

ALTÉRATIONS DU BOIS PROVOQUÉES PAR LES SONDAGES A LA TARIÈRE. LEUR CONTROLE

F. THIERCELIN, Marie-France ARNOULD*, F. MANGENOT* et H. POLGE

*Station de Recherches sur la Qualité des Bois,
Centre national de Recherches forestières, I. N. R. A.,
Champenoux, 54-Einville*

** Laboratoire de Botanique,
Faculté des Sciences, 54 - Nancy*

RÉSUMÉ

Pour éviter les dégâts occasionnés principalement par l'entraînement en profondeur avec la tarière des champignons et des bactéries présents au niveau de l'écorce, l'action antiseptique de cinq substances différentes : dithane, kankertox, quinochancere, trichlorophénate de zinc et merseptyl, introduites dans les trous de sondage, a été étudiée sur 176 hêtres.

Les trous, profonds de 9 cm, furent remplis, soit par injection du produit mélangé à de la lanoline, soit par une cheville de bois enduite du même mélange. Effectués en sève et hors sève, ces traitements comportaient par modalité 12 répétitions.

Sur les arbres exploités un an et deux ans après sondage, on procéda à un essai de résistance au choc, à la mesure des surfaces d'altérations colorées, à la détermination des champignons et au calcul du taux de contamination.

Les analyses de variance et les comparaisons de moyennes ne montrent, pour la résistance mécanique, aucun effet des traitements, ni de la cheville; par contre, elles mettent en évidence un effet significatif de l'époque de traitement, la perte de résistance étant plus importante pour les sondages effectués en sève; on peut remarquer que ces dégâts régressent au bout de deux saisons de végétation.

Pour le taux de contamination, ces mêmes analyses montrent que la cheville n'agit pas, mais qu'au contraire, le nombre des champignons subit une forte influence de l'époque de traitement et de l'année d'abattage.

Pour la surface de coloration, il y a de nettes différences entre les produits. Les sondages en sève entraînent également une surface de décoloration beaucoup plus faible; quant aux influences de l'année et de la cheville, elles ne sont pas significativement décelables.

Les traitements avec les deux produits antiseptiques contenant des sels de mercure : kankertox et merseptyl, apparaissent particulièrement efficaces lorsque les dégâts sont appréciés par la résistance au choc et par le taux de contamination.

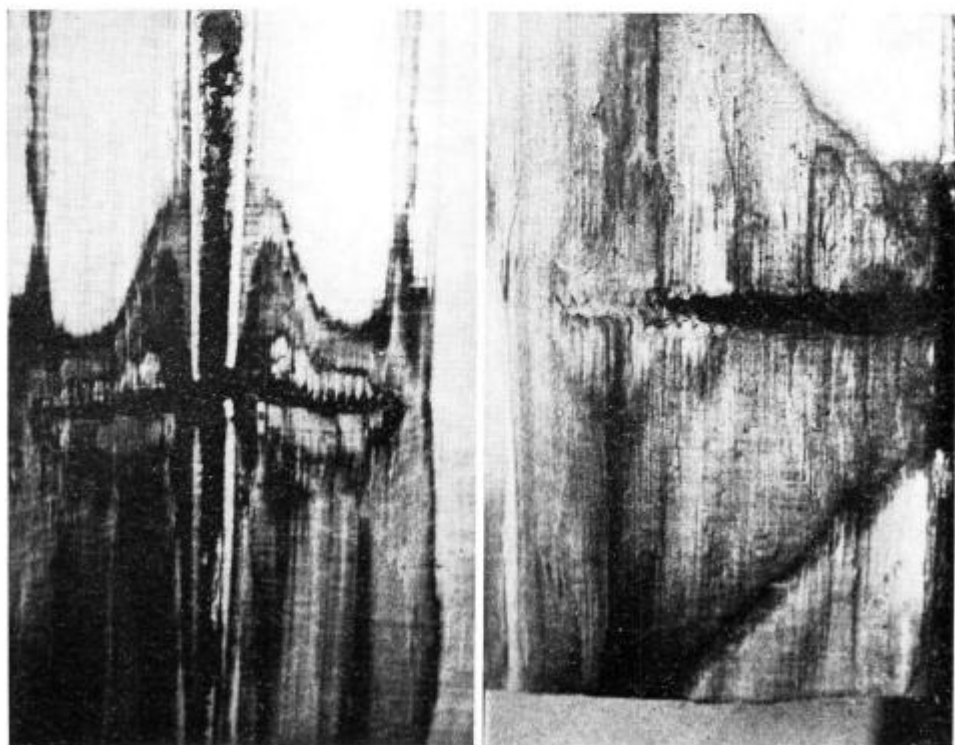
Les sondages à la tarière sont de plus en plus utilisés dans la pratique forestière courante, qu'il s'agisse de procéder à des inventaires par échantillonnage en vue de connaître la disponibilité en produits forestiers à l'échelle d'une nation, ou de déterminer seulement la production d'un massif forestier dans le cadre de travaux d'aménagement.

Outre ces utilisations que l'on peut qualifier de « classiques », les prélèvements opérés à l'aide d'une tarière dans des arbres vivants sont, depuis maintenant une dizaine d'années, employés comme échantillons non destructifs en vue des études sur la qualité du bois.

La densité globale a été la première caractéristique technologique obtenue avec de tels sondages (MITCHELL et WHEELER, 1959), mais ils servent maintenant à de nombreuses autres déterminations : dureté des arbres sur pied et rétractibilité (POLGE, 1963a), variations internes de la densité (POLGE, 1963b), rendement en fibres (POLGE, 1963a) et longueur de fibres (POLGE, 1967).

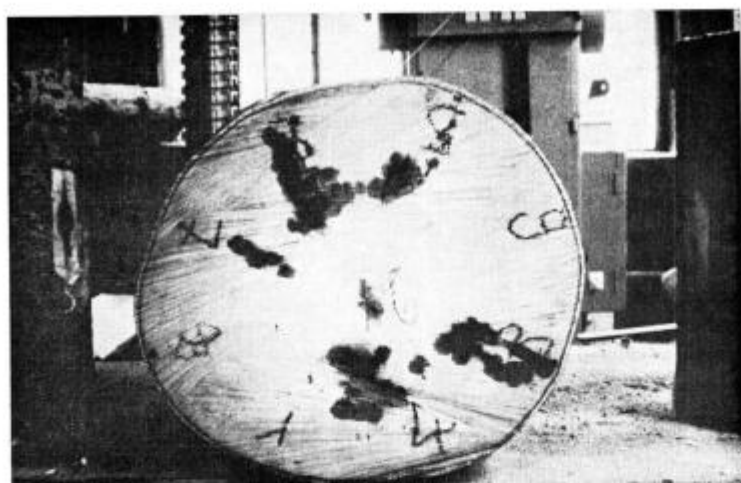
Or, il semble qu'à de rares exceptions près, les divers utilisateurs de ces sondages ne soient guère soucieux des dégâts qu'ils étaient susceptibles d'occasionner aux arbres qui en sont l'objet. Ceux-ci sont cependant, chez certaines essences tout au moins, extrêmement importants et risquent d'entraîner une dépréciation d'autant plus considérable du bois qu'ils sont en général réalisés à hauteur d'homme, c'est-à-dire dans la partie la plus précieuse de la bille de pied.

La figure 1 représente des photographies de dégâts causés au bout d'un an seulement par des prélèvements effectués dans des hêtres de la forêt de Haye; elle doit suffire à montrer l'incidence économique possible de tels sondages, et ce d'autant que chez cette essence, ce genre d'altération se produit de façon à peu près systématique.



a

b



c

FIG. 1. — a et b : Débit longitudinal radial passant par l'axe du trou de tarière
c : Découpe transversale à 20 cm au-dessus des trous de tarière (traitements divers)

FIG. 1. — a and b : Longitudinal radial section by the borer hole
c : Transversal section at 20 cm overhead borer holes (various treatments)

1. — REVUE DE LITTÉRATURE

Avant de rendre compte des tentatives faites et des résultats obtenus en la matière, il est nécessaire d'exposer rapidement les résultats d'un certain nombre d'expériences étrangères consacrées aux problèmes des dégâts de tarière.

La première étude relativement complète des dégâts de tarière semble être celle de LORENZ (1944); elle a porté sur quatre essences américaines : *Tilia americana*, *Acer Saccharum*, *Betula lutea* et *Betula papyrifera*.

Tous les prélèvements ont été effectués en temps de sève et diverses modalités de traitement ont été essayées par désinfection avec de l'alcool à 70°, soit de la tarière seule, soit de la tarière et du trou de sondage, soit encore de la tarière, du trou de sondage et de la cheville de bois utilisée pour obturer ce dernier.

Aucun des arbres du dispositif ne s'est avéré indemne mais, en l'absence d'étude cryptogamique approfondie, il n'était pas possible de savoir si les changements de couleur observés dans le bois étaient, ou non, d'origine pathologique.

Ultérieurement, HEPTING, ROTH et BAILEY SLEETH (1949) se sont à nouveau attaqués aux problèmes des dégâts de tarière et ont essayé un traitement à l'alcool à 95° sur 10 essences feuillues (dont *Fagus grandifolia*) et 3 résineuses (*Pinus rigida*, *Pinus echinata*, *Pinus strobus*); des changements de couleur du bois et des pourritures sont apparus au voisinage des trous de sondage pour toutes ces espèces; les trois Pins étant cependant beaucoup moins atteints que les feuillues, la désinfection à l'alcool s'est avérée inefficace; les dommages ont été plus importants chez les feuillues à pores diffus que chez ceux à zones poreuses.

TOOLE et GAMMAGE (1959) ont procédé à une étude beaucoup plus complète portant sur

10 arbres des espèces suivantes et sur 4 carottes par arbre : *Populus deltoïdes*, *Quercus nuttalli*, *Liquidambar styraci-flua*, *Celtis laevigata*, *Fraxinus pennsylvanica*.

Des prélèvements ont été faits en sève et hors sève, mais sans qu'il soit procédé à des essais de traitement; cette expérience a cependant montré qu'il y avait, au point de vue des dommages occasionnés, des différences significatives entre espèces et également entre saisons de végétation.

En Europe, SCHOPFER (1961) a rendu compte des dommages importants occasionnés par les sondages à la tarière dans les Epicéas; il a notamment montré que la surface absolue des altérations était plus élevée chez les arbres dominants que chez les dominés, et que l'inverse était vrai en valeur relative; dans l'expérience dont il fait état, le pourcentage d'arbres dans lesquels des dégâts ont été constatés varie de 86 à 92 % suivant l'importance du houppier, mais aucune indication n'est donnée en ce qui concerne l'efficacité du traitement proposé (cire antiséptique injectée sous pression).

KLEPAC (1962) a mentionné des dégâts importants sur le Chêne pédonculé et préconisé la fermeture des trous de sondage par des tampons de cire à greffer contenant des substances fongicides et insecticides mis en place à l'aide d'un revolver spécial; malheureusement, là non plus, aucun renseignement n'est fourni sur l'efficacité du traitement proposé.

SHIGO et LAING (1970) ont constaté qu'un traitement au paraformaldéhyde des trous effectués dans l'érable à sucre — pour la collecte de la sève — entraîne des décolorations et sensibilise ultérieurement l'arbre aux attaques des microorganismes, probablement en provoquant une nécrose des tissus.

2. — PREMIERS ESSAIS ENTREPRIS PAR LA STATION DE RECHERCHES SUR LA QUALITÉ DES BOIS

Plusieurs expériences successives ont été mises sur pied dans le nord-est de la France pour étudier les problèmes des dégâts de tarière; toutes concernaient le Hêtre; les premières ont abouti à des échecs, mais il peut être utile de les évoquer cependant de façon succincte car un certain nombre de leçons en ont été tirées qui ont pu être mises à profit lors des essais ultérieurs.

La première tentative, qui remontait à 1962, reposait sur l'idée assez simpliste que les altérations cryptogamiques constatées au voisinage des trous de sondage étaient dues à la pénétration, par le canal ainsi créé, des spores de champignons en suspension dans l'air. Le traitement essayé consistait donc uniquement à obturer les orifices correspondants avec du mastic à greffer. Les dégâts sur les arbres traités s'avèrentent tout aussi graves que chez les témoins car, on le sait maintenant, des spores se trouvent en permanence sur l'écorce et sont entraînés par la tarière à l'intérieur du bois.

A la suite de ces observations, une autre expérience fut entreprise, dans laquelle l'écorce elle-même et la tarière furent désinfectées à l'alcool absolu; le résultat fut encore très décevant car, non seulement les dégâts ne furent pas totalement supprimés, mais encore l'alcool absolu, qui est un puissant déshydratant, tua les cellules de l'assise génératrice sur une assez grande surface, de sorte que le recouvrement des trous de sondage fut considérablement plus long à se produire que sur les témoins.

D'autres traitements furent alors essayés, en utilisant notamment de l'acide indol-

butyrique à deux concentrations différentes dans l'espoir que cette hormone de croissance pourrait accélérer la formation du cal de cicatrisation; tel n'a pas paru être le cas, mais ces deux traitements ont entraîné une réduction significative de la zone où la coloration du bois se trouve altérée par le sondage.

Aucun des traitements précédemment essayés n'ayant donné pleine satisfaction, une nouvelle expérience beaucoup plus complète fut entreprise en forêt d'Épinal en collaboration entre la Station de Recherches sur la Qualité des Bois du C. N. R. F. et le Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Nancy.

3. — EXPÉRIENCE D'ÉPINAL

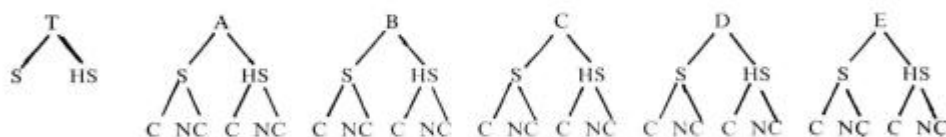
3.1. — Matériel et Méthode

Une fois encore, le Hêtre a été retenu pour cette étude, car c'est, parmi les essences forestières indigènes, feuillues ou résineuses, l'une des plus sensibles aux altérations cryptogamiques et il y a toutes chances pour que les traitements reconnus efficaces sur une espèce aussi vulnérable de ce point de vue le soient également sur toutes les autres.

264 arbres de 50 ans environ ont été sondés à hauteur d'homme avec une tarière de 5 mm; tous les sondages ont été réalisés sur une profondeur exacte de 9 cm, la moitié hors sève (référence HS) au cours de l'hiver 1966-1967, l'autre moitié en période de sève (référence S) au mois de juillet 1967.

Dans chacune de ces deux catégories, 5 traitements (référence A à E) ont été essayés suivant à nouveau deux modalités différentes, selon qu'une cheville de bois de 8 mm de diamètre était (référence C) ou n'était pas (référence NC) utilisée pour obturer le trou de sondage. Des témoins (référence T) ont été incorporés dans le dispositif; ils correspondaient naturellement à des arbres pour lesquels les trous de sondage, réalisés les uns en sève, les autres hors sève, avaient été laissés béants, sans qu'aucun traitement n'eût été appliqué.

Sur ces bases, chaque répétition de l'expérience comprenait 22 arbres se répartissant comme suit :



Il y avait au total 12 répétitions formant, au point de vue de l'analyse des résultats, trois sous-ensembles affectés aux études des dégâts prévus au terme des première, deuxième et quatrième saisons de végétation après les sondages. Les 264 arbres de l'expérience ayant été repérés et numérotés en une suite continue et chaque modalité d'un même traitement se retrouvant tous les n fois 22 arbres, la répartition peut être considérée comme ayant été faite au hasard.

Les produits antiseptiques utilisés au titre des divers traitements ont été les suivants :

Traitement A : Merseptyl (Ethylmercurithiosalicylate de Sodium) dilué au 1/1000^e dans de la lanoline.

Traitement B : Kankertox.

Il s'agit d'une préparation commerciale contenant 2,7 % de mercure sous forme d'oxyde mercurique, 5,2 % de cuivre sous forme d'oxydure de cuivre, 4,8 % de zinc sous forme d'oxyde de zinc, 15,2 % de fer sous forme d'oxyde ferrique, qui a été mélangée à 75 % de lanoline.

Traitement C : Dithane - M 45 (Mancozèbe à 80 % de matières actives) dilué au 1/1000^e dans de la lanoline.

Traitement D : Quinochancr.

C'est une préparation commerciale comprenant 6 % de matières actives sous forme d'hydroxyquinoléate de cuivre qui a été mélangée à 50 % de lanoline.

Traitement E : Trichlorophénate de zinc obtenu par double décomposition : 2 parties de trichlorophénate de sodium, 1 partie de sulfate de zinc, mélangées en raison de 4 parties pour 1 000 à de la lanoline.

L'application a été faite comme suit :

— pour les arbres non chevillés, les produits ont été injectés à l'aide d'un graisseur modifié en commençant par le fond du trou de tarière afin d'éviter les poches d'air; chaque trou a été rebouché au niveau de l'écorce par du mastic à greffer;

— pour les arbres chevillés, chaque cheville a été enduite du produit de traitement, enfoncée au marteau, sciée au ras de l'écorce, et l'orifice a été recouvert de mastic à greffer.

44 arbres sondés hors sève ont été abattus en novembre 1967 et 44 autres sondés en sève l'ont été en février 1968 pour étude des dégâts au terme de la première année.

Un nombre identique a été exploité un an environ plus tard (décembre 1968 pour les arbres HS et mars 1969 pour les arbres S) pour suivre l'évolution des dommages après une saison de végétation supplémentaire. Les 88 derniers ont été abattus au cours de l'hiver 1970-1971.

L'importance des dégâts a été chiffrée de trois façons différentes :

— diminution de la résistance au choc,

— taux de contamination établi par dénombrement des champignons et des bactéries présents dans le bois,

— mesure de la surface où une décoloration du bois a été observée.

Pour procéder à ces déterminations, un billon de 60 cm de longueur, centré sur le trou de sondage, a été prélevé dans chacun des arbres abattus, puis débité suivant le schéma de la figure 2.

Echelle : $\text{---} = 1 \text{ cm}$

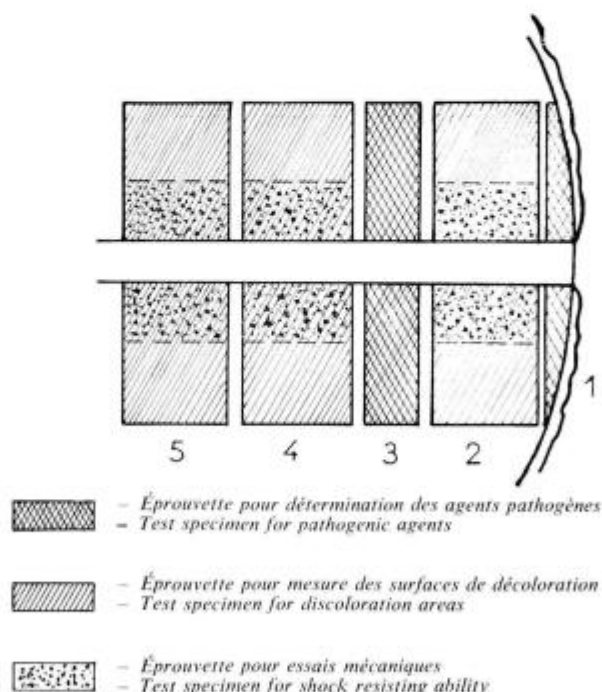


FIG. 2. — Schéma de situation des différentes éprouvettes

FIG. 2. — Diagrammatic sketch of samples position

On voit qu'ont été découpées, en position 1 et 3, successivement une dosse et une plaquette de 1 cm d'épaisseur pour détermination des agents d'altération, en position 2, 4 et 5, trois éprouvettes de 2 cm d'épaisseur pour étude des décolorations; ce sont ces dernières qui ont vu par la suite leurs

dimensions tangentielles ramenées de 6 cm à 3 cm et leur longueur abaissée de 60 à 30 cm pour les essais de résistance au choc.

La méthodologie suivante a été appliquée pour ces diverses déterminations :

3.11. Détermination des agents d'altération.

3.11.1. Prélèvement des échantillons (figure 3).

Les plaquettes sont d'abord découpées à la scie transversalement et au niveau du trou de sondage, puis chaque moitié est fendue dans toute sa longueur à l'aide d'un burin flambé. Les prélèvements

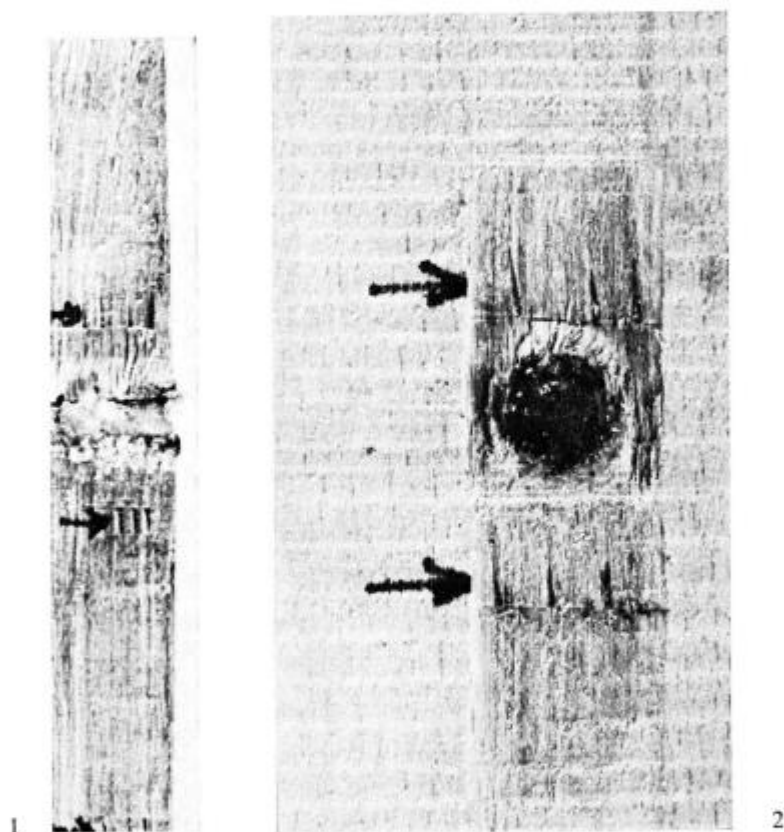


FIG. 3. — Schéma montrant les modalités des prélèvements d'inoculum

FIG. 3. — Diagram showing modalities of plating out

- 1 : sur éprouvette on parallelepipedic sample
2 : sur dosse on slab

sont effectués le long des deux lèvres de ces fentes en des emplacements déterminés par les altérations apparentes du bois. Ceci nous a conduit à reconnaître cinq zones dans chaque plaquette, à savoir :

- une zone P comprenant les 2-4 cm entourant le trou de sondage et correspondant à la région la plus colorée,
- deux zones O et O' s'étendant jusqu'à une dizaine de cm, l'une au-dessus, l'autre au-dessous du trou, dans un bois de teinte souvent plus claire,
- deux zones M et M' situées au-delà des précédentes jusqu'à la marge des lésions (figure 4).

Les zones choisies pour les prélèvements sont alors désinfectées à l'alcool à 96 % puis on en détache, à l'aide d'un ciseau à bois flambé, un fin copeau que l'on rejette pour éliminer les contaminants superficiels. On prélève ensuite, dans chaque zone, 3 ou 5 fragments de bois de 3-5 mm de long sur 0,5-1 mm de diamètre.

Chaque fragment est placé aussitôt dans une boîte de Pétri stérile et recouvert d'un disque de 13 mm de diamètre découpé dans une plaque épaisse (8-10 mm) de gélose au malt (Extrait de malt : 1,5 %; gélose : 1,5 %).

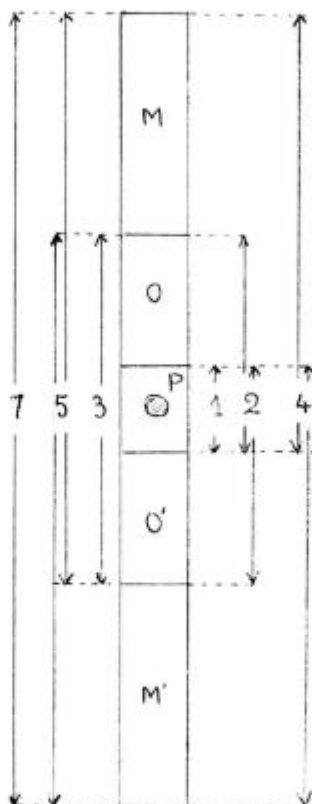


FIG. 4. — Zones de prélèvement et coefficients d'expansion des champignons

FIG. 4. — Peeling areas and expansion factor of fungi

Les dosses ne sont ni découpées ni fendues, les prélèvements étant effectués dans le bois, du côté opposé à l'écorce et avec les mêmes précautions d'asepsie que dans le cas des plaquettes.

3.112. Appréciation des résultats.

Les boîtes de culture sont examinées après 1, 2 et 4 semaines. Les champignons qui s'y développent sont isolés et repiqués sur gélose au malt pour identification. Au cours de nos premiers travaux, nous avons observé un important développement bactérien sur certains échantillons, mais les bactéries n'ont pas été recherchées méthodiquement (hiver-printemps 1967-1968).

Lors de la deuxième série d'analyse (hiver-printemps 1968-1969), tout fragment ne montrant pas de bactéries par simple examen de la boîte de Pétri le renfermant était repris et transféré dans un tube de milieu liquide suivant les recommandations de ETHERIDGE et MORIN (1967). Le milieu employé est le suivant :

Glucose : 5 g; peptone : 10 g; extrait de levure DIFCO : 3 g; eau qsp. 1 000 ml.

La lecture est faite après 3 jours d'incubation à 25° C.

Les résultats sont obtenus en additionnant les chiffres trouvés pour la dosse et la plaquette de chaque répétition. Ils indiquent :

- le taux d'infection T exprimé par le pourcentage de fragments fournissant au moins un organisme contaminant, bactérie ou champignon,
- le pourcentage de bactéries B,
- le pourcentage de champignons C.

3.113. *Étude de la microflore fongique.*

On pourrait évaluer la répartition des champignons par le simple critère de présence-absence dans chaque arbre. Nous avons préféré donner à cette étude un caractère plus quantitatif fondé sur l'expansion de chaque espèce dans le bois des différents arbres étudiés. Nous pouvons supposer, en effet, que l'importance d'un champignon présent jusqu'aux extrémités de la lésion est supérieure à celle d'un contaminant qui en 1 ou 2 ans n'a pas dépassé la région immédiatement voisine du trou.

Nous sommes amenés, ainsi, à définir conventionnellement un coefficient d'expansion dont les valeurs sont les suivantes :

- Espèce présente dans les zones M et M' = 7;
- Espèce présente dans les zones M et O' ou M' et O = 5;
- Espèce présente dans la zone M ou M' = 4;
- Espèce présente dans les zones O et O' = 3;
- Espèce présente dans la zone O ou O' = 2;
- Espèce présente dans la zone P = 1.

Ces coefficients ont été utilisés pour l'analyse statistique des relations de sociabilité entre espèces et pour celle des relations entre présence des champignons et altérations du bois.

3.12. *Surface de décoloration.*

On a mesuré, au millimètre près, sur la face extérieure de chacune des éprouvettes 2, 4 et 5, la largeur au niveau du trou de sondage, la demi-longueur inférieure et la demi-longueur supérieure de la partie où un changement de couleur était apparent. On a calculé la surface correspondante en assimilant à des triangles les zones en cause; dans les cas assez rares où celles-ci dépassaient la longueur de l'éprouvette, on a pris arbitrairement comme surface de décoloration le produit de la largeur par la demi-longueur intéressée (au lieu du demi-produit); les calculs ont porté sur la somme des zones décolorées sur les trois éprouvettes, exprimée en mm².

3.13. *Résistance au choc.*

En raison de la grande variabilité individuelle des divers éléments de la structure du bois et, par voie de conséquence, des critères de résistance mécanique, on a pensé obtenir une meilleure appréciation des effets des sondages en analysant, non pas la résistance au choc des éprouvettes tirées des arbres traités ou témoins, mais la différence entre celle-ci et celle d'éprouvettes saines façonnées dans les mêmes arbres.

A cet effet, un billon de 30 cm de longueur a été découpé immédiatement au-dessous de celui débité de part et d'autre du trou de sondage. Un prélèvement de 9 cm de profondeur a été réalisé en son milieu sur la même génératrice que le sondage initial, puis trois éprouvettes de 3 cm dans le sens tangentiel et de 2 cm dans le sens radial ont été confectionnées à des emplacements analogues aux positions 2, 4 et 5 précédemment décrites.

Les éprouvettes des billons traités ou témoins et celles des billons sains ont été conditionnées au même taux d'humidité de 10 % dans une étuve hygrométrique.

Les essais de résistance au choc ont été faits en utilisant un mouton-pendule de 10 kg tombant d'une hauteur de 1 mètre, l'impact se faisant sur la face tangentielle qui correspondait à la dimension de 3 cm.

Il est arrivé parfois, lorsque le débit n'avait pas pu être fait bien parallèlement à l'axe du sondage, que, pour l'éprouvette en position 5 en particulier, le trou correspondant se trouve en lisière, ou même à l'extérieur de celle-ci; de telles éprouvettes ont été éliminées, de même d'ailleurs que celles qui renfermaient des anomalies de structure, et notamment des nœuds.

On a calculé la valeur moyenne de la résistance au choc des diverses éprouvettes retenues pour les billons sains, d'une part, traités ou témoins, d'autre part, et les calculs ont porté sur les différences algébriques des valeurs ainsi trouvées, exprimées en g. m.

3.2. — *Résultats*

L'étude statistique a été faite, d'une part, par analyse de variance (il s'agissait dans le

cas particulier d'un dispositif non orthogonal), d'autre part, à l'aide de tests de comparaison de moyennes.

Dans les analyses de variance, ont été séparés les effets, d'une part du traitement, spécialement étudiés au paragraphe correspondant, d'autre part des autres sources voulues de variations et de l'erreur expérimentale.

3.21. Résistance au choc.

Nous avons tout d'abord cherché à vérifier s'il était préférable de faire porter l'analyse sur la résistance propre des billons traités ou témoins, ou sur la différence entre celle-ci et la résistance du billon sain correspondant.

A cette fin, a été étudiée la régression, pour l'ensemble des arbres du dispositif, de la résistance des billons traités sur celle des billons sains.

Le coefficient de corrélation trouvé se chiffre à 0,367, c'est-à-dire qu'il est significatif au seuil de 1 %, l'expérience ayant porté sur 176 paires de mesures.

Les valeurs moyennes de résistance, qui se chiffrent à 6 559 g.m. pour les billons sains, tombent à 6 233 pour les billons traités ou témoins et l'équation de la droite de régression est :

$$\text{Traités} = 3\,660 + 0,386 \text{ Sains.}$$

Cette étude préliminaire ayant confirmé l'influence de la résistance du billon sain sur celle du billon traité, la suite des analyses a été faite sur la différence entre la résistance du billon sain et celle du billon traité ou du témoin correspondant.

3.211. Effets du traitement.

Dans les diverses analyses qui suivront, les lettres A, B, C, D et E correspondent aux cinq produits antiseptiques décrits au paragraphe 31, et la lettre T se réfère aux arbres témoins, c'est-à-dire à ceux où les trous de tarière ont été laissés ouverts, sans qu'aucun traitement ne leur soit appliqué.

TABLEAU I

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « traitement »	6 966 228	5	1 393 245	0.60ns
Autres facteurs	71 554 896	3	23 851 628	
Erreur	387 371 200	167	2 319 588	
Totale	465 892 352	175		

Comparaison de moyennes :

+ 165	+ 238	+ 440	+ 452	+ 657	+ 724	
B	E	A	D	T	C	1 % et 5 %

Source de variation = Source of variation

Somme des carrés = Sum of square

D.D.L. = Degree of freedom

Carré moyen = Mean square

F = Variance ratio

Facteur « traitement » = Factor « treatment »

Autres facteurs = Other factors

Erreur = Error

Totale = Total

Comparaison de moyennes = Means comparison

The mean values within brackets are not significantly different from each other.

Il n'existe de différence significative, ni dans l'ensemble des traitements, ni dans la comparaison entre deux quelconques d'entre eux pris isolément.

3.212. Effets de la cheville.

TABLEAU 2

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « cheville »	3 116 151	1	3 116 151	1,34 _{ns}
Autres facteurs	75 404 976	7	10 772 138	
Erreur	387 371 200	167	2 319 588	
Totale	465 892 352	175		

Comparaison de moyennes :

+ 274	+ 554	
Chevillé	Non chevillé	1 % et 5 %

Facteur « cheville » = Factor « plug »

Chevillé = Plugged

Non chevillé = Unplugged

La cheville n'exerce aucune différence significative, quel que soit le niveau de l'analyse.

3.213. Effets de la sève.

TABLEAU 3

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « sève »	17 774 296	1	17 774 296	7,66**
Autres facteurs	60 746 832	7	8 678 118	
Erreur	387 371 200	167	2 319 588	
Totale	465 892 352	175		

Comparaison de moyennes :

+ 109	+ 745	
Hors sève	Sève	1 % et 5 %

Facteur « sève » = Factor « sap »

Hors sève = During dormancy

Sève = During growth

L'époque du sondage exerce une influence très significative, les dommages étant beaucoup plus importants pour les prélèvements effectués durant la période de végétation.

3.214. *Effets de l'année.*

TABLEAU 4

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « année »	49 276 336	1	49 276 336	21.24**
Autres facteurs	29 244 792	7	4 177 827	
Erreur	387 371 200	167	2 319 588	
Totale	465 892 352	175		

Comparaison de moyennes :

— 102	+ 956	
2 ^e année	1 ^{re} année	
_____	_____	1 % et 5 %

Facteur « année » = Factor « year »

2^e année = 2nd year

1^{re} année = 1st year

Les dégâts sont très significativement moins importants à la fin de la 2^e année qu'au terme de la 1^{re} année après les sondages; c'est là un résultat tout à fait inattendu auquel il sera tenté de donner une explication plus loin.

3.22. *Taux de contamination.*3.221. *Analyse des populations.*

Le nombre des échantillons ensemencés (E), le taux de contamination (T) et les pourcentages de bactéries (B) et de champignons (C) pour la somme des arbres de chaque traitement sont indiqués dans le tableau 5.

Comme la cheville n'exerce pas d'effet significatif sur les résultats, les données fournies par les répétitions C et NC ont été cumulées.

Une soixantaine d'espèces de champignons ont été isolées, mais beaucoup d'entre elles apparaissent avec une fréquence faible et, semble-t-il, au hasard: c'est le cas notamment de *Gliocladium* sp., *Chrysosporium merdarium* (Link) Carmichael, *C. pannorum* (Link) Hughes, *Verticillium albo-atrum* R et B, *Botrytis cinerea* Pers., *Cylindrocarpon magnusianum* (Sacc.) Wr., *Aureobasidium pullulans* (De By) Arnaud, *Rhinocladiella* sp., etc.

Nous avons choisi 18 espèces ou groupes d'espèces dont la répartition et les corrélations avec les données technologiques ont été étudiées statistiquement en utilisant les coefficients d'expansion définis lors de l'exposé de nos méthodes. Ici encore les résultats des traitements C et NC sont cumulés.

La répartition de ces 18 groupes en fonction des traitements est résumée dans le tableau 6 qui appelle les commentaires suivants :

TABLEAU 5

Taux de contamination et répartition des microorganismes suivant les traitements
Infection rate and pathogens distribution with treatments

Traitement		T		A		B		C		D		E	
Année		67/68	68/69	67/68	68/69	67/68	68/69	67/68	68/69	67/68	68/69	67/68	68/69
HS C	E			111	102	135	105	108	102	114	99	89	89
	T			11	43	26	29	12	68	25	59	25	65
	B			2	41	1	27	3	68	0	56	4	63
	C			10	5	26	3	9	0	25	16	24	10
HS NC	E	114	117	108	108	113	111	117	108	104	105	93	81
	T	46	65	18	46	12	20	19	80	23	47	27	57
	B	6	65	0	44	1	17	0	76	2	46	0	56
	C	46	25	18	5	11	5	19	21	21	16	27	5
S C	E			75	75	71	84	84	84	112	90	69	88
	T			7	38	42	25	31	53	73	71	72	79
	B			7	38	18	23	25	51	31	67	59	75
	C			0	2	33	6	26	18	59	17	32	51
S NC	E	75	118	84	72	75	93	66	81	98	95	89	93
	T	72	62	1	4	10	12	50	60	85	63	61	49
	B	5	58	0	4	1	10	20	60	65	59	41	44
	C	67	40	1	3	10	3	42	26	55	23	33	23

Traitement *treatment*

Année *year*

HS : hors sève = *during dormancy* S : sève = *during growth*

C : chevillé = *plugged* NC : non chevillé = *unplugged*

E : nombre d'échantillons analysés = *numbers of samples*

T : taux de contamination = *infection rate*

B : nombre d'échantillons contenant des bactéries = *number of samples with bacterial growth*

C : nombre d'échantillons contenant des champignons = *number of samples infected by at least one fungus*

Chaque ligne correspond à une espèce ou à un groupe d'espèces, à savoir :

A = Basidiomycètes agents de pourriture blanche reconnue en culture pure sur sciure de hêtre.

B = Basidiomycètes ne décolorant pas la sciure.

C = *Ascocoryne sarcoïdes*.

D = Forme conidienne *Nodulisporium* se rattachant très probablement à *Hypoxylon fragiforme* (Pers. ex Fries) Kickx.

E = Forme conidienne de *Mollisia cinerella* (cf. LE GAL et MANGENOT, 1960). Cette forme est très voisine de *Phialophora melinii* avec qui elle a probablement été souvent confondue. Elle s'en distingue cependant par la forme des phialides et des conidies.

F = L'ensemble des Mucorales parmi lesquelles : *Mucor globosus* Fischer, *M. plumbeus* Bon., *M. jensseni* Lendner, *M. bacilliformis* Hesseltnine.

G = *Acremonium butyri* Van Beyma. C'est l'*Acrostalagmus* H. de MANGENOT (1952), forme conidienne de *Nectria viridescens*¹.

H = Forme *Cephalosporium* hyaline.

I = Forme *Cephalosporium* pigmentée de rouge.

J = *Penicillium* spp.

K = *Trichoderma* spp.

L = Forme *Phialophora* se rattachant peut-être à un *Ascocoryne*¹.

M = Forme *Phialophora* à phialides rudimentaires.

N = L'ensemble des trois espèces : *Phialophora fastigiata* (Lagerb. et Melin) Conant, *P. melinii* (Nannf.) Conant, *P. obscura* (Nannf.) Conant.

O = *Graphium* sp.

P = *Phoma* sp.

Q = L'ensemble des mycéliums fuligineux stériles.

R = L'ensemble des mycéliums hyalins ou vivement colorés et stériles, à l'exclusion de ceux présentant des anses d'anastomose (Basidiomycètes).

Chaque colonne correspond à un traitement hors sève (HS) ou en sève (S) ou aux témoins. Elle correspond à la somme des données de huit répétitions. Dans chaque colonne, le chiffre de gauche indique le nombre d'arbres chez lesquels l'espèce considérée a été rencontrée dans la plaquette; le second chiffre est le coefficient d'expansion dans cette plaquette (moyenne des arbres contaminés). Le troisième chiffre (précédé d'un *) indique le nombre d'arbres où le champignon a été rencontré uniquement au niveau de la dosse. Le coefficient d'expansion n'est pas indiqué ici et le plus souvent est égal à 1.

De nombreuses études ont été consacrées à la flore fongique des altérations internes des arbres vivants, qu'elles fassent suite à une pourriture du cœur, à une blessure ou parfois à un prélèvement à la tarière. Elles ont été résumées par SHIGO (1967). On pourra aussi se référer au travail de GROSCLAUDE (1966). Cependant elles concernent rarement le hêtre et jamais *Fagus sylvatica*. Certains rapprochements sont tout de même possibles.

— Si l'on recherche méthodiquement les bactéries, on constate qu'elles sont, de loin, les contaminants les plus fréquents. Cependant, 50 % environ des échantillons analysés n'en renferment pas et elles sont absentes des arbres intacts.

— Les espèces fongiques les plus répandues sont les *Phialophora* (incl. *Mollisia*) : 69 et

1. Ces renseignements nous ont été aimablement fournis par le Dr W. GAMS DE BAARN à qui nous exprimons notre plus vive reconnaissance.

TABLEAU 6

Répartition des champignons dans les témoins et les arbres traités
 Distribution of fungi in control and treated trees

1 ^{re} ANNÉE			T HS	T S	A HS	A S	B HS	B S	C HS	C S	D HS	D S	E HS	E S	
	Basidiomycète	A						14		14			*1		A
	Basidiomycète	B						14		11	*1				B
	<i>Ascocoryne</i>	C	24	21			*1								C
	<i>Hypoxylon</i>	D												14	D
	<i>Mollisia</i>	E													E
	Mucorales	F		42			14			*1		*3		*1	F
	<i>Acremonium</i>	G			*1				*1				11		G
	<i>Cephalosporium</i>	H	22				*1			*1	*2	21	11 *3	*1	H
	<i>Cephalosporium</i>	I		61 *2			14 *2	14 *2	*1	*1		11 *1	14 *1	*1	I
	<i>Penicillium</i>	J	*2				14	11 *1		*1		14 *1	*2	33 *2	J
	<i>Trichoderma</i>	K								14*3		44 *1		*1	K
	<i>Phialophora</i>	L	62	*2	*2		11 *4	*1	21 *3	14*3	31 *3	23 *1	31 *1	14 *3	L
	<i>Phialophora</i>	M	24	21	11			11				*1			M
	<i>Phialophora</i> spp.	N	23 *2	24	*2		11		13	22	14	11			N
	<i>Graphium</i>	O		41 *2											O
	<i>Phoma</i>	P			*1		*2	*3		*1		*1	11	*1	P
	Mycél. stér.	Q	*4				22				12 *1	*1	11		Q
	Mycél. stér.	R			22 *1		21		*2	*1	12	*1		11	R

TABLEAU 6 (suite)

		2 ^e ANNÉE												
		T HS	TS	A HS	AS	B HS	BS	C HS	CS	D HS	DS	E HS	ES	
Basidiomycète	A	2.2												A
Basidiomycète	B												11	B
<i>Ascocoryne</i>	C	2.1									*1		14	C
<i>Hypoxylon</i>	D													D
<i>Mollisia</i>	E	2.4	2.1			*1	1.1		*1	1.1 *1	2.2		*2	E
Mucorales	F		*2				1.1 *1	1.4		1.4 *1		*2	1.1 *1	F
<i>Acremonium</i>	G	4.2 *2	2.1							*1			*1	G
<i>Cephalosporium</i>	H		2.1	1.2 *2		*1		*1	*1	*1	1.1 *1			H
<i>Cephalosporium</i>	I	4.1	6.2						2.1		1.1 *1		2.1	I
<i>Penicillium</i>	J												1.4	J
<i>Trichoderma</i>	K			*1					1.4 *2	*1	1.4	1.4	1.4 *2	K
<i>Phialophora</i>	L	2.1	2.1		1.2	*2	*2		1.1 *2	2.2	1.2 *1	1.1	1.1 *1	L
<i>Phialophora</i>	M													M
<i>Phialophora</i> spp.	N					*1		1.2	1.1	*1			1.1	N
<i>Graphium</i>	O		2.1					1.2			*1			O
<i>Phoma</i>	P								1.1					P
Mycél. stér.	Q		*4				*1				*1			Q
Mycél. stér.	R										*1	2.2	*1	R

T : témoin : control trees

A, B, C, D, E : traitements : treatments

HS : hors sève : during dormancy

S : en sève : during growth

1^{re} année : 1st year2^e année : 2nd year

Dans chaque colonne, le chiffre de gauche indique le nombre d'arbres dans lesquels l'espèce considérée s'est développée en profondeur (plaquette). Le chiffre du milieu indique le coefficient moyen d'extension de ce champignon. Le chiffre de droite, précédé de *, indique le nombre d'arbres dans lesquels cet organisme est présent seulement dans la dalle. Autres explications dans le texte.

In each column, the number on the left shows the number of trees in which the species has grown in the depth of the parallelepipedic sample. The middle number shows the average expansion coefficient for this fungus. The number on the right, preceded by *, indicates the number of trees where this organism is only present in the slab. (For other explanations see the text).

37 respectivement en 1^{re} et 2^e année sur 88 arbres dans les deux cas. Vient ensuite le *Cephalosporium* pigmenté qui pourrait être une forme de *Fusarium* : 21 et 16 sur 88. On notera encore les Mucorales, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cephalosporium* hyalin, *Phoma* et mycéliums stériles. Hormis la rareté des *Hypoxylon* et l'absence de *Trichocladium*, nos données sont très semblables à celles de SHIGO (1965) concernant les colonnes de décoloration chez *Fagus grandifolia*.

— En deuxième année, la régression des champignons intéresse surtout les *Penicillium*, *Phoma* et les mycéliums stériles. La diminution des *Phialophora* est sensible; les autres varient peu et *Nectria viridescens* augmente.

— D'après la littérature, les premiers occupants du bois seraient toujours des bactéries et des non-Hyménomycètes. Nos analyses portant sur des arbres traités depuis un an y révèlent la présence de Basidiomycètes — peu nombreux il est vrai : moins de 10 % — souvent très étendus et ces derniers semblent régresser en 2^e année.

3.222. Sociabilité.

On a essayé, par une analyse factorielle, de mettre en évidence des liaisons entre 18 des champignons déterminés lors des recherches d'agents pathogènes. On peut imaginer que les 18 champignons retenus pour l'interprétation définissent un espace abstrait à 18 dimensions, où viennent se répartir les 176 observations.

Au seuil 1 de l'analyse factorielle, nous mettons en évidence systématiquement une sociabilité :

- entre *Phialophora* β et Mycélium stérile hyalin (il y a une forte probabilité pour que des *Phialophora* β soient classés sous le nom de Mycélium stérile hyalin),
- entre *Penicillium* spp et *Phoma* sp,
- entre *Hypoxylon fragiforme* et *Trichoderma* spp,
- entre *Ascocoryne sarcoïdes* et *Graphium* sp.

Par contre, *Cephalosporium* pigmenté et *Graphium* sp sont moins fortement liés.

Il existe une réelle communauté statistique entre *Acremonium butyri*, *Graphium* sp et *Cephalosporium* pigmenté, mais il y a une indépendance entre *Acremonium butyri* et *Graphium* sp. (voir figure 5).

De cette étude, nous ne pouvons donner que des tendances car les critères absence ou présence et le nombre des échantillons sont insuffisants pour pouvoir généraliser.

3.223. Corrélations entre la répartition des champignons et la résistance mécanique.

Les coefficients de corrélation montrent que, par ordre décroissant d'action, les *Hypoxylon fragiforme*, les *Phialophora* β , les Mucorales et les Basidiomycètes décolorants sont faiblement liés avec une diminution de la résistance mécanique; au sens statistique strict, seul *Hypoxylon fragiforme* altère la résistance mécanique, mais ce champignon n'est présent qu'une fois sur 176 observations.

Bien que non statistiquement significative, une analyse de régression progressive portant sur l'absence ou la présence des 18 champignons donne le classement ci-dessous suivant l'importance de l'action : *Hypoxylon fragiforme*, *Phialophora* β , Basidiomycètes décolorants et Mucorales. Ces quatre champignons prennent à leur compte 9 % des 10 % de la variation de résistance mécanique que l'on peut attribuer avec certitude à l'ensemble des champignons. Les 14 autres champignons à eux seuls n'expliquent alors plus qu'1 % de la variation.

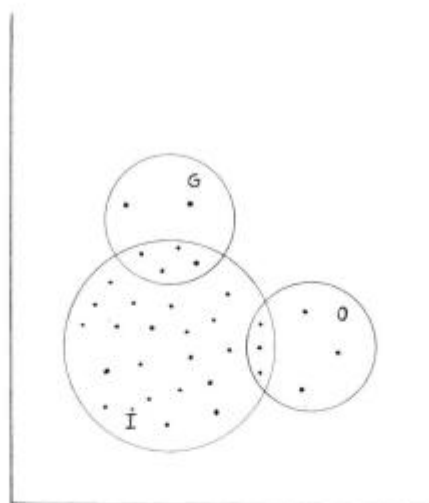


FIG. 5. — Représentation spatiale des communautés

FIG. 5. — Spatial design of communities

G = *Acromonium butyri*. — I = *Cephalosporium pigmenté*. — O = *Graphium* sp.

Une analyse de régression progressive, où les champignons sont indexés de leur coefficient d'expansion (décrit précédemment), donne l'ordre suivant : *Hypoxyylon fragiforme*, Mycélium stérile fuligineux, Basidiomycètes décolorants, *Phialophora* β et *Acromonium butyri*. Ces cinq champignons expliquent 9 % de la variation rencontrée, alors que les 18 champignons en expliquent, contrairement à la régression précédente, 12,5 %. L'indexation apportant une information supplémentaire a bien entendu augmenté le taux d'explication, c'est-à-dire le taux de prise en compte de la variation totale par la variation des champignons.

Nous notons que Mycélium stérile fuligineux indexé prend la deuxième place dans le classement, alors que précédemment, il n'apparaissait qu'au douzième palier d'introduction de la régression en ne tenant compte que du critère présence-absence. Cette détermination recouvre peut-être des espèces non identifiées.

Nous remarquons aussi que les Mucorales ne jouent plus de rôle important, ce qui est conforme aux données de la littérature.

3.224. Corrélations entre la répartition des champignons et la coloration du bois.

Par analyse de variance, nous ne trouvons, comme précédemment, que des tendances, les coefficients de corrélation n'étant pas statistiquement significatifs à plus de 10 %; il semblerait qu'il y ait un antagonisme, et la présence de *Cephalosporium* pigmenté diminuerait la surface de coloration, tandis que le champignon augmentant le plus cette surface serait, en première analyse, *Trichoderma* spp.

Une analyse de régression progressive, bien que sans signification statistique, montre que *Penicillium* spp, Mycélium stérile fuligineux, *Phoma* sp et *Phialophora* β sont les champignons qui rendent le plus compte de la variation du phénomène, et en expliquent 9 % sur les 10 % possibles.

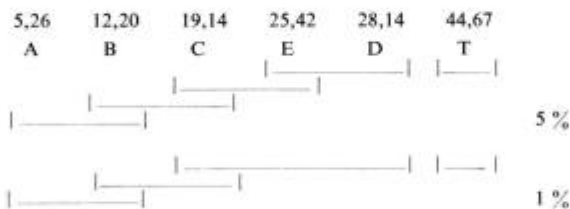
Une nouvelle régression progressive, où les champignons sont, comme précédemment, indexés de leur coefficient d'expansion, donne alors le classement suivant : Mycélium stérile hyalin, *Cephalosporium hyalin*, *Trichoderma* spp, *Acremonium butyri*, *Phoma* sp, et Mycélium stérile fuligineux. Ces six champignons expliquent alors 7,5 % de la variation du phénomène, alors que l'indexation n'a pas augmenté l'information qui n'est toujours que de 9 %; de plus, le rôle du champignon saprophyte le plus fréquent : *Penicillium* spp s'annule en raison de sa faible expansion; une explication de cette perte d'information peut être donnée en considérant que la coloration et l'expansion des champignons sont probablement deux phénomènes indépendants.

3.225. Effets du traitement

TABLEAU 7

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « traitement »	20 820	5	4 164	12.71**
Autres facteurs	11 972	3	3 990	
Erreur	54 683	167	327	
Totale	87 475	175		

Comparaison de moyennes :



Contrairement à ce qui avait été observé au point de vue de la résistance au choc, nous avons maintenant des différences significatives entre traitements, et surtout, les dégâts relevés sur les témoins sont significativement supérieurs à ceux qui affectent l'ensemble des arbres traités.

Les deux produits antiseptiques contenant des sels de mercure (merseptyl et kankertox) semblent particulièrement efficaces.

Il convient de ne pas s'étonner outre mesure des résultats quelque peu discordants trouvés pour la résistance au choc, d'une part, et le taux de contamination, d'autre part; une perte notable de résilience n'intervient que lorsqu'une forte proportion de membranes cellulaires est détruite ou profondément altérée par des agents pathogènes, ce qui ne correspond pas manifestement à la réalité dans le cas présent, au terme des première et deuxième années après sondage; la détermination des taux de contamination, au contraire, est une méthode particulièrement discriminante puisque la présence d'un seul filament mycélien ou d'une seule bactérie est prise en compte dans les numérations.

3.226. *Effets de la cheville.*

TABLEAU 8

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « cheville »	3	1	3	0,01ns
Autres facteurs	32 788	7	4 684	
Erreur	54 683	167	327	
Totale	87 475	175		

Comparaison de moyennes :

20,28	20,60	
Chevillé	Non chevillé	1 % et 5 %

Comme pour la résistance au choc, la présence ou l'absence de cheville dans les trous de sondage n'exerce aucun effet significatif sur le taux de contamination.

3.227. *Effets de la sève.*

TABLEAU 9

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « sève »	4 935	1	4 935	15,07**
Autres facteurs	27 856	7	3 979	
Erreur	54 683	167	327	
Totale	87 475	175		

Comparaison de moyennes :

15,16	25 75	
Hors sève	Sève	1% et 5 %

Comme pour la résistance au choc, on constate cette fois une différence très significative avec une contamination beaucoup plus importante dans les arbres en période de sève.

On observe des différences significatives entre traitements mais l'ordre des différents produits antiseptiques essayés n'est pas du tout le même que pour les taux de contamination, et l'un d'entre eux : le quinochancré, fait même apparaître des dommages supérieurs, non significativement il est vrai, à ceux des témoins.

3.232. Effets de la cheville.

TABLEAU 12

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « cheville »	1 508 741	1	1 508 741	0,03 ^{ns}
Autres facteurs	4 985 392 141	7	712 198 785	
Erreur	6 452 102 157	167	38 635 344	
Totale	11 439 003 671	175		

Comparaison de moyennes :

8 421	8 615	
Chevillé	Non chevillé	1 % et 5 %

Comme avec les deux autres modalités d'appréciation des dégâts, on ne constate aucune différence significative entre les arbres chevillés et non chevillés.

3.233. Effets de la sève.

TABLEAU 13

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « sève »	3 816 568 325	1	3 816 568 325	98,78**
Autres facteurs	1 170 331 907	7	167 190 240	
Erreur	6 452 103 181	167	38 635 344	
Totale	11 439 003 671	175		

Comparaison de moyennes :

3 870	13 183	
Sève	hors sève	1 % et 5 %

On trouve une différence très significative entre les sondages effectués en sève et hors sève mais, contrairement aux deux autres méthodes utilisées pour chiffrer les dommages, ce sont les sondages hors sève qui paraissent avoir exercé les effets les plus importants, avec des surfaces où la couleur du bois est altérée à peu près quatre fois supérieures à celles mesurées sur les arbres sondés en période de sève.

3.234. *Effets de l'année.*

TABLEAU 14

Source de variation	Somme des carrés	D.D.L.	Carré moyen	F
Facteur « année »	752 858	1	752 858	0.01 _{NS}
Autres facteurs	4 986 146 827	7	712 306 561	
Erreur	6 452 103 181	167	38 635 344	
Totale	11 439 003 671	175		

Comparaison de moyennes :

8 461	8 992	
2 ^e année	1 ^{re} année	
		1 % et 5 %

Contrairement à la résistance au choc et au taux de contamination, la surface des décolorations n'a pas varié de façon significative d'une année à l'autre, tout en ayant cependant diminué de la première à la deuxième année après les sondages.

3.3. — *Commentaires*

Mis à part les effets du traitement, on doit tout d'abord noter la très bonne concordance qui existe entre les résultats obtenus au point de vue résistance au choc et au point de vue taux de contamination.

Par contre, il semble, au vu des analyses statistiques, que les changements de couleur du bois au voisinage des trous de sondage ne soient pas de nature pathologique.

La divergence des résultats constatée en ce qui concerne l'effet de la sève ou l'effet de l'année semble, à elle seule, prouver que l'on est en présence d'un phénomène tout à fait différent et très vraisemblablement de nature chimique : les trous de sondage, même rapidement rebouchés, occasionneraient la formation d'un bois de cœur artificiel à la suite, d'une part, de l'introduction de l'oxygène de l'air, et, d'autre part, d'un dessèchement localisé du bois lié à la section transversale d'un grand nombre de cellules.

Nous confirmons ainsi le point de vue de SHIGO (1967 *op. cit.*) pour qui la coloration du bois conditionne son infection et ne dépend pas de celle-ci, bien que la présence de micro-organismes puisse accroître son importance.

Si l'on considère que les altérations d'origine cryptogamique sont plus graves pour l'arbre en cause que les modifications chimiques du bois, une attention particulière doit être accordée aux résultats observés au point de vue résistance au choc et taux de contamination.

Une analyse de corrélation a permis de vérifier qu'il s'agissait de deux données liées entre elles; on a trouvé un coefficient de corrélation très significatif (pour 174 degrés de liberté : $r = 0,214$).

Ceci confirme que, même en petit nombre, les agents pathogènes introduits dans le bois à l'occasion des sondages à la tarière altèrent suffisamment les membranes cellulaires pour que des différences significatives soient observées dans la résistance au choc du bois correspondant.

Il reste à savoir pourquoi les dommages ont diminué de la première à la deuxième année : on peut penser à une réaction de défense de l'arbre qui se traduirait par l'élimination d'un certain nombre de bactéries ou de champignons, mais comment expliquer que les membranes cellulaires altérées durant la première saison de végétation après les sondages aient récupéré leur pouvoir de résistance par la suite ?

On peut envisager, dans l'hypothèse où un bois de cœur artificiel se formerait, un renforcement des parois cellulaires lié au phénomène de duraminisation qui compenserait, et au-delà, la perte de résilience due à l'action des agents pathogènes. Cette explication demande bien entendu à être vérifiée à l'occasion, d'une part, du dépouillement des résultats observés au terme de quatre saisons de végétation après les sondages, d'autre part, de nouvelles expériences à entreprendre pour essayer de réduire l'apport d'oxygène qui se produit lors des prélèvements.

Il serait prématuré de tirer des conclusions de nos analyses de sociabilité ou de corrélation entre telle ou telle espèce et les altérations du bois :

— nous n'avons pas pu contrôler la variable « arbre » car les différences individuelles sont très fortes,

— nous n'avons pas tenu compte, dans une partie des essais, du rôle des bactéries.

Il faut remarquer cependant qu'en faisant intervenir le coefficient d'expansion, les corrélations observées semblent en meilleur accord avec les données de la littérature.

CONCLUSION PRATIQUE

L'expérience dont il est rendu compte ici, bien que n'épuisant pas le sujet, a permis de recueillir un certain nombre d'informations utiles.

Au point de vue traitement, les sels de mercure ont fait preuve d'une réelle efficacité et semblent donc devoir être recommandés. Aucune différence significative n'a pu être décelée entre les effets du kankertox et du merseptyl, quelle que soit la méthode d'appréciation des dommages utilisée. Dans ces conditions, l'option en faveur de l'un ou l'autre de ces deux produits résultera de considérations de commodité d'emploi ou de facilité d'approvisionnement.

Aucune différence n'ayant jamais été relevée entre les arbres chevillés et non chevillés, la méthode à la cheville paraît beaucoup plus simple à utiliser car, au cas contraire, la mise au point d'une pompe à embout spécial de très faible diamètre est délicate et des poches d'air dépourvues de substances antiseptiques sont toujours à craindre.

Enfin, si l'on prend en considération les seuls dommages de nature cryptogamique, il y a un avantage indiscutable à procéder aux sondages à la tarière durant la période d'arrêt de la végétation.

SUMMARY

WOOD DECAY BY INCREMENT BORINGS; ITS PREVENTION BY DISINFECTANTS

In the present paper the results from 176 borer holes made in 176 beech trees are reported. 5 different fungicides, 2 plugging systems and 2 seasons for boring were tested. Trees have been cut for examinations 1 and 2 years after treatments. 2 disinfectants of the organic-mercury group proved good protective properties but no effect on stain.

Methods

88 beech trees about 50 years old were bored at breast height with an increment borer of 5 mm during the winter 1966-1967 and 88 other trees in July 1967.

In each boring season, 5 treatments (ref A to E) were experimented according to 2 modalities : holes of exactly 9 cm in depth plugged with a cylindrical wooden dowel of 8 mm in diameter coated with the disinfectant (labelled C) and holes entirely filled with the disinfectant and left unplugged (lab. NC). In control trees (lab. T) holes were left open without any treatment.

In these conditions each replication so labelled contained 22 trees.

These 8 replications provided, for interpretation, 2 sub-classes devoted to studies 1 and 2 years after boring.

Choice of trees had been done so that they could be considered as randomly distributed.

Data on effect of decay have been investigated by 3 different ways :

- decrease of the shock resisting ability,
- determination of pathogens and rate of infection,
- measurement of the discoloration areas.

For these determinations, a billet 60 cm long centred on the borer hole was cut in felled trees and then was sectionned as shown in diagram 2 : from bark to pith successively in position 1 a slab and in position 3 a parallelepipedic sample thick of 1 cm in radial direction to investigate decay factors, in position 2, 4 and 5, 3 parallelepipedic samples 2 cm thick in radial direction for discoloration studies. These 3 last specimens has been furtherly machined to reduce their size in tangential direction to 3 cm instead of 6 and along the grain to 30 cm instead of 60 for determination of shock resisting ability.

Determination of decay agents.

Aseptic sampling for plating out led to separate five areas quoted P, O, O', M and M' as in fig. 4. 3 to 5 blocks of tissue per location were isolated and subcultured until determination of pathogen. Bacteria already observed during the first year were taken in account, for the second year only for the infection rate (ratio for each replication of the number of infected samples to the total number of samples under pathogenical investigation). An expansion coefficient was calculated for each pathogenic group by giving a numerical weight to its location in the sample (fig. 4). This coefficient will be further used in a statistical analysis.

Stained area.

The quantitative appraisal of this phenomenon is the sum of the discoloration areas measured on the external face of the test specimens 2, 4 and 5.

Shock resisting ability.

Due to the large individual variability of this characteristic, shock resisting ability is calculated by the difference between the infected specimen and a sound specimen bored and machined at the laboratory below the infected log at the same radial location.

Results

Data are studied by a variance analysis and a mean comparison test. For shock resistance ability, results are summarized in tables 1, 2, 3 and 4. Its shows no significant influence of treatment nor of the plug, but boring during the growth increases significantly the damage which is lower after 2 years than after one.

Number of processed samples (E), contamination rate, bacteria percentage (B), fungi percentage (C) for the 4 trees of each modality are given in table 5.

As the plug has no effect on the results, the data given by the replicates C and NC have been mixed together. About 60 species of fungi have been isolated, most of them scarcely and randomly; so 18 species or groups of species have been chosen. Their distribution according to the treatments is reported in table 6.

The variance ratio of the table 7 shows that treatments are significantly different for infection rate. 2 disinfectants of the organic-mercury group : kankertox and merseptyl prove their efficiency and strongly reduce the contamination. Table 8 shows no difference, for contamination, with or without plug. Table 9 shows that contamination is higher when trees are growing at the time of boring. From table 10 it appears that the damage after 2 years of growth are lessened, as it is for shock resistance ability.

Table 11 makes clear an action of the treatment but the classification is different for wood staining and for infection rate; table 12 exhibits no difference between plugged and unplugged trees. Table 13 shows a large difference between trees bored during dormancy and during growth, dormancy inducing areas of discolorations 4 times larger than growth period. The year (table 14) had a very little effect, not significant, on the area of discoloration.

Comments

If contaminant damages are considered more important than chemical changes in the stained wood, a special care has to be taken to results from shock resistance ability and from infection rate. Correlation coefficient has shown a real linkage between these two characteristics (for 174 degrees of freedom : $r = 0,214$). It confirms, that few pathogenic agents introduced within wood are altering sufficiently cell-wall to reduce shock resistance ability. Borer holes have to be plugged with a dowel coated with a disinfectant of the organic mercury group, and boring have to be done preferably during dormancy.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE VERÄNDERUNGEN DES HOLZES DURCH DIE BOHRSPANENTNAHME UND DEREN KONTROLLE

Um die bei der Bohrspanentnahme verursachten Schäden, welche vorwiegend durch das Einbohren von an der Rindenoberfläche befindlichen Pilzen und Bakterien hervorgerufen werden, zu verhindern, wurde die antiseptische Wirkung von fünf verschiedenen Präparaten (Dithane, Kankertox, Quinochancr, Zinktrichlorophenat und Merseptyl) an 176 Buchen untersucht.

In die 9 cm tiefen Bohrlöcher wurde entweder ein Präparat — Lanolngemisch eingepresst, oder ein mit dem Gemisch bestrichener Holzdübel eingebracht. Die Behandlungen erfolgten zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (im Saft und Safruhe) und wurden zwölfmal wiederholt.

Die Bäume wurden nach ein bzw. zwei Jahren gefällt und es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt :

- Prüfung der Schlagbiegefestigkeit,
- Flächenermittlung der gefärbten Holzveränderungen,
- Bestimmung der Pilzarten,
- Berechnung der prozentuellen Infektion.

Die Varianzanalysen und die Vergleiche der Mittelwerte zeigen, dass die Schlagbiegefestigkeit durch keines der Präparate beeinflusst wird. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass die Bohrungen während der Vegetationsperiode grössere Schäden verursachen, die jedoch nach zwei Vegetationsperioden geringer werden.

Die gleichen Analysen zeigen, dass das Infektionsprozent durch die Dübel nicht beeinflusst wird; es besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen der Anzahl der Pilzarten und dem Zeitpunkt der Behandlung und der Fällung.

Bezüglich der Holzveränderungsflächen bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Präparaten; desweiteren ist die Holzveränderung bei den Sommerbohrungen geringer. Fällungsjahr und Dübel haben keinen Einfluss auf die Holzveränderung.

Die Präparate Kankertox und Merseptyl, welche Quecksilbersalze enthalten, erscheinen besonders wirksam bezüglich der Schlagbiegefestigkeit und des Infektionsprozentes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ETHERIDGE D. E., MORIN L. A., 1967. — The microbiological condition of wood of living balsam fir and black spruce in Quebec. *Canad. J. Bot.*, **45**, 1003-1010.
- GROSCLAUDE C., 1966. — Le bois du pêcher. Principales altérations d'origine fongique ou traumatique. *Ann. Epiphyt.*, **17**, 263-283.
- HEPTING G. H., ROTH E. R., BAILEY SLEETH, 1949. — Discoloration and decay resulting from increment borings. *Journal of Forestry*, **47**, 366.
- KLEPAC Dusan, 1962. — Smanjivanje steta, koje nastaju busenjem stabala presslerovim svrdlom. *Sumarski list*, **86**, 3-4, 120-122.
- LEGAL M., MANGENOT F., 1960. — Contribution à l'étude des mollisioïdees, III, 2^e série. *Rev. Myc.*, **25**, 135-214.
- LORENZ R. C., 1944. — Discolorations and decay resulting from increment borings in hardwoods. *Journal of Forestry*, **42**, (1), 37-43.
- MANGENOT F., 1952. — *Recherches méthodiques sur les champignons de certains bois en décomposition*. Paris, Librairie Générale de l'Enseignement, 115 p.
- MITCHELL H. L., WHEELER P. R., 1969. — Wood quality of Mississippi's Pine resources. *U. S. Forest Service*, report n° 2143, février.
- POLGE H., 1963a. — Contribution à l'étude de la qualité du bois des principales essences résineuses exotiques utilisées dans les reboisements français. *Ann. de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*, tome XX, fascicule 3, 403-467.
- POLGE H., 1963b. — Une nouvelle méthode de détermination de la texture du bois : l'analyse densitométrique de clichés radiographiques. *Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*, tome XX, fascicule 4, 533-580.
- POLGE., 1967. — Premiers résultats de l'expérience d'élagage de branches vivantes d'Épinal. *Revue Forestière Française*, (8-9), août-septembre.
- SCHÖPFER W., 1961. — Die Bohrspanentnahme von Waldbaumen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, **19**, 297-300.
- SHIGO A. L., 1965. — Organism interactions in decay and discoloration in Beech, Birch and Maple. *U. S. Forest Serv. Res.*, Paper NE-43, 23 p.
- SHIGO A. L., 1967. — Successions of organisms in discoloration and decay of wood. *Intern. Rev. For. Res.*, **2**, 237-299.
- SHIGO A. L., LAING F. M., 1970. — Some effects of paraformaldehyde on wood surrounding tapholes in sugar maple trees. *U. S. Forest Serv. Res.*, Paper NE-161, 11 p.
- TOOLE E. R., GAMMAGE J. L., 1959. — Damage from increment borings in bottomland hardwoods. *Journal of Forestry*, **57**, 909-911.