

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences techniques, N.S., XVI-2, Bruxelles, 1965

**L'utilisation de traverses en bois
de chemin de fer
en pays tropicaux**

PAR

C. CAMUS

MEMBRE DE L'ARSOM
VICE-PRESIDENT DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER
DU CONGO SUPERIEUR AUX GRANDS LACS AFRICAINS

75 F

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESSE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVI-2, Brussel, 1965



ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE MER
Classe des Sciences techniques, N.S., XVI-2, Bruxelles, 1965

**L'utilisation de traverses en bois
de chemin de fer
en pays tropicaux**

PAR

C. CAMUS

MEMBRE DE L'ARSON
VICE-PRESIDENT DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER
DU CONGO SUPERIEUR AUX GRANDS LACS AFRICAINS

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESTE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Technische Wetenschappen, N.R., XVI-2, Brussel, 1965

Mémoire présenté à la séance du 17 juillet 1964

RÉSUMÉ

Il est paradoxal que la traverse en bois pour chemins de fer soit d'un usage général en Europe, contrée très industrialisée, tandis que la traverse métallique l'est en Afrique centrale, région riche en forêts et pas industrialisée du tout.

La raison en est que la construction des réseaux en Afrique date de 50 à 70 ans. A ce moment, on ne connaissait rien des bois tropicaux; pour le surplus, les forêts se trouvaient loin des ports de mer où les réseaux avaient leurs points de départ et les voies de communication étaient inexistantes à l'intérieur. Par contre, la traverse métallique pouvait être amenée aux ports, à pied d'œuvre à une cadence régulière qui permettait la pose de la voie sans discontinuation.

Depuis, les conditions ont changé: les études faites par la Compagnie des Grands Lacs africains sur les bois tropicaux, les essais de traitement poursuivis méthodiquement, l'industrialisation des exploitations forestières ont modifié l'optique et la traverse en bois se réhabilite progressivement.

SAMENVATTING

Het is paradoxaal dat in Europa, een sterk geïndustrialiseerd gebied, algemeen houten dwarsliggers voor spoorwegen gebruikt worden, terwijl in Centraal-Afrika, een volstrekt niet geïndustrialiseerd gebied dat bovendien rijk is aan bossen, de voorkeur naar metalen dwarsliggers gaat.

De reden is dat de aanleg der spoorwegnetten in Afrika 50 of 70 jaar geleden aangevat werd. Op dat ogenblik wist men niets over de tropische houtsoorten; daarenboven waren de bossen ver van de zeehavens gelegen, vanwaar de spoorwegen vertrokken en er bestonden geen verbindingswegen in het binnenland. De

metalen dwarsliggers, daarentegen, konden langs de havens aangevoerd worden, op de werkplaatsen zelf en naargelang het werk vorderde, zodat geen onderbreking veroorzaakt werd in de aanleg van de spoorweg.

Sindsdien veranderden deze omstandigheden: de studie van de tropische houtsoorten, ondernomen door de Compagnie des Grands Lacs africains, de methodische voortgezette behandelingsproeven, en het industrialiseren der bosontginning wijzigden de optiek en de houten dwarsligger neemt meer en meer de hem toekomende plaats in.

I. INTRODUCTION

La traverse est l'élément essentiel de la stabilité de la voie du chemin de fer; elle est l'intermédiaire entre le rail et le ballast, sur lequel elle répartit la charge par essieu, qui atteint, avec le matériel actuel, jusqu'à 30 tonnes; elle maintient l'écartement des rails, s'oppose aux efforts latéraux et amortit les chocs et les vibrations à haute fréquence provoqués par le passage des essieux.

Elle doit, en conséquence, présenter une résistance mécanique et une élasticité suffisantes; être durable, d'une pose aisée, d'un entretien économique et d'un prix aussi bas que possible.

Au début du rail, il y a plus de cent ans, celui-ci était fixé sur longrines en bois, puis sur traverses. On en revient timidement à la longrine; les Chemins de fer français ont posé, au début de cette année, plusieurs dizaines de kilomètres sur longrines en béton précontraint, l'écartement des rails étant assuré par des entretoises.

L'augmentation des charges par essieu conduit à des rails de plus en plus lourds, qui vont jusqu'à 60 kg au mètre, fonction de l'écartement des traverses. Or, on pourrait se contenter de profils moins lourds en augmentant le nombre de celles-ci. Mais, déjà actuellement, avec 1 500 traverses par km, l'interdistance utile de bourrage n'est plus que de 30 à 35 cm, ce qui ne peut guère être réduit. Dès lors, on est conduit à repenser la question et à en revenir à la longrine sous rail, où le bourrage — qui se fait alors longitudinalement — n'est plus gêné et peut se faire tout le long de la file du rail, partant une répartition plus régulière de la pression du rail sur le ballast et une plus grande facilité d'entretien; de plus, la longrine sous rail, du fait de sa rigidité, se prête beaucoup mieux aux longues barres soudées.

La longrine sous rail permettra d'augmenter la charge par essieu, qui ne dépasse guère actuellement 24 tonnes en Europe, mais dépasse 30 tonnes en Amérique.

L'attache du rail à la traverse en béton reste un point faible de l'ensemble, du fait des efforts alternatifs continus dus au passage des essieux; sur la longrine, l'effort sera mieux réparti.

Il est à prévoir que pour les trains lourds, à grande vitesse, la longrine sous rail se défendra honorablement.

En ce qui concerne la traverse en général, les traverses en bois telles quelles, seraient soumises sans défense aux agents destructeurs: les insectes, les cryptogames, l'humidité, la gelée, etc.; aussi sont-elles traitées par injections de créosote soit pure, soit associée à d'autres produits.

La créosote est un phénol dérivé du toluène de composition C_6H_5OH , extrait des huiles provenant de la distillation du goudron de houille.

Injectée par le procédé « double Rueping » par vide et pression, elle imprègne la traverse dans toute sa masse et lui confère une durée de 30 à 35 ans de service en voies principales; ensuite, la traverse peut encore être déplacée en voies secondaires, moins chargées, pour une durée de 5 à 10 ans. Par contre, la traverse nue (non imprégnée) a une durée qui, pour certaines essences, ne dépasse guère 4 à 5 ans.

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, c'est en pays tropicaux, là où existent souvent de grandes forêts, que la traverse en bois est la moins employée.

Elle est surtout utilisée dans les pays d'Europe et aux Etats-Unis, où plus de 95 % des voies sont posées sur traverses en bois; on utilise les bois du pays: le chêne et le hêtre en Europe centrale, diverses variétés de pins dans les pays nordiques et au Canada, le pin maritime au Portugal et en Espagne. En Amérique du Sud, on utilise quelques bois comme le quebracho.

Le sapin du nord est très employé par les Chemins de fer anglais, mais se prête mal au procédé « double Rueping ». Le chêne se prête mal aussi à ce procédé étant donné la dureté du cœur; par contre, du point de vue mécanique, il présente une bonne résistance aux efforts des essieux. Le hêtre convient particulièrement au « double Rueping »; il se laisse bien pénétrer et

sa résistance mécanique est suffisante pour les vitesses même élevées. Le sapin et le hêtre peuvent être traités à pénétration complète de l'antiseptique.

Le chemin de fer est un gros consommateur de traverses; il existe de par le monde quelque 1 000 000 km de voie double, ce qui représente environ 3 milliards de traverses comportant un renouvellement annuel de quelque 100 millions de pièces, représentant 15 à 20 milliards de francs.

D'après l'Union Internationale des Chemins de Fer (U.I.C.), les mesures prises avant, pendant et après l'imprégnation des traverses en bois destinées aux sections de voie isolées, sont très strictes.

Les administrations de chemins de fer utilisent en général, dans les sections de voie isolées, les mêmes essences que dans les voies ordinaires non isolées, notamment et surtout le chêne, le hêtre et le pin.

Sont utilisés, outre du chêne et du hêtre, l'épicéa (BR) *, le mélèze (OBB), le sapin (PKP) et certains bois tropicaux (SNCF).

La DB, par contre, proscrit l'utilisation de traverses en pin dans les circuits de voie.

Pour ce qui est de traverses à utiliser sous les appareils de voie et sur les ponts: le choix de l'essence est déterminé par des motifs qui n'ont aucun rapport avec l'isolement.

L'abattage et la livraison du bois à traverses sont réglementés d'une façon générale par la spécification technique 860 V de l'U.I.C.

Contrairement aux autres administrations, trois d'entre elles (CFL, MAV et PKP) choisissent les traverses destinées aux sections de voie isolées suivant des critères particuliers: les traverses doivent être équarries à arêtes vives et, autant que possible, être exemptes de défauts (CFL, MAV); elles doivent posséder une madrure fine et une proportion notable de cœur (PKP).

* BR = British Railways. Voir en annexe la liste des administrations dont les initiales officielles figurent dans le texte.

Pour diverses raisons, la période de séchage au chantier avant exécution de l'imprégnation, varie entre 4 et 18 mois (en moyenne 8,5 mois) pour les bois durs, et entre 3 et 12 mois (en moyenne 7 mois) pour les bois tendres.

A l'exception des PKP qui stockent pendant 6 mois les traverses pour usages ordinaires et pendant 8 mois celles pour voies isolées, aucune administration ne fait de distinction dans la détermination de la durée de séchage.

La teneur moyenne en humidité des traverses avant imprégnation varie généralement entre 20 et 30 % par rapport au poids sec. A l'exception des PKP (teneur en humidité: 25 % pour usages ordinaires, 20 % pour isolement), aucune administration ne fait de distinction pour tenir compte de l'utilisation qui sera faite des traverses.

En vue d'assurer une meilleure imprégnation du bois dans la zone des trous de tirefonds, la plupart des administrations percent leurs traverses avant imprégnation. Les JZ, les MAV et, en partie aussi, les SJ ne percent pas les traverses avant imprégnation.

Six administrations (DB, DSB, NS, OBB, PKP, CP) ont pour principe de ne pas percer entièrement les traverses, de sorte qu'il subsiste sur la face intérieure une couche de bois d'environ 10 à 20 mm d'épaisseur. Ce système empêche les tirefonds vissés dans leur logement d'entrer en contact direct avec le ballast, en particulier lorsque celui-ci est fin, pollué ou colmaté, et prévient toute pénétration éventuelle dans les trous, par le bas, de la poussière de ballast et de l'humidité. Le courant électrique ne peut passer directement des tirefonds au ballast. La résistance électrique de ces traverses est plus élevée que celle des traverses percées de bout en bout, en particulier dans le cas d'un ballast médiocre.

Cinq administrations par contre (FS, CFF, SNCB, SNCF) percent les traverses de part en part.

Des fissures situées sur les têtes des traverses en bois ne constituent pas un obstacle à leur emploi dans les sections de voie isolée.

Les traverses en bois fissurées ou susceptibles de se fissurer sont généralement consolidées au moyen de boulons, d'esses ou

de frettes, soit au chantier d'imprégnation, soit, le cas échéant, en voie. Le frettage est actuellement le procédé que préfèrent, d'une manière générale, les administrations.

Toutes les administrations imprègnent de la même façon aussi bien les traverses destinées aux sections de voie isolées que les traverses ordinaires. Les méthodes d'imprégnation sont:

Administration	Pour les traverses en				Autres bois résineux
	Chêne	Hêtre	Pin	Mélèze	
BR			V		V
DB	RE	RD	RE		
DSB		RD	RE		
CFL	B	RD			
JZ	RE	RD			
MAV	B	RD	RE		
NS	RE		RE		
OBB	RE	RD	RE	RE	
PKP			RE		RE
RENFE	RE	RD	RE		
CFF	RE	RD			
SJ			RE		
SNCB	RE	RD			
SNCF	B/RE	RD			
CP			RE		

B = Bethell

V = Imprégnation à refus

RE = Rueping simple

RD = Rueping double

Toutes les administrations imprègnent actuellement leurs traverses à la créosote. Celle-ci a une composition complexe faite d'environ 160 substances organiques.

Les spécifications techniques pour la fourniture de la créosote et les caractéristiques de la créosote qui y sont définies varient dans une certaine mesure d'une administration à l'autre. Par ailleurs, la SNCF attire l'attention sur le fait que la teneur en phénol peut dépendre de la méthode d'essai utilisée. C'est ainsi, par exemple, que l'analyse d'une certaine créosote donne, suivant méthode SNCF, une teneur en phénol de 5 % mais, par contre, 9,5 % si l'on applique les normes allemandes DIN.

Les quantités théoriques de créosote absorbée sont les suivantes (kg/m^3):

Administration	Chêne	Hêtre	Pin	Mélèze	Autres bois résineux
DB	45	145	63		
DSB		142	63		
CFL	70	175			
JZ	50	160			
NS	45		75		
OBB	55	155	65	55	
PKP			65		65
RENFE	45	180	70		
CFF	60	160			
SJ			65		
SNCB	45	150-200			
SNCF	60/50 *	210			
CP			60-65		

* 60 kg/m³ pour la méthode Bethell, 50 kg/m³ pour la méthode Rueping simple.

D'après le *Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer*, les pourcentages des traverses en bois et des traverses métalliques et autres étaient de:

	bois	métalliques et autres
France et Afrique du Nord ...	93 %	7 %
Espagne, Allemagne	92	8
Italie, Belgique	99,9	0,1
Cameroun	—	100
Afrique occidentale	1	99
Ethiopie	—	100
Maroc - Niger	—	100
Tanganyka - Kenya	—	100
Congo ex-belge	5	95

Ces pourcentages ont tendance à se modifier en raison de l'emploi plus grand de la traverse en bois à la faveur de l'expérience acquise quant au traitement des bois coloniaux.

D'après l'U.I.G. les durées moyennes des traverses en Europe sont:

Bois dur (hêtre):

— Avec systèmes anciens d'attaches: 35 ans;

— Avec attaches spéciales: 40 ans.

Bois tendre (pin):

— Avec systèmes anciens d'attaches: 27 ans;

— Avec attaches spéciales: 30 ans.

Du point de vue de la longévité, il apparaît, dans l'état actuel des choses:

1° Que l'expérience est loin d'avoir montré une infériorité de la traverse en bois par rapport à la traverse béton, monolithe, ou métallique.;

2° Que si la traverse bois est convenablement préparée, et entretenue avec les mêmes soins que la traverse métallique, sa longévité n'est que de bien peu inférieure à celle de cette dernière.

La solution du béton est à priori séduisante: on trouve partout sable et gravier, et les faibles quantités de fer et de ciment que requiert sa fabrication ne posent pas de problème.

C'est évidemment vers la traverse en béton « précontraint » qu'on s'est orienté. Sa fabrication est économique étant donné le prix de la main-d'œuvre. Elle présente des avantages et des inconvénients qu'il serait trop long d'exposer ici. Disons simplement, pour fixer les idées, que les poids (voie normale) varie de 150 kg pour la Vagueux française à 230 kg pour la Dow Mac anglaise, où la précontrainte varie de 20 à 44 tonnes. Son poids est un élément de stabilité de la voie. Toutefois, le point délicat est la fixation au rail; les systèmes d'attache sont nombreux et donnent lieu à des essais.

Divers réseaux ont mis des traverses en béton précontraint en service sur des centaines de km depuis 20 à 30 ans, ce qui constitue le véritable test pour apprécier leur tenue dans la voie aux vitesses de 120 à 140 km/h, couramment admises maintenant.

La traverse mixte est constituée de deux dés massifs en béton, réunis par une barre métallique qui lui donne une souplesse qui manque à la traverse pleine en béton. Elle semble présenter de multiples avantages, mais la fixation des attaches reste malgré tout le point délicat.

Dans les pays tropicaux, la traverse en bois est soumise à l'action de multiples agents destructeurs notamment la pourriture humide, les cryptogames divers, les termites, les alternances fréquentes de soleil et de pluie qui favorisent le fendillement. Aussi lui a-t-on préféré, au début, la traverse métallique et, depuis peu, la traverse en béton.

Je ne m'étendrai pas davantage sur ce type de traverses, pour m'en tenir à la traverse en bois dans les pays tropicaux, bien que la traverse mixte, qui présente d'incontestables avantages de durée et de prix parce que fabriquée sur place avec des éléments locaux, commence à s'y développer.

Quoi qu'il en soit, à ce jour, c'est la traverse en bois qui reste techniquement la meilleure solution et, dans les pays tropicaux, elle a retrouvé des partisans convaincus en raison de la meilleure connaissance qu'on a des essences disponibles sur place et de la technique de leur traitement.

M. J. COUDREAU, une autorité française en matière de préservation du bois, s'est exprimé très clairement sur l'avenir des traverses en bois en pays tropicaux et note que la tendance revient en faveur de la traverse en bois.

Brésil: Les réseaux utilisent une quantité importante de traverses en bois, et le développement de l'exploitation des forêts d'Amazonie est en partie dirigé dans ce sens.

Pakistan: Réseau posé à l'origine sur traverses métalliques; le renouvellement se fait avec traverses en bois locaux; installation terminée d'une usine pour injection sous pression, de capacité annuelle de 300 000 traverses; installation en cours d'une seconde usine d'injection.

Malaisie: Réseau de 2 100 km; 2 900 000 traverses au total, la plupart en bois locaux; installation en 1944 d'une usine d'injection.

Indes: Réseau de 40 000 km, représentant 80 000 km de voies; posées à l'origine, pour la plupart, sur traverses métalliques; environ 50 % de celles-ci étaient, en 1950, remplacées par des traverses en bois locaux; traverses traitées par injection ou imprégnation.

Australie: Quantité importante de traverses en bois locaux injectés; installation d'une usine pilote d'injection sous pression de 70 kg/cm².

Afrique tropicale: le cas des réseaux de Nigeria (plus de 300 km) et du Ghana (plus de 1 000 km) qui ont, en 1949, décidé de remplacer la totalité de leurs traverses, qui étaient des traverses en acier, par des traverses en bois locaux injectées, ce remplacement étant, maintenant, presque terminé; le réseau du Mozambique, est posé partie sur des traverses en bois locaux, partie sur des traverses en bois importées des U.S.A.; le réseau du Libéria, de 350 km de longueur, d'écartement normal, créé en vue de l'exportation des minerais du Mont Nimba, est monté sur traverses injectées, partie en bois locaux, partie en bois non tropicaux; le cas encore du réseau de la Compagnie des Phosphates du Bénin (Togo), d'écartement normal, dont la construction a débuté en 1960, et qui est monté sur traverses de hêtre créosotées importées de France.

Congo (Léopoldville): actuellement, la totalité, peut-on dire, des 5 000 km de voies, est posée sur traverses métalliques, se décomposant comme suit:

— Réseau CFML (Matadi-Léopoldville)	434 km;
— Réseau CFM (Mayumba)	136 km;
— Réseau BCK (Katanga)	2 556 km;
— Réseau CFL (Kindu-Kabalo-Albertville+ Kabalo -Kabongo)	1 085 km;
— Réseau CVC (les Uélé)	840 km.

Depuis quelque temps, en vue de développer l'utilisation de la traverse bois, il est pratiqué des essais d'imprégnation à cœur, à l'aide d'une installation « par le vide », très peu coûteuse, par des sels en solution aqueuse.

L'ex-Afrique occidentale française: 4 415 km de voie ferrée équipée de traverses métalliques ou en béton; en 1946-47, il était envisagé de poser la voie Dakar-Rufisque sur traverses en bois, mais on en abandonne l'idée quand apparaît la possibilité de se procurer des traverses en béton précontraint; en 1930, sur la

ligne Dakar-M'Pal, on substitue des traverses métalliques aux traverses bois qui existaient.

Congo (Brazzaville): Le Congo-Océan, 511 km de voie ferrée; posée sur traverses métalliques sauf: 1° les sections du Port, de la Gare Maritime et de la Petite Vitesse de Pointe-Noire, posées volontairement sur traverses bois en raison de la corrosion trop active du métal en bord de mer, et 2° quelques sections secondaires, posées sur traverses bois, du fait de l'approvisionnement insuffisant en crapauds et boulons pour traverses métalliques lors de la construction.

Togo: 444 km de voie ferrée, posée sur traverses métalliques, dont 116 km vers 1935.

Cameroun: 679 km de voie ferrée, posée sur traverses métalliques, dont 345 km depuis 1925.

Madagascar: 865 km de voie ferrée, qui était jusqu'en 1949 posée pour 735 km sur traverses en bois du pays, et pour 130 km sur traverses métalliques. En 1950, il a été décidé, et les travaux sont en cours, de substituer partout des traverses métalliques aux traverses en bois, sauf sur 130 km, le long de la côte.

La coutume de ne pas utiliser le bois dans les réseaux tropicaux est d'abord née du fait que dans ces pays, la période de réalisation des grandes constructions ferroviaires se situe de 1860 (Indes) à 1914 (territoires africains), à un moment où il était impossible d'envisager l'approvisionnement suffisant en traverses en bois locaux, du fait de l'inexistence d'exploitations forestières et de scieries suffisamment nombreuses ou suffisamment bien équipées.

Cette coutume se confirma quand les ingénieurs constatèrent que les «traverses blanches», c'est-à-dire non traitées, qu'ils utilisaient, n'avaient dans la plupart des cas qu'une longévité de quelques années, même quand elle étaient confectionnées avec les bois réputés les plus durables. Attaques fongiques, insectes et en particulier termites, fentes dues aux alternatives d'humidité et de sécheresse, ont, en effet, rapidement raison, dans ces climats, des bois les plus résistants quand, sans aucun traitement préalable de préservation, ils sont mis sous voie. L'ignorance des propriétés

particulières des bois tropicaux, la difficulté apparente aussi de leur travail avec les méthodes utilisées pour les bois tempérés, et surtout l'impossibilité budgétaire d'envisager leur préservation préalable, ne pouvaient que les confirmer dans leur façon de voir.

Mais les entreprises d'exploitation forestière se sont multipliées et équipées; en effet, tous les territoires disposent maintenant de scieries suffisamment nombreuses et importantes pour assurer, en plus du commerce normal courant, l'approvisionnement des traverses nécessaires aux réseaux ferroviaires locaux.

Quant à l'efficacité de la créosote, elle n'est pas contestable, que ce soit du point de vue de son caractère hydrofuge qui diminue sensiblement les risques de fentes, ou de ses propriétés antifongiques, insecticides ou antitermites qui sont toutes éminemment confirmées par l'observation ou l'expérience. Si, pour les bois des zones tempérées, le créosotage à cœur par « Rueping double » assure aux traverses de hêtre une longévité qui dépasse 40 ans, alors qu'une traverse blanche ne durerait que quelques années, de même pouvons-nous avoir la certitude de conférer à certains de nos bois tropicaux, par l'application de cette technique, complétée par celle du frettage, une longévité supérieure à 20 années.

Aussi, dans les pays tropicaux, la question de la traverse en bois locaux se pose-t-elle maintenant, non plus dans le sens du choix du bois ayant une grande durabilité naturelle, mais surtout dans la recherche de ceux susceptibles d'absorber une quantité de créosote suffisante pour leur conférer la longévité nécessaire.

Cette question de l'utilisation de la traverse en bois doit être examinée successivement des trois points de vue: tenue de la voie, longévité des traverses, incidences financières.

Du point de vue de la tenue de la voie, la traverse bois est préférable à la traverse métallique et à la traverse béton, en raison des qualités indéniables qu'elle est seule à présenter réunies: souplesse, insonorité, facilité de fixation du rail, facilité et précision de l'entretien, facilité d'utilisation des circuits électriques de voie, longévité, bas prix de revient.

Elle donne à la voie les mêmes qualités, sinon des qualités supérieures à celles que donne la traverse métallique.

La traverse métallique a des avantages certains: elle est inattaquable par les termites et les pourritures; et le plus grand de ses avantages est sans doute celui d'éviter aux réseaux qui l'utilisent, tout souci d'organiser le ravitaillement local en traverses bois: il suffit de passer la commande et, avec ses attaches elle arrive prête à poser.

Malgré ces avantages, la traverse métallique a cependant aussi des inconvénients:

a) La fissuration de la table, aux angles des fenêtres d'attaches, risque d'être très rapide par suite des « battements » qui résultent, au passage des roues, de la dilatation des pièces par suite des variations de la température. R. SONNEVILLE cite le cas des chemin de fer iraniens, dont plus de 50 % des traverses étaient détériorées à 35 ans d'âge. Cela n'a jamais été constaté au Congo.

b) Sur les voies métriques, les déraillements sont aussi assez fréquents; les traverses métalliques, sensibles aux chocs, y résistent très mal; certain réseau n'a pas hésité à acquérir une presse pour les redresser, et qui n'a pas rendu les services qu'on en attendait.

G. SCHRAMM donne les longévités suivantes des traverses métalliques constatées sur la Deutsche Bundesbahn:

- Avec attaches anciennes: 38 ans;
- Avec attaches spéciales: 45 ans.

Or, l'expérience que nous avons au C.F.L. — et corroborée par celle d'autres réseaux — de la durée au Congo d'une traverse métallique nous permet d'affirmer qu'elle dépasse largement ce chiffre en raison de ce que les charges par essieu, les vitesses et le trafic sont bien inférieurs à ceux des voies européennes.

Or, ce sont ces trois éléments qui influent sur la tenue des lumières des crapauds, tandis que l'oxydation à une influence beaucoup moins grande sur la durée de la traverse en général.

Ainsi, au C.F.L., des traverses métalliques placées depuis 1906, c'est-à-dire bientôt 60 ans, sont encore en très bon état et leur remplacement n'est pas à prévoir maintenant. Lors de la mise à l'écartement de 1,067 m d'une partie du réseau, en 1955, ces traverses ont fait l'objet d'un examen et seulement 5 % furent estimés en mauvais état.

II. LA TRAVERSE EN BOIS

La traverse en bois périt pour trois raisons: usure mécanique (coupure par le patin du rail et ovalisation des trous des tirefonds), fente et pourriture.

Divers moyens permettent de retarder très sensiblement l'action de ces facteurs de détérioration:

1. L'utilisation d'attaches doublement élastiques ralentit considérablement l'usure « sous le rail »; c'est ainsi que les essais exécutés au laboratoire de la S.N.C.F. montrent que, du fait de l'utilisation de ces attaches, la pénétration du rail dans le bois, qui était de 9 mm en 100 heures avec les attaches simples, n'est plus que de 1 mm en 100 heures.

2. L'utilisation des tirefonds spéciaux et de manchons de bois durs encastrés dans le bois aux emplacements des tirefonds, permet d'éviter l'ovalisation des trous.

En ce qui concerne l'incidence financière, l'usage, dans les pays tropicaux, de la traverse en bois traitée est beaucoup plus avantageux que celui de la traverse métallique.

Il ne sera pas fait allusion ici à la traverse en béton, peu intéressante jusqu'à maintenant du point de vue technique. Il suffit d'indiquer qu'elle serait plus coûteuse.

Il sera admis, dans le calcul qui suit, que l'entretien de la voie serait le même pour les deux types de traverses.

Le bilan comparatif apparaît actuellement comme suit, pour les traverses à mettre en œuvre au Congo ex-belge:

1. prix de la traverse en bois:

Prix de revient scierie	150 F	150 F
Séchage et perçage	10 F	10 F
Traitement par trempage	20 F	
Traitement sous pression		50 F
Frettage	10 F	10 F
4 tirefonds	20 F	20 F
	210 F	240 F

2. prix de la traverse métallique de 50 kg:

Prix FOB Anvers	7 500 F la tonne
Fret maritime	1 750 F la tonne
Assurance et douane	1 150 F la tonne
	<hr/>
	10 400 F la tonne

ou 20 traverses de 50 kg, soit:

par traverse	520 F
+4 attaches	60 F
	<hr/>
	580 F

Si la traverse métallique doit être posée à l'intérieur du pays, par exemple à Stanleyville ou Kindu, ce prix est à majorer de 3 F le kg pour frais de transport, soit un prix total de 730 F par traverse.

Admettons comme durée 20 à 25 ans pour la traverse en bois imprégnée, et 45 ans pour la traverse métallique.

Le bilan financier apparaît comme suit:

1. *Traverse métallique*

Charge financière	}	$580 \text{ F} \times \frac{5}{100} \times 45 =$	1 205 F
		$730 \text{ F} \times \frac{5}{100} \times 45 =$	1 642 F
Amortissement	}	580 F	
		730 F	

Soit: $\text{F } 1\,205 + 580 = \text{F } 1\,785$ et $\text{F } 1\,642 + 730 = \text{F } 2\,372$, arrondis à $\text{F } 1\,790$ et $\text{F } 2\,380$.

2. *Traverse en bois* (il faut considérer 2 périodes de 22 ans pour atteindre une durée correspondante à celle de la traverse métallique):

Charge financière:	$240 \text{ F} \times \frac{5}{100} \times 22 =$	264 F
Amortissement		240 F
Une pose supplémentaire		10 F
Supplément de ballast nécessaire		12 F
4 tirefonds		20 F
		<hr/>
		546 F

D'où un avantage financier pour la traverse en bois de $\pm 15,00$ F ou ± 28 F par traverse et par an; soit pour 1 000 km, une somme de ± 22 millions ou ± 42 millions de francs.

De plus, l'utilisation de la traverse en bois crée une industrie locale représentant ± 120 F par traverse ou $1\,500 \times 120 / 22 = 8\,181$ FB par km et par an, ou $\pm 30\,000\,000$ F congolais pour 1 000 km/an.

La traverse métallique implique, elle, une sortie de trésorerie en devises fortes de $1\,500 \times 600$ soit 900 000 F soit ± 900 millions pour la construction de 1 000 km.

Nul ne conteste que, dans les pays tropicaux, la traverse en bois offre des avantages du point de vue de l'utilisation de la voie, par rapport aux traverses en matériaux concurrentiels.

Il faut bien insister sur ce qu'il ne s'agit plus, au cours de cet exposé, de la « traverse blanche » que l'on utilisait autrefois, mais d'une traverse préparée convenablement, comme le sont les traverses des réseaux d'Europe, par exemple créosotée par injection sous pression et frettée, de sorte que sa longévité sous voie, qui ne serait que de quelques années si elle était « blanche », pourrait aisément être notablement augmentée: il s'agit, dans ce but, surtout de choisir judicieusement le bois susceptible d'une imprégnation convenable.

Dans ces conditions, et dans ces conditions seulement, la traverse en bois du pays est indiscutablement supérieure dans les pays tropicaux aux traverses métalliques ou béton.

Très robuste et maniable, elle s'adapte parfaitement aux possibilités de la main-d'œuvre locale.

Pour conclure, il faut reconnaître que si la tendance des ingénieurs des chemins de fer tropicaux à ne pas utiliser la traverse en bois de pays résultait de considérations parfaitement fondées, les conditions ont bien changé depuis lors.

Les exploitations forestières et les scieries se sont multipliées et équipées et sont capables d'approvisionner les réseaux: la connaissance des bois, les progrès des techniques de préservation, les conceptions nouvelles de mise en valeur des territoires

arriérés sont telles que, maintenant, non seulement il n'y a plus de contre-indication à l'utilisation de ce type de traverses, mais que celle-ci étant la plus économique répond le mieux aux nécessités actuelles.

* * *

Le C.F.L. s'est informé auprès des réseaux qui se trouvaient dans des conditions semblables, sur l'expérience qu'ils avaient de l'utilisation de la traverse en bois.

Les chemins de fer de Malaisie, notamment, avaient depuis plusieurs années poursuivi des essais dans ce sens:

Tout le réseau malais (2 100 km y compris les voies secondaires) est posé sur 1 350 traverses au km, soit, pour le réseau, environ 3 000 000 de traverses de 195×25×12,5 cm. La voie est à l'écartement d'un mètre; rails de 34 kg au m, fixés par 4 tirefonds.

Les principaux facteurs de détérioration des traverses sont:

- La grande humidité et les pluies abondantes, propices à la pourriture humide;
- Une alternance fréquente de pluie et de soleil;
- Une plate-forme à termites.

La charge est de 16 t par essieu et la vitesse maximale 72 km/h.

Au début, les bois utilisés étaient des bois primaires de toute première qualité; les traverses n'étaient pas traitées. Les essais en voie donnèrent les résultats suivants:

Nature des bois	Densité à 15 % d'humidité	Nombre de traverses posées	Durée
Chengal	1	10 000	16 ans
Balau	0,8 à 1,10	10 000	14 à 17 ans
Merbau	0,82	10 000	14 ans
Bitis	1,20	10 000	16 ans
Penaga	1,10 à 1,17	10 000	11 ans
Jarrah	—	5 000	12 ans
Teak	—	5 000	20 à 21 ans

Les premières traverses furent posées en 1919; leur surveillance méthodique fut poursuivie jusqu'en 1941 et reprise en 1947, peu après la guerre.

Il fut estimé que les bois de première catégorie devaient être réservés aux marchés courants où le prix de vente permettait de réduire le prix des traverses en bois de seconde catégorie.

Le traitement par pression donnait aux traverses de second ordre des durées supérieures à celles en bois primaires posées nues.

Bois	Densité sans humidité	Nombre traverses	Créosote par traverse aux dimensions C.F.L.	Durée
A. Traverses créofixées:				
Keruing	0,900	500	0,5 litre	23 ans
Kempas	0,920	433	8,5 litres	24 à 25 ans
Kelat	0,750	400	9,2 litres	10 ans, créosote pas pénétré suffisamment
Tualang	0,920	500	9,5 litres	22 ans
Seraya	0,680	450	8,8 litres	20 ans
Merawan	0,750	476	7,4 litres	25 ans
Kasaï	0,750	450	5,1 litres	19 ans
B. Traverses traitées par pression par sel soluble:				
Kempas	0,920	50	0,42 litre	10 à 15 ans
Keruing	0,900	54	0,33 litre, retraitées ensuite à la créosote	25 ans
C. Traverses trempées à chaud à 90°C puis laissées à refroidir dans leur bain pendant 16 h jusqu'à la température de 32°C:				
Kempas	0,920	666	9 litres	21 ans
Kempas	0,920	146	8,3 litres	18 à 19 ans
Keruing	0,900	678	5 à 8,5 litres	17 à 20 ans
Tualang	0,920	277	4,5 litres	8 ans
Merawan	0,750	280	3,5 litres	après 8 ans, 1,8 % seulement pourries malgré très faible absorption.

Les caractéristiques du créofixage étaient:

- Pression 8,5 kg;
- Double Rueping avec léger vide pour finir, afin d'éliminer l'excès de créosote dans les fibres;
- Mélange 50 % créosote, 50 % fuel oil.

Deux systèmes furent employés pour le traitement à la créosote: à cellules pleines, et à cellules vides ou Rueping. Le système Lowry est abandonné.

Dans le premier procédé, le vide est fait dans l'autoclave en vue d'éliminer l'air des cellules et permettre ainsi à la créosote de les remplir entièrement; dans le système Lowry, le vide préliminaire n'est pas réalisé; dans le deuxième procédé, la pression est établie sans vide, l'imprégnation est partielle, l'excès de créosote est expulsé par la détente de l'air comprimé dans les cellules.

Suivant la nature des bois, la pression première était de 1 kg par cm², suivie d'une injection à 8 kg par cm² pendant 1 heure, 2 heures ou 3 heures.

Les compositions des produits ont été: d'abord la créosote pure, ensuite 75 % de créosote et 25 % de gas-oil (diesel fuel), puis 50 % de chacun.

Les mêmes procédés de traitement furent appliqués avec des sels solubles, à base d'arsenic.

Enfin, les bois de qualité secondaire furent traités par simple trempage dans une solution à chaud de 50 % de créosote et 50 % de gas-oil.

Les conclusions de ces essais sont:

1° La moyenne de durée des traverses en bois primaires, non traitées, est de 12 à 15 ans;

2° La moyenne de durée des traverses en essence Keruing, Kempas, Tualang et Merawan, traitées à la créosote par double Rueping, est d'environ 24 ans;

3° Le traitement par sels solubles, à part l'essence Keruing, n'a pas donné des résultats excellents.

L'absorption en créosote se tient aux environs de 7,4 à 9,5 litres.

A noter que les traverses traitées aux sels solubles sont goudronnées pour éviter le délavage du produit par les pluies.

En somme, on peut dire que les résultats sont plus que satisfaisants et cadrent avec ceux obtenus au C.F.L. sur des traverses en bois du pays, traitées à la créosote par double Rueping en 1925 et qui, en 1944, étaient encore en très bon état.

D'autre part, l'American Wood-Preservers' Association a procédé, pour le compte des réseaux de l'Amérique du Sud (climats tropicaux) à des expériences et essais avec des bois comparables aux nôtres et 16 produits différents d'imprégnation allant de la créosote et ses dérivés aux arséniate de zinc, bichromate et fluosilicate de sodium, dinitrophénol, tétrachlorophénol et pentachlorophénol.

Avec une injection de 19 grammes par décimètre cube, 22 ans après leur mise en service, près de 75 % des traverses étaient encore en très bon état.

En Afrique du Sud, aux South African Railways, les traverses tout-venant sont traitées au sel d'arsenic; de même aux Rhodesian and Mashonaland Railways.

L'installation pour le traitement arsenical se compose de tanks en béton ou en métal, munis de tuyaux de vapeur pour le chauffage de la solution. La solution peut aussi être chauffée par circulation dans un réchauffeur ou par injection de vapeur vive.

L'installation comprend en outre l'appareil pour la préparation de la solution.

Les dimensions des tanks sont approximativement 9 m x 2,40 m, avec une profondeur de 1,20 m à 1,50 m. La profondeur de 1,20 m a été trouvée préférable pour les tanks métalliques.

Le chauffage par circulation de vapeur dans un serpentin disposé au fond du tank est préférable aux autres systèmes. En effet, le réchauffeur expose au danger d'obstruction des canalisations, et l'injection de vapeur vive provoque la dilution de la solution. Le serpentin de vapeur est aisément construit au moyen de tuyaux ordinaires. Le système réchauffeur à thermosyphon ne

peut être employé que si le réchauffeur ne contient aucun tuyau, car dans ceux-ci se déposeraient bientôt de fortes quantités de gommés, de tanins et d'autres substances qui entraveraient la circulation du liquide.

Le procédé est le suivant: les traverses sont empilées sur champ avec intercalation de lattes horizontales de 1 à 1,5 cm d'épaisseur, de façon à ménager la circulation du liquide.

Le traitement complet dure quatre jours. Le premier jour, la solution est introduite dans le tank rempli de bois, puis chauffée progressivement jusqu'au lendemain matin.

La température à ce moment atteint presque le point d'ébullition, soit environ 87°C, température qui est maintenue pendant 24 heures. Le chauffage et la circulation sont alors interrompus et le tank se refroidit progressivement pendant les 48 heures suivantes.

La solution arsenicale est ensuite retirée au moyen d'une pompe ou d'un éjecteur à vapeur. Les traverses sont enlevées et empilées à l'air pour permettre le séchage superficiel. Après 5 à 7 jours, elles sont suffisamment sèches pour subir le gouddronnage. Le but de celui-ci est d'éviter le lessivage de la solution arsenicale par les pluies.

Le but du traitement à chaud est de dilater les pores du bois de façon à faciliter la pénétration de la solution arsenicale. Il est essentiel de laisser les bois se refroidir progressivement dans la solution; ainsi les pores se referment lentement et retiennent la solution.

Installation pour la préparation de la solution

Cette installation consiste en un cylindre vertical ayant plus ou moins 2,40 m de haut et 90 cm de diamètre avec un fond en forme de cône renversé par lequel pénètre un ajustage pour l'injection de vapeur vive.

On introduit dans le cylindre environ 9 hl d'eau, puis 27 à 36 kg de soude caustique. La vapeur vive est ensuite injectée et le liquide porté à ébullition jusqu'à dissolution complète de la

soude. On ajoute à ce moment 90 kg d'arsenic, par petites fractions d'une livre environ à la fois (en opérant ainsi, la dissolution se fait beaucoup mieux). L'injection de vapeur est ensuite poursuivie pendant 4 heures. Après ce laps de temps, tout l'arsenic est dissous. La solution présente normalement une très légère coloration jaune. Ainsi préparée, elle a une teneur approximative de 10 %.

La solution est déversée dans des réservoirs prêts à l'emploi. La quantité de cette solution à ajouter dans les tanks pour compenser l'absorption par les bois traités est établie par le dosage.

La moyenne de l'imprégnation a été, par traverse, de 1,500 kg à 2,100 kg de produit.

Une petite quantité de la solution à analyser est prélevée dans le tank d'imprégnation du premier réservoir. La solution est diluée de manière à obtenir une concentration de 1 % environ. Ainsi, à 25 cm³ de solution préparée seront ajoutés 225 cm³ d'eau. Après mélange parfait, on prélève 25 cm³ auxquels on ajoute 6 gouttes de colle ordinaire (ordinary glycol) puis deux bonnes pincées de poudre alcaline (alkali powder). La solution est d'une légère teinte rougeâtre, causée par le tanin provenant du bois de « Rhodesian Teak ».

Il se peut qu'en traitant d'autres bois, on obtienne des colorations différentes. Le but de la colle employée est la précipitation de matières étrangères telles que tanins, gommés et résines. La poudre alcaline change la coloration de la solution en un gris rosâtre.

Le titrage se fait à la burette, au moyen de « Standard dip testing fluid ». La quantité de « testing fluid » contenue dans la burette est mesurée avant l'opération; on en laisse tomber goutte à goutte la quantité nécessaire pour obtenir le virage en pourpre foncé des 25 cm³ de solution préparée pour l'analyse. Une seconde lecture à la burette donne par différence la quantité de « testing fluid » utilisée. Celle-ci divisée par 5 donne la teneur en % de la solution analysée.

Ainsi, si 7 cm³ de « standard dip testing fluid » sont nécessaires pour virer au pourpre foncé les 25 cm³ de solution analysée, la teneur de la solution originale est de 1,4 %.

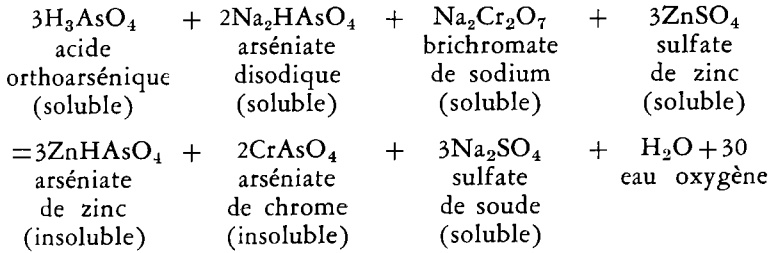
Dans le langage courant, on entend par arsenic, arsenic blanc, oxyde blanc d'arsenic ou mort-aux-rats, l'anhydride arsénieux As_2O_3 . C'est une poudre blanche, finement cristalline, qui se sublime à 220° et qui est soluble dans l'eau à raison de 4 % à 0° et de 9,5 % à 100° . C'est presque exclusivement sous cette forme que le métalloïde arsenic est obtenu quand on grille les minéraux arsénifères, et c'est la matière première de laquelle on part pour préparer les composés arsénifères employés en thérapeutique et en agriculture.

Théorie du procédé « Boliden », employé en Suède

Les arsénites et les arséniates métalliques sont nombreux; ce sont les plus actifs des composés arsénifères pour l'imprégnation des bois, et leur préparation est facile. Il a fallu renoncer à ceux qui sont très solubles car ils sont vite lessivés par l'eau des pluies; c'est le cas pour les arsénites alcalins. Quoique moins actifs, parce que plus stables que les arsénites, les arséniates insolubles seuls pouvaient convenir. Le problème c'est alors posé de savoir comment on pourrait les introduire facilement dans le bois et les y fixer.

Le problème a été résolu en ajoutant à la solution d'arséniate alcalin un corps soluble tel qu'après avoir réagi sur la substance organique du bois, il donne naissance à un sel pouvant, par double décomposition avec l'arséniate alcalin, former un arséniate insoluble. Ce corps est le bichromate de sodium, qui est réduit à l'état de sel de chrome. Encore faut-il que la solution contienne des corps fournissant des anions et des cations en nombre suffisant pour donner des sels saturés avec ceux de l'arséniate alcalin et du sel de chrome qui s'est formé. Ces corps sont l'acide arsénique libre et le sulfate de zinc.

En définitive, on s'est arrêté à la solution mixte contenant les corps qui figurent dans le premier membre de la réaction suivante où leurs proportions sont indiquées par le nombre de molécules qu'il faut mettre en présence. Le mélange de ces corps, et dans ces proportions, est le sel « Boliden ».



On voit que tout l'acide arsénique, libre ou à l'état d'arséniate, est précipité dans le bois à l'état d'arséniate de zinc et d'arséniate de chrome. L'oxygène, qui provient de la réduction du bichromate à l'état de sel de chrome, est fixé par les substances organiques du bois.

Résultats obtenus

Le bois de cœur oppose une assez grande résistance à la pénétration des solutions salines; mais il suffit que la solution « Boliden » imprègne tout l'aubier; ce résultat est obtenu. Le poids de l'aubier représente 40 % de celui d'une traverse en pin de Suède; après le traitement, l'aubier renferme une quantité de As 205 qui est environ 1 % de son poids compté à l'état sec. Cet acide arsénique se répartit comme suit: 50 % dans le tiers extérieur de l'aubier, 21 % dans le tiers inférieur et 29 % dans le tiers moyen. Des essais très sévères, quelques-uns d'une durée de six ans, ont montré que c'est dix fois plus qu'il n'en faut pour assurer la protection tant contre le lessivage par l'eau de pluie que contre la pourriture par les champignons les plus déprédateurs y compris le *Merulius lacrymans*.

Ces résultats ont été confirmés par des essais entrepris par des services officiels en Australie, en Afrique du Sud, aux Indes, aux Etats-Unis et dans la zone du canal de Panama.

La pose des nouveaux réseaux tropicaux sur travelage bois, où le renouvellement des travelages métalliques existant par des traverses bois est souhaitable pour les pays tropicaux forestiers d'abord pour des raisons de politique intérieure et aussi pour des raisons d'avenir.

Pour des raisons de politique intérieure, car l'utilisation de traverses en bois pour la pose ou l'entretien de leurs réseaux ferroviaires constituerait une activité nouvelle pour les populations, facile et peu onéreuse à mettre en place. A l'encontre de beaucoup d'autres modes de l'industrialisation, elle est à la portée de ces populations et serait profitable à la masse.

Du point de vue psychologique, enfin, elle contribuerait à accroître dans ces populations le moyen d'utiliser pour elles seules, et par elles seules, dans leur pays, une de leurs richesses naturelles.

Cette utilisation de la traverse bois est encore souhaitable pour les pays tropicaux forestiers parce que la demande mondiale de traverses bois est forte et insatisfaite. Et il est très vraisemblable que des pays comme ceux d'Amérique du Sud, de l'Afrique du Sud et des pays méditerranéens auront un besoin de plus en plus grand de traverses bois; il n'est pas dit non plus que, si la production de traverses en bois africains était abondante et régulière, des pays comme la Grande-Bretagne et l'Allemagne n'augmenteraient pas leurs achats actuellement limités par l'irrégularité de la production.

Il serait incompréhensible de ne pas tenir compte des avantages indiscutables que l'emploi de la traverse bois présente, tant du point de vue de la technique ferroviaire elle-même, que du point de vue de l'économie générale du pays intéressé.

L'imprégnation des traverses bois est fondamentale pour deux motifs principaux.

D'abord parce qu'elle prolonge considérablement la vie de la traverse, qu'elle soit en bois naturellement « durable » ou non. C'est ainsi par exemple qu'une traverse de chêne qui pourrait avoir une longévité sous voie de 12 à 15 ans si elle était mise en place non imprégnée a une longévité, étant créosotée, de l'ordre de 30 à 35 ans. Mais l'exemple le plus frappant est celui de la traverse « hêtre » qui pourrait ne pas durer plus de quelques mois sous forme de « traverse blanche » mais dont la longévité dépasse souvent 40 ou 50 ans quand elle est créosotée.

Le second de ces motifs est qu'une imprégnation convenable uniformise le minimum de longévité des traverses sous voie. On

conçoit aisément que si l'on met en place en même temps des traverses d'essences différentes plus ou moins durables, celles-ci seront détériorées après des durées de service très variables. Mais il en est ainsi également pour les traverses d'une même essence dont le bois est cependant réputé « très durable ». C'est ainsi que selon le lieu où aura poussé l'arbre, la longévité variera souvent de plusieurs années; et cette longévité pourra varier également selon l'endroit du même arbre d'où aura été tirée la traverse, sans tenir compte aucunement dans ceci de la distinction entre aubier et bois parfait que tout le monde connaît.

Cette variation de longévité des traverses blanches conduit à des renouvellements fréquents de traverses. Et qui plus est, on se trouve amené ainsi à remplacer chaque année une traverse de-ci de-là, mais il est impossible de faire le remplacement par « section de voie ». Ceci conduit donc à des charges d'entretien qui sont absolument inadmissibles; et cette façon de faire a été l'un des grands motifs qui ont fait naître, avec juste raison, cette aversion que les ingénieurs des chemins de fer tropicaux ont montré jadis à l'égard de la traverse bois.

L'imprégnation profonde corrige ce défaut rédhibitoire de la traverse bois. Et une imprégnation convenable donne l'assurance d'une longévité de toutes les traverses de 20 à 25 ans.

Ces deux conséquences s'expliquent facilement, si l'on tient compte de ce que, pour la traverse imprégnée à cœur, ce n'est plus la « durabilité naturelle » du bois qui compte, mais la « durabilité artificielle » que lui confère le produit antiseptique utilisé: c'est la durée d'efficacité de ce produit qui devient le facteur déterminant.

Mais, en plus de ces deux avantages fondamentaux, l'imprégnation présente encore deux intérêts.

Le premier est que, si elle est faite à l'aide d'un produit huileux, comme la créosote par exemple, elle ralentit la vitesse des échanges d'humidité entre le bois et le milieu ambiant. Elle fait, ainsi, obstacle aux gerces, fentes et tendances aux déformations de la traverse.

Le second de ces avantages de l'imprégnation est qu'elle permet l'utilisation de l'aubier qui est toujours facilement imprégnable.

Or, si l'aublier de l'arbre est toujours sensiblement plus sujet aux détériorations provoquées par les pourritures et les insectes, il a, en revanche, sensiblement les mêmes caractéristiques de résistance mécanique que le bois parfait.

III. PRODUITS D'IMPREGNATION

Le C.F.L. a, en 1948, intéressé des laboratoires privés — notamment ceux de la SOFINA — à l'étude systématique des principaux produits d'imprégnation, susceptibles d'être employés pour le traitement des traverses, et spécialement leur application au bois « Limbali » dont la scierie du Km 25 extrayait les traverses destinées à la voie ferrée du C.F.L.

Ce programme d'étude a comporté:

- 1° L'étude théorique succincte des agents d'imprégnation en général et spécialement des produits: le créofix, les sels Walman, le pentachlorophénol et les produits arsénicaux;
- 2° L'examen anatomique du limbali;
- 3° L'examen de la faculté d'absorption de ce bois vis-à-vis des agents chimiques signalés ci-dessus;
- 4° Des essais en pourrissoire:
 - a) de limbali non imprégné,
 - b) de limbali imprégné des produits signalés ci-dessus.

1. *Etude théorique succincte des agents d'imprégnation des bois*

Les agents de préservation des bois abattus peuvent être classés, d'après leur nature chimique, en composés minéraux ou composés organiques dont voici les principaux:

Produits minéraux:

- Sulfate de cuivre;
- Chlorure mercurique;
- Chlorure et sulfate de zinc;
- Arsénites et arséniates alcalins;

Méta-arsénite de zinc;
 Fluorure de sodium;
 Silico-fluorures de magnesium et de zinc;
 Chromates et bichromates alcalins;
 Acide borique.

Produits organiques:

Créosotes;
 Dinitrophénols (et leurs sels alcalins);
 Naphtéates de métaux lourds;
 Polyphénols (et leurs sels alcalins);
 Phénols substitués (et leurs sels alcalins).

De nombreux mélanges de ces antiseptiques ont été proposés, parmi lesquels les plus typiques sont:

Dinitrophénol+Fluorure de sodium+bichromate de potassium;
 Dinitrophénol+Fluorure de sodium+arsénite de sodium;
 Chlorure de zinc+arsénite de sodium+bichromate alcalin.

Chacun de ces produits peut être caractérisé, d'autre part, par certaines propriétés chimiques, physiques ou biologiques, par exemple: solubilité dans l'eau ou certains solvants organiques, stabilité, toxicité pour les champignons ou les insectes, faculté de réduction par les fibres du bois.

La destination du bois imprégné sera donc déterminante du choix de l'antiseptique.

Pour les bois destinés à être soumis aux influences atmosphériques directes, et plus particulièrement en ce qui concerne les traverses de chemin de fer, les conditions suivantes devront être réunies par les produits d'imprégnation:

1. Toxicité maximum;
2. Pénétration profonde;
3. Insolubilité dans l'eau;
4. Ne pas augmenter l'inflammabilité du bois.

Ces conditions limitent déjà le choix des agents antiseptiques énumérés plus haut.

Il y a cependant lieu de noter ici, en ce qui concerne la pénétration, que cette dernière ne dépend que peu de la substance, mais sera surtout influencée par la nature du bois, le genre de solvant utilisé et le mode de traitement. D'autre part, la solubilité propre du produit dans l'eau peut être fortement modifiée après absorption par les fibres du bois. Par exemple, une substance très soluble dans l'eau peut être fixée par le bois à la suite de réactions physico-chimiques et devenir ainsi pratiquement non délavable.

Dans le but de resserrer le sujet, en se basant sur le fait que cette étude se rapporte spécialement à l'antiseptisation de traverses de chemin de fer destinées à des régions tropicales, donc où une action à la fois termicide et fongicide doit être recherchée, la discussion se bornera aux substances suivantes:

Arsénite de sodium;

Créosote;

Dinitrophénol + fluorure de sodium + bichromate de sodium;

Dinitrophénol + fluorure de sodium + arséniate de sodium;

Chlorure de zinc + arséniate de sodium + bichromate alcalin;

Pentachlorophénol.

Arsénite de sodium

L'anhydride arsénieux existe sous trois modifications allotropiques: une forme amorphe et deux formes cristallines (cotaédrique et rhombique) dont les propriétés physiques sont différentes. La solubilité dans l'eau est la plus élevée pour la forme amorphe mais n'atteint cependant qu'environ 4 % à la température ordinaire. La solubilité est augmentée en présence d'alcalis par suite de la formation d'arsénites alcalins. Une solution alcaline d'arsenic contient donc chimiquement un mélange d'ortho et de méta-arsénites. La concentration en anhydride arsénieux dans la solution peut ainsi atteindre 32 %.

Les composés arsénicaux ne doivent être considérés que comme des médiocres fongicides. Par contre, leur action toxique sur les animaux est bien connue et ils sont utilisés depuis longtemps comme insecticides. Malheureusement, leur utilisation dans la lutte contre les termites a donné des résultats décevants. Dans la

plupart des essais rapportés par l'American Wood Preservers' Association, le pourcentage des bois traités aux arsenicaux (arsénites alcalins, arsénite de zinc, anhydride arsénieux) et attaqués malgré cela par les termites, atteignait 100.

D'une façon générale, les arsenicaux à appliquer en solutions aqueuses présentent les inconvénients de tous les sels solubles dans l'eau: leur pénétration dans le bois est faible, réduisant ainsi la profondeur d'imprégnation à quelques centimètres; comme ils ne sont que faiblement absorbés par les fibres, ils sont entraînés assez rapidement par les eaux de ruissellement. De plus, leur toxicité pour l'homme rend leur application dangereuse.

Créosote

Les huiles de créosotes sont les parties lourdes provenant de la distillation du bois ou de la houille, constituées par des mélanges très complexes d'hydrocarbures, de phénols et de bases. Seules les créosotes de houille ont pris une importance économique à cause de leur faible prix de revient.

On ne connaît que peu de chose en ce qui concerne les propriétés toxiques des différentes fractions de distillation des huiles de houille ou de leurs constituants. Les composés aromatiques hydroxylés (phénols et créosols) et les bases (pyridine, acridine, etc.) possèdent des propriétés fongicides et insecticides indubitables mais sont, en général, solubilisés par l'eau assez rapidement, en tous cas endéans les dix premières années qui suivent la mise en place de la pièce de bois.

Or, il est un fait connu que le bois imprégné de créosote est extrêmement résistant à la pourriture et aux insectes, et il n'est pas rare de rencontrer des poteaux ou des traverses imprégnés à cœur et mis en service il y a trente ou quarante ans, encore en parfait état.

On admet actuellement que les hydro-carbures huileux imprégnant les fibres de bois, et qui n'auraient par ailleurs aucun pouvoir germicide particulier, agissent en imperméabilisant les fibres du bois, les rendant non ou peu mouillables, empêchant ainsi le bois de prendre une teneur suffisante en humidité pour

permettre le développement des champignons: vis-à-vis des insectes, ces huiles n'auraient qu'un pouvoir répulsif, sans être réellement toxiques.

En ce qui concerne la naphthaline présente dans la créosote, son action serait nulle ou tout au plus répulsive pour les insectes.

Le manque de connaissances certaines sur les propriétés toxiques des différents constituants des créosotes expliquent les grands écarts, les contradictions même, qu'on remarque dans les exigences des cahiers des charges pour créosote d'imprégnation. Pour la naphthaline par exemple, certaines prescriptions en exigent au minimum 15 %, tandis que d'autres admettent au maximum 5 % et que certaines enfin sont muettes en ce qui concerne cette substance.

Il existe divers procédés d'imprégnation à chaud et sous pression de la créosote qui tous demandent des installations industrielles développées, donc assez coûteuses. Pour éviter des frais d'installation, on a cherché à appliquer le créosotage à froid. Le principe de ce dernier consiste à employer, en place d'huile brute, une solution d'huile de créosote dans des huiles légères de goudron. Dans ces conditions, le liquide d'imprégnation est moins visqueux et la pénétration peut se faire sans recourir à une élévation de température et à l'application d'une pression extérieure. Le matériel de l'installation d'imprégnation est réduit, dans ce cas, à des cuves munies d'agitateurs.

Les critères d'une bonne imprégnation du bois par la créosote se réduisent à:

- 1° La profondeur d'imprégnation;
- 2° La quantité absorbée,

ces deux points étant du reste largement fonction l'un de l'autre, mais dépendant aussi de la nature du bois et du procédé appliqué.

Il apparaît, à la suite de toutes les études qui ont été effectuées sur la préservation du bois, que le meilleur fongicide connu jusqu'en 1948 était la créosote de houille. Certains produits de synthèse (voir plus loin pentachlorophénol) utilisés depuis lors paraissent être tout aussi actifs.

Composés à base de dinitrophénols

Les dinitrophénols sont des fongicides énergiques qui ont, d'autre part, la propriété d'être énergiquement adsorbés par les fibres du bois. Il n'a pas été possible de trouver des indications quant à la valeur insecticide, mais on peut admettre, du fait de leur composition chimique, et par analogie avec les créosols, qu'ils possèdent une réelle valeur insecticide.

Les dinitrophénols sont insolubles dans l'eau, mais leurs sels alcalins, dont les propriétés sont identiques, sont assez solubles.

Les dinitrophénols ne sont pas utilisés seuls, mais en mélange avec d'autres sels actifs: fluorures, arséniates, bichromates alcalins (par exemple, dans les sels Wolmann).

Ces mélanges sont introduits dans le bois en solutions aqueuses, sous pression. Ils nécessitent donc des installations semblables à celles d'imprégnation par la créosote.

Des essais effectués aux laboratoires SOFINA ont montré que les fluorures et les arséniates sont lentement entraînés par les eaux et ont pratiquement disparu après une douzaine d'années, mais que, par contre, le dinitrophénol, fortement fixé, n'est guère délavable et continue à assurer une protection efficace vis-à-vis des champignons dans toute partie du bois qui en reste imprégnée. Des essais de résistance aux insectes n'ont pas été effectués.

Les mélanges de dinitrophénols et de sels minéraux paraissent avoir donné de meilleurs résultats que les autres sels minéraux solubles dans l'eau mais leur inconvénient est le prix de revient élevé de l'imprégnation.

Procédé « Boliden »

Cette méthode imprègne le bois d'une solution aqueuse d'un mélange de sels, uniquement minéraux: chlorure de zinc, arséniate de sodium, bichromate alcalin.

Ces sels, introduits dans les fibres du bois, sous pression, subissent des réactions lentes dont le point de départ est la réduction du bichromate par les matières organiques du bois, avec finale-

ment formation d'arséniate de chrome et peut-être de composés plus complexes, relativement peu solubles dans l'eau.

Les résultats favorables obtenus par ce procédé se rapprochent de ceux obtenus par les produits à base de dinitrophénol.

Pentachlorophénol

Le pentachlorophénol est un produit de synthèse, insoluble dans l'eau, soluble dans un grand nombre de solvants organiques, à propriétés fongicides et insecticides marquées. Les premiers essais d'utilisation comme antiseptique des bois abattus, datent de 1936. Depuis lors, les résultats obtenus le classent en première ligne des produits d'imprégnation.

Le pentachlorophénol est appliqué au bois en solution dans des huiles de pétrole, par exemple kérosène ou fuel oil léger ou moyen. La pénétration du bois par les huiles est excellente et ne nécessite pas l'installation coûteuse des moyens de pression. Après traitement, l'évaporation lente du solvant abandonne dans les fibres la substance antiseptique qui assurera au bois une durabilité prolongée par suite du non-entraînement du pentachlorophénol par les eaux.

Contrairement à la plupart des autres agents de protection envisagés, l'action termiticide de ce produit est caractéristique.

À côté des avantages dus à sa grande toxicité, à son insolubilité dans l'eau et à la simplicité d'application, les inconvénients du pentachlorophénol sont: prix de revient élevé et nécessité d'utiliser un solvant inflammable.

* * *

Les observations relatives à la tenue des bois imprégnés suivant différents procédés et au moyen de différents antiseptiques sont nombreuses, mais les renseignements, généralement épars, sont difficiles à interpréter et sont souvent sollicités en faveur de tel ou tel procédé.

Le Forest Research Laboratory, à Princes Risborough (Grande-Bretagne) conclut, après une étude comparative de nombreux

antiseptiques, que, après l'huile de créosote, les produits protecteurs qui donnent le plus de satisfaction sont les produits solubles dans l'eau, à base de dinitrophénol, qui sont fixés dans le bois. Cette étude ne comprenait pas l'examen du pentachlorophénol, et nous n'avons pas connaissance des résultats obtenus depuis lors au moyen de ce produit.

D'autre part, une note du Forest Products Laboratory, de Madison (Wisconsin, U.S.A.), rapporte les résultats comparés suivants, relatifs à des poteaux en bois de résineux, implantés depuis neuf ans:

Antiseptique	Absorption moyenne d'anti- septique	En bon état	Utilisables mais attaqués			Inutilisables attaqués			Total inutili- sable
			(1) *	(2) *	(3) *	(1)	(2)	(3)	
	kg/m ³	%	%	%	%	%	%	%	%
Non traités	—	—	—	—	—	33,3	63,6	33,3	100
Créosote de houille	96	91,9	6,1	2	—	—	—	—	—
Dinitrophénol + fluorure de sodium + arsénite de sodium (Tanalith)	5,6	98,0	2	—	—	—	—	—	—
Pentachloro- phénol	5,4	98	2	—	—	—	—	—	—
Chlorure mercurique	1,5	90	—	—	6	—	1	3	4
Chlorure de zinc	15	58	2	8	30	1	1	—	2
Bichromate de sodium	14	39,8	4,1	7,1	35,7	1	4,1	8,2	13,3

* (1) Par pourriture; (2) Par pourriture et termites; (3) Par termites.

2. Examen anatomique du bois de limbali:

Le bois de limbali examiné ne présente pas d'accroissements saisonniers distincts. Il est constitué par un tissu fibreux, formé d'éléments à parois épaisses et à cavité petite, irradié de nombreux rayons médullaires de même valeur et d'épaisseur moyenne, parsemé de gros vaisseaux entourés d'ilôts cellulaires parenchymateux peu sclérifiés.

Ces caractéristiques sont celles d'un bois dur.

3. *Faculté d'absorption du bois de limbali vis-à-vis de différents antiseptiques:*

L'étude a été limitée aux produits suivants:

- 1° Créofix (créosote à froid);
- 2° Solution à 5 % de pentachlorophénol dans le kérozène;
- 3° Solution de « Tansas » (sel Wolmann) à 2 % dans l'eau;
- 4° Solution à 2 % d'anhydride arsénieux dans l'eau.

Le pouvoir de pénétration est résumé dans le tableau ci-dessous:

Antiseptique	Quantité absorbée par éprouvette en grammes	Quantité correspondante en kg/m ³	Pénétration
<i>1° Immersion de 30 minutes à chaud :</i>			
Créofix	1 525	38,1	Localement jusqu'au centre (le long des vaisseaux)
Pentachlorophénol	1 285	32,1	Environ 75 %
Tansas	2 870	71,8	Sur une profondeur d'environ 0,2 mm
Arsenic	2 990	74,8	Idem
<i>2° Immersion de 20 minutes à chaud + 10 minutes à froid :</i>			
Créofix	2 830	70,8	Environ 50 %, par places, jusqu'au centre
Pentachlorophénol	2 180	54,5	Totale jusqu'au centre
Tansas	4 420	110,5	Sur une profondeur de 0,3 à 0,4 mm
Arsenic	4 795	119,9	Idem

L'examen de ce tableau appelle une remarque au sujet de la contradiction apparente qui existe entre la quantité de solution absorbée et la profondeur d'imprégnation. L'explication en est probablement que, mieux le liquide mouille les fibres du bois, plus profondément il pénètre, sans toutefois engorger les vaisseaux ni gonfler les parois cellulaires. C'est ainsi que les liquides huileux pénètrent profondément, tandis que les solutions aqueuses provoquent une saturation rapide des parties périphériques du bois, avec gonflement des cellules ne permettant plus qu'une inhibition ultérieure très lente.

L'examen des éprouvettes montre en effet que le bois imprégné de créofix ou de kérosène a un aspect sec aussitôt retiré du bain, tandis que celui imprégné de solutions aqueuses est nettement gorgé d'eau en surface.

Il est donc certain, quand on compare l'efficacité de différentes solutions, qu'il faut donner la préférence à celle dont la pénétration est la plus profonde, en ne tenant compte des quantités absorbées que pour des profondeurs d'imprégnation équivalentes.

Dans les essais effectués, la meilleure pénétration a été obtenue avec une solution de pentachlorophénol dans le kérosène; en second lieu vient l'huile de créosote. Ces deux produits ont donné une pénétration très satisfaisante, ce qui n'est pas le cas pour les solutions aqueuses. Ceci confirme la nécessité, si on désire obtenir une imprégnation efficace au moyen de solutions aqueuses, d'effectuer les opérations par alternance de vide et de pression.

Essais de cultures mycéliennes sur bois de limbali:

Des éprouvettes de bois de limbali, de dimensions 3 x 1,5 x 0,8 cm, ont été imprégnées de solutions antiseptiques par simple trempage à froid pendant 14 heures.

Le choix des solutions antiseptiques a été limité aux quatre produits cités plus avant.

Au sortir du bain, le créofix et la solution de pentachlorophénol avaient pénétré jusqu'au cœur des éprouvettes, tandis que les solutions aqueuses de Tancas et d'anhydride arsénieux n'avaient pénétré aux maximum qu'à 1 mm.

Les éprouvettes ont été inoculées au moyen d'une souche pure d'un mycelium très virulent mais non identifié, isolé d'une traverse pourrie mise à disposition par le Service Technique du C.F.L. L'isolement du champignon a été effectué par la station de phytopathologie de l'Etat à Gembloux.

Chaque éprouvette était placée, après ensemencement, dans une boîte de Pétri, sur un fond de gélose, de façon à maintenir une humidité relative de l'atmosphère des boîtes à 100 %. La température était maintenue aux environs de 25°C.

Préalablement aux inoculations, on a fait subir à une partie des éprouvettes imprégnées des délavages à l'eau bouillante, dans le but de réaliser un vieillissement accéléré. Ces délavages sont loin de représenter les actions auxquelles sont soumis les bois au cours du temps, mais ils permettent d'établir, dans le cas de bois imprégnés, l'influence de l'eau sur l'élimination des antiseptiques. Au cours d'essais effectués précédemment au laboratoire de la SOFINA, on a admis qu'un délavage de 5 minutes à l'eau bouillante correspond à une vie moyenne de 3 ans (pour le cas de poteaux en bois de pin).

Pour chaque solution d'imprégnation, un groupe d'éprouvettes traitées a été inoculé sans délavage; un second groupe a subi deux délavages de 5 minutes; un troisième, quatre délavages de 5 minutes, avant d'être inoculés.

Enfin, un groupe d'éprouvettes-témoins a été inoculé sans imprégnation.

Après 24 heures, le champignon se développe nettement sur les éprouvettes-témoins non imprégnées, développement qui devient envahissant au 4^e jour, provoquant une dégradation profonde du bois après 30 jours.

Aucun développement du mycélium inoculé n'a été observé sur les éprouvettes imprégnées, délavées au non. Il y a lieu de noter cependant, au 13^e jour, l'apparition d'une moisissure banale (*Penicillium glaucum*) sur une éprouvette imprégnée d'anhydride arsénieux, ayant subi deux délavages de 5 minutes. La même moisissure apparaît le 25^e jour sur une autre éprouvette imprégnée d'anhydride arsénieux et délavée pendant 4 x 5 minutes. Dans ces deux cas, il n'y a toutefois pas développement de la souche virulente inoculée.

On peut conclure de ce qui précède que, malgré les délavages, la quantité de matière antiseptique présente dans le bois est restée suffisante pour empêcher le développement de germes mycéliens, sauf dans le cas de l'imprégnation à l'arsenic où l'élimination de l'antiseptique par l'eau rend à nouveau le bois vulnérable, après une période qui correspondait, en pratique, à six ans. Le fait que le champignon primaire inoculé n'a pas fait

souche, est probablement dû à sa plus grande sensibilité aux arsenicaux; mais il est certain que le développement d'une moisissure banale doit être pris en considération, puisqu'il prouve la possibilité d'établissement sur le bois d'agents parasites susceptibles d'amorcer sa dégradation biologique.

Les conclusions tirées de cette étude systématique ont été les suivantes:

1. Il faut éliminer tous les produits pouvant être mis en solution dans l'eau.

Tous les traitements de bois au moyen des sels solubles dans l'eau ont le grand inconvénient de donner une pénétration irrégulière qui peut varier de 0 à 100 %. L'eau n'a aucun pouvoir de pénétration et il suffit que le bois soit un peu dur, serré ou humide pour obtenir un mauvais résultat.

En outre, ces sels peuvent être délavés facilement par les eaux de pluie.

Les traitements du bois par des sels « Boliden » ou des composés arsenicaux en solution aqueuse doivent donc être rejetés.

2. Les qualités insecticides et fongicides du pentachlorophénol sont d'ores et déjà nettement établies et le traitement au pentachlorophénol en solution préparée au moyen des huiles de pétrole (par exemple le kérosène ou fuel oil léger ou moyen) a un haut pouvoir de pénétration dans le bois.

3. La durée de vie de la traverse dépend en grande partie de la profondeur de pénétration du produit d'imprégnation et de la quantité absorbée.

4. La pénétration dans le bois dépend du degré de siccité de la traverse; il faut donc appliquer le produit sur du bois sec afin de permettre une pénétration profonde.

Dans ces conditions, tout le problème de l'application industrielle du pentachlorophénol se résumait en deux points:

1° Mise en solution de ce produit;

2° Augmenter la faculté d'absorption du bois.

La mise en solution du pentachlorophénol dans les huiles de pétrole susdites est délicate et, si les divers solvants ne sont pas utilisés dans des proportions déterminées, on risque de courir à un échec.

Par ailleurs, il est estimé que le solvant à utiliser doit comprendre nécessairement du white spirit et de l'essence, afin de lui donner un haut pouvoir de pénétration. Mais ce solvant est très dangereux à manipuler sous climat tropical vu la haute volatilité et le danger d'explosion.

Tenant compte que tous ces produits séparés devraient être importés au Congo, il avait été conseillé de se servir dans l'application industrielle d'une solution préparée de pentachlorophénol vendue dans le commerce sous l'appellation de « Permatox ».

Pour augmenter la quantité de solution Permatox absorbée, deux moyens ont été signalés au C.F.L., le second préconisé par des firmes américaines:

1° Effectuer l'imprégnation dans deux bains successifs dont le premier contient une solution chaude à 70 à 75°C et le second une solution à la température ambiante; le temps de séjour du bois dans le premier bain chaud devrait être déterminé par l'expérience;

2° Faire passer les traverses dans une « insising machine » avant l'opération d'imprégnation. Cette machine consiste essentiellement en deux rouleaux garnis de dents entre lesquels on fait passer la traverse; après son passage dans cet appareil, la traverse a plusieurs empreintes de ces dents, facilitant l'absorption de la solution d'imprégnation.

L'essai d'imprégnation au Permatox sur un lot de mille traverses a été nécessaire avant de passer à l'exécution définitive du programme industriel.

Cet essai a été conduit de façon à déterminer:

1. Les critères du séchage:

a) La période de séchage nécessaire aux traverses:

— En bois dur;

- En bois tendre;
 - En aubier;
- b) La profondeur de séchage: la traverse doit-elle être séchée jusqu'au cœur, pour obtenir un résultat appréciable?
 - c) La perte de poids en eau pendant cette période;
2. La profondeur de pénétration du Permatox dans les traverses de ces divers types;
 3. Quantité de Permatox absorbée par ces diverses traverses:
 - a) En utilisant le système de bain chaud et froid,
 - b) En utilisant le bain froid pour traverses ayant subi une longue période de séchage ou en bois tendre;
 4. Façon de placer les traverses dans les bains: faut-il les empiler ou les placer debout dans le bain de façon à faire monter la solution dans les vaisseaux du bois et expulser ainsi l'air et l'eau que la traverse retient encore?

En ce qui concerne la protection des traverses, le Dr PAULI, des Services techniques des Usines Bayer, signale:

L'arsenic, utilisé précédemment dans certains pays, tels que la Suède, a été complètement abandonné en faveur de sels composés du type Basilit, du fait que la durée de vie du bois traité à l'arsenic était en moyenne de 10 ans, tandis que le bois traité aux sels type Basilit a une longévité minimum moyenne de 20-25 ans.

L'arsenic est alcalin, et constitue donc un véritable poison pour le bois, dont il fait gonfler les fibres en les bouchant, — ce qui l'empêche de s'introduire à l'intérieur — diminuant ainsi la résistance mécanique du bois. Les sels Basilit, qui sont acides, ont l'avantage supplémentaire de continuer, par le temps, à se diffuser vers l'intérieur du bois.

Le sel arsenic est complètement délavable, alors que les sels Basilit ne le sont quasi pas. Le goudronnage appliqué aux traverses préalablement trempées dans un bain d'arsenic n'a d'autre but que de ralentir ce délavage.

Pour obtenir une protection maximum, et absolument supérieure à celle donnée par l'application d'arsenic et de goudron, Bayer préconise le trempage à chaud à 50°, durant 24 heures, dans une solution de Basilit à 7-8 %.

Bien que d'une façon générale nous connaissions les caractéristiques des bois des forêts traversées par notre réseau, nos ingénieurs n'avaient qu'une connaissance fort imprécise des données botaniques des diverses essences et de leur résistance aux attaques microbiennes. Le C.F.L. a demandé au professeur DE BOCK d'étudier spécialement ces questions et de dresser un inventaire des diverses espèces; son étude peut se résumer comme ci-dessous.

Comme tout être organisé, le bois subit les lois de la décomposition, dès qu'il cesse d'être sous la puissance vitale.

Destruction par les microorganismes

La sève qui circule dans l'arbre durant sa vie, comme le sang chez l'homme, est source de sa croissance, mais devient souvent après la mort du végétal la propre cause de sa destruction.

Dans un milieu humide, peu ventilé et suffisamment chaud, les principes azotés qui entrent pour une grande part dans la composition de la sève s'altèrent profondément et bientôt, grâce à la présence des spores contenues dans l'atmosphère, s'organise une fermentation pernicieuse. Celle-ci s'étend rapidement aux principes organiques peu stables qui imprègnent le tissu ligneux et auxquels ce dernier doit, en partie, son agrégation, sa cohésion. Le lien détruit, les fibres se désunissent, succombent plus facilement aux sollicitations de certains ferments modificateurs: la masse ne présente plus aucune résistance et le tissu ligneux se désagrège et tombe en ruines.

En pratique, on dénomme souvent cette forme de destruction: « attaque par les champignons » et des instructions sont même données aux cantonniers pour faire enlever les champignons qui apparaissent sur les traverses. En réalité, l'attaque est intérieure et lorsque l'on voit apparaître les champignons à la surface de la traverse, celle-ci est déjà condamnée. On remarque très sou-

vent une traverse qui paraît intacte et qui, à un moment donné, s'aplatit comme une feuille de papier.

Destruction par les termites et lignivores

En dehors des éléments physiques et chimiques, des germes et des spores qui provoquent la destruction du tissu ligneux, les ennemis les plus redoutables du bois employé comme traverses sont certains insectes de l'ordre des coléoptères et des termitides. Le plus redoutable de tous est le termite.

1. Les termites sont des insectes sociaux connus sous le nom de fourmis blanches. Familiers des pays chauds, ils pullulent au Congo. Le termite pénètre dans le bois et le ronge intérieurement en respectant soigneusement l'enveloppe, de sorte qu'aucun signe extérieur ne révèle sa présence. La destruction par les termites est souvent l'affaire de quelques semaines, et concorde avec la durée des traverses, sur certains tronçons, de l'ordre de deux mois.

2. Les insectes ou les vers qui détruisent le bois ne le mangent pas, mais en pénétrant le tissu ligneux pour y trouver des éléments azotés, propres à leur nourriture, se trouvent dans la nécessité de détruire la masse ligneuse qui s'oppose à leur passage. Ils sont de ce fait moins dangereux pour la vie de la traverse.

La conservation et ses buts

La conservation du bois peut être résolue soit par l'élimination de la sève, cas réalisé dans la sénilisation, inefficace dans l'attaque des termites, soit par l'introduction dans la masse ligneuse d'agents chimiques capables de s'opposer à la corruption des principes fermentescibles et d'intoxiquer ou de rendre impropres à la nourriture des xylophages, les éléments azotés imprégnant le bois ou la cellule le composant.

En conséquence, toute l'efficacité du traitement dépendra à la fois de la constance d'action et de la stabilité des agents chimiques employés, comme de leur dissémination plus ou moins profonde dans la masse ligneuse.

IV. PRINCIPAUX BOIS EMPLOYES

Dans l'étude botanique systématique qui a été faite sur les principaux bois employés comme traverses de chemin de fer au C.F.L., on déduit une classification des essences d'après les propriétés désirées. Dans le choix de bois pour traverses de chemin de fer, il est nécessaire de rechercher en premier lieu une grande durabilité, ce qui semble impliquer le choix d'essences dures. Cependant, comme la durabilité peut être réalisée par une imprégnation à l'aide de produits fongicides et insecticides, il est certainement avantageux de considérer des essences plus légères mais possédant d'autres qualités désirées.

Pour établir une classification, il a été employé la méthode anatomique de préférence à la méthode botanique.

Cette méthode, actuellement mise au point pour les bois du Congo, se base sur la structure interne pour faire la diagnose et déduire les caractères mécaniques essentiels.

Pour étudier ces espèces, on a travaillé d'une façon pratique en prélevant systématiquement les traverses expérimentales sur chacune des grumes rentrant à la scierie, sur une période de 2 mois et demi, et cela sans se préoccuper des dénominations indigènes, mais en procédant pour chaque grume à l'identification par voie anatomique. Il a été ainsi décelé qu'en pratique il est utilisé sur le réseau 22 espèces de bois différents, dont six communément dénommées du même nom vernaculaire « Limbali ».

Un lot de traverses expérimentales ont été identifiées et classées, ce qui a permis d'établir le tableau de fréquence ci-dessous:

Groupe	Nom scientifique	%
I	<i>Gilbertiodendron grandistipulatum</i>	20
II	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	24
III	<i>Macrobium coeruleum</i>	9
IV	<i>Gilbertiodendron grandiflorum</i>	15
V	<i>Macrobium macrophyllum</i>	4
VI	<i>Scorodophloeus zenkeri</i>	5
VII	<i>Chrysophyllum lungi</i>	0,5
VIII	<i>Strombosiopsis tetrandra</i>	1

IX	<i>Tessmannia anomala</i>	2
X	<i>Tessmannia africana</i>	2
XI	<i>Parinari glabra</i>	2
XII	<i>Staudtia gabonensis</i>	2
XIII	<i>Guarea cedrata</i>	0,5
XIV	<i>Ongokea gore</i>	0,5
XV	<i>Uapaca casteelsi</i>	0,5
XVI	<i>Baphia laurentii</i>	1
XVII	<i>Blighia welwitschii</i>	1
XVIII	<i>Cynometra alexandri</i>	7
XIX	<i>Oxystigma oxypyllum</i>	0,5
XX	<i>Autranella congolensis</i>	0,5
XXI	<i>Guibourtia demeusei</i>	1
XXII	<i>Brachystegia laurentii</i>	1

Sur le même plan que la durabilité ou la facilité d'imprégnation, il a été considéré les résistances du bois aux différents efforts mécaniques qu'il subira en place, dont les principaux facteurs sont:

- La résistance aux chocs et aux vibrations;
- La résistance à la compression;
- La résistance à l'effort d'arrachement des tire-fonds;
- L'élasticité pour éviter le roulement dur;
- La rétractibilité, ce qui évite les fentes et l'éclatement.

Il a été créé les classes suivantes:

Classe I. Bois présentant d'excellents caractères mécaniques:

- Groupe VI — *Scorodophloeus zenkeri*
- Groupe VII — *Chrysophyllum africanum*
- Groupe XI — *Parinari glabra*
- Groupe XIII — *Guarea cedrata*
- Groupe XVI — *Baphia laurentii*
- Groupe XVII — *Blighia welwitschii*
- Groupe XVIII — *Cynometra alexandri*
- Groupe XX — *Autranella congolensis*

Classe II. Bois présentant des caractères mécaniques moyens:

- Groupe I — *Gilbertiodendron grandistipulatum*
- Groupe II — *Gilbertiodendron dewevrei*

- Groupe III — *Macrolobium coeruleum*
- Groupe IV — *Gilbertiodendron grandiflorum*
- Groupe V — *Macrolobium macrophyllum*
- Groupe IX — *Tessmannia anomala*
- Groupe XIV — *Ongokea gore*
- Groupe XXII — *Brachystegia laurentii*

Classe III. Bois non recommandables:

- Groupe VIII — *Strombosiopsis tetrandra*
- Groupe X — *Tessmannia africana*
- Groupe XII — *Staudtia gabonensis*
- Groupe XV — *Uapaca casteelsi*
- Groupe XIX — *Oxystigma oxyphyllum*
- Groupe XXI — *Guibourtia demeusei*

Dans la suite nous employerons les noms vernaculaires.

L'humidité du bois est un facteur important de l'imprégnation et de la conservation des bois.

Cette eau se répartit comme suit:

- a. Eau libre ou intercellulaire que l'on trouve dans les vaisseaux; elle n'a aucune influence sur les propriétés des bois et représente $\pm 30\%$ de l'humidité totale;
- b. Eau de saturation résidant dans les membranes; en l'enlevant, on agit directement sur les propriétés du bois, les fibres changent de volume;
- c. Eau de constitution qui fait partie des molécules chimiques du bois; on ne peut l'enlever sans transformer la composition chimique de celui-ci.

En pratique, le pourcentage d'humidité du bois est déterminé par rapport à la quantité d'eau de saturation; on suppose en effet que l'eau libre a été préalablement éliminée.

Les essais de séchage de traverses ont porté sur des lots de 5 traverses de chaque essence, tant pour le séchage à l'air libre sous hangar que pour le séchage à l'air libre à l'extérieur.

Les opérations ont eu une durée de 25 mois et ont donné les résultats comparatifs suivants:

Nom des essences	Sous hangar		A l'extérieur	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Ufili	28,8	43,9	35,8	72,5
Limbali	26,6	39,2	30,8	47,3
Baraka	26,6	38,6	28,2	44,3
Kasuku	25,4	51,7	29,8	73,6
Alumbi	26,6	41,2	30,6	48,4
Kimpanga	27,8	61,1	30,2	75,6
N'Kafi	34,8	60,2	29,6	48,9
Kele	33,4	52,8	44,0	74,7
Mutsekamambole	24,8	60,2	23,4	59,8
Mundingwa	27,0	55,8	34,4	76,4

(1) Perte en kg après 25 mois (moyennes par traverse).

(2) Pourcentage de perte en eau par rapport au poids du bois sec.

Parmi les essences locales retenues figurent celles mentionnées ci-dessous (car tous les bois ne conviennent pas pour leur débitage en traverses):

Désignation des essences	Existences en forêt du Km 25	Caractéristiques succinctes
Limbali foncé	En abondance	Grain assez gros mais compact; se laisse bien raboter; difficile à clouer.
Limbali clair	En assez grande quantité, spécialement en terrain marécageux	Ressemble par sa texture au Limbali foncé; plus difficile à travailler; se laisse bien raboter mais non clouer.
N'Daku	Parfois en assez grande quantité	Grain assez gros mais compact; ressemble assez bien par sa texture au Limbali mais est légèrement satiné; se laisse très bien travailler et clouer.
Okandu	En petite quantité	Assez lourd et dur; à grain fin et compact; se laisse très bien travailler et clouer.
Baraka	Parfois en assez bonne quantité	Lourd et dur; texture très serrée; se laisse très bien travailler mais non clouer.
Alumbi	Parfois en bonne quantité	Demi-dur à grain assez gros; se laisse très bien travailler; se cloue facilement.
Kamena	Petite quantité	Grain très fin et compact; très résistant; incorruptible; se laisse très bien travailler et clouer; prend un beau poli.
N'Kafi	Petite quantité	Demi-dur; grain assez fin; se laisse très bien travailler et clouer.
Opege	Assez rare	Dur; à grain fin et compact; se laisse bien travailler mais difficile à clouer.
Itwa	Petite quantité	Dur et lourd; à texture assez fine; se fend facilement; difficile à clouer.

Kekele	Quantité moyenne	Dur et lourd; grain fin et compact; se laisse bien travailler mais difficile à clouer.
Olekwa	Petite quantité	Dur et lourd; grain très fin et compact; se fend en clouant.
Kapapa	Petite quantité	Assez dur et lourd; à texture et assez compacte; se laisse bien travailler mais est assez difficile à clouer.
Anvu ou Moambu	Quantité moyenne	Demi-dur; à grain assez fin; il en existe plusieurs espèces, plus ou moins foncé selon l'espèce; en général se laisse bien travailler et clouer.
Moa Tembo	Quantité moyenne	En général de petit diamètre ne dépassant pas 35 cm; bois fibreux, à grains fins; se laisse bien travailler et clouer.

En ce qui concerne spécialement les réseaux du Congo, le chemin de fer de Matadi à Léopoldville, commencé en 1887 et terminé en 1898 (longueur 388 km), fut posé sur traverses métalliques. Le pays manquait absolument de bois et il ne pouvait être question d'utiliser des traverses en bois, la forêt tropicale se trouvant à quelque 500 km de Matadi; le transport aurait dû être effectué par portage sur la Route des Caravanes; du reste, l'industrie du bois au Congo était pratiquement inexistante.

La traverse métallique, au contraire, déchargée à Matadi, se trouvait à pied d'œuvre et l'approvisionnement régulier des chantiers était assuré.

Quant à la traverse en bois importée, l'ignorance absolue du comportement en pays tropical d'une traverse en chêne, hêtre ou sapin, même traitée, suffisait à l'écarter, tandis que la traverse métallique donnait toute garantie.

Il en fut de même de tous les chemins de fer en Afrique dont le point de départ se trouvait à la côte. Ce n'est que plus tard, lorsque le comportement des bois tropicaux fut mieux connu et que des scieries furent installées le long des réseaux, que l'on envisagea l'utilisation de la traverse en bois.

Mais, au préalable, il fallait procéder à l'étude des divers bois: leur résistance mécanique, leur résistance au climat et aux termites, leur possibilité d'absorber les antiseptiques, etc.

Le chemin de fer du B.C.K. a posé, pour les mêmes raisons, ses 2 556 km de voie sur traverses métalliques, de même que les Chemins de fer du VICICONGO et du MAYUMBE.

Quant au réseau du C.F.L., la première section de 125 km fut posée sur traverses en bois et une scierie mécanique fut installée au Km 25.

Les arbres étaient tronçonnés en forêt, d'où une voie spéciale les amenait à la scierie où ils étaient débités en traverses nues de 25×15 cm en n'utilisant que le cœur, la partie la plus résistante.

Non traitées, les traverses avaient une durée qui ne dépassait pas 3 ans pour le bois dur et 2 ans pour les autres essences, en raison de plusieurs circonstances: d'abord, voie non ballastée au début, abattage des arbres en toutes saisons alors qu'en Europe, l'abattage se fait à l'époque où la sève circule au ralenti, bois humide favorisant la pourriture et le développement des cryptogames, attaque par les termites.

Nous étions en 1903 et les connaissances sur les essences congolaises étaient presque inexistantes. Aussi, devant les résultats assez décevants et les difficultés de main-d'œuvre, entièrement absorbée par les terrassements et la pose, la traverse métallique fut adoptée pour la continuation du réseau. Le poids de la traverse métallique était de 43 kg, et sa durée s'est avérée plus longue que prévu. Cette décision fut prise nonobstant les difficultés du transport.

A raison de 1 km de pose par jour, il fallait assurer aux chantiers de pose l'approvisionnement mensuel de 3 000 tonnes de voies et traverses. Le Service du Haut-fleuve, de Léopoldville à Stanleyville, ne disposait pas du matériel nécessaire et le C.F.L. fut amené à acheter trois bateaux de 500 t, dont l'exploitation fut confiée au Service de la Marine.

Actuellement, le réseau C.F.L. comporte, en km:

	<i>sur traverses métalliques</i>	<i>sur traverses en bois:</i>	
Stanleyville	13,5 km	134 km	pour 125 km de voie principale.
Ponhierville			
Kindu-Albertville	673 km	89 km	pour 714 km de voie principale.
Kabalo-Kabongo	260 km	13 km	
	946,5 km	236 km	

Après plus de 50 ans, 95 % des métalliques sont encore en pleine voie et leur remplacement n'est pas à prévoir pour le moment, excepté en certains endroits particulièrement humides.

Cependant, d'ici à la fin de la concession du réseau, en 2011, il faudra certainement envisager leur remplacement; et, sans aucune hésitation, ce remplacement doit se faire par des traverses en bois si la durée de celles-ci peut être portée à 20 ou 22 ans par un traitement approprié.

Dès 1923, le C.F.L. a entamé des études pour déterminer les produits antiseptiques et le traitement qui conviendraient le mieux aux bois congolais.

En 1925, il a été envoyé en Europe des traverses de divers bois, notamment:

- Trois traverses en Kolongo;
- Trois traverses en Kasuku;
- Trois traverses en Ufil;
- Trois traverses en Baraka;

pour être traitées par divers antiseptiques et notamment la créosote.

Les traverses, à part celles traitées à l'aczol, se trouvaient encore en voie en 1945, et en parfait état, soit après 20 ans. Malheureusement, un poseur a enlevé les traverses expérimentales et l'expérience s'est trouvée arrêtée.

Mais, si en 1945 ces traverses étaient encore en service en bon état, on peut estimer qu'à moins de mise hors service accidentelle, elles auraient encore pu durer quelques années; c'est l'avis du chef de la scierie.

Le défaut des traverses traitées sur place est que le bois employé se laisse pénétrer difficilement par le créofix et qu'il semble qu'elles n'aient pas une durée supérieure à 7 à 10 ans, alors que les traverses traitées à l'imprégnation mécanique doivent avoir une durée de l'ordre de 20 ans.

Faire traiter en Belgique des traverses du Congo peut paraître un anachronisme puisqu'elles étaient grevées de deux fois les

frais de transport. Mais le but avait été de connaître le résultat d'un traitement de bois par la créosote en double Rueping, avant de songer à l'achat d'une installation dont le coût sur place dépassait le million.

V. RESULTATS OBTENUS PAR LES SELS D'ARSENIC

Dans l'étude systématique de la protection des traverses, le C.F.L. a décidé, étant donné les résultats obtenus par les sels d'arsenic, de faire une étude comparative de quatre procédés:

- A. Traitement à l'arsenic à chaud 100° C;
- B. Traitement au Basilit à chaud 60° C;
- C. Traitement au Basilit à froid, température ambiante 24° C;
- D. Traitement par aspiration suivant le « procédé LEBACQ ».

Traitement à l'arsenic à chaud 100° C

Préparation de la solution

Pour assurer une solubilité de l'arsenic, il est nécessaire de dissoudre par petites quantités l'arsenic dans une solution de potasse caustique; la solution atteint ainsi une concentration de 1 % d'arsenic.

Traitement:

Les traverses sont immergées dans la solution d'arsenic et portées à ébullition pendant 24 heures; ensuite on laisse refroidir la masse. Le traitement dure ainsi 48 heures.

La technique générale de l'imprégnation par la cuisson, variante du vide, consiste en pratique à:

1. Introduire les traverses dans une chaudière et à les chauffer par la vapeur à 100 ou 110° C;
2. Evacuer l'air des cellules du bois;
3. Aspirer par le bois la solution qui remplace le vide créé.

Sans insister davantage sur cette technique, on doit examiner ce qui arrive au bois ainsi traité. Après son abattage, le bois se trouve plus ou moins gorgé de sève contenant des substances très altérables et fermentescibles.

Si l'action calorifique perdure assez longtemps, la chaleur finit par se transmettre à la partie fibro-médullaire où bientôt se produira le divorce entre le tissu et la matière dure qui l'imprègne et l'incruste. La matière incrustante, qui constitue en quelque sorte le squelette du bois et à laquelle il doit sa solidité, se brise et perd sa cohésion; le bois se fond alors en suivant de préférence le tracé des rayons médullaires. Mais l'air, les gaz et l'eau, emprisonnés dans les cellules, se dilatent et cherchent ainsi un passage. La matière incrustante, fendillée par des dilatations irrégulières, n'oppose qu'une faible barrière à ces éléments sous pression et bientôt la cellulose cède.

Grâce à cette rupture des tissus et à la perte de cohésion par les mille gerces et fissures microscopiques, il y a alors pénétration du liquide de protection dans la masse, et d'autant plus profondément que le sein ligneux aura été lésionné plus gravement.

Traitement au Basilit à chaud 60° C

Dans ce traitement, la température a été ramenée non plus à 60° C mais à un maximum de 50° C pour faciliter l'hydrolyse possible en solution acide et empêcher la coagulation des matières pectiques et albuminaires. On n'assiste plus à ces phénomènes d'éclatement des cellules et si l'absorption est faible, la protection externe est cependant efficace. Les résultats comparatifs des traverses traitées en 1953 en sont la preuve.

Il est préconisé de continuer ce traitement pour les lots de traverses dont le mauvais état ne permettra pas le traitement par le vide.

Durée du traitement: 8 heures.

Traitement par immersion à froid

Ce traitement ne présente aucun avantage si ce n'est qu'il donne une faible protection externe aux traverses. Il est certaine-

ment plus efficace que le traitement à l'arsenic à chaud car il ne détériore pas le bois en ne faisant pas éclater le tissu fibreux.

Cependant, l'emploi de ce traitement n'est conseillé qu'au cas où l'on serait dans l'impossibilité de faire subir aux traverses les traitements B ou D.

Traitement par aspiration suivant le procédé Lebacq

Le « procédé Lebacq » par le vide au moyen de ventouses a été également étudié et une installation pilote a été créée à la scierie du Km 25 afin de fixer les critères du procédé.

En collaboration avec les Services techniques du C.F.L., il a été effectué des essais comparatifs d'imprégnation par diverses méthodes et avec différents produits, essais qui ont fait l'objet, de la part de M. LEBACQ lui-même, d'une communication au XXVII^e Congrès de Chimie industrielle (Bruxelles 1954) et d'un long article paru dans le *Bulletin agricole du Congo belge* (vol. XLVI, 1955).

Le procédé est basé sur le principe suivant: on utilise la structure anatomique pour permettre l'imprégnation même du bois de cœur.

Les vaisseaux du bois sont généralement formés par la juxtaposition des cellules cylindriques, séparées par des parois transversales. Ces parois transversales subsistent chez le bois jeune, mais lorsque l'activité vitale est plus grande et, par conséquent, la circulation plus active, les parois transversales des vaisseaux disparaissent totalement ou partiellement.

Les parois des vaisseaux sont ornées de ponctuations de forme et de diamètre variables, mais toujours ouvertes. Dans la nature, l'ouverture de ces ponctuations permet de faire circuler latéralement le liquide nutritif par ces voies et de le localiser dans les accumulateurs de réserve, les rayons et le parenchyme.

Suivant le procédé Lebacq, l'imprégnation est réalisée, en créant une dépression à l'intérieur du bois par aspiration du liquide d'imprégnation à travers les vaisseaux, à l'intervention d'un appareil permettant de vaincre les forces de résistance à l'intérieur des vaisseaux et les pertes résultant de la position

oblique de certains de ceux-ci. Ledit liquide, lors de la suppression de l'effet d'aspiration, imprègne le bois par les ponctuations ouvertes qui couvrent les parois des vaisseaux.

L'appareillage nécessaire à la réalisation du procédé comporte une pompe à vide actionnée par un organe moteur qui, par une tubulure de raccordement munie d'une soupape de retenue, crée le vide dans un réservoir de grande capacité sur lequel est raccordée une tubulure munie d'un robinet et comportant plusieurs embranchements portant chacun une ventouse d'aspiration, chacune de ces ventouses étant à son tour munie d'une tubulure avec robinet permettant une mise en communication directe avec l'atmosphère extérieure.

L'installation comporte une plate-forme montée sur roues ou rails et supportant une pompe à vide actionnée par moteur électrique. La pompe à vide aspire par une tubulure munie d'une soupape de retenue l'air contenu dans un bac à vide de grande capacité posé sur la plate-forme. Le bac à vide est muni d'un robinet de vidange et d'un robinet de contrôle. Il porte une tubulure de raccordement vers les ventouses, sur laquelle est prévu un robinet d'obturation et de réglage.

La tubulure se raccorde à son tour avec des bifurcations dont chacune comporte un robinet d'obturation et peut être reliée à une ventouse au moyen d'une tubulure flexible. Chaque ventouse porte à son tour une tubulure de purge permettant de la mettre en contact direct avec l'atmosphère moyennant l'ouverture d'un clapet *ad hoc*.

Les traverses étaient placées dans une cuve de forme cylindrique pouvant contenir une quarantaine de traverses en position verticale; après 2 ou 4 heures, selon le produit, la quantité absorbée était de l'ordre de 20 à 30 kg au m³.

La profondeur de pénétration, variable d'après la nature du produit et l'essence du bois, était de l'ordre de 10 à 25 mm sur les faces, de 25 à 150 mm à l'extrémité supérieure, et de 40 à 300 mm à l'extrémité inférieure.

Les pénétrations relativement faibles s'expliquent par la dureté des essences qui étaient choisies pour le débitage des traverses.

Par après, il a été mis à l'étude le traitement des traverses par produit arsenical, bien meilleur marché parce que la poudre se dilue dans un très grand volume d'eau; les frais de transport sont donc réduits au minimum. Ce procédé est beaucoup utilisé en Afrique du Sud, également en Afrique du Nord.

Après traitement, comme le produit arsenical se délave facilement par la pluie, le bois doit être enduit d'une couche de goudron pour emprisonner le produit antiseptique.

Il est à signaler aussi que, d'après certaines constatations, le milieu biologique, qui varie selon les endroits, influence la durée des traverses en bois.

Les essences convenant particulièrement pour traverses de chemin de fer sont:

— *Autranelle Congolensis* (nom commercial: Mukulungu), essence réputée imputrescible qui ne nécessite pas d'imprégnation, mais elle n'existe pas en peuplements homogènes;

— *Gilbertiodendron Dewevrei* (Limbali) provenant des peuplements de la région du C.F.L., qui convient pour les traverses de chemin de fer; il est différent de celui des régions marécageuses, qui passe pour être de moins bonne qualité.

Six cents traverses expérimentales, traitées par ce procédé, ont été mises dans la voie en juin 1942 au Km 385 du 2^e tronçon, c'est-à-dire entre Kongolo et Kabalo. En 1964, $\pm 30\%$ de déchet a été constaté.

D'autre part, en septembre 1949, on a posé au Km 387 dudit 2^e tronçon, 287 traverses traitées par vide et pression au sel Tanalith, dans les installations de la SINFAC à Lowé. On a constaté 24 % de déchet après 10 ans.

On a aussi expérimenté des traverses créosotées de hêtre et de chêne provenant d'Europe et dont le prix était avantageux; en août 1949, on en a posé 2 974 sur la section Kongolo-Kabalo. Après 14 années, le déchet a été pratiquement nul.

En mai 1954, 5 lots d'environ 200 traverses de Limbali chacun, ont été mis dans la voie au 1^{er} tronçon, aux cumulées Km 3,

Km 28, Km 65 et Km 95. Quatre d'entre eux ont été traités chacun par un procédé différent, dont le procédé Lebacq; les traverses du 5^e lot n'ont pas été traitées afin de servir de témoin.

En ce qui concerne le créofix, on peut dire que ce procédé a permis de porter la durée des traverses de 9 à 12 ans.

Sur 600 traverses traitées à chaud au produit arsenical, après 15 ans, il en restait encore 500 en très bon état.

Sur 300 traverses traitées sur place au sel de Tanalith, par double Rueping, il en restait 300 en service après 7 années et 220 après 10 années.

Le procédé Lebacq, dont question plus haut, a été mis en route en 1954; nous n'avons donc que 10 années d'expérience. Comparé pourtant avec les autres procédés de traitement, on a pu dégager les premiers résultats suivants, après 10 ans de séjour dans la voie du millier environ de traverses en Limbali dont question ci-avant:

Désignation	Pourcentage de déchets
Traverses à l'arsenic à chaud	15,3 %
Traverses traitées par vide suivant procédé Lebacq	15,2 %
Traverses traitées par trempage dans une solution de basilit à chaud	28 %
Traverses traitées par trempage dans une solution de basilit à froid	34 %
Traverses témoins (n'ayant subi aucune préparation)	85 %

Conclusions pratiques.

De ces différentes études, on peut déduire les conclusions suivantes:

Indépendamment de la méthode d'imprégnation utilisée, les sels améliorés doivent remplacer le sel d'arsenic.

La valeur des sels améliorés réside dans le fait de leur composition: arséniate de soude, fluorure de soude, bichromate de soude, dinitrophénol. Chacun de ces composants a une action bien spécifique: le fluorure de soude a une action fongicide et insecticide, très forte, l'arséniate de soude a une action insecti-

cide, le dinitrophénol a une action fongicide très puissante. En outre, ces différents sels en solution forment entre eux dans le bois un complexe qui a la propriété de rendre les produits actifs pratiquement indélévables.

La seule propriété de l'arsenic est d'être insecticide, et ce sel n'est pas indélévable. En prenant position en faveur des sels améliorés, on tient compte également du fait que le sel d'arsenic ne peut être utilisé qu'à une concentration de 1 %, alors que les sels améliorés sont utilisés à une concentration de 10 %.

Ces différentes absorptions des solutions sont importantes et se reflètent dans les expériences de la façon suivante:

- Procédé A: absorption moyenne de sels d'arsenic
159 g/m³;
- Procédé B: absorption moyenne de sels améliorés
933 g/m³;
- Procédé C: absorption moyenne de sels améliorés
800 g/m³;
- Procédé D: absorption moyenne de sels améliorés
3 346 g/m³.

On constate que malgré une absorption beaucoup plus grande par le procédé D, la durée des traverses n'est pas supérieure à celle des traverses traitées par l'arsenic à chaud.

Ce n'est donc pas la quantité absorbée qui constitue le critère, mais bien le comportement des fibres vis-à-vis de l'antiseptique; et le procédé à chaud, qui est une sorte de traitement à l'étuvée, constitue un déseuage en même temps que l'imprégnation.

C'est ce traitement qui nous a donné le meilleur résultat pour une consommation moindre en produit antiseptique.

VI. CONCLUSIONS

Le présent travail donne les résultats des études faites par le C.F.L., soit seul, soit avec des autorités en la matière qu'il a associées à ses travaux.

Les chiffres cités, tant sur les espèces de bois que sur la nature des antiseptiques et les techniques opératoires, permettent de dégager les points principaux suivants:

1. En pays tropicaux, la traverse en bois local, d'une espèce bien déterminée, traitée avec un antiseptique approprié et suivant une technique éprouvée, peut avoir une durée assurée de 20 années environ.
2. Du point de vue financier, une telle traverse est plus économique que la traverse métallique.
3. Elle évite aux pays en voie de développement la sortie importante de devises fortes.
4. Le développement sur place de l'industrie de la traverse en bois local créera, par l'extension concomitante de l'exploitation des forêts et de l'industrie du bois, une source de richesse locale et améliorera l'économie du pays.

ANNEXE

Initiales officielles des administrations de chemins de fer

- BR: British Railways (Chemins de fer britanniques)
DB: Deutsche Bundesbahn (Chemins de fer fédéral allemand).
DSB: Danske Statsbanerne (Chemins de fer de l'Etat danois)
CFL: Société nationale des Chemins de fer Luxembourgeois
JZ: Chemins de fer yougoslaves
MAV: Chemins de fer de l'Etat hongrois
NS: Nederlandsche Spoorwegen (Chemin de fer néerlandais)
OBB: Österreichische Bundesbahnen (Chemins de fer fédéraux autrichiens)
PKP: Chemins de fer polonais
RENFE: Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (Réseau national des Chemins de fer espagnols)
CFF: Chemins de fer fédéraux suisses
SJ: Chemins de fer de l'Etat suédois
SNCB: Société Nationale des Chemins de fer belges
SNCF: Société Nationale des Chemins de fer français
CP: Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses (Compagnie des chemins de fer portugais)
FS: Ferrovie Italiane dello Stato (Chemins de fer de l'Etat italien)

Au Congo ex-belge:

- B.C.K.: Compagnie du Chemin de fer du Bas-Congo au Katanga
C.F.L.: Compagnie des Chemins de fer du Congo Supérieur aux Grands Lacs Africains
C.F.M.: Chemin de fer du Mayumbe
C.F.M.L.: Chemin de fer de Matadi à Léopoldville
C.V.C. (VICICONGO):
Société des Chemins de fer Vicinaux du Congo



Table des Matières

Résumé	3
Samenvatting	3
I. — Introduction	5
II. — La traverse en bois. Le créofixage	17
III. — Les produits d'imprégnation	30
IV. — Les principaux bois employés	46
V. — Résultats obtenus par les sels d'arsenic	53
VI. — Conclusion	59
Annexe	61
Table des matières	63





Achévé d'imprimer le 9 janvier 1965
par l'Imprimerie SNOECK-DUCAJU et FILS S.A., Gand-Bruxelles