

Photo Durand.

Photo n° 1. — *Essai de l'action fongicide : l'avancée du bléuissement par les sections ne s'effectue pas au même rythme au niveau de la zone écorcée (à droite) et de la zone non écorcée (à gauche).*

METHODE D'EVALUATION DE L'EFFICACITE DES PRODUITS DE PROTECTION DES BILLES DE COUPE FRAICHE

par Patrick Y. DURAND

*Ingénieur au Centre Technique
Forestier Tropical de Côte-d'Ivoire*

SUMMARY

A METHOD OF EVALUATING THE EFFICACY OF PRODUCTS FOR THE PROTECTION OF FRESHLY FELLED LOGS

The Centre Technique Forestier Tropical developed several years ago a method of testing making it possible to evaluate the efficacy of temporary products for the protection of freshly felled logs.

This method, the broad lines of which are explained here, has been used in the Ivory Coast to test numerous products, and in the course of these trials improvements were made.

These improvements have been made in order to quantify the biological deterioration of logs, which is the only way to compare effectiveness between themselves, i. e. to put an accurate statement on a protective product.

A different experimental set-up is also proposed, in order to achieve a higher statistical accuracy.

RESUMEN

MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS PRODUCTOS DE PROTECCIÓN DE LOS TRONCOS RECIÉN CORTADOS

El Centro Técnico Forestal Tropical ha perfeccionado desde hace ya varios años un método de ensayo que permite evaluar la eficacia de los productos de protección temporal de los troncos recién cortados.

Este método, expuesto aquí en sus principales rasgos ha sido aplicado en Costa de Marfil para ensayar numerosos productos. Las mejoras introducidas han podido ser obtenidas por medio de estas experimentaciones.

Estas mejoras, que se refieren especialmente al modo de evaluación de la eficacia de los insecticidas y fungicidas, son propuestas en sentido de una cuantificación de la alteración, que es el único procedimiento que permite una comparación entre tratamientos y, por consiguiente, una apreciación valedera respecto a los productos ensayados.

Además, se propone un dispositivo experimental diferente para conseguir una mayor precisión estadística.

INTRODUCTION

Le Centre Technique Forestier Tropical a mis au point depuis plusieurs années une méthode d'essai permettant d'évaluer l'efficacité insecticide et fongicide de produits de protection temporaire des billes fraîchement abattues en climat tropical (FOUGEROUSSE et DÉON, 1973).

Le principe en est simple :

1. — *On applique le produit* à essayer en forêt, sur des billons de coupe fraîche, partiellement écorcés, pour reproduire les parties de la bille les plus menacées par les différents types d'attaques, c'est-à-dire les découpes et les parties du roulant où l'écorce a été arrachée ou meurtrie.

2. — *On observe* les attaques d'insectes et de champignons sur ces billons traités, en comparaison avec des billons témoins non traités.

Cette méthode C. T. F. T. a été utilisée en Côte-d'Ivoire pour tester l'efficacité préventive d'une vingtaine de formulations. Et c'est au fil de ces expérimentations que des améliorations ont pu être apportées, non seulement en ce qui concerne le dispositif expérimental, mais surtout sur le plan de l'évaluation de l'efficacité fongicide.

L'objet de ces essais, en effet, est de distinguer les produits efficaces et de rejeter ceux qui n'assurent pas une protection insecticide fongicide suffisante des grumes. Ce but est atteint en effectuant

des comparaisons de l'ampleur des attaques éventuelles :

- de billons traités et de billons non traités,
- de billons traités avec différents produits.

Une telle comparaison n'est possible que si l'on parvient à une évaluation chiffrée.

Or, la méthode C. T. F. T., si elle permettait une détermination chiffrée de l'efficacité insecticide ne permettait jusqu'à présent qu'une évaluation descriptive et qualitative de l'efficacité fongicide.

L'objet de cette note est de présenter les études qui ont été faites par le C. T. F. T. — Côte-d'Ivoire dans le sens d'une quantification de l'action fongicide d'un produit.

Les résultats obtenus ont d'ores et déjà permis d'aboutir à des conclusions précises sur l'efficacité insecticide et fongicide d'un produit de protection des grumes.

Cependant, la relative complexité du dépouillement et des calculs, même si ceux-ci sont effectués sur calculatrice programmable, nous a amené à étudier des améliorations de l'expérimentation dans un double souci :

1. — Simplifier le dispositif expérimental.
2. — Effectuer des répétitions de l'essai.

Des perfectionnements dans ce sens sont proposés dans la seconde partie de l'article.

ESSAIS DE L'ACTION INSECTICIDE

MODE OPÉRATOIRE

Dispositif expérimental.

Le dispositif expérimental utilisé pour l'évaluation de l'efficacité insecticide n'a subi que de légères modifications par rapport à celui préconisé en 1973 (FOUGEROUSSE, DEON, 1973).

Pour tester l'efficacité insecticide, on choisit deux essences dont la vulnérabilité aux attaques de Scolytoidea a été démontrée (CACHAN, 1957) et que l'on trouve en abondance en forêt dense sempervirente : Dabema (*Piptadeniastrum africanum*), Adjouaba (*Dacryodes klaineana*).

Les arbres choisis pour l'essai doivent avoir un diamètre moyen à la base de 40 cm. Après abattage de l'arbre, l'aire d'essai est nettoyée de façon à obtenir une petite éclaircie pour favoriser une exposition directe à la pluie et au soleil.

Le fût est tronçonné en 10 billons de 50 cm de longueur, en veillant à ne pas arracher ou décoller l'écorce.

Au fur et à mesure de leur tronçonnage, les billons sont disposés selon deux grands axes espacés d'environ 2,50 m, sur des rondins de 10 à 15 cm de \varnothing de façon à les isoler du sol.

Les billons sont ensuite partiellement écorcés suivant deux bandes de 20 cm de largeur, diamétralement opposées.

La disposition définitive des billons est telle qu'une des parties écorcées se trouve dans le quart du roulant inférieur et orientée vers l'axe du dispositif (fig. 1).

Traitement.

Les 10 billons d'essai reçoivent les traitements suivants :

- Produit à tester = (E) = 6 billons.
- Produit témoin = (PT) = 2 billons.
- Sans traitement = (NT) = 2 billons.

FIG. 1. — Essai de l'action insecticide. Dispositif expérimental.

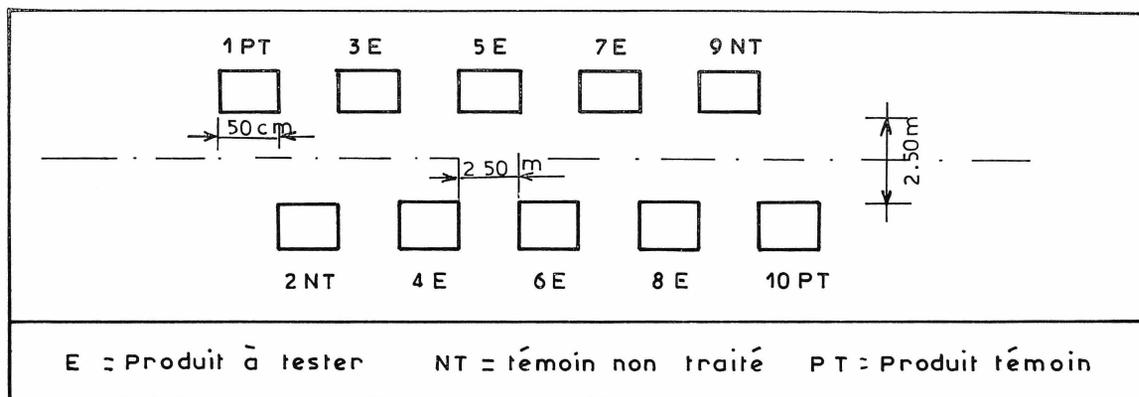
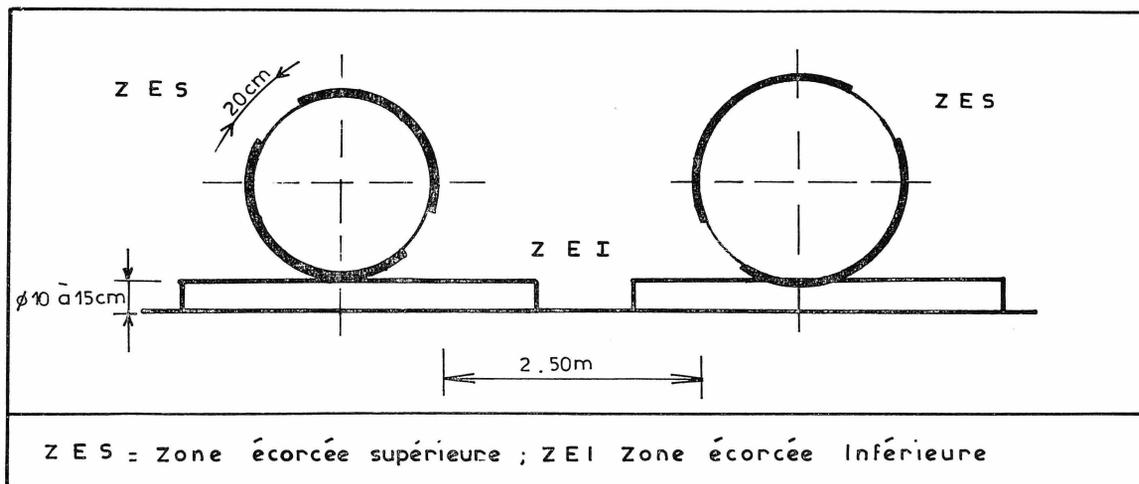


FIG. 2. — Positionnement des billons.



Le produit témoin utilisé (*PT*) est un produit de référence commercialisé, dont l'efficacité de protection de même que la résistance aux intempéries (délavage et évaporation) ont été démontrées.

L'examen des billons (*PT*) permet de lever le doute sur la validité de l'essai, en cas de fortes pluies aussitôt après la mise en place de l'expérimentation, comme l'indique le schéma de décision présenté dans le tableau 1.

Avant traitement, on dispose sur les billons (*NT*)

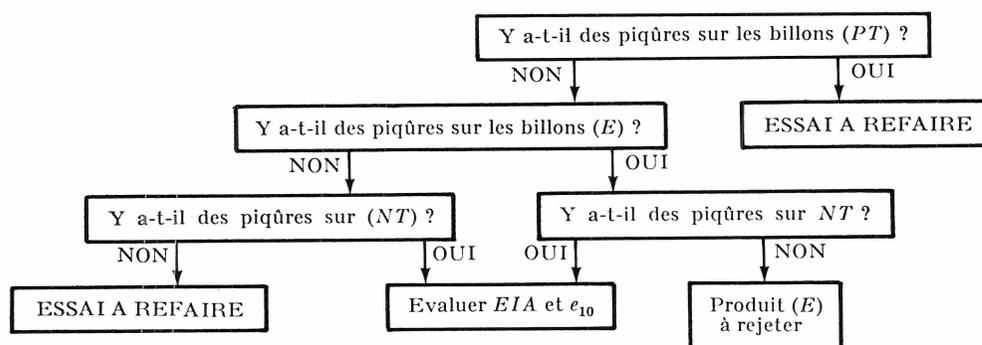
et (*PT*) un écran en film plastique pour éviter toutes projections de produit pouvant fausser l'expérience.

On applique le produit par pulvérisation ruisse-lante, sur toute la surface du billon, préalablement broyée pour enlever les souillures de terre et de débris végétaux.

Après traitement des billons (*E*), on traite les billons (*PT*), en maintenant des écrans protec-teurs sur les billons voisins.

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ INSECTICIDE

TABLEAU 1
SCHÉMA DE DÉCISION (ESSAI DE L'ACTION INSECTICIDE)



Observations.

A compter du jour de la mise en place de l'essai, on observe les billons (*E*), (*PT*) et (*NT*) tous les 7 jours.

Si les premières piqûres apparaissent sur les billons (*E*), l'essai est terminé.

Si les premières piqûres apparaissent sur les billons (*PT*) l'essai est annulé.

Dans le cas où les premières piqûres apparaissent sur les billons témoins (*NT*), on poursuit l'expérience pendant 6 semaines.

A la 6^e semaine, on se réfère au schéma de décision du tableau 1.

A chaque observation, on note le nombre de piqûres actives sur les 2 zones écorcées de chaque billon.

Une piqûre est dite active lorsque, après avoir franchi la protection constituée par le produit, l'insecte parvient à poursuivre sa progression à l'intérieur du bois. Extérieurement, cette activité de l'insecte se traduit par un rejet de sciures au niveau des piqûres sous forme de boudins ou d'amas.

Évaluation de l'efficacité insecticide.

A l'issue des 6 semaines de l'essai, on dispose, pour chaque zone écorcée de chacun des billons, de 6 données correspondant au nombre de piqûres actives que l'on ramène à la densité de piqûres, d_i , au mètre carré de surface écorcée :

$$d_i = \frac{n_i}{L_m \times l_m} \times 10^4 \quad (1)$$

où n_i = nombre de piqûres actives à la i -ième semaine,

L_m et l_m respectivement les longueur et largeur moyennes de la zone écorcée considérée, mesurées en cm.

EFFICACITÉ INSECTICIDE ABSOLUE *EIA*.

Si la première piqûre active a été notée à la n -ième semaine, la protection insecticide reçue a été totale pendant $(n - 1)$ semaines ; par convention, on définit l'efficacité insecticide absolue par $EIA = (n - 1)$ semaines.

On calculera alors la densité moyenne de piqûres sur les billons (*NT*) correspondant, pour connaître, à titre de référence, l'activité réelle des insectes.

EFFICACITÉ RÉMANENTE e_{10} .

Pour juger de la rémanence de l'efficacité insecticide du produit à tester, on détermine le nombre de semaines pendant lesquelles la densité des

piqûres au m^2 , sur l'ensemble des zones écorcées des billons traités, est inférieure ou égale à 10.

Cette valeur e_{10} permet de distinguer parmi les produits testés, ceux qui perdent leur efficacité insecticide de façon brutale.

Il convient de se référer à l'activité réelle des insectes et pour ce faire on calcule la densité moyenne de piqûres sur les billons témoins (*NT*) de l'essai.

ESSAI DE L'ACTION FONGICIDE

MODE OPÉRATOIRE

Comme pour l'expérimentation de l'action insecticide, le dispositif expérimental utilisé pour évaluer l'efficacité fongicide du produit testé n'a subi que de légères modifications par rapport à ce qui est préconisé dans le protocole d'essai C. T. F. T. de 1973. En revanche le mode d'évaluation a été entièrement reconsidéré.

L'essence utilisée pour ces essais est l'Iloomba (*Pycnanthus angolensis*) en raison de sa sensibilité aux altérations fongiques prenant naissance au niveau des sections et par les blessures de l'écorce sur les roulants.

L'arbre choisi pour l'essai doit avoir un diamètre moyen à la base de 40 cm. Comme pour l'essai de l'action insecticide, on pratique une petite éclaircie lorsque l'Iloomba est abattu, de manière à favoriser une exposition directe aux intempéries. Chaque billon d'essai a une longueur de 50 cm. L'observation d'un billon étant destructive, il convient d'en prévoir un nombre suffisant. Le tableau 2 précise le nombre et la destination des billons utilisés pour l'essai.

Comme pour l'action insecticide, l'examen des billons (*PT*) à la 6^e semaine permet de lever le

TABLEAU 2
NOMBRE DE BILLONS UTILISÉS POUR L'ESSAI DE L'ACTION FONGICIDE

Billon	Destination	Nombre
(<i>NT</i>)	Témoin non traité	2 × 2
(<i>E</i>)	Produit testé	2 × 6
(<i>PT</i>)	Produit témoin	2

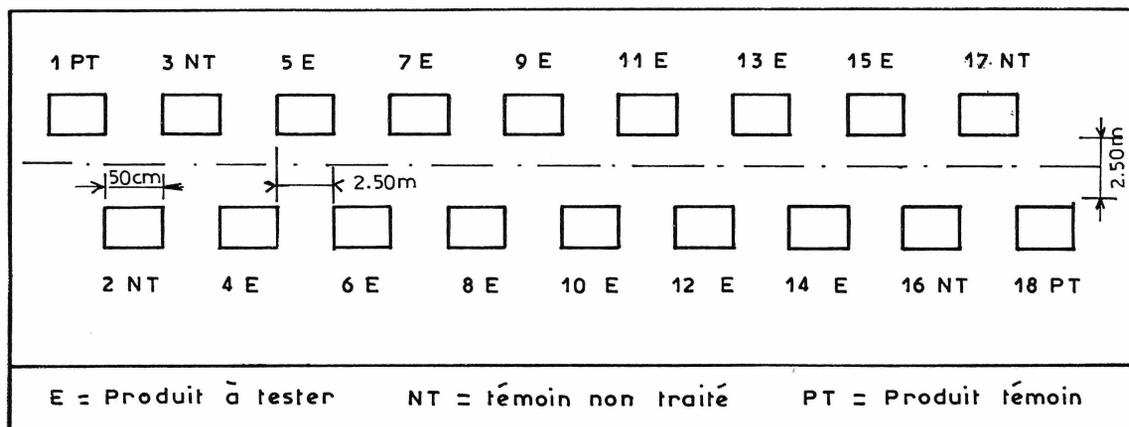
Nota : Le produit témoin utilisé (*PT*) est le même produit de référence commercialisé que celui adopté pour les essais insecticides et dont l'efficacité fongicide et la résistance aux intempéries ont été amplement étudiées et démontrées.

doute quant à la validité de l'expérimentation, en cas de fortes pluies aussitôt après le traitement.

La disposition et le traitement de ces billons sont identiques à ceux indiqués pour l'essai de l'action insecticide.

Le dispositif expérimental est schématisé sur la figure 3.

FIG. 3. — Essai de l'action fongicide. Dispositif expérimental.



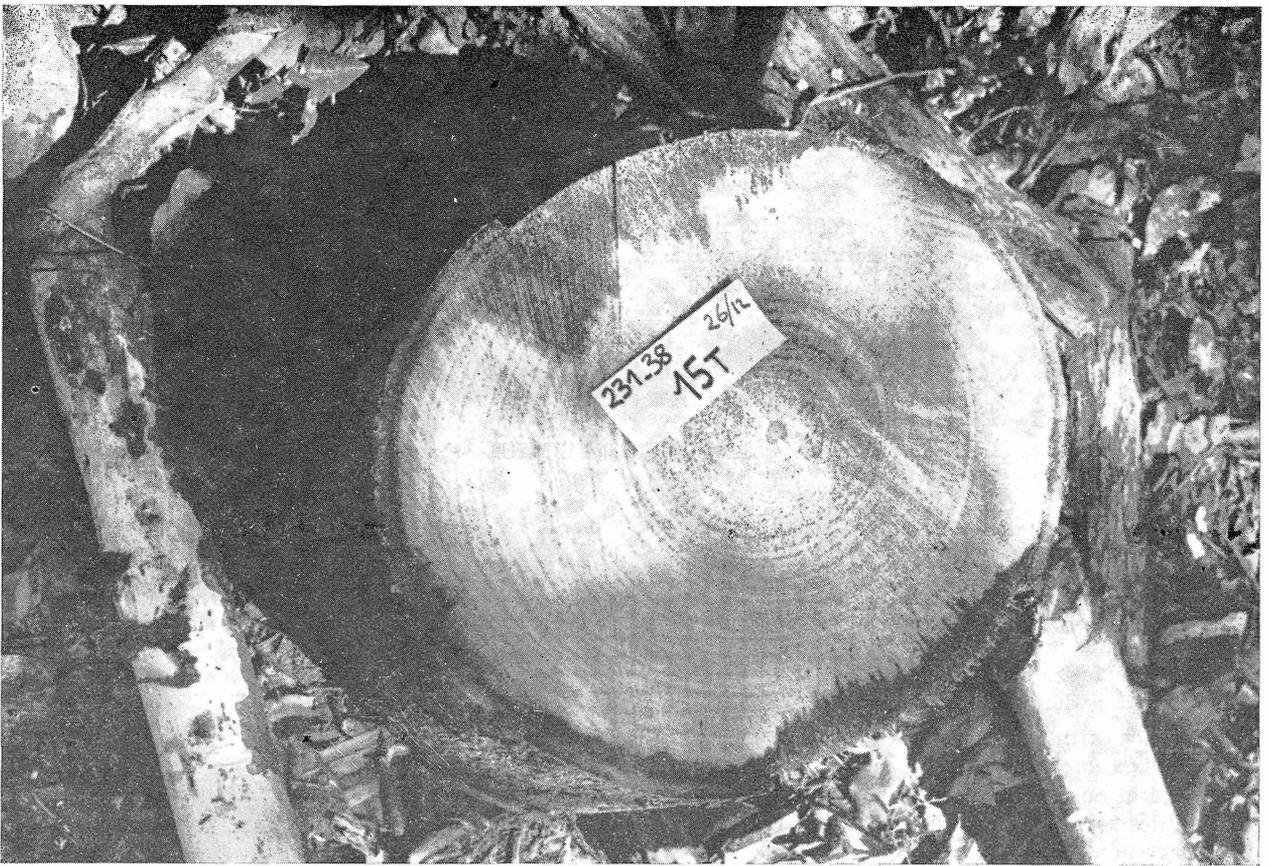


Photo Durand.

Photo n° 2. — *Essai de l'action fongicide. Section transversale d'un billon d'Ilomba. On note l'avancée du bleuissement par les 2 zones écorcées.*

ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION FONGIQUE

En forêt, en l'absence de moyen d'investigation de laboratoire, on ne peut déceler la pénétration des champignons dans le bois que par des modifications d'aspect, de couleur et de dureté. Ces changements ne pouvant être perçus qu'après débitage du bois, l'observation est obligatoirement destructive.

Dans la méthode C. T. F. T. initiale, l'observation interne des billons consistait à noter la présence, la localisation, les caractères et la profondeur de l'altération fongique.

Mais cette évaluation qualitative ne permettait pas d'établir de façon précise la valeur de la protection fongique du produit testé, en comparant l'altération sur les billons traités avec celle sur les billons témoins non traités.

Une description quantitative de l'altération était donc nécessaire.

Pour atteindre ce but, on s'est proposé d'évaluer le pourcentage de volume de bois altéré par les champignons de discoloration dans les billons d'essai.

Principes de calcul.

Pour évaluer le volume total de discoloration dans la totalité du billon d'essai, il est nécessaire de distinguer les deux secteurs cylindriques correspondant aux 2 zones écorcées et aux 2 zones non écorcées.

La raison de cette distinction en deux parties de cylindre est que l'avancement du bleuissement par les sections ne se fait pas au même rythme suivant ces deux zones.

Ce phénomène, observé dans la majorité des essais effectués sur Ilomba, est illustré par le tableau 3. D'après ce tableau, extrait d'un essai d'efficacité fongicide de produit de protection de grumes, on remarque que, dans la plupart des cas, la contamination fongique par les sections s'opère moins rapidement au niveau de la zone non écorcée (ZNE). Cette observation est encore plus nette sur les billons non traités après plusieurs semaines d'exposition (voir photo 1).

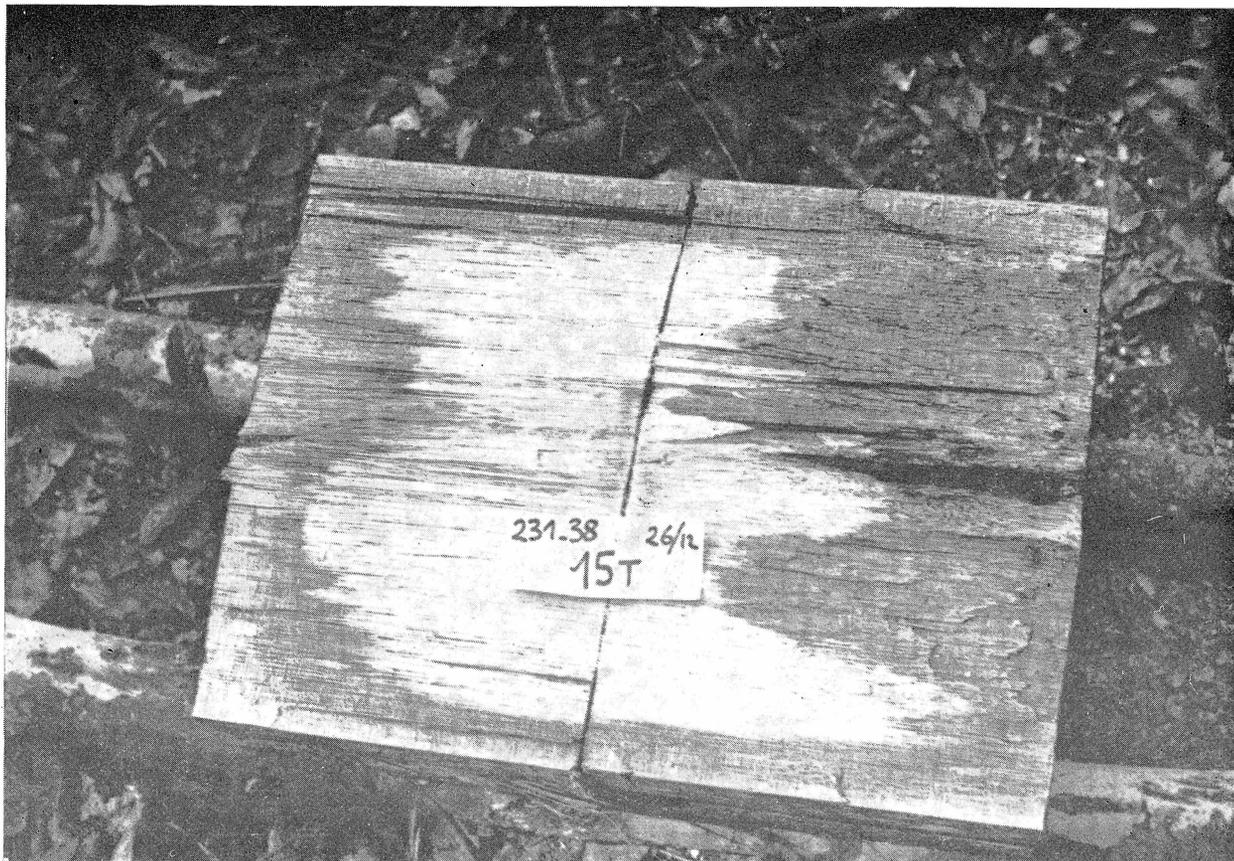


Photo Durand.

Photo n° 3. — Essai de l'action fongicide. Section longitudinale au niveau de la zone écorcée.

TABLEAU 3

AVANCÉE MOYENNE DU BLEUISSEMENT PAR
LES SECTIONS AU NIVEAU DES 2 ZONES
ÉCORCÉES ET NON ÉCORCÉES

Durée d'expo- sition	Billons n°	Avancée moyenne des discolorations (cm)			
		Par sections niveau zone écorcée		Par sections niveau zone non écorcée	
Billons traités avec un produit de protection temporaire					
7 jours	9	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	0,0	0,0	0,0	0,0
13 jours	6	0,0	0,0	0,0	0,0
	13	0,0	0,0	0,0	0,0
20 jours	17	1,5	2,0	3,0	2,5
	8	1,0	0,8	0,9	1,6
27 jours	2	2,2	2,9	2,6	3,0
	7	2,2	2,9	2,6	3,0
34 jours	12	8,5	4,4	2,5	5,5
	11	3,1	6,3	2,6	5,5
42 jours	10	7,5	8,3	5,8	5,7
	18	6,7	4,5	6,9	5,4

Billons témoins non traités

27 jours	4	16,4	14,3	13,0	12,4
	16	18,8	18,8	13,7	16,2
42 jours	15	28,0	29,0	25,1	24,0
	3	23,9	27,3	16,9	18,9

Pour calculer les volumes bleuis ainsi distingués, on fait intervenir les dimensions du billon et l'avancée du bleuissement par les sections et les roulants que l'on mesure :

— Sur le billon avant découpe (longueur moyenne, diamètre moyen, largeur des zones écorcées).

— Sur les plans d'observations obtenus selon le mode de découpe schématisé sur la figure 4 (avancées par les sections : X_1 , X_2 et X'_1 , X'_2 ; avancées par les roulants : Y_1 et Y_2).

Mesure des avancées de la discoloration.

Il convient tout d'abord de bien définir ce que l'on doit mesurer. Par convention :

1. — On ne mesure que les discolorations visibles à l'œil nu, même si l'on sait que celles-ci sont précédées par des mycéliums peu visibles.

2. — On ne tient pas compte de l'avancée du bleuissement observée au niveau des gerces [voir fig. 5 (d) et (e)]. En tenir compte conduirait à surévaluer l'ampleur de l'altération du fait que le volume correspondant est calculé à partir des avancées mesurées sur un plan médian unique d'observation (voir fig. 4), avancées que l'on considère comme moyenne pour la zone étudiée.

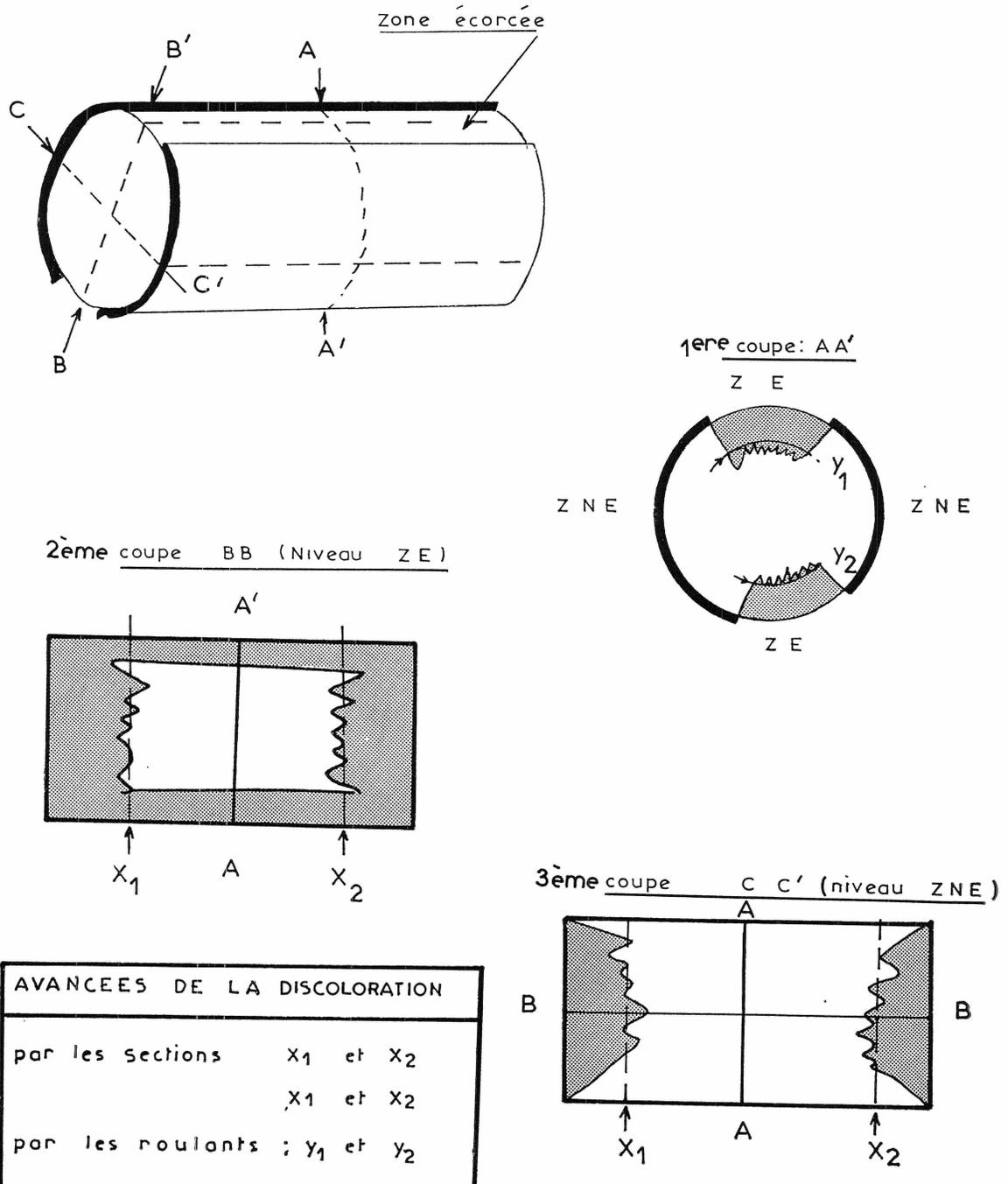
3. — Pour les mêmes raisons, il importe de négliger les avancées présentant la forme de filaments très fins, parallèles au fil du bois [fig. 5 (f)].

OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN (fig. 4 et 5).

Elles s'effectuent selon 3 plans :

1^{er} Plan : Observation de la section transversale médiane du billon. Sur cette section AA', on

FIG. 4. — Essai de l'action fongicide. Mode de découpe des billons (méthode C. T. F. T.).



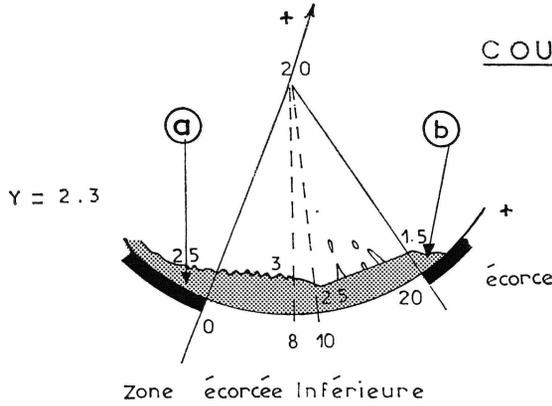
mesure l'avancée du bleuissement par les roulants au niveau des zones écorcées (Y_1 et Y_2).

2^e Plan : Observation du billon selon la coupe longitudinale suivant l'axe BB' , au niveau de la zone écorcée. Sur cette section longitudinale, on

mesure les avancées du bleuissement par les sections (X_1 et X_2).

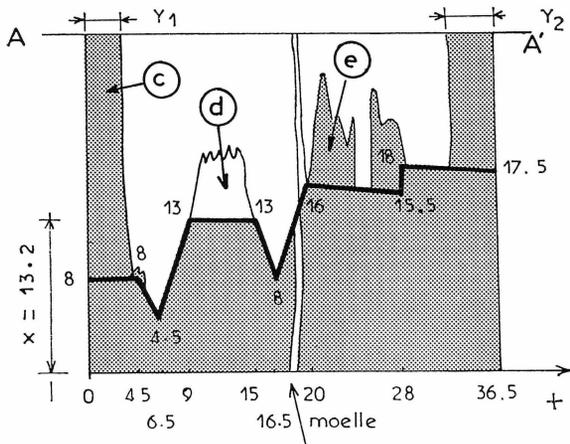
3^e Plan : On reconstitue le billon entier avec les 4 morceaux fendus et on refend longitudinalement selon l'axe CC' , perpendiculaire à BB' , au niveau

FIG. 5. — Mesures in situ de l'avancée moyenne des discolorations sur les 3 coupes d'observation.



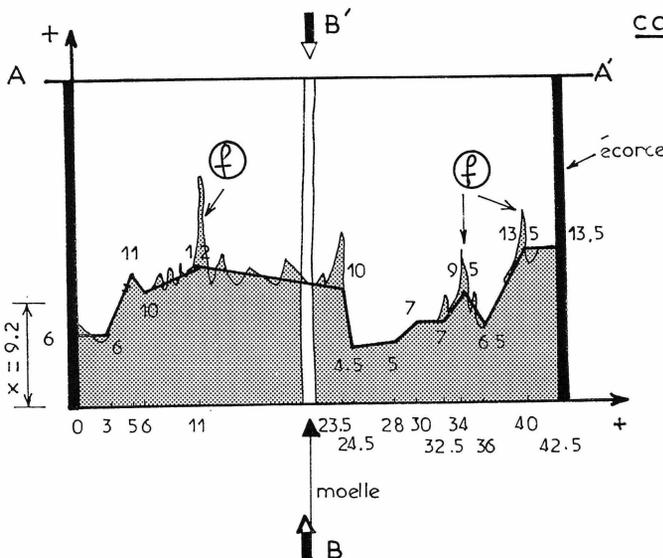
COUPE AA' section transversale
(Zone écorcée inférieure)

Zones (a) et (b) bleuies correspondent à un décollement de l'écorce



COUPE BB' niveau zone écorcée
(1/2 billon gauche)

(c): avancée par le roulant
(d): avancée favorisée par gerce (abscisse 9-15).
(e): avancée favorisée par fente au niveau de la moelle



COUPE CC' niveau zone non écorcée
(1/2 billon gauche)

(f) filament de discoloration

de la zone non écorcée. On mesure alors l'avancée de l'altération par les sections (X'_1 et X'_2) au niveau de cette zone.

Remarque : Cette opération de fendage des bilions, qui s'effectue à la hache, est très facile à exécuter sur l'Ilomba, en raison de la grande fissilité de cette essence. Un découpage à la tronçonneuse selon les axes BB' et CC' ne donne pas une surface d'observation aussi nette du fait que les fibres du bois sont alors sectionnées et non décollées comme lors du fendage. Il en résulte que les mesures de l'altération fongique deviennent plus imprécises.

MÉTHODE DE MESURE DE L'AVANCÉE DU BLEUISSEMENT.

L'avancée de la discoloration, par les sections et par les roulants, ne se fait pas de façon continue et régulière, mais se présente au contraire sous forme de flammes aux contours plus ou moins découpés (voir photos 2 à 4).

De ce fait, pour calculer l'avancée moyenne des discolorations, on mesure, sur les 3 coupes d'observation, les coordonnées des principaux points extrêmes d'avancée (fig. 5) en respectant les quelques règles conventionnelles établies ci-dessus.

Pour les mesures sur la coupe AA' (section transversale, les points extrêmes sont représentés en coordonnées polaires (fig. 6).

Pour les mesures sur les coupes BB' et CC' (sections longitudinales), les points extrêmes sont représentés en coordonnées orthonormées.

Toutes les mesures sont effectuées avec une précision de 0,5 cm.

A titre d'illustration, la figure 5 montre la mé-

thode utilisée pour mesurer l'avancée du bleuissement sur le billon n° 15 T figurant sur les photographies nos 2 à 4.

Dépouillement des mesures.

A partir de ces coordonnées mesurées sur le terrain, on calcule l'avancée moyenne du bleuissement (fig. 5).

AVANCÉES MOYENNES PAR LES ROULANTS Y_1 ET Y_2 .

Elles sont calculées selon la formule suivante :

$$Y = R - \sqrt{\frac{\sum (x_{i+1} - x_i) (\rho_i^2 + \rho_{i+1}^2)}{2 \sum (x_{i+1} - x_i)}} \quad (2)$$

avec $\rho_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$ (voir fig. 6),

R = rayon moyen du billon au niveau de la zone écorcée étudiée.

AVANCÉES MOYENNES PAR LES SECTIONS (X_1 ET X_2 ; X'_1 ET X'_2).

Elles sont calculées selon la formule générale suivante :

$$X = \frac{\sum [(X_i + X_{i+1}) (x_{i+1} - x_i)]}{2 \sum (x_{i+1} - x_i)} \quad (3)$$

où X_i et x_i sont respectivement l'ordonnée et l'abscisse du point extrême i de l'avancée du bleuissement repéré sur le plan d'observation (fig. 6).

FIG. 6. — Système de coordonnées des points extrêmes d'avancée de la discoloration.

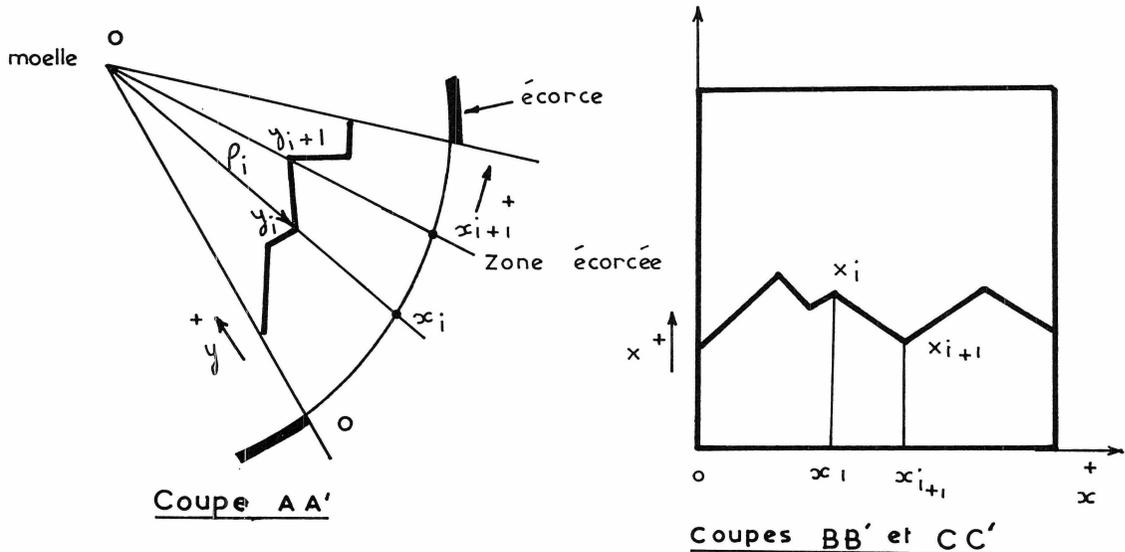




Photo Durand.

Photo n° 4. — Essai de l'action fongicide. Section longitudinale au niveau de la zone non écorcée.

L'exemple de dépouillement donné en annexe 1 (mesure et calcul des avancées du bleuissement sur un billon d'Iomba non traité après 3 semaines d'exposition) concerne le billon n° 15 T mentionné dans la figure 5 et représenté sur les photographies.

Erreurs commises sur les mesures.

Les mesures sur le terrain des coordonnées des points extrêmes d'avancée sont effectuées avec un mètre ruban gradué en 0,5 cm.

Pour obtenir les erreurs absolues sur les avancées du bleuissement par les roulants et les sections, on calcule les dérivées partielles des formules (2) et (3), en considérant que les mesures sont effectuées avec une précision de 0,5 cm.

Calcul pourcentage de volume bleui (B %).

La formule donnant le pourcentage du bleuissement $B\%$ est de la forme :

$$B\% = U(X_1 + X_2) + V(X'_1 + X'_2) + W \frac{L}{R} \quad (4)$$

où :

$$U = R(l+l') - \frac{1}{R} \left[\frac{l(2RY_1 - Y_1^2) + l'(2RY_2 - Y_2^2)}{D} \right]$$

$$V = \frac{R(2\pi R - l - l')}{D}$$

$$W = \frac{l(2RY_1 - Y_1^2) + l'(2RY_2 - Y_2^2)}{D}$$

$$D = 2\pi R^2 L$$

avec L = longueur moyenne du billon,

R = rayon moyen du billon,

l et l' = largeur moyenne des 2 zones écorcées,

Y_1 et Y_2 = avancées moyennes par les roulants,

X_1, X_2 ; X'_1, X'_2 = avancées moyennes par les sections.

Les erreurs commises lors des mesures des coordonnées des points d'avancée du bleuissement se répercutent sur les volumes bleuis $B\%$ et l'erreur absolue $\Delta B\%$ est calculée à partir de la dérivée partielle de la formule (4). On arrive à une expression homogène faisant intervenir les erreurs absolues des avancées moyennes (ΔX et ΔY).

L'annexe 2 donne un exemple de calcul du pourcentage de volume bleui $B\%$, à partir des données de l'annexe 1 (Billon d'Iomba non traité après 3 semaines d'exposition n° 15 T des photographies 2 à 4).

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ FONGICIDE

Les observations ont lieu chaque semaine et concernent 2 billons traités (*E*) pris au hasard.

A la première apparition d'altération sur au moins un de ces billons traités, lors de l'observation de la *i*-ième semaine, on procède alors à l'examen de 2 billons témoins (*NT*).

A la 6^e semaine, en fin d'essai, on observe : 2 billons traités (*E*), 2 billons témoins (*NT*) et 2 billons traités avec un produit de référence (*PT*).

Pour chacun de ces billons d'essai, on évalue le pourcentage de volume bleui selon la méthode exposée précédemment.

On dispose alors de résultats que l'on consigne dans un tableau qui se présente de la façon suivante :

Semaines	1	2	3 = <i>i</i>	4	5	6
Billons (<i>E</i>) (traités)	B_1	B_2	B_3 (B_i)	B_4	B_5	B_6
Billons (<i>NT</i>) (témoins)			BT_3 (BT_i)			BT_6
Billons (<i>PT</i>) (Produit-témoin)						BPT

DATE DE LA PREMIÈRE APPARITION D'ALTÉRATION : *i* (dans l'exemple : *i* = 3).

A partir de ce tableau des données, on définit l'efficacité fongicide par deux indices :

INDICE ABSOLU DE PROTECTION FONGICIDE (*IPF*).

• A la *i*-ième semaine, date de la 1^{re} apparition de discoloration, on définit IPF_i comme suit :

$$IPF_i = 100 \left(1 - \frac{B_i}{BT_i} \right) \quad (5)$$

• A la 6^e semaine, en fin d'essai :

$$IPF_6 = 100 \left(1 - \frac{B_6}{BT_6} \right)$$

REMARQUE.

De par la forme de l'expression (5), une protection fongicide totale est caractérisée par un indice $IPF = 100$, et au contraire une protection nulle est caractérisée par un $IPF = 0$.

INDICE RELATIF D'EFFICACITÉ FONGICIDE (*EFR*).

C'est le rapport de l'indice de protection fongicide à la 6^e semaine IPF_6 du produit testé (*E*) à l' IPF_6 du produit témoin (*PT*).

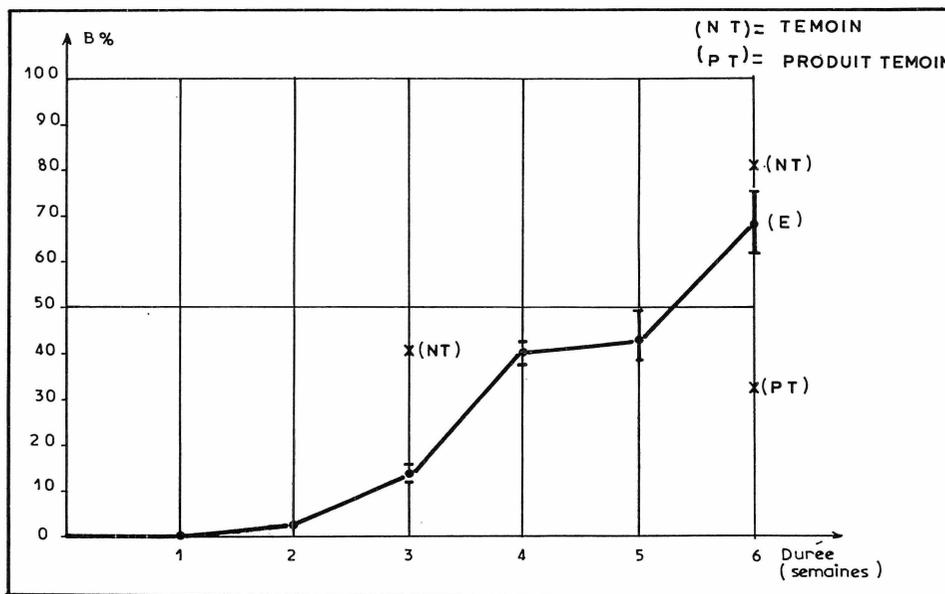
$$EFR = \frac{IPF_6 \text{ produit testé}}{IPF_6 \text{ produit témoin}} \quad (6)$$

Si le produit testé (*E*) a une efficacité fongicide comparable à celle du produit de référence, l'indice *EFR* est voisin de 1.

On considère qu'un produit est efficace sur le plan fongicide lorsque *EFR* est supérieur ou égal à 0,9.

(Voir l'exemple en annexe 3.)

FIG. 7. — Evolution de l'altération fongique (exprimée en pourcentage moyen de volume bleui *B* %) sur les billons traités (*E*) pendant 6 semaines.



RÉMANENCE DE L'EFFICACITÉ FONGICIDE.

Le tableau des données recueillies au cours des 6 semaines de l'essai permet d'établir sous une forme graphique l'évolution du bleuissement sur les billons traités au cours des 6 semaines de l'essai. L'annexe 3 consigne, à titre d'exemple, les résultats d'un essai d'efficacité fongicide d'un produit de protection temporaire de grume (*E*).

A partir d'un tel tableau, on peut tracer la courbe du pourcentage moyen de volume bleui (moyenne de 2 billons) en fonction du temps d'exposition (fig. 7).

Ce graphe permet de constater que la protection fongicide est brusquement rompue à la 4^e semaine, et on peut conclure que la rémanence du produit testé (*E*) est faible.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

La méthode exposée permet donc d'évaluer l'efficacité insecticide et fongicide d'un produit de protection de grumes.

On peut cependant avancer l'objection suivante : Est-il possible de juger de l'efficacité d'un produit sur une seule expérience ? L'évaluation de l'attaque des grumes par les insectes et les champignons de discoloration dépend en effet de nombreux facteurs conjugués non contrôlables : conditions climatiques, pluviométrie, présence de spores de champignons dans le milieu de l'essai, biologie des insectes xylophages, délai entre traitement des grumes et les premières précipitations qui risquent de délayer le produit, structure anatomique et teneur en amidon du bois sur lequel est testé le produit.

L'effet de certains de ces facteurs peut être atténué en ayant recours à des comparaisons entre grandeurs mesurées :

- La comparaison avec les billons témoins notamment, du point de vue de l'action insecticide aussi bien que de l'action fongicide, permet de diminuer l'effet de certains facteurs tels que biologie des insectes et présence de spores de champignons.

- La comparaison entre billons traités (*E*) et billons traités avec le produit témoin (*PT*), qui intervient dans la définition de l'efficacité fongicide relative (*EFR*), permet en outre d'éliminer certains facteurs abiotiques qui peuvent affecter l'expérimentation : pluviométrie, délais entre traitement et première pluie, apparition de gerces de dessiccation, etc...

Du point de vue statistique, cependant, l'appréciation d'une grandeur à partir de deux billons sur un arbre semble aléatoire. On ne tient pas compte par exemple des variabilités qui existent à l'intérieur d'un même arbre et entre arbres (structure anatomique, teneur en amidon, comportement au séchage, etc...).

C'est avec ce souci d'améliorer la précision statistique que nous proposons ci-après dans les grandes lignes, des modifications, dans le dispositif expérimental même, plutôt que dans la méthode d'évaluation qui s'avère relativement précise, et cela, aussi bien pour l'étude de l'action insecticide que pour l'expérimentation de l'action fongicide.

ACTION INSECTICIDE

Dispositif expérimental.

Au lieu de tester la protection insecticide sur 6 billons par arbre qui permet surtout d'évaluer la variabilité intra-arbre, on effectue des répétitions (3 au minimum) sur des arbres différents, mais avec seulement 2 billons traités par arbre.

L'avantage offert par cette méthode est que, le nombre des billons par formulation étant réduit, on peut tester plusieurs formulations simultanément sur un même arbre. C'est un aspect non négligeable du point de vue du coût des essais.

Évaluation de l'efficacité insecticide.

Les observations ne sont plus hebdomadaires, mais sont effectuées à deux reprises, à la 4^e et à la 6^e semaine. Deux observations suffisent pour juger l'action insecticide d'un produit. On estime en effet qu'un produit qui démontre une efficacité absolue au moins égale à 4 semaines, et une efficacité rémanente e_{10} supérieure à 6 semaines peut être considéré comme acceptable. On détermine pour chaque billon la densité de piqûres actives, selon le processus déjà mentionné (formule (1)). Ces deux observations permettent de définir les efficacités insecticides absolue *EIA* et rémanente e_{10} .

EFFICACITÉ FONGICIDE

Dispositif expérimental.

On se propose d'effectuer une observation unique à la 4^e semaine. On admet qu'un produit qui assure une protection fongicide encore solide au bout de 4 semaines d'exposition peut être considéré comme bon.

Partant de ce principe, le dispositif expérimental ne doit plus prévoir, comme c'est le cas présentement, deux observations par semaine pendant 6 semaines mais deux observations par formulation.

Comme pour l'action insecticide, l'avantage de cette méthode est de permettre une expérimentation simultanée sur plusieurs formulations.

Il y a lieu de prévoir également plusieurs répétitions (3 au minimum).

Évaluation de l'efficacité fongicide.

Les évaluations des pourcentages de volumes bleuis s'effectuent suivant la méthode décrite précédemment et on dispose à la 4^e semaine d'un tableau de données de la forme suivante :

Formulation	E_1	E_2	- - -	PT	NT
Répétition 1	B_{11}	B_{21}	- - -	BPT_2	BNT_1
Répétition 2	B_{12}	B_{22}	- - -	BPT_2	BNT_1
Répétition 3	B_{13}	B_{23}	- - -	BPT_3	BNT_2
- - - - -	- - -	- - -	- - -	- - - -	- - - -
Valeurs moyennes	B_1	B_2		BPT	BNT

A partir des valeurs moyennes, on définit des indices de protection fongicide selon la formule (5).

Exemple pour la formulation E_1 :

$$IPF_1 = 100 \left(1 - \frac{B_1}{BT} \right).$$

De même, on calcule les efficacités fongicides relatives des formulations testées, relativement au produit témoin (formule (6)).

Exemple pour la formulation E_1 :

$$EFR_1 = \frac{IPF_1}{IPF(PT)}.$$

CONCLUSION

Les phénomènes d'attaque biologique des grumes sont complexes et en particulier l'altération fongique ; décrire, et surtout évaluer l'ampleur de l'attaque n'est pas aisé dès que l'on se propose d'y apporter une quantification. Or, celle-ci est nécessaire si l'on veut avancer une conclusion précise sur un produit de protection insecticide et fongicide des grumes. Ce souci d'une évaluation conduit rapidement à mettre en place des dispositifs expérimentaux lourds, donc coûteux, et à adopter des méthodes d'observation et de mesures complexes donc inadaptées pour des expérimentations fréquentes et nombreuses.

La méthode actuellement adoptée par le C. T. F. T. et les améliorations qui y sont proposées dans cet article respectent un double but :

1° Etre suffisamment précises pour éventuellement servir de base technique à un système d'homologation de produit ;

2° Etre néanmoins, relativement simples pour être appliquées et reproduites sans difficulté, dans de bonnes conditions expérimentales et au moindre coût.

Ce sont précisément les améliorations décrites ci-dessus qui devraient constituer le canevas principal de recherche du C. T. F. T. en matière de protection temporaire des billes de coupe fraîche.

ANNEXE 1

MESURES ET CALCULS DES AVANCÉES MOYENNES DU BLEUISSEMENT SUR UN BILLON D'ILOMBA
NON TRAITÉ APRÈS 3 SEMAINES D'EXPOSITION (Billon n° 15 T, photo)

1. — Dimensions du billon.																	
— Longueur moyenne												$L = 49$ cm					
— Diamètre moyen												$\varnothing = 41,0$ cm d'où $R = 20,5$					
— Largeur des zones écorcées.....												$l = 20$ cm $l' = 20$ cm					
2. — Mesure de l'avancée de la discoloration (Cf. fig. 5).																	
2.1. — AVANCÉE PAR LE ROULANT																	
$R = 20,2$	x	0	8	10	20									$Y_1 = 2,3$ cm			
	Y	2,5	3,0	2,5	1,5									$\Delta Y_1 = 0,04$ cm			
$R = 20,7$	x	0	6,5	9	15	20								$Y_2 = 5,1$ cm			
	Y	2	3,5	6,5	5	6								$\Delta Y_2 = 0,04$ cm			
2.2. — AVANCÉE PAR SECTIONS.																	
Niveau Z.E	x	0	5	6,5	8,5	10,5	10,5	12	12	20	21	36				$X_1 = 8,2$ cm	
	X	9	9	5	8	6	9,5	9,5	5,5	5	10	10				$\Delta X_1 = 0,1$ cm	
Niveau Z.E	x	0	4,5	6,5	9	15	16,5	20	28	28	36,5					$X_2 = 13,2$ cm	
	X	8	8	4,5	13	13	8	16	15,5	18	17,5					$\Delta X_2 = 0,3$ cm	
Niveau ZNE	x	0	3	5	6	11	23,5	24,5	28	30	33	34	36	40	42,5	$X'_1 = 9,2$ cm	
	X	6	6	11	10	12	10	4,5	5	7	7	9,5	6,5	13,5	13,5	$\Delta X'_1 = 0,2$ cm	
Niveau ZNE	x	0	3,5	9,5	10,5	16	18	30,5	40	41,5							$X'_2 = 9,2$ cm
	X	6	6	9	7	7,5	12,5	12	6,5	5,5							$\Delta X'_2 = 0,2$ cm

ANNEXE 2

CALCUL DU POURCENTAGE DE VOLUME BLEUI
(Billon n° 15 T)

1. — Données.															
1.1. — DIMENSIONS DES BILLONS.															
— Longueur												$L = 49$ cm			
— Rayon moyen.....												$= 20,5$ cm			
— Largeur des zones écorcées												$l = 20$ cm			
												$l' = 20$ cm			
1.2. — AVANCÉES MOYENNES DU BLEUISSEMENT.															
— Par les roulants :															
												$Y_1 = 2,3$ cm		$\Delta Y_1 = 0,04$ cm	
												$Y_2 = 5,1$ cm		$\Delta Y_2 = 0,04$ cm	
— Par les sections niveau ZE :															
												$X_1 = 8,2$ cm		$\Delta X_1 = 0,1$ cm	
												$X_2 = 13,2$ cm		$\Delta X_2 = 0,3$ cm	

— Par les sections niveau ZNE :

$$\begin{aligned} X'_1 &= 9,2 \text{ cm} & \Delta X'_1 &= 0,2 \text{ cm} \\ X'_2 &= 9,2 \text{ cm} & \Delta X'_2 &= 0,2 \text{ cm} . \end{aligned}$$

2. — Calculs (d'après la formule (4))

$$P_B = 0,8569$$

$$\text{Soit : } 85,7 \% \pm 0,6 \%$$

$$\Delta P_B = 0,006$$

ANNEXE 3

POURCENTAGE DE VOLUME BLEUI AU COURS DES 6 SEMAINES D'ESSAI SUR PRODUIT (E)

Semaine	1		2		3		4		5		6		
Billons N°	5	1	7	8	14	13	9	18	10	12	11	6	
B %	0	0	2	2	15,5	12,5	42,5	39,3	47,3	38,5	74,1	63,6	
B %	0	0	0	0	0,1	0,2	0,4	0,4	1,0	0,3	1,6	0,6	
B % moyen	0		2		13,8		40,7		42,9		68,8		
B % mini	0		2		12,3		38,9		38,2		63,0		
B % maxi	0		2		15,6		42,6		48,3		75,7		
	B % (NT) =				40,3						B % (NT)		81,8
											B % (PT)		32,59
Produit X :			$IPF_3 = 65,7$ à 3 semaines $IPF_6 = 15,9$ à 6 semaines										
Produit témoin :			$IPF_6 = 60,3$ à 6 semaines										
Indice relatif d'efficacité fongicide à la 6 ^e semaine :													
$EF_R = \frac{15,9}{60,3} = 0,26 < 0,9.$													