premier et entraîneraient une

coloration biologique, sans coloration chimique préalable telle que décrite par SHIGO. De plus, l'existence de champignons résistant aux phénols dans le processus de succession favoriserait l'attaque ultérieure des basidiomycètes hyménomycètes agents de pourriture.

L'existence d'autres formes de succession selon l'essence est cependant probable.

### **Mécanismes de réaction selon SHIGO : compartimentage et théorie des barrières**

Selon SHIGO et MARX (1977), SHIGO (1984, 1985), les arbres se protègent des infections du bois consécutives aux blessures en isolant la zone atteinte. Ils réagissent par le compartimentage (ou compartimentation), phénomène qui apparaît suite à l'ouverture de toute plaie. Dans le même temps, d'une manière simplifiée, "un nouvel arbre pousse chaque année sur l'ancien". Le résultat le plus apparent de ce processus est l'existence de cernes annuels bien visibles sur les coupes de tronc, de racine ou de branche.

Les traces de coloration anormale ou de pourriture sont donc cantonnées par des barrières protectrices de défense naturelle du bois vivant ; à partir de toute blessure, se crée une zone de réaction. Plus précisément, les cellules de l'aubier et du bois de coeur réagissent à la blessure et à l'invasion des micro-organismes, en édifiant des barrières chimiques contenant des phénols oxydés. Elles résistent à la propagation interne de la plupart des agents pathogènes et limitent ainsi l'extension de la coloration ou de la pourriture.

Il est important de souligner que la fermeture de la plaie d'élagage et la formation du cal sont des phénomènes indépendants de la propagation interne de l'infection.

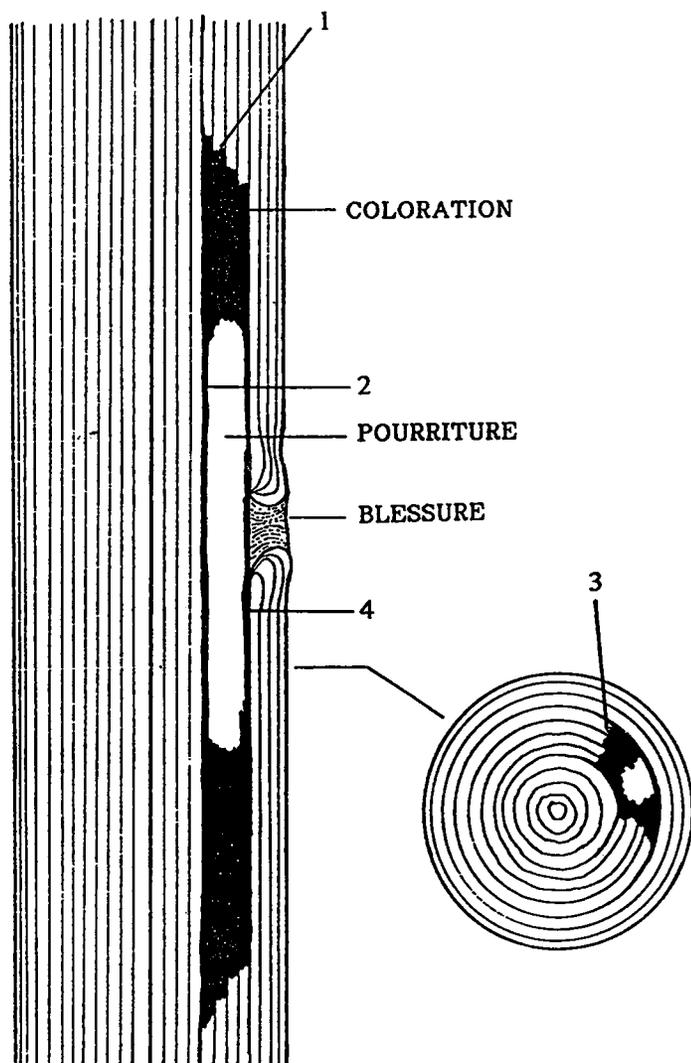
Afin de classer les réactions des arbres aux blessures et aux infections et de comprendre comment apparaissent les zones de coloration et de pourriture, SHIGO a construit un modèle, CODIT (Compartmentalization of decay in trees = compartimentage de la pourriture dans les arbres) définissant les 4 barrières physico-chimiques permettant de réduire le développement spatial de l'altération. Ces quatre barrières décrites, ci-après par ordre d'efficacité croissante, sont représentées dans le schéma 3, p.28.

\* **La barrière 1**, ou transversale, contrecarre la propagation verticale de l'infection par des processus anatomiques et chimiques. L'arbre, en effet, bouche ses vaisseaux pour limiter la pénétration de l'infection. Pour cela, les cellules localisées autour des vaisseaux peuvent se gonfler et en obturer la lumière, ou des dépôts de matériaux granulaires ou cristallins peuvent les obstruer ... La défense assurée par cette barrière reste relativement fragile.

\* **La barrière 2**, ou frontale, s'oppose à l'extension de l'infection vers le coeur de l'arbre par l'intermédiaire des cernes annuels qui jouent le rôle d'obstacle. Cette barrière, plus efficace que la première, n'est toutefois pas infranchissable.

\* **La barrière 3**, ou latérale, empêche la diffusion latérale de l'infection grâce aux rayons médullaires ligneux. Cette barrière est efficace mais peut néanmoins céder. L'infection se propage alors à la manière d'un éventail qui se déplie, donnant un arbre creux.

\* **La barrière 4** est appelée zone de barrage. Elle empêche la propagation de l'infection de l'intérieur vers l'extérieur et est élaborée par le cambium après ouverture de la plaie. Cette barrière, produite entre le bois présent au moment de la blessure et le bois formé ultérieurement, est constituée de cellules fortement parenchymateuses. Elle est infranchissable par la plupart des bactéries et des champignons qui colonisent le bois. Ainsi, de nouveaux cernes vont se former sur la blessure et resteront sains. Cette barrière est de loin la plus efficace.



**Schéma 3 - d'après SHIGO et MARX, 1977**

Il convient donc de souligner le caractère pas totalement infranchissable de ces barrières (en particulier des barrières 1, 2 et 3). Elles s'opposent à la progression des agents pathogènes mais ne peuvent pas toujours l'arrêter, et ce d'autant plus que l'arbre est faible et (ou) les agents pathogènes virulents. Si l'efficacité des quatre barrières était absolue le processus SHIGO défini précédemment

s'arrêterait au stade I et la réaction de l'arbre à une plaie d'élagage ne se traduirait que par une coloration (chimique) du bois. Lorsque les micro-organismes surmontent ces barrières et envahissent le bois, le processus peut évoluer et atteindre le stade II ,voire le stade III.

Il va sans dire que certaines essences réagissent beaucoup mieux que d'autres. Pour une même essence, certains sujets possèdent des barrières si puissantes que la progression des agents pathogènes est très faible, alors que chez d'autres l'infection peut être très rapide. Le déterminisme de l'efficacité des barrières pourrait être essentiellement d'ordre génétique.

### Phénomènes intervenant dans le processus d'infection

Un certain nombre de facteurs et de circonstances particulières peuvent jouer un rôle dans le processus d'infection : ils sont susceptibles de mettre en échec la colonisation du bois par d'éventuels agents pathogènes et peuvent s'expliquer de la façon suivante.

\* Pour qu'un quelconque champignon puisse s'installer dans le bois, il faut que la continuité de l'écorce soit interrompue et qu'en un point sur une surface, même restreinte (tel est le cas d'une plaie d'élagage), le bois soit mis à nu. Il est nécessaire qu'il y ait une blessure découvrant le bois ; c'est à partir de cette blessure que l'altération peut prendre naissance si une spore de champignon transportée par le vent a pu s'y déposer. Il y a une grande incertitude quant au "dépôt" d'une spore pathogène au niveau de la plaie. Malgré un nombre incalculable de spores de toutes sortes présentes dans l'air, une blessure, en l'occurrence une plaie d'élagage, n'est pas systématiquement infectée.

\* Il faut encore que la spore une fois "déposée" trouve des conditions particulières pour germer. Par exemple, la dessiccation superficielle du bois au niveau de la plaie, surtout si la blessure n'est pas située dans

les couches les plus humides de l'atmosphère, peut retarder considérablement ou empêcher la germination de spores de certaines espèces.

\* La présence d'une blessure n'entraîne pas nécessairement l'infection du bois par un champignon pathogène car la réaction des tissus vivants sous-jacents aboutit souvent à une cicatrisation prévenant la contamination. Tout d'abord, les tissus de l'aubier mis à nu se nécrosent et cette nécrose s'accompagne de la production de substances inhibitrices (phénoliques) vis à vis des champignons. Cette cicatrisation chimique s'accompagne aussi de la formation de thylls obstruant les vaisseaux. La contamination du bois est ainsi retardée assez longtemps pour permettre au bourrelet de cicatrisation édifié par le cambium de recouvrir progressivement le bois mis à nu et de protéger ainsi définitivement l'arbre contre une éventuelle infection de la plaie. Ce processus assure le plus souvent la cicatrisation d'une blessure peu étendue et l'immunité de l'arbre élagué.

\* Un autre mécanisme pouvant se produire dans l'infection et la cicatrisation des blessures est l'intervention d'organismes antagonistes des champignons agents d'altération. On admet par exemple que l'action inhibitrice exercée par des champignons imparfaits non lignivores comme *Trichoderma*, *Penicillium* peut assurer une protection complète des tissus ligneux : elle joue très vraisemblablement un rôle important dans la cicatrisation des blessures en s'opposant à l'installation d'agents pathogènes ou, tout au moins, en la retardant suffisamment pour permettre aux autres processus cicatriciels de reconstituer les tissus protecteurs avant qu'une infection puisse intervenir.

\* Parmi les bactéries, certaines peuvent exercer une action comparable antagoniste qui peut intervenir au stade de la germination des spores. Elles peuvent jouer un rôle inhibiteur retardant ou empêchant la contamination des plaies.

\* On peut supposer que certains champignons pathogènes, agents de pourriture, une fois introduits à la suite de l'action des pionniers, ne trouvent pas les conditions idéales pour se développer. Enfin d'autres facteurs déjà entrevus sont à même de mettre en échec l'action des agents de pourriture : réaction vigoureuse de l'arbre (efficacité des barrières naturelles), absence des pionniers ou travail insuffisant de ceux-ci pour "préparer" le terrain.

Ces phénomènes cités, qui peuvent agir seuls ou conjointement, existent ; ils peuvent en partie empêcher les risques d'infection par des agents pathogènes et freiner sinon interdire le processus de l'altération.





- Le hêtre 34
- L'érable 46
- Le merisier 50
- Le frêne 56
- Le chêne 59
- Le noyer 73

La seconde partie de cette étude porte sur les travaux réalisés dans des plantations élaguées et sur l'explication éventuelle des manifestations observées.

L'étude la plus complète porte sur le hêtre, puis sont abordés les travaux plus sommaires concernant l'érable, le merisier, le frêne, le chêne et le noyer.

Les observations effectuées sur place et les renseignements recueillis auprès des forestiers locaux ont été consignés dans une fiche descriptive (voir annexe p.97).

## Le hêtre

Le bois de hêtre est d'autant plus apprécié que sa croissance est rapide : dans certaines conditions sylvicoles, l'élagage naturel est insuffisant. Tailles de formation et élagages artificiels sont alors nécessaires jusqu'à l'obtention d'une bille de 6 - 7 m de hauteur environ.

Le hêtre est l'essence pour laquelle les problèmes d'altérations ont été les premiers soulevés depuis 2 à 3 ans en France, sans qu'une cause bien nette ait pu être incriminée jusqu'à maintenant.

Deux types de manifestations ont été observés : le premier et le plus spectaculaire concerne uniquement un site visité en mai 1989, tandis que le second se retrouve dans la majeure partie des plantations et peuplements élagués visités en octobre 1989.

## • Premier type de manifestations observé

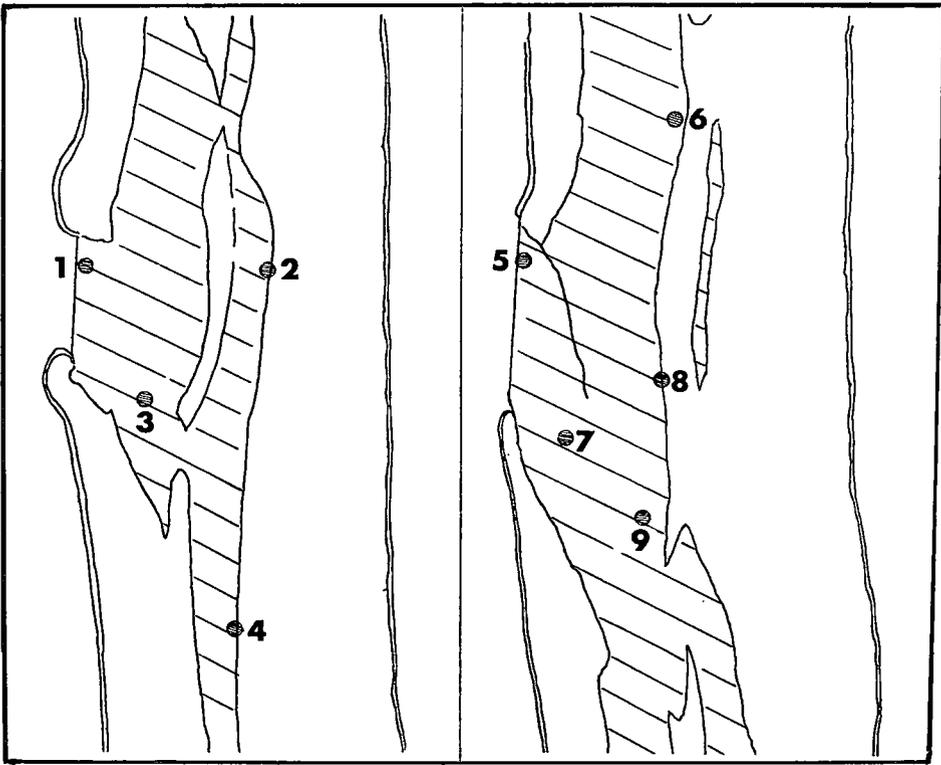
Cette observation concerne la FD. de Chauffour-Ferrières (89) au sud d'Auxerre à proximité de Vézelay (plantation de 1,5 ha : octobre 1964 ; élagage sur toute la plantation : hiver 1984-85). L'élagage a été effectué sur des branches d'un diamètre moyen de 3 cm et d'une manière parfois maladroite (plaies non ou très mal cicatrisées à l'heure actuelle). Par ailleurs, aucune protection des plaies d'élagage n'a été assurée.

### *Observations*

Les coupes longitudinales réalisées du collet à la cime sur deux arbres, révèlent une coloration anormale brun-foncé juste après la coupe, depuis le cerne 1985 jusqu'au coeur (efficacité parfaite de la barrière SHIGO 4) [voir photo 1 et 2 p.65]. De la partie élaguée, cette coloration descend jusqu'au collet en diminuant d'intensité pour se réduire à l'état de flamme. Par contre, elle se prolonge de façon étrange vers le haut, même dans la partie non élaguée artificiellement (voir photo 3 p.65). Quelle que soit sa position dans l'arbre, le bois coloré semble avoir la même consistance que le bois sain ; par ailleurs, aucune trace de pourriture n'a été observée. En mai 1989, un écoulement de liquide inodore, blanc à bleu-clair a en outre été observé à partir de certaines plaies d'élagage.

### *Mises en cultures*

Des prélèvements de bois réalisés sur deux échantillons (voir schéma 4 - échantillon 1 : élagage correct ; échantillon 2 : mauvais élagage effectué au ras du tronc) ont été mis en culture en juin 1989 sur boîte de Pétri (milieu standard à 1,5 % d'extrait de malt et 1,5 % de gélose) (milieu utilisé pour toutes les autres mises en culture).



ÉCHANTILLON 1

ÉCHANTILLON 2

**Schéma 4 - Hêtre : FD. de Chauffour-Ferrières**

Les 41 mises en culture effectuées ont donné les résultats suivants.

Nombre cultures	Agent	Emplacement du prélèvement
11	Bactéries	2,3,4,6,7,8
3	Fusarium	4,5
5	Penicillium	2,5
4	Dématiée	8
3	non identifiée	
3	Phialophora	7
2	Pestalotiopsis	9
3	Cultures sans croissance	3,4
10	Cultures mélangées	1,3,7,9
	Cultures non identifiées	

Les agents isolés (bactéries et champignons imparfaits) ne possèdent pas un caractère pathogène, mais sont considérés comme des saprophytes parfois pionniers qui peuvent préparer le terrain à d'éventuels agents de pourriture. Sur ce point, on note l'absence de basidiomycètes, ce qui conforte l'observation de terrain.

### ***Conclusion***

Cette altération se traduit uniquement par une coloration anormale du bois et prend naissance au niveau des plaies d'élagage. Elle correspond donc sans doute au stade II du modèle SHIGO. En l'absence de basidiomycètes, elle semble plus spectaculaire que dommageable.

Il convient cependant de s'interroger sur la raison de la généralisation de la coloration à tout l'arbre. Compte tenu de l'absence d'agents de pourriture (basidiomycètes hyménomycètes) et de la présence d'agents non pathogènes, cette coloration anormale pourrait résulter d'un phénomène d'oxydation des cellules, que les barrières de défense naturelle de l'arbre n'auraient pu arrêter. Cette progression pourrait être facilitée par l'absence de tanins chez le hêtre.

Ce cas de coloration anormale généralisée signalé en 1988 (RAMOND, DEMOLIS) demeure actuellement le seul cas observé. Cependant il n'est pas exclu que d'autres phénomènes similaires puissent être détectés en France.

### **• Autres types de manifestations observés**

Les douze autres peuplements visités se distinguent par le fait que l'altération (coloration ou (et) pourriture), souvent d'importance inégale, est cantonnée au seul voisinage de la plaie d'élagage.

## *Observations*

Douze peuplements de 17 à 59 ans ont été examinés en octobre 1989 dans huit forêts (voir tableau ci-dessous).

Forêt domaniale ou privée	Parcelle	Age	Désignation abrégée
FD. d'ARRENTIÈRES (10)	P 1	25 ans	FD.AR.
FD. de SOUILLY (55)	P 19	59 ans	FD.SO.19
	P 47	29 ans	FD.SO.47
	P 46	20 ans	FD.SO.46
FD. de la HAYE d'AUBENTON (02)	P 72	20 ans	FD.HA.72
	P 37	20 ans	FD.HA.37
FD. de VAL SAINT-PIERRE (02)	P 99	26 ans	FD.VP.
FD. d'ANDIGNY (02)	P 48	25 ans	FD.AN.
FD. d'HALATTE (60)	P 163	22 ans	FD.HL.
FD. de ROUMARE (76)	P 95	17 ans	FD.RO.95
	P 116	20 ans	FD.RO.116
Forêt de SAINT-JEAN-LES-DEUX-JUMEAUX (77)		32 ans	FSJJ.

## Liste des peuplements de hêtres visités lors de la tournée d'octobre 1989

L'élitage a souvent été effectué correctement, avec respect du bourrelet (notamment en FD.AR, FD.SO.19, FD.HA.72). Dans le cas contraire, la mauvaise précision de la coupe provient généralement des difficultés de maniement de la scie emmanchée lorsque l'élitage est à une certaine hauteur : des arrachements d'écorce sont parfois observés pour les branches plongeantes. Des élagages au ras du tronc ont également été effectués (FD.VP, FD.HL). Le diamètre moyen des branches élaguées était de l'ordre de 3 cm, parfois de 5 à 6 cm dans le cas d'un élagage tardif. Pour la période d'élitage, aucune tendance ne se dessine : février, mars, avril, mai, juin, juillet, novembre, décembre.

En effet, onze des douze sites visités sont situés sur des forêts domaniales : la période de l'élagage est donc essentiellement déterminée par le planning des ouvriers de l'ONF.

Une bonne cicatrisation extérieure a souvent été observée (FD.AR, FD.SO.19, FD.AN, FD.HL, FD.RO.95. 116) : la plaie consécutive à la section d'une branche de 3 cm de diamètre a mis un an et demi à 2 ans à cicatriser totalement, contre 2 à 3 ans pour les branches de 4 à 5 cm. Par ailleurs, aucun suintement n'a été observé.

Les coupes longitudinales des échantillons de hêtre prélevés dans les 12 peuplements ont montré que les traces de colorations anormales brun-foncé orangé étaient le plus souvent bien localisées. Elles sont restreintes à la seule partie de la branche interne au tronc (notamment FD.AR, FD.SO.19.46, FD.HL, FD.RO.95.116) [voir photo 4 et 5 p.66]. Seul un arbre (FD.SO.47) présente trois importantes colorations anormales verticales, successives quoique non continues contrairement au cas de la FD. de Chauffour-Ferrières. Les autres élagages réalisés sur cet arbre n'ont entraîné que des colorations localisées.

Parfois, sont observées à partir des zones de coloration cantonnées aux tissus de la branche interne au tronc, des traînées brunes qui se présentent sous la forme de filaments descendants (FD.AR, FD.HA.72) [voir photo 6 p.67] ou de petites "moustaches" remontantes.

Deux cas de pourriture ont été décelés par simple observation visuelle en FD. d'Halatte : le premier semble lié à l'arrachement de l'écorce au niveau du bourrelet, le second à un élagage effectué trop au ras du tronc. Les autres échantillons correspondent seulement à des colorations anormales généralement limitées, le bois formé après la période de l'élagage n'est pas altéré et reste parfaitement sain.

L'observation des coupes d'échantillons permet en outre de tirer quelques enseignements supplémentaires :

\* Lors d'un élagage réalisé trop au ras du tronc sur la partie inférieure de l'arbre (FD.VP), seule une coloration restreinte du bois a été observée. Cependant, l'arbre a réagi très fortement, formant un énorme bourrelet de cicatrisation.

\* Pour les élagages effectués en laissant un chicot, la coloration est demeurée bien localisée à la partie de la branche interne au tronc, comme dans le cas d'un élagage correct (FD.HL, FSJJ).

\* Pour le hêtre, le choix de l'outil d'élagage ne semble pas influencer beaucoup l'extension de l'altération. En revanche, le soin apporté à la précision de la coupe est primordial. Les plans de coupe les plus nets et propres ont été le plus souvent obtenus à l'aide d'un sécateur à deux mains. Par ailleurs, la tronçonneuse est souvent génératrice de blessures mécaniques du tronc au-dessus de la plaie. Des élagages au sécateur hydraulique ont montré des coupes franches.

\* Malgré un élagage tardif ayant occasionné une large coupe de 7 cm de diamètre, en outre franchement au ras du tronc (FSJJ), un arbre a réagi très rapidement en limitant la coloration anormale à la partie de la branche interne au tronc.

\* Un élagage pratiqué pendant la période de repos, juste avant le départ de la végétation (février-mars), assure une cicatrisation plus rapide de la plaie. Pourtant, certains auteurs préconisent d'élaguer en juillet pour de petites branches de diamètre inférieur à 3 cm (BOUVAREL, 1983) [voir photo 7 et 8 p.67].

## *Mises en culture*

Lors de la tournée d'octobre 1989, différents prélèvements ont été effectués sur les peuplements de hêtre visités. Une cinquantaine de mises en culture ont été réalisées à partir des échantillons récoltés, et une trentaine de repiquages ont permis par la suite de confirmer les déterminations. Les résultats sont donnés dans le tableau page suivante.

Observés sur le terrain en FD. d'Halatte (FD.HL), les deux cas de pourriture, consécutifs à un mauvais élagage (cf. précédemment), ont bien été confirmés en culture par la présence de deux basidiomycètes-hyménomycètes à boucles différents. Tous les autres agents décelés (*Trichoderma* sp., *Epicoccum* sp., *Penicillium* sp. et *Fusarium* sp.) sont tous des champignons imparfaits non/pathogènes qui peuvent être à l'origine de la coloration biologique du bois s'ajoutant à la coloration physiologique ou chimique. Il est à noter la forte proportion de bactéries susceptibles d'intervenir également dans la coloration biologique.

Forêts	Nb de cultures	Isolement négatif pas de croissance	Indéterminable cultures sans croissance	Champignons Imparfaits	Champignons de pourriture	Bactéries
FD.AR.	5 3R*	0	1	2 Trichoderma	0	4
FD.SO. P 19	4	2	1	0	0	1
FD.SO. P 47	3	1	1	0	0	1
FD.HA. P 72	4	3 <sup>e</sup>	0	0	0	2
FD.HA. P 37	3 3R	2	0	1 Epicoccum	0	0
FD.VP.	6 3R	3	1	0	0	3
FD.AN.	5 4R	1	0	0	0	4
FD.HL.	8 11R	2	1	2 1 Trichoderma 1 Epicoccum	3 2 Basidiomycètes à boucles	3
FD.RO. P 116	2	2	0	0	0	0
FD.RO. P 95	3 3R	1	0	2 1 Penicillium 1 Fusarium	0	1
FS.JJ.	3	0	0	1 Penicillium	0	2

\* Nombre de repiquages.

**N.B. :** Dans une même culture (même boîte de Pétri), il peut y avoir cohabitation d'un champignon avec une bactérie.

**Mises en culture : Peuplements élagués de hêtre visités en octobre 1989**

## • Discussion

Mis à part le premier type de manifestation observé, qui constitue pour l'instant un cas unique et spectaculaire d'altération généralisée, il est rassurant de constater que les anomalies observées sont le plus souvent cantonnées à la seule partie de la branche interne au tronc, ou dans certains cas également à une zone dans le prolongement immédiat vers le bas.

Cette constatation va à l'encontre de l'ancienne conception de certains auteurs qui proscrivent l'élagage des branches vivantes, selon eux générateur d'altérations (MAYER-WEGELIN, 1930 ; VENET, 1972). Ils ont en effet observé des pourritures du bois sur des hêtres de 40 ans dont les branches de 1,5 à 5,5 cm de diamètre ont été coupées. Pour ces arbres, même l'application de goudron sur les plaies n'a pas été capable d'empêcher la contamination.

VOLKER (1953) est moins catégorique. Il note la présence de champignons (non cités) 2 à 5 ans, voire même 9 ans après la fermeture des plaies, suite à l'élagage de branches de 5 cm de diamètre sur des hêtres de 50 à 55 ans. Il constate cependant que ceux-ci progressent peu dans le bois.

On trouve dans la littérature peu de références portant sur des isollements effectués au niveau d'altération de plaies d'élagage de hêtre. Une étude canadienne de DAVIDSON et LORTIE (1970), réalisée sur *Fagus grandifolia* à partir de blessures diverses du tronc (et non pas de plaies d'élagage), a montré que le pourcentage de cultures ayant donné des agents de pourriture (basidiomycètes hyménomycètes) était très faible (9 %) par rapport aux forts pourcentages dont sont responsables des bactéries (28 %) et surtout les champignons imparfaits (50 %).

De même, MERCER (1979a) a isolé 185 micro-organismes à partir de blessures d'élagage chez le hêtre et il a pu établir les résultats suivants :

- 70 % sont des champignons imparfaits qui ne sont pas cause de pourriture mais peuvent lui être associés,
- 16 % sont des champignons agents de pourriture (basidiomycètes),
- 14 % sont des bactéries (essentiellement *Pseudomonas* spp. et *Bacillus* spp.).

D'après ces deux études, les colorations anormales seraient donc principalement dues à des champignons imparfaits, les cas de pourriture restant relativement faibles.

La comparaison de ces résultats avec ceux des isolements de juin 1989 et d'octobre 1989 révèle une apparente concordance, à savoir la prédominance des champignons imparfaits et des bactéries et un très faible pourcentage de basidiomycètes hyménomycètes agents de pourriture (de surplus consécutif à un élagage incorrect).

En France, et plus particulièrement dans l'Est, on ne peut évoquer les risques engendrés par les plaies d'élagage sans parler de l'agent du chancre du hêtre *Nectria ditissima*. En 1978, PERRIN a pratiqué dans la FD. de Souilly, particulièrement infectée, différentes modalités d'élagage sur des sujets de 15 à 20 ans (élagage au ras du tronc et à 5, 10, 15, 20 mm du tronc). Des prélèvements réalisés ultérieurement ont révélé la présence du *Nectria ditissima* dans deux cas seulement (au ras du tronc et 5 mm). Cet auteur conclut qu'il est possible de réduire les risques d'infection en laissant un chicot de 1 cm. En se desséchant, celui-ci constitue un obstacle naturel à la pénétration des champignons. Cette opinion est cependant nuancée par BOUVAREL (1983), selon lequel il serait inutile, voire même nocif, de laisser un chicot car celui-ci est parfois important (jusqu'à 8 cm de longueur). Celui-ci étant rarement enlevé, il entraînerait en effet plus de risques qu'il n'en supprime (pourriture, infection, noeud noir). La proposition de

PERRIN doit être retenue uniquement dans les peuplements très menacés par *Nectria ditissima* en veillant à ce que le chicot ne dépasse pas 1 cm. La présence d'un chicot n'entraîne qu'une coloration limitée à la partie de la branche interne au tronc (cf. précédemment).

En ce qui concerne la protection des plaies, les avis sont partagés. Selon WINTERFELD (1965) une application protectrice gênerait la formation des cals de cicatrisation. En revanche, DUBOIS (1987) rapporte qu'un badigeonnage préventif des plaies d'élagage au goudron de Norvège a été effectué en 1983, en forêt de Bossican dans une plantation de hêtres installée à faible densité en 1971. Il n'a été suivi d'aucune apparition de chancre ou d'un quelconque champignon.

### • Conclusions - Règles à suivre

Les informations recueillies sur le hêtre montrent les divergences de point de vue.

Exception faite du cas particulier de coloration anormale généralisée (FD. de Chauffour-Ferrières), les altérations se bornent le plus souvent à des colorations anormales très localisées et presque prévisibles, puisqu'il y a mise à nu du bois vivant sur une surface restreinte. Elles semblent correspondre aux stades I et II du modèle de succession SHIGO.

Les cas de pourriture (stade III de SHIGO) restent rares. Seuls les deux élagages inappropriés ou mal effectués, avec arrachement de l'écorce à la base de la branche ou trop au ras du tronc, ont entraîné des cas de pourriture. Les propos pessimistes généralement tenus sur les conséquences de l'élagage chez le hêtre sont-ils donc réellement fondés ? Il semblerait en fait que dans le cas d'une pratique correcte, l'élagage ne soit réellement responsable que de faibles dégâts (voir photo 9 p.68) .

A partir des observations effectuées, des règles générales d'élagage peuvent être définies pour le hêtre :

\* l'élagage se fera sans chicot (sauf forte présence de *Nectria ditissima*), non pas au ras du tronc mais à faible distance afin de préserver le bourrelet situé à la base de la branche et la ride d'écorce.

\* Il se pratiquera sur des branches de petit diamètre (3 cm au maximum). En effet, le risque pathologique est alors faible car les plaies sont petites et la cicatrisation rapide, encore qu'il soit préférable d'élaguer des arbres vigoureux et de bonne venue.

\* La période d'élagage favorable à une cicatrisation rapide et totale paraît à titre indicatif s'étendre de la fin de l'hiver au début du printemps (février-mars-avril) d'après les propos recueillis auprès des forestiers.

\* Pour le cas des grosses branches (plus de 3 cm de diamètre), la protection de la plaie semble pouvoir être recommandée d'une manière générale, à condition toutefois de choisir judicieusement le produit appliqué.

## L'érable

La meilleure valorisation de l'érable étant le tranchage, cette essence mérite d'être élaguée jusqu'à 5-7 m de hauteur.

Malheureusement, il est difficile de trouver des plantations d'érables élaguées. En effet, sont généralement pratiquées uniquement des tailles de cime, comme dans le cas du frêne. Deux observations ont néanmoins pu être effectuées : la première sur érable sycomore, en

FD. de Gremecey (57), dans un ancien dispositif INRA - Qualité des Bois (âge : 19 ans), et la seconde sur érable plane, en FD. de Bride (57), également ancien dispositif de l'INRA (âge : 17 ans).

Ces deux plantations ont subi des tailles de formation et des élagages presque chaque année, de 1975 à 1985, pendant la période allant de mars à mai. L'outil employé était généralement la scie emmanchée.

## • Observations

Pour les deux plantations, la cicatrisation extérieure apparaît propre et correcte.

\* **Chez l'érable sycomore**, la coupe longitudinale au niveau des plaies d'élagage met cependant en évidence une altération sous forme de coloration anormale marron-foncé. Elle se trouve cantonnée par les défenses naturelles à la partie de la branche interne au tronc, mais descend légèrement le long de l'arbre sous la forme d'une petite flamme de 2 à 3 cm de longueur (voir photo 10 p.68). Cette légère extension de la coloration vers le bas pourrait témoigner de la fragilité de la barrière 1 (ou transversale) du modèle SHIGO.

\* **Chez l'érable plane**, en revanche, l'altération sous forme de coloration anormale est plus importante. Elle se prolonge vers le bas parallèlement à la moelle et forme une sorte de colonne verticale, constituée par la mise bout à bout des colorations provoquées par chaque plaie d'élagage. Aucune confusion avec un duramen coloré n'est possible, celui-ci n'existant pas chez l'érable. Ces colorations en colonne ne sont cependant pas continues sur la totalité de la longueur élaguée. Elles sont présentes uniquement au niveau de quelques plaies d'élagage consécutives, sur une longueur de 30 à 40 cm environ. L'explication de cette coloration est difficile à préciser. Cependant, sur l'érable plane ces problèmes pourraient être consécutifs à des

élagages mal effectués (coupe en escalier, élagage trop au ras du tronc) ou parfois à la présence d'une blessure non identifiée au niveau des plaies en cours de cicatrisation.

Comme pour le hêtre, le bois formé après élagage demeure parfaitement sain.

Chez les deux érables, il existe très souvent en avant du plan de coupe un mince amas de tissus corticaux écrasés et de fragments de bois nécrosé, qui demeure emprisonné à l'intérieur de l'espace de jonction des deux lèvres cicatricielles (voir photo 10 p.68).

L'observation des coupes longitudinales ne révèle aucune trace de pourriture.

#### • Mises en culture

Chez l'érable sycomore, huit mises en culture ont été effectuées à partir des prélèvements réalisés dans les zones colorées : cinq sont restées sans croissance, une a donné des bactéries, une est demeurée indéterminée et, dans la dernière, un champignon du genre *Acremonium* sp. (champignon imparfait non pathogène) a été identifié.

Chez l'érable plane, aucune mise en culture n'a révélé la présence de champignon : une est demeurée indéterminée, une autre sans croissance et la troisième a donné des bactéries.

L'absence d'agents de pourriture dans les cultures des deux érables confirme donc les observations des coupes.

#### • Discussion

Nous n'avons trouvé dans la bibliographie aucune étude traitant des conséquences de l'élagage sur érable sycomore ou érable plane.

Les seules références (SAFFORD et al, 1974) ( SHORTLE et SHIGO, 1973) concernent des blessures artificielles subies par l'érable à sucre (*Acer saccharum*). Elles révèlent la présence d'une altération du bois qui s'étend au-dessus et au-dessous de la plaie sur une certaine distance, donnant l'aspect d'une petite colonne verticale de coloration anormale ou (et) de pourriture (analogie possible avec le cas de l'érable plane).

HOUSTON (1971) a pratiqué des isolements dans des zones de coloration et de pourriture obtenues chez l'érable rouge (*Acer rubrum*), suite à des blessures réalisées 3 ans plus tôt à la tarière. Seulement 4 % des cultures ont donné des basidiomycètes agents de pourriture, alors que 36 % des bactéries, 29 % des champignons imparfaits (*Graphium*, *Phialophora* ...) et 31 % sont restées sans croissance. Deux points sont donc à souligner : la très faible proportion d'agents de pourriture et, à l'opposé, l'important pourcentage de cultures sans croissance, qui témoigne de l'existence de phénomènes d'ordre purement abiotique. Cependant, peut-on réellement comparer l'érable rouge à nos deux érables européens ?

Les résultats des quelques isolements effectués sur les deux érables européens corroborent ceux de HOUSTON, mettant surtout en évidence la prédominance des cultures négatives notées sans croissance et la rareté (sinon l'absence) d'agents de pourriture.

Enfin, en ce qui concerne la période optimale d'élagage, peu d'indications sont données. BOUVAREL (1983) préconise cependant de ne pas tailler durant la période de grande activité de sève car les écoulements qui s'en suivent sont importants et empêchent la bonne cicatrisation de la plaie.

## • Conclusions - Règles à suivre

Seules deux observations ont été réalisées pour l'érable, ce qui ne permet pas de conclure de manière définitive. On relève chez l'érable sycomore une coloration anormale bien limitée aux tissus de la branche interne au tronc, tandis que chez l'érable plane la coloration se poursuit au voisinage de la moelle sous forme de petites colonnes. D'autres observations seront donc nécessaires, mais dans notre étude, l'absence d'agents de pourriture doit être soulignée.

Cependant, pour une pratique correcte de l'élagage, nous pouvons conseiller comme pour le hêtre de réaliser la coupe non pas au ras du tronc, mais à très faible distance de celui-ci, afin de ne pas endommager le bourrelet. En outre, sur les branches d'un diamètre supérieur à 3 cm, les plaies d'élagage doivent être protégées. La période optimale permettant une cicatrisation rapide et totale devra être précisée.

## Le merisier

La taille de formation et l'élagage artificiel sont des opérations sylvicoles indispensables chez le merisier, tant pour les peuplements naturels que pour les peuplements artificiels. En effet, son bois est recherché pour les usages les plus rémunérateurs (ébénisterie, tranchage), et l'élagage est susceptible d'apporter une forte plus-value.

## • Observations

Différents élagages ont été observés : en mai 1989, Régions Nord-Pas de Calais et Picardie (divers âges) et Domaine des Barres (45) (plantation CEMAGREF de 10 ans) ; en octobre 1989, FD. de Gremecey (57), parcelle 6 (ancien dispositif INRA-Qualité des Bois) (âge : 19 ans).

Les élagages ont été plus ou moins bien réalisés suivant les plantations ; aucun produit de protection n'a été appliqué sauf à Gremecey pendant 3 ans. Lorsque les plaies sont refermées, la cicatrisation est propre et correcte extérieurement.

Une difficulté d'étude du bois de merisier réside dans le fait qu'il change rapidement de teinte suite aux coupes : les observations et les photos doivent donc se faire immédiatement après la mise à nu.

Le découpage des échantillons à la scie met en évidence trois symptômes différents ; il n'y a jamais d'altération du bois formé après la période d'élagage :

\* **Le symptôme 1** correspond à une coloration anormale brun-clair limitée à la seule partie de la branche interne au tronc (Haumont. 59, Felleries. 59, Domaine des Barres). A partir de cette coloration, démarrent parfois des traînées, brunes à l'état frais, qui descendent sur une faible longueur.

\* **Le symptôme 2** correspond à une coloration anormale gris-brun d'épaisseur identique à celle du diamètre de la coupe. Elle descend sous forme de colonne dans le bois, pour s'estomper progressivement (Domaine des Barres, FD. de Gremecey).

\* **Le symptôme 3** correspond à des traces de pourritures qui partent du plan de coupe et descendent dans le bois parallèlement à la moelle. Ces altérations se traduisent par des flammes ou des taches blanches dans le bois (Versigny. 60, FD. de Gremecey).

De même que pour l'érable, on observe au-delà du plan de coupe (vers l'extérieur), la présence d'une fine inclusion. Elle est constituée d'un mince amas de gomme et de fragments d'écorce qui s'est trouvé emprisonné au moment de la fermeture des deux lèvres cicatricielles.

• **Mises en culture**

A partir d'échantillons prélevés dans les plantations élaguées visitées en mai 1989, quarante six prélèvements, dans les zones de bois altéré ont été mis en cultures. Les résultats sont les suivants :

Agent isolé	Nombre	Symptôme
<b>Ganoderma*</b>	2	3
Basidiomycètes sans boucle*	1	2
Hydnée*	4	2
<b>Acremonium</b>	3	2
<b>Aplanocladium</b>	1	2
<b>Fusarium</b>	3	1
<b>Penicillium</b>	5	1-2
Bactéries	5	1
Mycélium non fructifié	1	2
sans croissance	21	1-2

\* Basidiomycètes hyménomycètes

Sur les 46 mises en culture effectuées en juin 1989, 21 prélèvements sont demeurés sans croissance. Ils correspondent tous aux symptômes 1 et 2.

Par ailleurs, les prélèvements effectués au niveau du symptôme 3 (Versigny) ont bien révélé la présence d'un champignon pathogène du genre *Ganoderma* sp., qui est un lignivore actif agent d'une pourriture fibreuse blanche.

En outre, pour le symptôme 2, certains isolements abritent un basidiomycète sans boucle et une hydnée qui peuvent être lignivores. Des champignons imparfaits et des bactéries ont été également isolés.

Les deux prélèvements effectués au niveau de la fine inclusion sont demeurés sans croissance.

Les isolements et mises en culture pratiqués en octobre 1989 à partir des échantillons prélevés en FD. de Gremecey sont pour la plupart demeurés sans croissance. L'un d'entre eux n'a pas pu être déterminé car il n'a pas fructifié (voir photo 11 p.68 et 12 p.69).

## • Discussion

Les références bibliographiques concernant l'élagage du merisier sont rares. Les quelques informations recueillies sont essentiellement de source française.

OLIVIER (1974) a mis en évidence sur cerisier et merisier le rôle joué par les plaies de taille qui constituent des portes d'entrée pour le champignon *Phloeosporrella padi*, agent de la maladie de l'anthracnose des feuilles. La protection des plaies est donc recommandée, en particulier en pépinières. Cependant, une étude réalisée par CHANDELIER (1988) dans une plantation très contaminée par ce champignon n'a pas permis de mettre en évidence sa présence sur rameaux. En outre, aucune recrudescence particulière de cette maladie n'a été observée consécutivement aux élagages réalisés dans les plantations visitées en mai et en octobre 1989.

MASSET (1979) signale des cas de pourriture (agents non cités) qui rendent l'arbre creux et inutilisable. Ils se développeraient par l'intermédiaire de blessures mal cicatrisées, telles que celles dont peut être responsable un élagage mal effectué.

Chez le merisier, PRUNIER et all (1979) ont montré que les plaies de taille semblent être la voie privilégiée de contamination par la bactérie *Pseudomonas syringae*, qui est l'un des deux agents du chancre bactérien.

Une étude de SHIGO et WILSON (1982) réalisée sur des rondelles de *Prunus persica* ayant subi des blessures mécaniques, a montré l'abondance des attaques de *Coriulus versicolor* et la présence de

carpophores de ce champignon qui est un agent très commun de pourriture en France. De même, selon VIENNOT-BOURGIN (1949), *Stereum purpureum*, responsable d'échauffure, pénétrerait dans le bois de merisier à l'occasion de blessures ou de plaies de taille. Aucun de ces deux champignons n'a été cependant décelé dans nos cultures.

Selon LUDEMAN (1988), les merisiers élagués se reconnaîtraient à la présence de petites punctuations jaunes dans le bois ; aucune manifestation de ce type n'a été observée.

En ce qui concerne les modalités de l'élagage, SHIGO et all. (1987) constate que le genre *Prunus* est particulièrement sensible aux coupes à ras et recommande donc fortement le respect du bourrelet. Enfin, faute d'essai sur merisier, aucune référence n'a été relevée sur l'efficacité des produits de protection.

### • Conclusions - Règles à suivre

Les mises en culture réalisées ont révélé la présence de trois agents de pourriture. Même les arbres correctement élagués ne sont pas indemnes. Ceci démontre la bonne réceptivité du bois de merisier à certains agents pathogènes lorsqu'il est mis à nu. Les colorations anormales pourraient résulter d'un phénomène d'ordre abiotique (abondance des cultures sans croissance), et (ou) de l'action d'agents pionniers (champignons imparfaits et bactéries) selon les processus décrits par SHIGO (stades I et II). Elles ne semblent pas modifier les propriétés du bois.

En cas de bonne réceptivité des bois à l'infection par un agent de pourriture, il convient d'assurer la rapide et totale cicatrisation des plaies. Pour ce faire l'élagage optimal serait réalisé sur des branches dont le diamètre à la base n'excède pas 3 cm, la période la plus propice semblant être la fin juillet (HUBERT et COURRAUD, 1987). L'arbre se trouvant alors en végétation active, la plaie pourrait être refermée dès septembre (LEGRAND, 1986). SAUVE (1989)

indique cependant comme période optimale d'élagage une époque plus précoce juin (mai à juillet). Par ailleurs, BOUVAREL (1983) note que l'opération doit être réalisée en dehors des périodes de forte chaleur, qui favorisent des écoulements de gomme gênant la cicatrisation des plaies. Enfin, EVANS (1984) préconise la période de juin à août pour réduire les risques d'infection par la chancre bactérien.

Concernant le diamètre des branches à élaguer, il est impératif de ne pas dépasser 3 cm (certains auteurs parlent de la valeur couramment admise de 3,5 cm). D'après PRYOR (1988), l'élagage des branches contenant du bois de coeur favoriserait l'installation de pourritures. Or, en deçà du diamètre de 3 cm, les branches ne posséderaient pas de bois de coeur, d'où une limitation des risques.

Pour le merisier, les sécateurs emmanchés doivent être préférés aux scies qui sont responsables de plaies plus importantes. Les branches ne doivent pas être coupées au ras du tronc mais à faible distance de celui-ci, afin de préserver le bourrelet à la base de la branche.

Lorsque l'élagage est pratiqué à une période différente de la saison de végétation ou sur des branches de plus de 3 cm de diamètre (cas d'un rattrapage), l'application d'un produit de protection est vivement conseillée, afin d'éviter tout risque d'infection.

En conclusion, un élagage pratiqué correctement, à la période favorisant une rapide cicatrisation et sur des branches de diamètre inférieur à 3 cm devrait normalement être à l'origine de peu de problèmes chez le merisier.

## Le frêne

Comme pour le merisier, nous ne sommes qu'au début de l'élagage chez le frêne. L'élagage s'avère nécessaire lorsque les arbres ne sont pas accompagnés ; il peut être assez précoce et relativement fort car le frêne a un tronc rigide et se couvre peu de gourmands.

### • Observations

Elles ont été effectuées en octobre 1989 dans trois forêts : FD. de Bride (57) (parcelle 31, ancien dispositif INRA Qualité des Bois - 17 ans), FD. de Souilly (55) (parcelle 19, en sous-étage de hêtre) et en forêt de St-Jean-les-Deux-Jumeaux (77) (12 ans).

Les élagages pratiqués à la scie emmanchée (pour les deux premières forêts) et au sécateur à deux mains (pour la troisième) sont récents et ont concerné, de ce fait, des branches d'un diamètre allant de 1,5 cm à 3 cm environ. Aucun produit de protection n'a été appliqué au niveau des plaies.

Après découpage à la scierie, deux types de manifestations sont à distinguer :

\* Lorsque l'élagage concerne une branche de petit diamètre (1,5 cm), la coloration anormale brun-foncé est bien contenue par les défenses naturelles à la partie de la branche interne au tronc ; parfois même, seule la zone proche du plan de coupe est concernée, c'est dire le peu de manifestations constatées (voir photo 13 p.69).

\* Pour un élagage sur branche plus grosse (3 cm de diamètre), la coloration anormale, cette fois-ci grise, n'est plus localisée mais progresse dans le bois du tronc en descendant le long de la moelle côté extérieur sur une longueur variable de 4 à 25 cm pour s'estomper progressivement (voir photo 14 p.69).

Cette coloration anormale affecte seulement le bois de tronc existant lors de la coupe de la branche ; d'ailleurs la limite entre ce bois coloré et le bois formé ultérieurement est très nette chez le frêne représentant la barrière n° 4 de SHIGO. La coloration anormale est donc cantonnée entre cette limite et la moelle, l'épaisseur de cette colonne correspondant en gros au diamètre de la branche élaguée. Le bois coloré semble avoir la même consistance que le bois sain voisin. Ces colonnes de coloration grisâtre descendantes ne sont pas sans rappeler le phénomène du coeur noir du frêne.

A signaler qu'à la suite d'un élagage très mal pratiqué (plan de coupe perpendiculaire à l'axe de l'arbre), la coloration anormale brunâtre s'est pourtant limitée à la partie de la branche interne au tronc (diamètre de la branche : 2 cm).

Aucune trace de pourriture n'a été observée sur les échantillons.

### • Mises en culture

Les onze isolements et mises en culture (plus cinq repiquages) n'ont pas révélé de champignons pathogènes agents de pourriture ; seul un champignon imparfait *Gliocladium* a été décelé. Trois cultures étaient stériles, indéterminables, une a donné des bactéries et les autres (six) sont restées sans croissance. L'absence d'agents de pourriture et le défaut de croissance des cultures nous conduisent à considérer que seul le phénomène de coloration anormale peut être pris en compte (coloration chimique et (ou) biologique).

### • Discussion

Il n'existe que très peu d'information sur le sujet (aucune référence bibliographique étrangère) ; il est vrai qu'on ne pratique à l'heure actuelle essentiellement qu'une taille de cime sur de jeunes frênes.

HELLER (1979) signale qu'un certain nombre de scieurs avancent comme cause d'apparition du coeur noir un élagage mal pratiqué ayant porté sur de grosses branches. La coupe de ces branches provoquerait une pourriture (non spécifiée) qui se prolonge jusqu'au coeur ; aux dires de quelques scieurs, cette pourriture pourrait être assimilable au coeur noir. Rappelons que l'origine du coeur noir du frêne est encore mal élucidée ; son apparition serait liée à un excès d'eau dans le sol (sol mal drainé), parfois à la vigueur de l'arbre, à l'âge avancé (plus de 60 ans), au fait que les racines ont été compactées par le passage d'engins ou, enfin, à la présence d'une blessure au pied.

RAMOND (1989) confirme que la coloration grisâtre consécutive à un élagage de branche de 3 cm de diamètre peut effectivement rappeler celle du coeur noir.

ROL (1955) indique que le frêne, parmi d'autres feuillus, est souvent attaqué par le polypore hérissé, *Inonotus hispidus*, parasite de blessure et agent de pourriture, dont le mycélium pénètre par les plaies d'élagage.

### • Conclusions - Règles à suivre

Les observations et les résultats des cultures semblent démontrer que les risques d'altération se limitent à des colorations anormales, parfois importantes. En effet, certaines manifestations rencontrées après élagage de branches de 3 cm de diamètre montrent que l'élagage du frêne doit être réalisé très tôt sur de petites branches. Cela rejoint l'opinion de HELLER (1979) qui révèle que les scieurs préconisent de réaliser un élagage sur des branches de faible diamètre (2 cm) de manière progressive. Avec un tel diamètre, les manifestations sont seulement contenues dans la partie de la branche interne au tronc, parfois même limitées à une zone plus restreinte. On aura tout intérêt à protéger les plaies d'élagage au delà de 2 cm de diamètre (voir photo 15 p.70).

Aucune indication ne peut être donnée actuellement sur la période la plus propice à une cicatrisation rapide et donc à une moindre infection.

Bien entendu, pour la pratique de l'élagage, la coupe se fera propre et nette en préservant le bourrelet à la base de la branche.

**Remarque :** Nombreux sont les auteurs qui signalent, sur le plan phytosanitaire et par mesure préventive, qu'avant de pratiquer tout élagage (ou toute taille), il est prudent d'éliminer tous les frênes portant le chancre bactérien, *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, facile à reconnaître par la présence sur toute la longueur du tronc et sur les branches d'excroissances tourmentées, noirâtres, de taille variable, parfois en forme de choux-fleur.

De nouvelles observations sont nécessaires pour mieux préciser les éventuels risques chez le frêne et les règles pour les minimiser.

## Le chêne

Le fait d'élaguer des chênes a longtemps posé problème : en effet, pour certains, l'élagage naturel reste le moyen le plus valable car sans risque et sans frais. Fort de cette situation, on en vient à exclure l'élagage artificiel et en conclure que le chêne ne peut être élagué artificiellement.

Entre la sylviculture idéale et la réalité sur le terrain, il y a une marge qui nous révèle qu'il est nécessaire de pratiquer un élagage artificiel : souvent malgré un élagage naturel, il est difficile d'obtenir des troncs rectilignes et non fourchus dès que la densité est faible et c'est ainsi que l'élagage artificiel s'impose.

## • Observations et mises en culture

Diverses observations ont été faites en mai 1989 et surtout en octobre 1989, sur les chênes rouvre et pédonculé, espèces les plus répandues en France, et sur le chêne rouge qui connaît actuellement une réelle vogue.

Sur chêne rouvre, les observations ont porté sur une plantation du CEMAGREF au Domaine des Barres (45) (âge : 17 ans) et en FD. de Souilly (55) ; sur chêne pédonculé, elles concernent une plantation en FD. de Val St Pierre (02) (âge : 26 ans). Sur chêne rouge enfin, elles ont été effectuées en forêt de Herqueville (27) (âge : 21 ans) et forêt de St- Jean-les-deux-Jumeaux (77) (âge : 11 ans). Dans tous les cas, aucun produit de protection n'a été appliqué au niveau des plaies.

Après découpage à la scierie des échantillons recoltés, les manifestations se révèlent différentes selon l'espèce.

### ***Chêne rouvre :***

L'importance de la coloration anormale gris - brun est variable : pour un même diamètre (2 à 3 cm), la coloration peut être très localisée à la zone supérieure de la partie de la branche interne au tronc (tout proche du plan de coupe) (avec éventuellement une "moustache" de faible longueur descendante) ou alors, dans le cas le plus sévère, non seulement la coloration concerne la partie de la branche interne au tronc mais elle descend dans le bois sur une quinzaine de centimètres sous forme de traînées en flamme. Cette coloration ne concerne que le bois présent au moment de l'élagage (voir photo 16 p.70). Toute confusion avec la coloration due à la duraminisation est écartée. Ces deux facies ont été surtout observés en FD. de Souilly.

Les mises en culture de prélèvements pratiqués au niveau de ces colorations n'ont donné que des bactéries, *Penicillium* sp. ou se sont avérées négatives sans croissance. Des prélèvements effectués en juin

1989 sur les échantillons du Domaine des Barres dans des zones supposées pourries n'ont pas révélé d'agents pathogènes mais une grande abondance de *Penicillium* sp.

### ***Chêne pédonculé :***

Pour un élagage correctement effectué sur branche de 3 cm de diamètre, la coloration anormale marron-foncé est encore très localisée à l'extrémité supérieure de la partie interne de la branche et constitue une sorte de petit triangle dont le plus grand côté serait la largeur de la coupe ce qui, une nouvelle fois, témoigne de l'efficacité des barrières naturelles de défense. Aucune mise en culture n'a été faite pour le chêne pédonculé.

### ***Chêne rouge :***

Les nombreux prélèvements en forêt d'Herqueville ont permis de comparer l'intensité de la coloration anormale brunâtre en fonction du diamètre de la branche sachant que la pratique de l'élagage (en l'occurrence correcte) a été à peu près identique pour toutes les branches élaguées (voir photo 17 p.70).

<b>Diamètre de la branche</b>	<b>Étendue de la coloration anormale</b>
2 cm	très localisée : petit "triangle" (cf. chêne pédonculé)
3,5 cm	localisée : partie de la branche interne au tronc
5 cm	identique au diamètre 3,5 cm plus quelques traînées descendantes de faible longueur
6 cm	identique au diamètre 5 cm mais traînées descendantes plus longues sous forme de colonnes et traces de pourriture localisées à la partie externe de la colonne

Dans tous les cas, la coloration se cantonne au bois présent avant la coupe de la branche. Toutes les mises en culture pratiquées à partir de prélèvements situés à différents niveaux de la coloration ont été sans croissance sauf une qui a révélé *Epicoccum* sp. (champignon imparfait). Les traces de pourriture (diamètre 6 cm) n'ont pas été confirmées par les isolements.

Les observations faites en forêt de St Jean-les-deux-Jumeaux toujours sur chêne rouge, mais plus jeune, après élagage de branches d'un diamètre de 2 à 3 cm, confirment celles de la forêt de Herqueville pour de tels diamètres, révélant les colorations très localisées à localisées sans aucune trace de pourriture (voir photo 18 p.71) ; les mises en culture sont toutes demeurées sans croissance témoignant semble-t-il d'une coloration anormale d'origine physiologique (ou chimique) et non biologique.

### • Discussion

Les quelques éléments d'information relatés dans la littérature ne sont pas susceptibles de confirmer ou d'infirmer les constatations faites sur les trois espèces de chêne observées.

Il s'agit surtout de mentions d'auteurs signalant la présence de basidiomycètes hyménomycètes, parasites de blessure et agents de pourriture susceptibles d'entrer par les plaies d'élagage.

Les champignons les plus couramment rencontrés au niveau des grosses plaies d'élagage sur chênes sont des champignons du genre *Stereum* (*Stereum hirsutum*, *Stereum spadiceum*) (Anonyme, 1934) (HUCHON, 1960) (LANIER et all, 1980) ; ils provoquent dans l'aubier et parfois le bois de coeur des altérations d'étendue variable au-dessous de la plaie d'élagage. ROL (1955) et Anonyme (1934)

signalent aussi le polypore soufré (*Laetiporus sulphureus*), le faux amadouvier (*Phellinus robustus*), champignons bien connus comme parasites de blessure chez le chêne.

Une des rares références étrangères concerne une étude de SHIGO (1972) sur chêne rouge et sur chêne blanc (*Quercus alba*) à partir de blessures diverses du tronc vieilles de 19 à 22 ans. Comme dans notre cas pour l'élagage, les colonnes de décoloration et de pourriture sont confinées dans le bois présent au moment de la blessure ; les agents isolés dans les zones colorées sont non pathogènes et correspondent à des champignons imparfaits (*Phialophora*, *Gliocladium*, *Cephalosporium*, *Fusarium*) et des ascomycètes (*Ascoryne*, *Ceratocystis*). *Trichoderma* (non pathogène) et *Fomes applanatus* (basidiomycète hyménomycète), agent de pourriture, ont été décelés dans la zone pourrie située dans la bordure externe de la colonne de décoloration.

Il est à noter que la forme caractéristique en petit triangle de la coloration très localisée chez le pédonculé et le rouge a été également observée par LIESE et al (1988) sur tilleul.

Concernant la saison d'intervention, les avis sont partagés : BOUVAREL (1983) indique pour le chêne rouge, dont le diamètre des branches est inférieur à 3 cm, fin juillet, cette période semblant être la plus propice à la cicatrisation. Pour DE MONTGASCON (1983), il semble intéressant d'intervenir en fin d'hiver car le bourrelet de recouvrement aura toute son action pendant la saison de végétation, l'espèce de chêne n'étant pas spécifiée.

## • Conclusions. Règles à suivre

Les observations effectuées sur les trois espèces de chêne révèlent de faibles manifestations qui se traduisent le plus souvent par des colorations anormales très limitées. Le très grand nombre de cultures

restées sans croissance témoigne de l'absence d'agents pathogènes au niveau de ces colorations dont l'origine paraît être seulement d'ordre physiologique (coloration chimique de SHIGO) et ceci même dans les parties colorées descendantes dans le bois. Seuls deux champignons imparfaits non pathogènes ont été isolés (*Penicillium* et *Epicoccum*).

Des traces de pourriture sont présentes dès que le diamètre des branches élaguées dépasse 6 cm mais les isolements n'ont pas permis de confirmer la présence d'une éventuelle pourriture. A noter qu'elles se cantonnent à la bordure externe des colorations.

Le chêne rouge a permis de mettre en évidence une gradation dans l'intensité de la coloration en fonction du diamètre de la branche élaguée démontrant, si on peut extrapoler le chêne rouge aux autres espèces de chêne, la nécessité de ne pas dépasser 3 cm de diamètre afin d'obtenir une cicatrisation rapide et totale et de se mettre ainsi à l'abri de tous risques. Au delà de cette grandeur, la protection des plaies doit être envisagée pour empêcher tout risque d'infection. La pratique correcte de l'élagage se fera, comme pour les autres essences feuillues étudiées, en respectant le bourrelet à la base de la branche. Quant à la période d'élagage, d'autres observations sont nécessaires pour mieux la préciser.

Pour l'élagage des chênes, on manque encore d'expérience ; il conviendra de le conduire avec prudence et de respecter le plus possible les règles d'une bonne pratique à l'image du chêne rouge qui a réputation de mal cicatriser ses blessures, en particulier celles dues à la taille de formation et d'élagage de sujets plantés à faible densité.

**Photo 1**

Seul cas spectaculaire rencontré chez le hêtre : coloration anormale brun-foncé généralisée.  
(FD. de Chauffour-Ferrières, parcelle 9-89).



**Photo 2**

Rondelle de bois de hêtre montrant la coloration anormale brun-foncé.  
(FD. de Chauffour-Ferrières, parcelle 9-89).

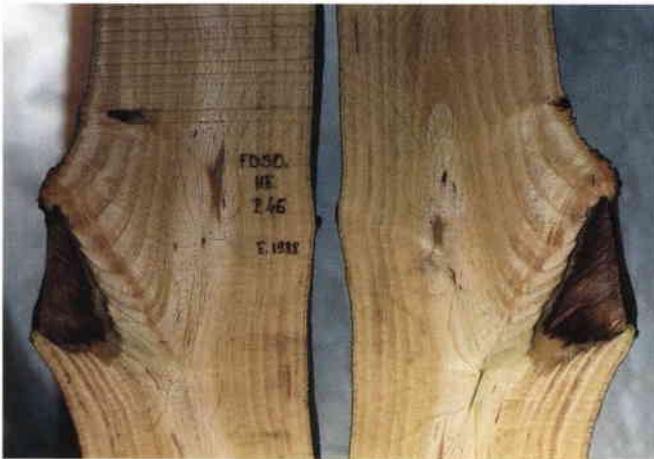


**Photo 3**

Coloration anormale brun-foncé chez le hêtre se prolongeant vers le haut dans la partie non élaguée.  
(FD. de Chauffour-Ferrières, parcelle 9-89).

**Photo 4**

Elagage mal effectué chez le hêtre (voir coupe photo 5).  
(FD. de Souilly, parcelle 46-55).



**Photo 5**

Malgré une mauvaise coupe, la coloration reste localisée à la seule branche interne au tronc du hêtre.  
(FD. de Souilly, parcelle 46-55).

**Photo 6**

Chez le hêtre, à partir de la zone de coloration localisée au tissu de la branche interne au tronc, des traînées brunes sont présentes sous la forme de filaments descendants.

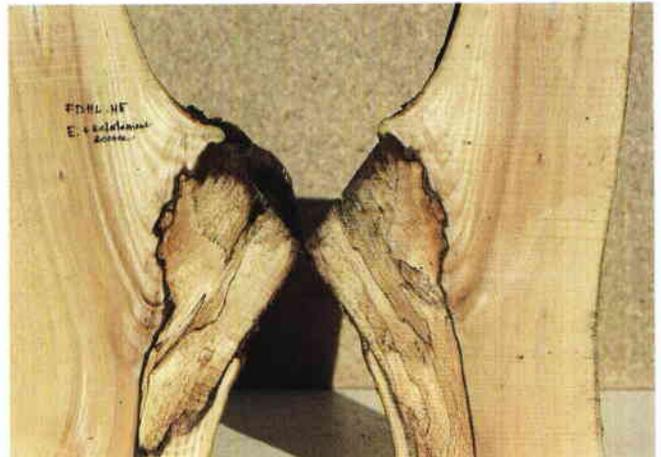
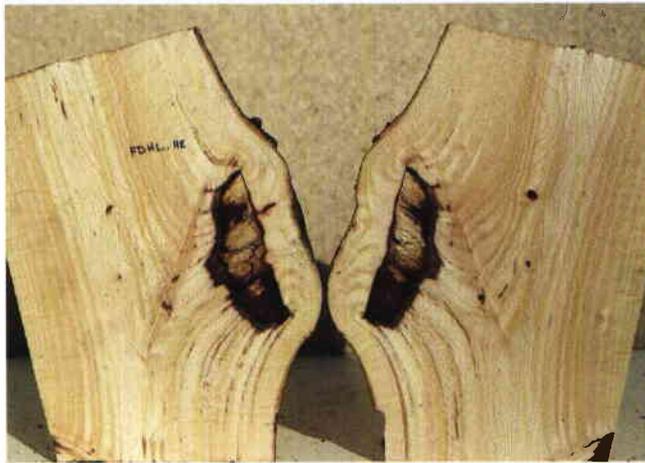
(FD. d'Arretières, parcelle 1 - 51).



**Photo 7**

Coloration anormale et traces de pourriture très localisées après élagage sur hêtre.

(FD. d'Halatte, parcelle 163-60).



**Photo 8**

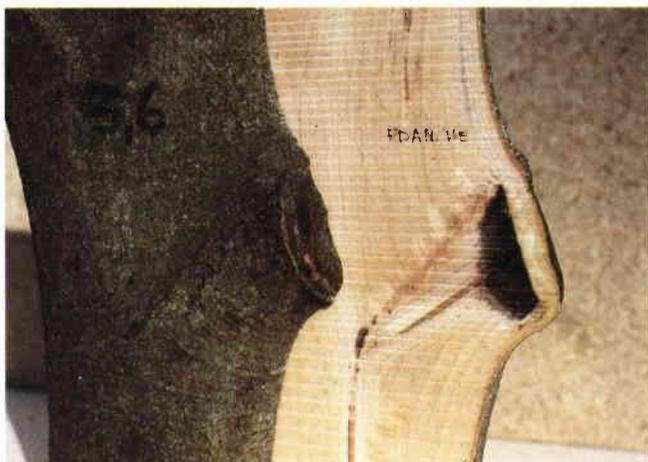
Altération se traduisant par une pourriture à la suite d'un élagage mal effectué avec arrachement de l'écorce au niveau du bourrelet chez le hêtre.

(FD. d'Halatte, parcelle 163-60).

**Photo 9**

Coloration anormale brune très limitée dans la partie de la branche interne au tronc chez le hêtre.

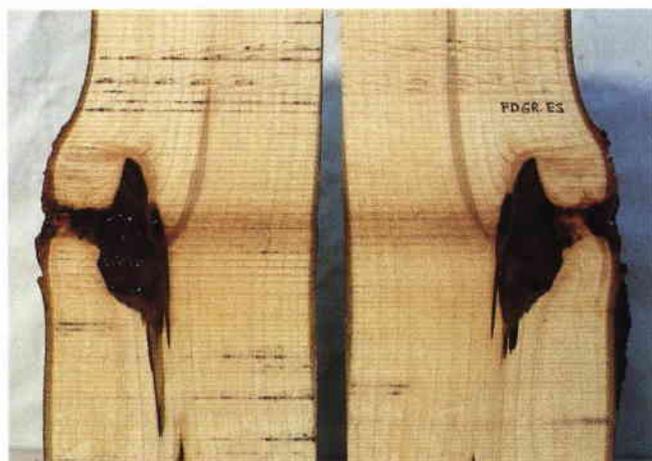
(FD. d'Andigny, parcelle 48-02).



**Photo 10**

Erable sycomore : coloration anormale bien localisée avec un léger prolongement vers le bas sous forme de petites flammes.

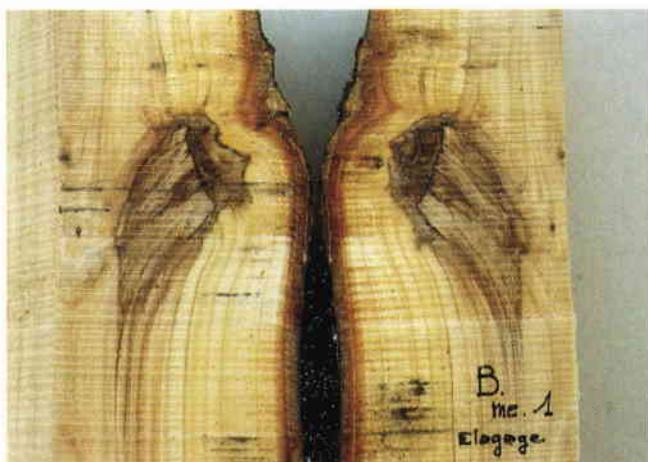
(FD. de Gremecey-57).



**Photo 11**

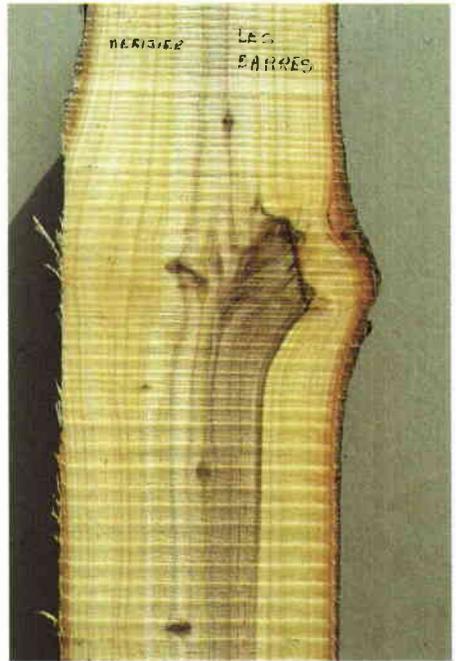
Chez le merisier, coloration anormale brun-clair localisée à la partie de la branche interne au tronc avec traînées descendantes.

(Domaine des Barres-45).



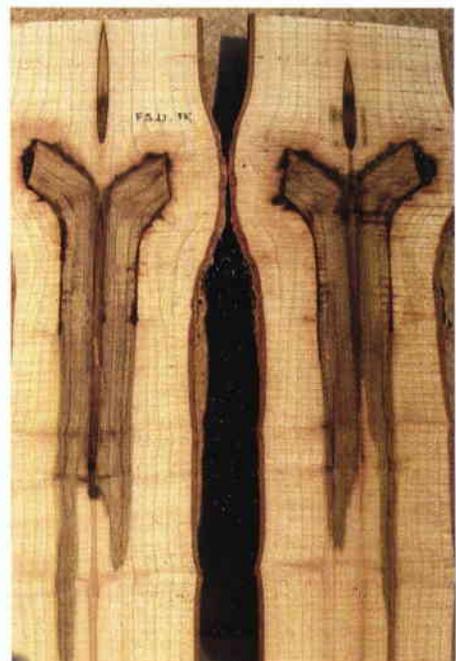
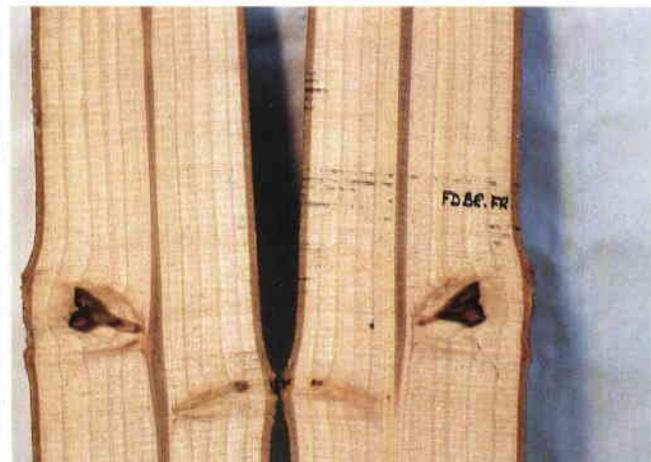
**Photo 12**

Coloration brune descendante sous forme de colonne dans le bois chez le merisier.  
(Domaine des Barres-45).



**Photo 13**

Elagage d'une branche de frêne de petit diamètre (1,5 cm) : coloration anormale brun-foncé très limitée.  
(FD. de Bride-57).



**Photo 14**

Le frêne, coloration anormale brun-foncé descendante le long de la moelle (diamètre de la branche coupée : 3 cm).  
(Forêt de Saint-Jean-les-deux-Jumeaux-77).

**Photo 15**

Différents types de coloration anormale brun-foncé d'intensité variable chez le frêne, noter le plan de coupe presque perpendiculaire à l'axe de la tige pour l'échantillon du milieu !

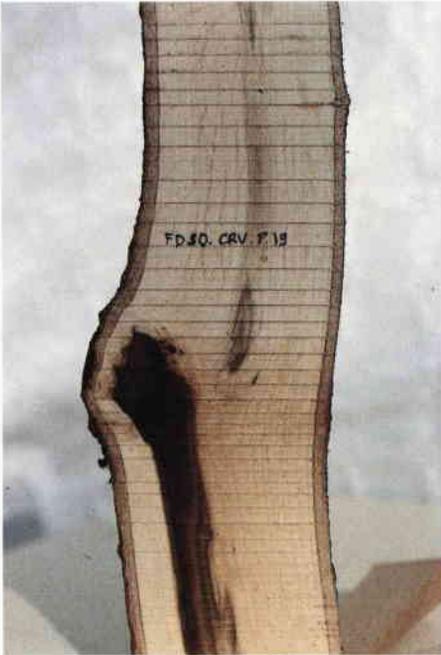
(FD. de Souilly, parcelle 19-55).



**Photo 16**

Coloration anormale brun-foncé descendante dans le bois chez le chêne rouvre

(FD. de Souilly, parcelle 19-55).



**Photo 17**

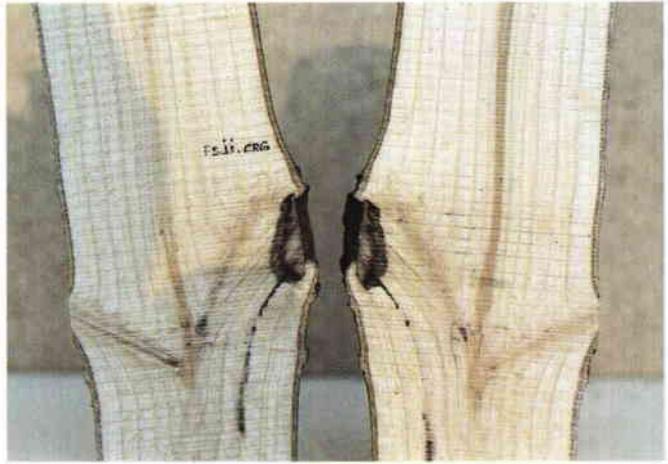
Différents types chez le chêne rouge suivant le diamètre de la branche élaguée. De gauche à droite :

- Ø 2 et 3,5 cm : coloration anormale localisée,
  - Ø 5 cm : coloration plus importante et descendante,
  - Ø 6 cm : coloration anormale importante et traces blanchâtres de pourriture.
- (Forêt de Herqueville-27).



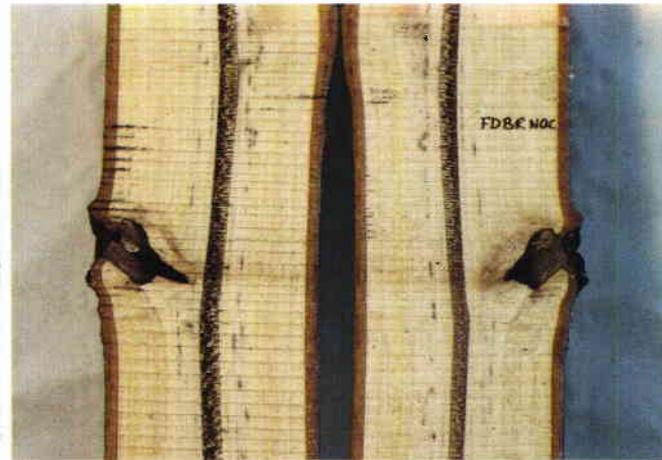
**Photo 18**

Coloration brun-foncé chez le chêne rouge.  
(F. de Saint-Jean-les-deux-Jumeaux-77).



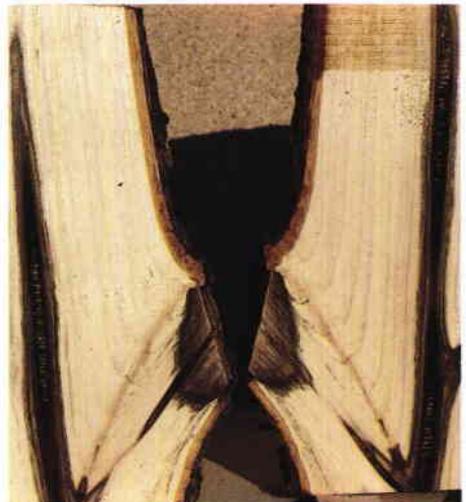
**Photo 19**

Coloration anormale limitée à la moitié supérieure de la branche interne au tronc chez le noyer hybride.  
(FD. de Bride-57).



**Photo 20**

Cas d'un élagage récent sur noyer noir d'Amérique : coloration brune, proche du plan de coupe, très localisée.  
(F. d'Harcourt-27).



**Photo 21**

Position recommandée de la scie d'élagage pour un emplacement correct de la coupe.



**Photo 22**

Une branche correctement élaguée entraîne une cicatrisation rapide de la plaie.



## Le noyer

Il est reconnu que, souvent, les noyers perdent toute valeur marchande à la suite d'un élagage insuffisant et trop tardif. Par ailleurs, les noyers, producteurs du bois le plus précieux récolté en France, sont également les arbres les plus difficiles à former et à élaguer en plantation à faible densité. Pour atteindre sa pleine valeur, une grume de noyer doit être saine et de bonne conformation ; son obtention exige quelques recommandations en matière d'élagage.

### • Observations et mises en culture

Deux observations ont été faites en octobre 1989, la première sur noyer hybride (15 ans) en FD. de Bride (57), la seconde sur noyer noir d'Amérique (17 ans) en forêt d'Harcourt (27). Les élagages ont été pratiqués correctement, aucune plaie n'a été protégée.

#### *Noyer hybride :*

Le découpage longitudinal des échantillons révèle une coloration anormale limitée soit à la moitié supérieure de la branche interne au tronc (voir photo 19 p.71), soit à la partie entière avec accessoirement une petite flamme descendante sur 1 à 2 cm le long de la moelle (diamètre des branches à la base : 2 cm). Aucune trace de pourriture n'a été décelée. Sur quatre mises en culture pratiquées au niveau de la coloration, trois sont restées sans croissance, la quatrième a donné des bactéries et *Trichoderma* (champignon imparfait).

#### *Noyer noir d'Amérique :*

La difficulté de l'observation provient des risques de confusion entre la coloration anormale due à l'élagage et la duraminisation centrale normale chez le noyer. Néanmoins, il semble qu'il existe une coloration anormale de la partie de la branche interne au tronc ; dès

que le diamètre de la branche excède 3 cm ou que l'élagage est tardif, cette coloration semble se prolonger au delà sous forme de colonne descendante le long de la moelle. Un élagage pratiqué au printemps 1989 révèle une coloration brune très minime proche du plan de coupe (voir photo 20 p.71). Les mises en culture dans les zones supposées colorées n'ont donné aucune croissance de champignons, une seule a révélé la présence de bactéries.

Pour les deux espèces de noyer, le bois formé après la période d'élagage est sain et non touché par la coloration.

### • Discussion

De nombreux auteurs dont ROL (1953), Anonyme (1956) témoignent que chez le noyer commun les blessures les plus fréquentes mais aussi les plus graves proviennent de l'élagage plus ou moins maladroit de grosses branches. Généralement la cicatrisation de ces larges plaies est lente et incomplète ; le bois mis à nu est susceptible d'être colonisé par des champignons de pourriture, en particulier le polypore hérissé (*Inonotus hispidus*), agent de la pourriture jaune du noyer.

PHELPS et Mc GINNES Jr. (1984) indiquent que l'élagage sur noyer noir entraîne des colorations du bois localisées ou plus importantes (aucune mention de pourriture) ; afin de minimiser ces risques, ils proposent les trois règles suivantes : élagage au printemps - élagage précoce, progressif jusqu'à l'obtention d'une grume saine de bonne longueur - respect du bourrelet lors de la coupe. Toujours sur noyer noir, SHIGO et al. (1979) mettent également l'accent sur l'importance du respect du bourrelet lors de la coupe (point qu'ils considèrent comme primordial) et sur la pratique d'un élagage précoce d'arbre jeune.

Concernant l'époque la plus favorable, si PHELPS et Mc GINNES Jr. (1984) désignent le printemps, ce n'est pas l'avis d'autres auteurs : BOUVAREL (1983) estime que la période la plus propice est le mois d'août car la cicatrisation, qui démarre sans délai, se fait assez rapidement dans le cas de branches d'un diamètre de 3 à 4 cm maximum ; EVANS (1984) indique les mois de juillet et d'août pour obtenir une cicatrisation rapide. Par contre GARAVEL (1959) signale que l'élague de petites branches jusqu'à 3 à 4 cm de diamètre peut être pratiqué sans inconvénient tout au long de l'année, au moins sur les jeunes sujets suffisamment vigoureux.

### • Conclusions. Règles à suivre

Les constatations faites sur les deux espèces de noyer rejoignent celles faites par les Américains sur noyer noir. Il s'agit essentiellement de coloration anormale du bois, parfois difficile à cerner à cause du phénomène de duraminisation.

La plupart des isolements effectués sont demeurés sans croissance et témoignent de l'absence d'agents même non pathogènes (champignons imparfaits), à fortiori d'agents de pourriture (basidiomycètes - hyménomycètes). On est en droit de penser qu'il s'agit d'une coloration seulement physiologique (ou chimique de SHIGO). S'ils évoquent la présence de coloration anormale sur noyer noir, les américains font très peu allusion aux pourritures sauf dans le cas d'élague mal effectué, la preuve est donnée par ailleurs par l'absence de mention de champignon pathogène.

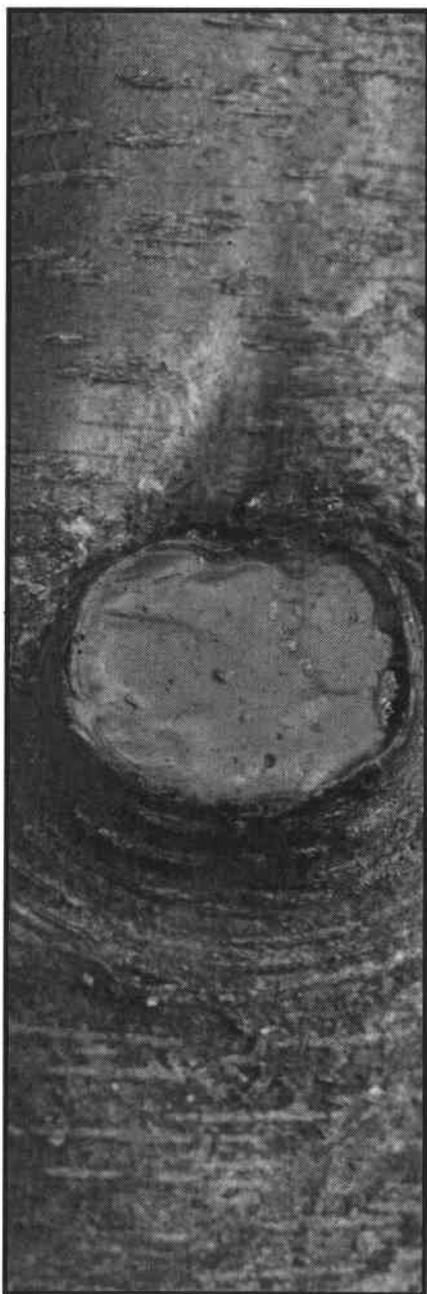
Plus que tout autre feuillu, la pratique de l'élague sur noyer devra respecter des règles rigoureuses puisque l'objectif principal est d'obtenir une grume de tranchage sans défaut, "propre" sur environ 4 mètres, d'où la nécessité d'un élague précoce, progressif et fréquent qui valorisera au maximum le bois dont la valeur justifie pleinement ces interventions.

Les noyers ont été souvent taillés et élagués trop tardivement obligeant à procéder à des rattrapages. C'est pourquoi il faut, de manière absolue, s'abstenir de couper des grosses branches : c'est uniquement durant la jeunesse de l'arbre, lorsque les branches sont de faible diamètre (moins de 3 cm) et que la cicatrisation est facile et rapide, qu'on doit supprimer les branches jusqu'à la hauteur voulue pour obtenir une bille de longueur suffisante.

Quelque soit le diamètre, les branches devront être coupées non pas au ras du tronc mais à faible distance de manière à ne pas entamer le bourrelet avec une section propre et nette.

La majorité des auteurs semblent indiquer que la période d'élagage la plus favorable est juillet et août ; il ne faut pas oublier qu'un élagage effectué au printemps ou au début de l'été laisse couler de la sève pouvant gêner la cicatrisation ou l'application immédiate de produits protecteurs (cas particulier de grosses branches).

Il n'est pas indispensable de recouvrir les plaies d'enduits de protection lorsque les branches ont un diamètre à la base inférieur à 3 cm, la cicatrisation intervenant rapidement ; au delà de ce diamètre, il sera bien sûr prudent de le faire.



• Remarques générales

78

77

## Remarques générales

Pour notre part, aucun jugement ne peut être donné sur l'opportunité de la désinfection et de la protection des plaies, nos observations ayant porté sur des élagages n'ayant fait l'objet d'aucune application.

Au terme d'une analyse bibliographique, il semble se dégager les éléments d'information suivants :

\* Certains scientifiques déconseillent catégoriquement cette pratique : ils en contestent l'efficacité et l'accuseraient même de favoriser le développement des altérations ; d'autres déconseillent seulement certains produits (SHIGO, 1985, SHIGO et al. 1987 ; SHIGO et WILSON, 1977 ; MERCER, 1979c, 1982b).

\* D'autres, plus nombreux, démontrent l'utilité, le bien-fondé de cette méthode entraînant une diminution des risques d'infection, une réduction des altérations (coloration anormale et pourriture), une amélioration de la croissance du cal cicatriciel ; ils sont favorables à cette pratique, du moins pour l'élagage des branches d'un diamètre à la base supérieur à 3 cm (HOUSTON, 1971 ; SHORTLE et SHIGO, 1978 ; MERCER, 1979c, 1982b).

\* L'application d'un produit quelconque ne peut compenser une coupe mal effectuée.

\* La plupart sont d'accord pour déconseiller certains vieux enduits ; désinfectants violents ou corrosifs qui brûlent le cambium, mastics à greffer, substances goudronneuses qui nécrosent par leur toxicité les cellules vivantes et ne sont pas fongicides (MERCER, 1980 ; DESTINAY, 1989).

Le produit de protection de la plaie d'élagage, quelle que soit sa présentation (peinture, badigeon, baume, liquide, pâte, bombe aérosol ...), doit présenter, comme l'ont souligné en partie GROSCLAUDE et ATTIA (1989) les propriétés suivantes :

- être polyvalent, c'est-à-dire efficace à l'égard du plus grand nombre de champignons (en particulier les basidiomycètes hyménomycètes) et éventuellement vis à vis des bactéries,
- ne pas être phytotoxique afin de ne pas entraver la formation du bourrelet cicatriciel,
- posséder un bon pouvoir de pénétration,
- posséder une pérennité aussi longue que possible afin d'éviter tout renouvellement de l'application,
- être imperméable à l'eau, mais perméable à l'air (microporeux) et non gélif,
- être suffisamment élastique pour résister aux effets de fendillement du bois, pour se dilater et se rétracter suivant les mouvements de l'écorce consécutifs au développement du bourrelet cicatriciel.

Les principaux produits actuellement disponibles en France en 1989 sont cités et décrits en annexe p.100 ; à noter que MERCER (1979b) a relevé durant les 60 dernières années la mention de 98 produits différents.



## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Après un élagage, de nombreux phénomènes se produisent au niveau de la plaie et à l'intérieur du bois.

Si l'on dresse le bilan de toutes les observations et recherches effectuées sur les essences feuillues étudiées, quatre grands points sont à mettre en évidence :

\* On assiste le plus souvent à une **coloration anormale du bois** mais il ne faut pas écarter l'hypothèse que ce phénomène résulte de processus physiologiques normaux consécutifs à une mise à nu de cellules vivantes du bois. Dans le cas d'une extension importante, cette coloration "physiologique" (ou chimique selon SHIGO) se propagerait de proche en proche, d'une manière plus ou moins intense selon l'essence.

Il s'agit de la réaction normale de l'arbre à une agression extérieure. Par la suite, cette coloration "physiologique" serait éventuellement complétée par une coloration biologique due à la présence d'agents non pathogènes (bactéries, champignons imparfaits).

Par ailleurs, RAMOND (1989) indique que, dans la plupart des cas, le bois présentant des colorations anormales semble posséder des propriétés mécaniques sensiblement identiques à celles du bois normal.

\* **Les manifestations observées à la suite de pourritures par des agents pathogènes** (en l'occurrence des basidiomycètes hyménomycètes) sont dans l'ensemble réduites et découlent le plus souvent de cas

d'élagage tardif ou mal effectué entraînant des plaies importantes difficiles à se cicatriser (on n'insistera jamais assez sur une pratique correcte de l'élagage sur des branches de faible diamètre).

**\* Rien de ce que nous avons pu observer, quelle que soit l'essence ou la période, n'est en contradiction avec les théories de SHIGO sur le mécanisme de défense de l'arbre avec ces quatre barrières naturelles, processus peu connu mais néanmoins reconnu par de nombreux auteurs. Si, comme le souligne SHIGO, les barrières 1, 2 et 3 peuvent être parfois franchies, une chose est certaine et a été vérifiée dans tous les cas observés : le bois formé après la période de l'élagage est toujours sain et ne présente jamais d'altération, témoignant de l'efficacité parfaite de la barrière n° 4.**

**\* D'une manière générale, après cette première approche en 1989 (20 plantations ou peuplements visités, 39 observations "extérieures" et "internes" différentes effectuées), les manifestations constatées (coloration anormale importante, pourriture) ne sont pas aussi systématiques qu'on pouvait le supposer à priori. Si certains agents sont mis en évidence au niveau d'altération, beaucoup ne sont pas pathogènes (champignons imparfaits, bactéries) et, bien souvent, certains font partie de la flore normale du bois. De ces premières constatations, il ressort que le phénomène ne paraît pas alarmant et qu'une bonne pratique de l'élagage ne devrait pas entraîner de risques phytosanitaires importants.**

Toutes ces observations nous conduisent à rappeler l'intérêt de mener correctement l'élagage artificiel. **La définition d'un élagage idéal en regard des éventuels risques phytosanitaires peut se résumer en quatre points de la façon suivante pour toutes les essences feuillues vues dans cette étude.**

\* **Un élagage précoce** : il convient de procéder à l'élagage suffisamment tôt de façon à ne couper que des branches de faible diamètre ; il faut que ce diamètre n'excède pas 3 cm. Les plaies étant petites, elles se cicatrisent rapidement et le risque d'infection est minime.

\* **Un emplacement correct de la coupe** : pratiquer des sections bien nettes, précises et propres sans arrachement ni écrasement. On ne laissera subsister aucun chicot. Les branches ne doivent pas être coupées au ras du tronc mais à très faible distance pour préserver ainsi le bourrelet, partie enflée de quelques millimètres située à la base de la branche : l'emplacement idéal de la coupe se situe dans le plan joignant la partie supérieure de la ride d'écorce et l'extrémité supérieure du bourrelet (voir schémas 1 et 5 et photos 21 et 22 p.72). Par ailleurs, les instruments de coupe employés doivent être adaptés et en bon état. Quand la coupe est correctement effectuée, l'arbre parvient généralement à isoler rapidement les agents pathogènes.

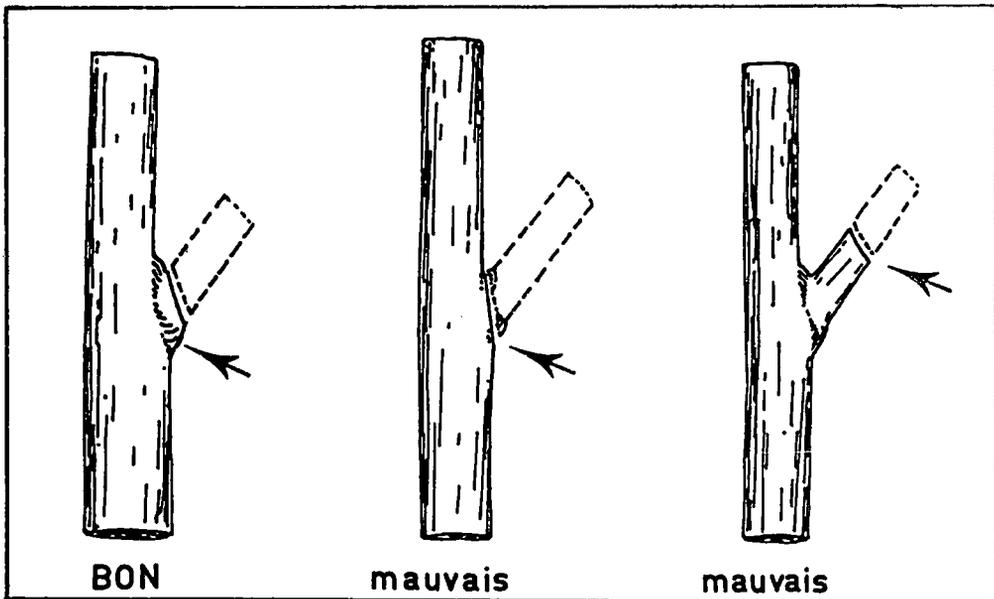


Schéma 5 : d'après Hubert-Courraud (1987).

**\* Un choix judicieux de l'époque de l'élagage** : de la période d'élagage dépend la vitesse de cicatrisation ; il faut donc rechercher une cicatrisation rapide de la plaie. A cet effet, il vaut mieux élaguer à la fin de l'hiver ou tôt au début du printemps avant la montée de la sève pour le hêtre, fin juillet pour le merisier et juillet ou août pour le noyer. La période pour l'érable, le frêne et le chêne demande à être précisée.

**Si l'on respecte ces trois recommandations citées, il ne sera pas nécessaire de tenir compte du choix d'une période particulière afin d'éviter les vols et les contaminations de spores de certains champignons pathogènes. Ces trois règles visent avant tout à obtenir une bonne formation du bourrelet cicatriciel ainsi qu'un recouvrement rapide et total de la plaie.**

**\* La protection des plaies dans certains cas** : si on enlève, comme il est recommandé de le faire, des branches de faible section (moins de 3 cm) il n'est généralement pas pris de précautions en vue de préserver les plaies d'élagage de la contamination par des agents pathogènes, la cicatrisation intervenant assez rapidement. L'emploi de produit de désinfection et de protection des plaies est nécessaire si, pour des raisons quelconques, on est obligé d'élaguer de grosses branches d'un diamètre supérieur à 3 cm.

Les résultats acquis et décrits dans ce rapport doivent être considérés comme provisoires. Il est nécessaire que des observations supplémentaires soient effectuées, que de nouveaux témoignages soient apportés de façon à pouvoir répondre d'une manière satisfaisante et précise à toutes les questions relatives à ces phénomènes. Le nombre d'observations faites en 1989 est insuffisant

pour statuer définitivement sur les risques par espèce car ceux-ci sont très probablement aléatoires et ne peuvent donc être évalués que sur un nombre élevé d'observations.

Les premières constatations effectuées ne remettent pas en cause la pratique de l'élagage artificiel puisque le bois produit après la période de coupe est sain et de qualité conformément à la théorie de SHIGO, une éventuelle altération se limitant seulement à un petit cylindre de bois central.

Enfin, un dernier point peut être souligné : certains arbres de la même espèce placés dans les mêmes conditions réagissent différemment aux blessures et aux plaies. Les résultats des recherches menées par SHIGO et al. (1977a, 1977b) suggèrent que la réponse à une blessure est sous la dépendance de facteurs génétiques. Une possible solution d'avenir résulterait-elle de la sélection et de la multiplication d'arbres qui répondent efficacement aux plaies d'élagage ?



## **ORIENTATIONS FUTURES**

Après une première année d'étude, la poursuite de ces travaux est nécessaire. Plusieurs objectifs techniques peuvent être indiqués :

- suivre pendant plusieurs années (5 à 10 ans) les conséquences de l'élagage artificiel (colorations anormales, agents pathogènes, insectes) à partir d'observations extérieures et intérieures (tiges abattues à cet effet) (études de terrain et en laboratoire),
- faire réaliser en sous-traitance certaines analyses,
- effectuer des tests de différentes périodes d'élagage,
- effectuer des tests d'efficacité de produits de désinfection et de protection des plaies d'élagage actuellement présents sur le marché sur différentes essences feuillues,
- rédiger des synthèses et recommandations.



## REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier très vivement toutes les personnes qui, par leur aide ou collaboration, lui ont permis de mener à bien cette étude.

- INRA Nancy - Laboratoire de Pathologie forestière : **Cl. Delatour, M. Morelet**
- INRA Nancy - Station de Recherches sur la Qualité des Bois : **G. Nepveu,  
: F. Huber**
- INRA Orléans - Laboratoire de Bactériologie : **M.F. Michel**
- CTFT Nogent/Marne : **F. Villeneuve**
- ENITEF Nogent/Vernisson : **R. Ramond**
- Saint-Jean-les-deux-Jumeaux : **P. Piketty**
- ONF STIR Est : **C. Demolis**
- ONF STIR Nord-Ouest : **B. Pillard-landeau, J. Piat**
- ONF Service Départemental de l'Yonne : **R. Bacchetta, J.C. Claas**
- ONF Service Départemental de l'Aube : **G. Lasalle, G. Leclerc**
- ONF Division de Hirson : **P. Coine, G. Hedin, F. Plimlin, B. Flandrin**
- ONF Division de Chantilly : **G. Andreau**
- ONF Division de Rouen : **A. Persehaye**
- CRPF Ile de France - Centre : **C. Gavillon**
- CRPF Normandie : **F. Hauet**
- DSF Nancy : **P. Hett**
- CEMAGREF Nogent/Vernisson : **C. Ginisty**
- CEMAGREF Grenoble : **B. Juvy**



## BIBLIOGRAPHIE

**ANONYME.** 1934. Les pourritures du bois de chêne sur pied. Commission d'études des ennemis des arbres, des bois abattus et des bois mis en oeuvre. Bulletin n° 13.

**ANONYME.** 1956. Deux journées du noyer en Limagne. Direction générale des eaux et des forêts. Commission nationale du noyer. 56 pages.

**BOUVAREL L.** 1983. La taille de formation et l'élagage de quelques feuillus précieux, où en est-on en 1982 ? E.N.G.R.E.F. thème personnel, 37 pages + annexes.

**CHANDELIER P.** 1988. La cylindrosporiose du merisier : symptomotologie et éléments de biologie. 2<sup>e</sup> conférence internationale sur les maladies des plantes, Bordeaux, Novembre 1988.

**DAVIDSON J.G. , LORTIE M.** 1970. Relevé de microorganismes dans le bois de quelques arbres feuillus porteurs de défauts sur le tronc. Le Naturaliste canadien, Vol. 97, 43-50.

**DEMOLIS C.** 1988. Communication personnelle.

**DESTINAY E.** 1989. Communication personnelle.

**DUBOIS J.M.** 1987. AFOCEL - ARMEF. Informations-Forêt. La plantation du hêtre à grand écartement, n° 4, 251-265.

**DUJESIEFKEN D. , LIESE W.** 1988a. Holzbiologische Befunde zum Kronenschnitt. Okologie-Forum der Umweltbehörde Hamburg zum Thema : "Bäume brauchen Hilfe - Schutzmaßnahmen für das öffentliche Grün". Tagungsbericht, 26-30.

**DUJESIEFKEN D., LIESE W.** 1988b. Holzbiologisches Untersuchungsprogramm zu Methoden der Baumpflege. Gartenamt 37, 618-622.

**EVANS J.** 1984. Sylviculture of Broadleaves woodland. Forestry Commission, Bulletin, n° 62, 232 pages.

**GARAVEL L.** 1959. La culture du noyer. J.B. Baillieres et fils éditeurs, 295 pages.

**GROSCLAUDE C., ATTIA C.** 1989. Champignons lignicoles, "parasites de blessures" sur platane. *Phytoma*, n° 404, 56-58.

**GROSCLAUDE C., OLIVIER R.** 1987. Tests d'enduits fongicides contre l'agent du chancre coloré du platane. *Phytoma - Défense des cultures*, n° 391, 47-48.

**HELLER D.** 1979. Qualités et utilisations de quelques essences forestières du bocage de l'Ouest - Le frêne *Fraxinus excelsior*. Bulletin de vulgarisation forestière, n° 79/5, 26-33.

**HOUSTON D.R.** 1971. Discoloration and decay in red maple and yellow birch. Reduction through wound treatment. *Forest Science*, 17, 402-6.

**HUBERT M., COURRAUD R.** 1987. Elagage et taille de formation des arbres forestiers - Institut pour le développement forestier, 292 pages.

**HUCHON H.** 1960. Cours de pathologie forestière. 28 pages.

**LANIER L., KELLER R., KREMER A.** 1980. Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France. *Revue forestière française*, XXXII, 5, 419-451.

**LEGRAND P.** 1986. Contribution à la sylviculture des feuillus. Plantations de merisiers et de chênes rouges, balivages intensifs de taillis dans le département de l'Oise. Mémoire 3<sup>e</sup> année, E.N.I.T.E.F., 58 pages, 37 figures.

**LIESE W., DUJESIEFKEN D., BREMER J.** 1988. Wundreaktionen bei Linde nach Astung in der Baumpflege. *Forstwiss. Cbl.* 107, 184-196.

**LUDEMANN G.** 1988. Anbauerfahrungen mit der Vogelkirsche in Ostholstein. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, n° 20. 535-537.

**MASSET P.L.** 1979. Etude sur les liaisons entre la qualité technologique du bois de merisier et la station. 24 pages. E.N.G.R.E.F. (thème personnel d'élève ingénieur civil E.N.G.R.E.F.).

**MAYER - WEGELIN H.** 1930. Grünastung der Rotbuche. Forstarchiv, 6 (20), 493-498.

**MERCER P.C.** 1979a. Pruning wounds and decay. Arboriculture Research Note, n° 6, DOE Arboricultural Advisory and information Service.

**MERCER P.C.** 1979b. Attitudes to pruning wounds. Arboricultural journal, 3, 457-465.

**MERCER P.C.** 1979c. Phytotoxicity and fungitoxicity tests for tree wound paints. Annals of Applied Biology, 91, 199-202.

**MERCER P.C.** 1980. Scientific attitudes towards the care of damaged trees. Report of the twentieth Askham Bryan Horticultural Technical Course, 25-30.

**MERCER P.C.** 1982a. Basidiomycete decay of standing trees. In : Decomposer Basidiomycetes, their biology and ecology. 143-160. Eds Frankland, Hedger and Swift. Cambridge University Press.

**MERCER P.C.** 1982b. Tree wounds and their treatment. Arboricultural journal. Vol.6, 131-137.

**MICHAU E.** 1987. L'élagage, la taille des arbres d'ornement. Institut pour le développement forestier, 304 pages.

**MONTGASCON A. DE.** 1983. L'élagage artificiel du chêne en taillis sous futaie. Bulletin de la vulgarisation forestière, n° 14, 14-15.

**NEELY D.** 1988. Tree wound closure. Journal of Arboriculture 14 (6), 148-152.

**OLIVIER J.M.** 1974. La contamination des plaies de taille de cerisier par le *Cylindrosporium padi* (Lib.) Karst. Ann. Phytopathol., 6 (1), 103-106.

**PERRIN R.** 1989. Communication personnelle.

**PHELPS J.E. , McGINNES Jr E.A.** 1984. Pruning of black walnut-Subsequent discoloration and how to minimise it. IAWA Bulletin, new series, vol.5 (2), 110.

**PRUNIER J.P. , GADANT L. , LUISETTI.** 1979. Dépérissement d'origine bactérienne chez le cerisier. Les maladies des plantes, 3<sup>e</sup> journées françaises d'études et d'information ACTA, Paris. 263-266.

**PRYOR S.N.** 1988. The silviculture and yield of wild cherry. London : HMSO, Forestry Commission Bulletin 75, 23 pages.

**RAMON R.** 1988. Communication personnelle.

**ROL R.** 1955. Cours de pathologie végétale appliquée aux arbres forestiers. Ecole Nationale des Eaux et des Forêts, Nancy, 102 pages.

**SAFFORD L.O. , SHIGO A.L. , ASHLEY M.** 1974. Gradients of cation concentration in discolored and decayed wood of red maple. Canad. J. For. Res. 4 : 435-440.

**SAUVE M.A.** 1989. Le merisier. Brochure C.R.P.F. Poitou-Charentes, 34 pages.

**SHIGO A.L.** 1967. Succession of organisms in discoloration and decay of wood. Int. Rev. For. Res. 2, 237-299.

**SHIGO A.L.** 1972. Successions of micro-organisms and patterns of discoloration and decay after wounding in red oak and white oak. Phytopathology 62, 256-259.

**SHIGO A.L.** 1984 : Tree decay and pruning. Arboricultural journal, Vol.8, n<sup>o</sup> 1, 1-12.

**SHIGO A.L.** 1985. Les défenses des arbres. Pour la Science, juin 1986, 69-78.

**SHIGO A.L. , HILLIS W.E.** 1973. Heartwood, discolored wood, Land microorganisms in living trees. Ann. Rev. Phytopathol. 11. 197-222.

**SHIGO A.L. , MARX H.** 1977. CODIT : Compartmentalization of decay in trees. U.S. Dep. Agric. Inf. Bull.405.

**SHIGO A.L. , McGINNES Jr E.A. , FUNK D.T. , ROGERS N. 1979.** Internal defects associated with pruned and nonpruned branch stubs in black walnut. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-440.

**SHIGO A.L. , SHORTLE W. , GARRETT P.W. 1977a.** Compartmentalization of discolored and decayed wood associated with injection-type wounds in hybrid poplar. *Journal of Arboriculture*, 3 (6), 114-118.

**SHIGO A.L. , SHORTLE W. , GARRETT P.W. 1977b.** Genetic control suggested in compartmentalization of discolored wood associated with tree wounds. *Forest Science*, 23, 179-182.

**SHIGO A.L. , VOLBRECHT K. , HVASS N. 1987.** Biologie et soins de l'arbre. Ed. Sitas, Danemark, 137 pages.

**SHIGO A.L. , WILSON C.L. 1977.** Wound dressings on red maple and American elm : Effectiveness after five years. *J. Arboric.* 3, 81-87.

**SHIGO A.L. , WILSON C.L. 1982.** Wounds in peach trees. *Plant Dis.* 66, 895-897.

**SHORTLE W.C. , COWLING E.B. 1978.** Development of discoloration, decay and micro-organisms following wounding of sweetgum and yellow poplar trees. *Phytopathology*, 68, 609-16.

**SHORTLE W.C. , SHIGO A.L. 1973.** Concentrations of manganese and microorganisms in discolored and decayed wood in sugar maple. *Canad. J. For. Res.*, 3, 354-358.

**SHORTLE W.C. , SHIGO A.L. 1978.** Effect of plastic wrap on wound closure and internal compartmentalisation of discolored and decay wound in red maple. *Plant Disease Reporter*, 62, 992-1002.

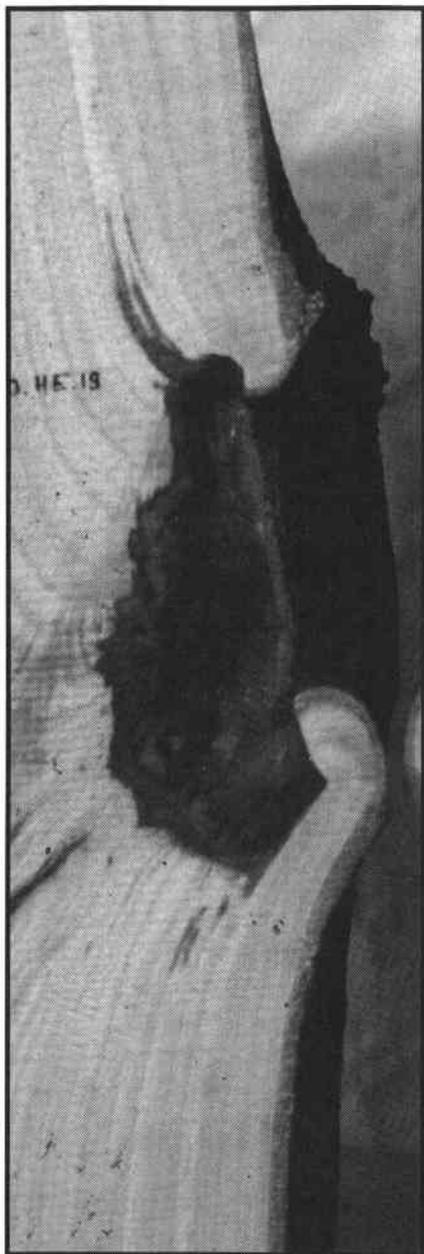
**VENET J. 1972.** Utilisation et sylviculture du hêtre. Cours. Nancy. E.N.G.R.E.F. 22 pages.

**VIENNOT-BOURGIN G. 1949.** Les champignons parasites des plantes cultivées. Masson, Paris.

**VOLKERT E.** 1953. Untersuchungen über das Verhalten von Astwunden nach Grünästung und natürlichen Astabfall bei Rotbuche. Forstwiss. Centralbl., 72 (3/4), 110-124.

**WINTERFELD K.** 1965. Kann die Grünästung der Rotbuche die Rohholzqualität verbessern ? Holz-Zentralbl., 82, 1115-1117.

## ANNEXES



- Fiche descriptive :  
élagage - risques phytosanitaires :  
le hêtre. 98
- Fiche descriptive :  
élagage - risques phytosanitaires :  
le chêne rouge. 99
- Produits de protection des plaies 100

FICHE DESCRIPTIVE, ELAGAGE-RISQUES PHYTOSANITAIRES

CARACTERISTIQUES GENERALES

- \* ESSENCE: HÊTRE DATE DE VISITE: 9/10/89
- \* LOCALISATION DU PEUPEMENT: F.D. d'ARRENTIÈRES (10), Parcelle 1  
DESIGNATION ABREGEE: F.A. AR. HÊ
- \* AGE: 25 SUPERFICIE: ..... DENSITE ACTUELLE: 1000/ha (5x2).....
- \* NOM DE L'AGENT: LASALLE ENF. BAR LAUBE (10), 25, 17, 10, 02

CARACTERISTIQUES DE L'ELAGAGE

- \* DATES: 1980 - 1984 - 1987 (débourrage)
- \* PERIODE: FÉVRIER - MARS
- \* DIAMETRE DES BRANCHES ELAGUEES: 2 à 3 cm (1980 - 1984) - 4 cm (1987)
- \* HAUTEUR MOYENNE D'ELAGAGE: 4,5 m
- \* PRESERVATION DU BOURRELET: oui - non (rez-tronc)
- \* MAINTIEN DE CHICOTS: oui - non Longueur: .....
- \* TYPE D'OUTIL UTILISE: Scie à chaîne Scie emmanchée
- \* QUALITE DU TRAVAIL: bonne
- \* PROTECTION DES PLAIES: oui - non Produit: .....
- \* CICATRISATION DES PLAIES: oui - non  
+ DELAI DE LA FERMETURE: en moyenne: 2 ans  
+ SYMPTOMES EXTERIEURS: aucun simultanément
- \* OBSERVATIONS EVENTUELLES: Très bonne cicatrisation des plaies.

NOMBRE D'ARBRES OBSERVES, D'ECHANTILLONS (\*), DE MISES EN CULTURE

- \* NOMBRE D'ARBRES OBSERVES SUR LE TERRAIN (aspect extérieur): 12
- \* NOMBRE D'ARBRES ABATTUS (pour coupe longitudinale): 2
- \* NOMBRE D'ECHANTILLONS PRELEVES (sur un ou plusieurs arbres abattus): 8
- \* CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEGATS INTERNES (coupe longitudinale):  
.. Zonas de coloration: ben localisées à la partie de la branche  
.. internes au tronc: parfois "filaments" descendants  
.. absence "visuelle" de pourriture
- \* NOMBRE D'ECHANTILLONS AYANT FAIT L'OBJET DE MISE EN CULTURE: 2
- \* NOMBRE DE MISES EN CULTURE: 5

(\*) un échantillon est une portion de bille comportant un ou plusieurs élagages et d'environ 40cm de longueur.

FICHE DESCRIPTIVE, ELAGAGE-RISQUES PHYTOSANITAIRES

CARACTERISTIQUES GENERALES

- \* ESSENCE: CHENE ROUGE..... DATE DE VISITE: 14/10/89.....
- \* LOCALISATION DU PEUPEMENT : Forêt de HEROUVILLE (27).....  
 ..... DESIGNATION ABREGEE: FHER CRG.....
- \* AGE: 11..... SUPERFICIE:..... DENSITE ACTUELLE:.....
- \* NOM DE L'AGENT : HADJET, CRPF NORMANDIE - 32 39 35 85.....

CARACTERISTIQUES DE L'ELAGAGE

- \* DATES : 1985.....
- \* PERIODE : FÉVRIER - MARS.....
- \* DIAMETRE DES BRANCHES ELAGUEES : 1,5 à 3 cm.....
- \* HAUTEUR MOYENNE D'ELAGAGE : 1 à 5 m.....
- \* PRESERVATION DU BOURRELET: oui - non (rez-tronc)
- \* MAINTIEN DE CHICOTS: oui - non . Longueur:.....
- \* TYPE D'OUTIL UTILISE : Acier, cr. manchettes.....
- \* QUALITE DU TRAVAIL : bonne.....
- \* PROTECTION DES PLAIES: oui - non . Produit:.....
- \* CICATRISATION DES PLAIES: oui - non  
 + DELAI DE LA FERMETURE : 2 ans en moyenne  
 + SYMPTOMES EXTERIEURS : pas de symptômes.....
- \* OBSERVATIONS EVENTUELLES : Bonne cicatrisation.....

NOMBRE D'ARBRES OBSERVES, D'ECHANTILLONS (\*), DE MISES EN CULTURE

- \* NOMBRE D'ARBRES OBSERVES SUR LE TERRAIN (aspect extérieur): 10.....
- \* NOMBRE D'ARBRES ABATTUS (pour coupe longitudinale): 2.....
- \* NOMBRE D'ECHANTILLONS PRELEVES (sur un ou plusieurs arbres abattus): 10
- \* CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEGATS INTERNES (coupe longitudinale):  
 ..... - d. 2 cm : infection, ni localisée, l'augmentation avec le diamètre  
 ..... - ø 5 cm : colonisation sous forme de colonies + traces de pourriture  
 ..... traces de xylodendron (?).....
- \* NOMBRE D'ECHANTILLONS AYANT FAIT L'OBJET DE MISE EN CULTURE : 3.....
- \* NOMBRE DE MISES EN CULTURE : 6.....

(\* ) un échantillon est une portion de bille comportant un ou plusieurs élagages et d'environ 40cm de longueur.

## Produits de protection des plaies

Outre la protection des plaies de taille et d'élagage, ces produits peuvent être utilisés pour le traitement curatif des chancres et la désinfection et la cicatrisation de blessures et plaies diverses.

Le **DRAWIPAS** (BASF) est un baume cicatrisant et fongicide qui s'applique facilement au pinceau. Composé d'une dispersion plastique spéciale et de deux matières actives fongicides (thiabendazole 1% et captafol 2,8%), il forme une barrière physique et chimique persistante contre l'humidité, le gel et surtout vis à vis des champignons pathogènes tout en assurant une cicatrisation ; en outre, il ne se décolle pas, ni ne se fendille. Des essais réalisés contre l'agent du chancre coloré du platane (Grosclaude et Olivier, 1987) ont montré une certaine efficacité de ce produit.

Le **QUINO-CHANCRE** (la Quinoléine) est un produit fongicide et cicatrisant qui renferme 6% d'oxyquinoléate de cuivre (propriétés curatives, éradicantes et cicatrisantes). Facile d'emploi, il se présente sous forme de badigeon semi-liquide ayant la consistance d'une peinture spécialement étudiée pour l'application au pinceau . Le produit reste souple et adhérent malgré les intempéries.

Le **BAYLETON PATE** (Bayer France) se présente sous la forme d'un liquide pâteux à base de triadiméfon (22,3 g/l) appliqué par badigeonnage.

**Le KANKERTOX 3** (Ciba-Geigy) sous forme de badigeon contient de l'oxyde mercurique (3%). Sa toxicité élevée pour l'homme (tableau 1) et , de ce fait, les précautions à prendre pour les manipuler entraînent un usage limité de ce produit (le SANTAR de Sandoz de même composition a été supprimé en 1989).

**Le CICATAL BAUME** (Rhodic) contient 23,8 g de cuivre par litre (effet fongicide et bactéricide). Il protège la plaie et le bois contre les intempéries et empêche la pénétration de l'eau sans empêcher l'évapotranspiration, la respiration et la formation du bourrelet cicatriciel grâce aux caractéristiques physico-chimiques du film souple et semi-perméable mis en place. Il s'étale uniformément, non dilué à l'aide d'un pinceau sur la plaie et sa couleur a été étudiée de façon à s'harmoniser avec l'ensemble des écorces.

**Le MASTIC FLUIDE ANTICHANCRE GT** (Truffaut) est un badigeon fluide à base d'oxychlorure de cuivre (5%).

Cette liste française établie en 1989 n'est pas exhaustive.



---

## CRÉDIT PHOTOGRAPHIQUE

---

Photos p.4, 8, 11, 17, 33, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 77 et 97 :  
**Alain Soutrenon, CEMAGREF - Groupement de Grenoble.**

Photo p.6 : **Christian Ginisty, CEMAGREF - Groupement de  
Nogent-sur-Vernisson.**





**ISBN 2-85362-241-X**  
Editions CEMAGREF-DICOVA

**Prix : 120F TTC**