

Photo Fougrousse.

*Institut de Moshi (Tanganyika). Influence de l'incision sur l'imprégnation de Cupressus lusitánica.
A gauche, section transversale de traverse non incisée ; à droite, section transversale de traverse incisée.*

TRAVERSES EN BOIS POUR LE CHEMIN DE FER TRANSCAMEROUNAIS

PROBLÈMES DE PRÉSERVATION DES BOIS AU CONTACT DU SOL DANS LES PAYS TROPICAUX

par M. FOUGEROUSSE,
Chef de la Division de Préservation
des Bois au CTFT.

SUMMARY

**WOODEN SLEEPERS FOR THE TRANSCAMEROUN RAILWAY :
PROBLEMS OF PRESERVING WOOD IN CONTACT WITH THE GROUND
IN TROPICAL COUNTRIES**

The Transcameroun railway project provided an opportunity of examining the possibility of using sleepers made of local woods. A group of experts has made a list of technologically suitable species in the areas of Cameroun where timber is at present grown, and has laid down a method of preservation to ensure a satisfactory length of service. The second part of this article deals

with the various types of wood preservatives which may be used to preserve wood in contact with the ground in tropical countries. The author then analyses the results of a number of experiments carried out on the field in question, aimed at judging the relative durability of these different preservatives, and concludes with a comparison of the practical solutions that can be advocated for a durable preservation, in a tropical climate, of wood used for such purposes as railway sleepers, bridges, poles, etc.

RESUMEN

TRAVIESAS DE MADERA PARA LOS FERROCARRILES TRANSCAMERONESES. PROBLEMAS DE PRESERVACIÓN DE LAS MADERAS EN CONTACTO CON EL SUELO EN LOS PAISES TROPICALES

El proyecto del Ferrocarril Transcamerónés ha dado motivo a un estudio acerca de las posibilidades de empleo de las traviesas de maderas locales. Un grupo de peritos ha establecido una lista de las especies tecnológicamente valaderas en las zonas actuales de explotación forestal en Camerón, habiendo definido el sistema de preservación que deberá ser aplicado para poder conseguir una duración de servicio satisfactoria.

La segunda parte del artículo trata de los diversos tipos de productos de preservación, cuya utilización puede ser vislumbrada para la preservación de las maderas en contacto con el suelo, en los países tropicales.

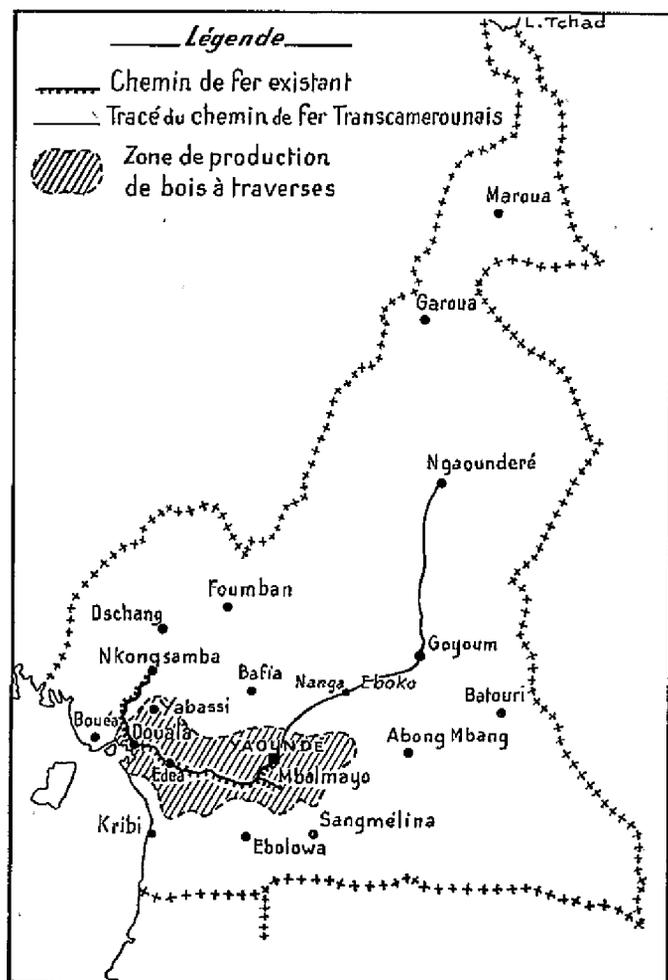
El autor analiza, acto seguido, los resultados de cierto número de experiencias llevadas a cabo sobre el terreno, con objeto de hacerse una idea acerca de las durabilidades relativas de los diversos productos de preservación y concluye comparando las distintas soluciones prácticas que pueden preconizarse para una preservación — en clima tropical — de maderas con destino a aplicaciones y estructuras diversas, como, por ejemplo, traviesas de ferrocarril, maderas para puentes, postes, etc.

L'extension du réseau ferré camerounais, envisagée depuis plusieurs années sous le nom de « Douala-Tchad », va, dans un avenir prochain, devenir une réalité puisque la construction du

premier tronçon du chemin de fer transcamerounais est sur le point d'être entreprise. Il reliera Yaoundé à Goyoum en rejoignant un peu au-dessus de Batchenga la Sanaga dont il suivra ensuite le cours. Le second tronçon, dont l'établissement ne manquera pas de suivre, permettra au rail d'aboutir finalement à Ngaoundéré; ainsi une voie de communication permanente Nord-Sud sera créée, qui ne pourra manquer d'avoir une incidence heureuse sur le développement du Cameroun.

Les études préparatoires à la réalisation du chemin de fer transcamerounais ont nécessité plusieurs années; dirigées par la Société d'Etudes du Chemin de Fer Transcamerounais, elles ont concerné tous les aspects de la question, et elles ont été l'occasion d'un examen très approfondi des possibilités d'emploi de traverses en bois locaux. En effet, bien que le réseau existant ait été construit sur des traverses métalliques et que l'expérience qu'on a de celles-ci soit dans l'ensemble très satisfaisante, il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un matériel à importer, et il était donc parfaitement raisonnable que la République du Cameroun se souciât de connaître si parmi les nombreuses essences forestières qui croissent sur son sol certaines seraient en mesure de fournir des bois à traverses valables. C'est à cet effet qu'un groupe d'experts européens désignés par la Direction du FEDOM de la Communauté Economique Européenne, accompagnés d'un expert américain de l'Agency for International Development, se sont vu confier la tâche de définir les conditions satisfaisantes d'emploi de traverses en bois locaux pour la construction du chemin de fer transcamerounais.

Le travail des experts a consisté d'abord à faire un vaste tour d'horizon de l'emploi



des traverses en bois sur le continent africain, au cours d'un périple à travers plusieurs pays de l'Afrique Occidentale, Centrale et Orientale, afin de prendre connaissance des réalisations ou des expériences effectuées dans le domaine des traverses en bois ; la seconde phase de leur travail a été consacrée à définir les critères d'aptitude du bois à l'emploi en traverses ainsi que les produits de préservation et leur mode d'application les mieux adaptés à assurer aux traverses une longévité suffisante pour rendre leur emploi économiquement satisfaisant. Enfin ils ont eu à choisir parmi les essences camerounaises disponibles dans le cadre actuel de l'organisation de l'exploitation forestière, celles qui permettraient un approvisionnement convenable. Ayant rassemblé tous ces divers éléments et confronté leurs opinions respectives sur les multiples aspects du problème, les experts ont conclu leur travail en préparant deux projets de spécifications techniques, l'un relatif à la fourniture des traverses blanches, l'autre concernant la préservation à apporter à ces traverses.

Sans qu'il soit question dans cet article de reproduire le rapport général des experts, il est intéressant, semble-t-il, de résumer quelles furent leurs conclusions, et d'évoquer, à l'occasion de l'étude faite pour le chemin de fer transcamerounais, l'état actuel des possibilités de préservation des bois employés au contact du sol, sous les climats tropicaux.

Le choix des essences a été basé d'une part sur leurs possibilités réelles d'exploitation, ce qui signifie que parmi les essences actuellement éloignées des zones effectives d'exploitation forestière il peut en exister de valables, qu'elles mériteraient d'être recherchées pour l'avenir, mais qu'elles ne présentaient pas un intérêt immédiat, et d'autre part sur un certain nombre de propriétés physiques et mécaniques liées à l'emploi en traverses de chemin de fer, notamment la dureté, la densité, la rétractibilité, la durabilité et l'aptitude à l'imprégnation. Le comportement à un test spécifique, celui de la résistance à l'arrachement des tirefonds, lié d'ailleurs aux propriétés fondamentales, a constitué naturellement un critère essentiel d'appréciation.

Quatorze essences ont été retenues, dont la liste figure ci-dessous ; elles donnent des bois mi-lourds à lourds et très lourds, mi-durs à durs et très durs, et leur résistance à l'arrachement des tirefonds varie de 6 tonnes (Edzil, Eyen, par exemple) à plus de 10 tonnes pour le Bongossi.

Ces diverses essences ne présentent pas toutes le même intérêt économique ; certaines, particulièrement abondantes, fourniront sans doute le gros du contingent de traverses, c'est le cas du Bongossi ; d'autres comme l'Akondok ou le Noudougou, moins fréquentes mais dont le bois est remarquablement apte à l'emploi en traverses, constitueront un appoint. Il a semblé bon de fonder l'exploitation des essences à traverses en

Liste des essences retenues pour la fabrication de traverses du chemin de fer transcamerounais

Nom local	Nom scientifique	Abondance en forêt
BONGOSSI	<i>Lophira alata</i>	Existe partout, particulièrement abondant dans la zone littorale et le long des fleuves.
TALI	<i>Erythrophloeum guineense</i>	Assez fréquent dans toute la forêt.
ÔMAN	<i>Desbordesia glaucescens</i>	Très fréquent dans toute la forêt sauf dans une zone littorale autour de Douala et Edéa.
NGON	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	A l'état dispersé, mais très fréquent dans toute la forêt.
ADOUM	<i>Cylicodiscus gabonensis</i>	Très abondant vers Douala-Yabassi et dans le triangle Yaoundé Eséka-Mbalmayo.
NOUDOUGOU	<i>Anopyxis klaineana</i>	Assez peu fréquent, mais exploité dans la région de Yaoundé.
AKONDOK	<i>Nauclea diderrichii</i>	Existe dans toute la forêt, mais à l'état dispersé.
EDZIL	<i>Amphimas ferrugineus</i> et <i>A. pterocarpoïdes</i>	Peu fréquent, <i>A. ferrugineus</i> surtout dans la plaine littorale, et <i>A. pterocarpoïdes</i> sur le plateau (Yaoundé-Mbalmayo).
EYEN	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	Existe dans toute la forêt mais particulièrement abondant sur le plateau, vers Yaoundé et Mbalmayo.
NTOM	<i>Pachypodanthium staudtii</i>	Habitat limité au long des rivières, où il est assez abondant.
SIKONG	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	Existe partout, sans être nulle part très abondant.
PARINARI	<i>Parinari</i> sp. pl.	Fréquents dans la zone littorale jusqu'au pied du rebord montagneux.
ANDOK	<i>Irvingia gabonensis</i>	Assez fréquent dans toute la zone forestière.
ANDONGWE	<i>Irvingia grandifolia</i>	Présent partout, mais beaucoup moins fréquent que l'espèce <i>gabonensis</i> .

assurant en quelque sorte l'approvisionnement sur quelques bois de sécurité, mais sans négliger d'autres bois qu'il serait ridicule de laisser en forêt, lorsqu'on les trouve, alors qu'ils sont technologiquement bons pour l'emploi particulier qu'on veut en faire.

Du point de vue de la durabilité naturelle et de l'aptitude à l'imprégnation, les 14 bois retenus se présentent sans unité ; les uns ont une durabilité naturelle élevée mais une aptitude à l'imprégnation moyenne, d'autres ont une faible durabilité naturelle mais une bonne aptitude à l'imprégnation, mais dans tous les cas on peut admettre que la conjugaison de la durabilité naturelle et de la durabilité complémentaire apportée par l'imprégnation assurera aux traverses de toutes les essences la longévité de 18 à 20 ans considérée comme nécessaire pour que l'opération traverses en bois soit finalement rentable. Si l'on place les différents bois dans un tableau à double entrée indiquant les classes de durabilité et d'imprégnabilité, on a une image plus claire du rôle conjugué de ces deux facteurs.

Le rôle conjugué de la durabilité naturelle et d'une durabilité complémentaire conférée artificiellement n'est pas une simple hypothèse, qui serait imprudente, mais une réalité vérifiée dans d'assez nombreuses expériences ainsi que dans les observations du comportement des bois en service.

On peut s'étonner de ne pas voir figurer parmi les essences retenues, deux espèces qui sont fréquemment utilisées en traverses dans d'autres

pays africains, notamment au Ghana et en Nigeria ; ce sont l'Atui (*Piptadeniastrum africanum*) et l'Abang (*Chlorophora excelsa*). Ce dernier est présent dans toute la zone forestière du Cameroun mais à l'état dispersé, et au total peu fréquent ; considéré comme trop léger, trop tendre et insuffisamment imprégnable, il peut d'autre part prétendre à des emplois plus nobles. Par contre, l'Atui, fréquent dans la zone forestière intérieure, aurait présenté beaucoup d'intérêt sur le plan forestier, mais ses diverses propriétés ont été estimées trop variables d'un échantillon à un autre pour fournir une production de qualité homogène, et toutes ces propriétés ont été jugées en moyenne insuffisantes pour le but recherché.

Un commentaire spécial mérite d'être fait au sujet des Parinari dont les propriétés physiques et mécaniques ainsi que l'imprégnabilité justifient d'en attendre satisfaction dans l'emploi en traverses, mais dont le bois très siliceux pose de très difficiles problèmes de sciage et d'usinage. Conscients de ces difficultés, les experts n'ont admis ces bois qu'à la demande des exploitants et scieurs camerounais et en mettant ceux-ci en garde contre les écueils qu'ils pourraient rencontrer ; il convient de porter au crédit de ces professionnels du bois le désir spontané de chercher à mettre en valeur des essences technologiquement valables, jusqu'à présent négligées, mais d'un travail difficile.

Le projet de spécification pour la fourniture des traverses blanches n'apporte rien de révolutionnaire par rapport aux spécifications habituelles

		Aptitude à l'imprégnation			
		Médiocre	Moyenne	Bonne	Excellente
Durabilité naturelle	Excellente	Tali Oman (bois de cœur) Ngon » Sikong » Andok » Andongwe »	Bongossi Adoum		
	Bonne	(Abang)	Eyen	Akondok	
	Moyenne		(Atui)		Noudougou Oman (Aubier) Ngon » Sikong » Andok » Andongwe »
	Médiocre				Ntom Edzil Parinari

des autres pays africains, en matière de dimensions (195 × 22 × 13 cm) ou relativement aux diverses tolérances de forme ou de dimensions. Toutefois, ce projet de spécification n'a prévu aucune limitation en ce qui concerne l'aubier, pourvu qu'il soit sain, car en effet, pour les diverses essences retenues, les propriétés des aubiers sont peu différentes de celles des bois parfaits correspondants, sinon l'imprégnabilité qui est toujours très supérieure. L'acceptation de l'aubier sans limitation permettra donc d'obtenir un meilleur rendement en scierie ; il va de soi que cette tolérance s'accompagne de mesures strictes pour assurer la bonne conservation de cet aubier jusqu'au moment de l'imprégnation définitive, ainsi que de mesures autorisant les agents réceptonnaires à rejeter sans appel les traverses dont l'aubier présenterait des signes d'altération.

Les traverses aubiéuses de toutes les essences doivent subir à la tombée de scie un traitement par immersion rapide dans une solution aqueuse fongicide (pentachlorophénate de soude) et insecticide (lindane ou insecticide de contact équivalent) ; de même toutes les traverses d'essences altérables dans leur masse à l'état frais (Noudougou, Edzil, Ntom, Parinari) et toutes les traverses d'essences à aubier si large qu'il figurera toujours (Ngon, Oman, Andok, Andongwe) doivent subir ce traitement.

Le projet de spécification relatif au conditionnement des traverses après leur livraison et au traitement définitif de préservation qu'elles doivent recevoir est plus intéressant à étudier car il constitue une introduction à l'examen des possibilités actuelles de traitement du bois utilisé au contact du sol sous les climats tropicaux, qui constituera la seconde partie de cet article.

L'une des recommandations des experts a été de faire subir aux traverses, à leur arrivée sur l'aire de stockage où elles sécheront avant l'imprégnation, l'opération d'incision ; cette opération consiste à faire passer les traverses entre deux séries de 2 rouleaux, tournant en sens inverse, munis de dents d'acier qui pratiquent dans le bois des entailles parallèles à la direction générale des fibres, longues d'environ 2 cm et profondes d'autant ; régulièrement réparties sur les quatre grandes faces des traverses, ces entailles constituent des voies de pénétration qui augmentent l'absorption et la profondeur de pénétration des produits de préservation ; en outre elles jouent également un rôle très intéressant

pendant le séchage en diminuant beaucoup le risque de formation de fentes. Le rôle de l'incision préalable des traverses est bien étudié à l'Institut de Moshi, au Tanganyika, ainsi qu'au Forest Research Institute de Pretoria, où les experts ont pu se rendre compte de l'intérêt considérable de cette opération. L'incision systématique des traverses est pratiquée par les chemins de fer de Nigeria, et bien que le prix d'achat d'une machine à inciser soit assez élevé, les experts ont recommandé vivement l'application de cette technique aux traverses de chemin de fer transcamerounais.

Effectuée sur des traverses arrivant de scierie, l'incision ouvre toute une série de brèches dans la mince couche de bois protégée par le traitement à la tombée de scie, et il convient, le bois n'étant pas encore sec, de réparer ces brèches pour éviter le développement d'altérations pendant le séchage. A vrai dire, il n'est guère à craindre que les traverses d'Azobé, de Tali, d'Adoum ou d'Akondok, par exemple, subissent des dommages étant donné leur très bonne durabilité naturelle, mais il n'en est pas de même pour d'autres essences qui risquent de s'échauffer fortement (Parinari, Edzil, Ntom, Noudougou), et dès l'instant que des mesures spéciales de protection après incision devaient être prises pour certaines essences, il est apparu plus simple de préconiser leur application générale plutôt qu'une opération de triage, compliquant le travail, et à tout prendre ces mesures ne peuvent être que favorables à la bonne conservation de l'ensemble du stock. Ce traitement de préservation temporaire pendant le séchage consiste en une immersion rapide des traverses dans une solution organique contenant 5 % de pentachlorophénol et 1 % de gammexane (ou l'équivalent en un autre insecticide organique de contact), le solvant devant, de préférence, être assez léger pour que le bon séchage du bois ne soit pas contrarié.

La durée minimum de séchage des traverses ne doit pas être inférieure à un an, délai qui est celui adopté en particulier au Ghana et au Nigeria ;



*Institut de Moshi (Tanganyika).
Inciseuse expérimentale.*

Photo Fougerousse.

s'il est probable qu'un séchage complet de toute la masse des traverses ne sera pas obtenu au bout de ce temps, l'expérience montre qu'il est suffisant pour permettre une imprégnation satisfaisante. Au cours d'études sur l'imprégnation de traverses d'Andok (*Irvingia gabonensis*) effectuées au Centre Technique Forestier Tropical, on a obtenu pour des traverses d'humidité moyenne de l'ordre de 80 %, une absorption de 200 à 250 kg de créosote au mètre cube, avec une pénétration totale.

Les quatorze essences retenues par les experts se répartissent en deux groupes pour ce qui est de leur imprégnabilité :

— dans le premier groupe se trouvent les bois faciles ou assez faciles à imprégner :

Akondok	Aman	Parinari
Edzil	Andok	
Ntom	Andongwe	
Ngon	Noudougou	

— dans le second groupe, les bois difficiles à imprégner et dans lesquels les quantités d'antiseptique injectables sont limitées :

Bongossi	Sikong
Tali	Movingui
Adoum	

Les opérations d'imprégnation qui se feront selon le procédé Bethell ou le procédé Lowry selon les cas, s'effectueront sur des chargements de traverses homogènes dans l'un ou l'autre groupe, le schéma

de traitement devant conduire, pour les traverses du groupe I à une imprégnation moyenne, par chargement, d'au moins 140 kg d'antiseptique par mètre cube, et, pour les traverses du groupe II à une imprégnation à refus, étant entendu qu'en moyenne cette imprégnation ne pourra atteindre la dose de 140 kg/m³.

Le choix du produit de préservation s'est porté sur un mélange de créosote lourde et d'une huile pétrolière, dans les proportions respectives de 70 et 30, chaque produit devant répondre à des spécifications précises. Ce n'est pas sans avoir examiné attentivement toutes les autres possibilités qui s'offraient à eux que les experts ont finalement préconisé l'emploi de la créosote ; celle-ci présente des avantages et des inconvénients, qui seront exposés plus loin, mais au total il est apparu qu'elle constituait le produit le mieux à même, dans l'état actuel des choses, d'apporter au problème de la longévité des traverses en bois sous climat tropical la solution de sécurité que le devoir des experts leur imposait de recommander.

Quelles doivent être les qualités d'un produit de préservation du bois pour assurer à ce dernier une longévité maximum lorsqu'il est employé au contact direct du sol en climat tropical ? De quel arsenal dispose-t-on, et quels sont les avantages et les inconvénients des différents produits ? Ce sont là des questions essentielles, sur lesquelles la suite de cet article s'efforce d'apporter quelque lumière.

* * *

Du point de vue de sa conservation le bois employé au contact direct du sol se trouve dans les plus mauvaises conditions et doit, sauf exceptions très rares, faire appel à la préservation chimique pour recevoir la durabilité que naturellement il n'a pas, ou insuffisamment pour garantir la longue durée de service qu'on lui demande et qui est un élément de la rentabilité de son emploi. Les conditions climatiques équatoriales et tropicales aggravent les risques de dégradation du bois ; les agents biologiques y bénéficient constamment d'une température favorable ; dans les régions très humides ce sont les champignons qui constituent le principal danger alors que dans les régions sèches les termites ont plus d'importance, partout, d'ailleurs, les uns et les autres entremêlant plus ou moins leurs actions.

D'autre part, les variations de température et d'humidité peuvent entraîner des phénomènes de retrait, de gonflement, se traduisant par des déformations ou des fentes ; c'est ainsi que, dans le cas du chemin de fer transcamerounais, le tronçon Goyoum-Ngaoundéré se situe dans une zone à saison sèche et chaude très marquée pendant

laquelle le fendillement du bois est accentué par la faible humidité de l'air et du sol ainsi que par les fortes élévations de température, alors que sur le tronçon Yaoundé-Goyoum, sous un climat tropical plus régulièrement humide, ces risques d'altération physique existent mais sont plus limités.

Dans ces conditions, la préservation des bois au contact du sol doit faire appel d'une part à des techniques d'imprégnation permettant une bonne pénétration des produits, et à cet égard les techniques traditionnelles d'imprégnation sous vide et pression sont indiscutablement les meilleures, et d'autre part à des produits non seulement très efficaces contre l'ensemble des agents biologiques mais très résistants à l'usure par lessivage ou par évaporation, et également dotés d'un certain pouvoir hydrofuge pour diminuer l'usure physique par les agents climatiques.

Trois types de produits peuvent prétendre être en mesure d'assurer au bois une conservation de longue durée au contact du sol en climat tropical :

-- la créosote de goudron de houille, pure ou en mélange ;

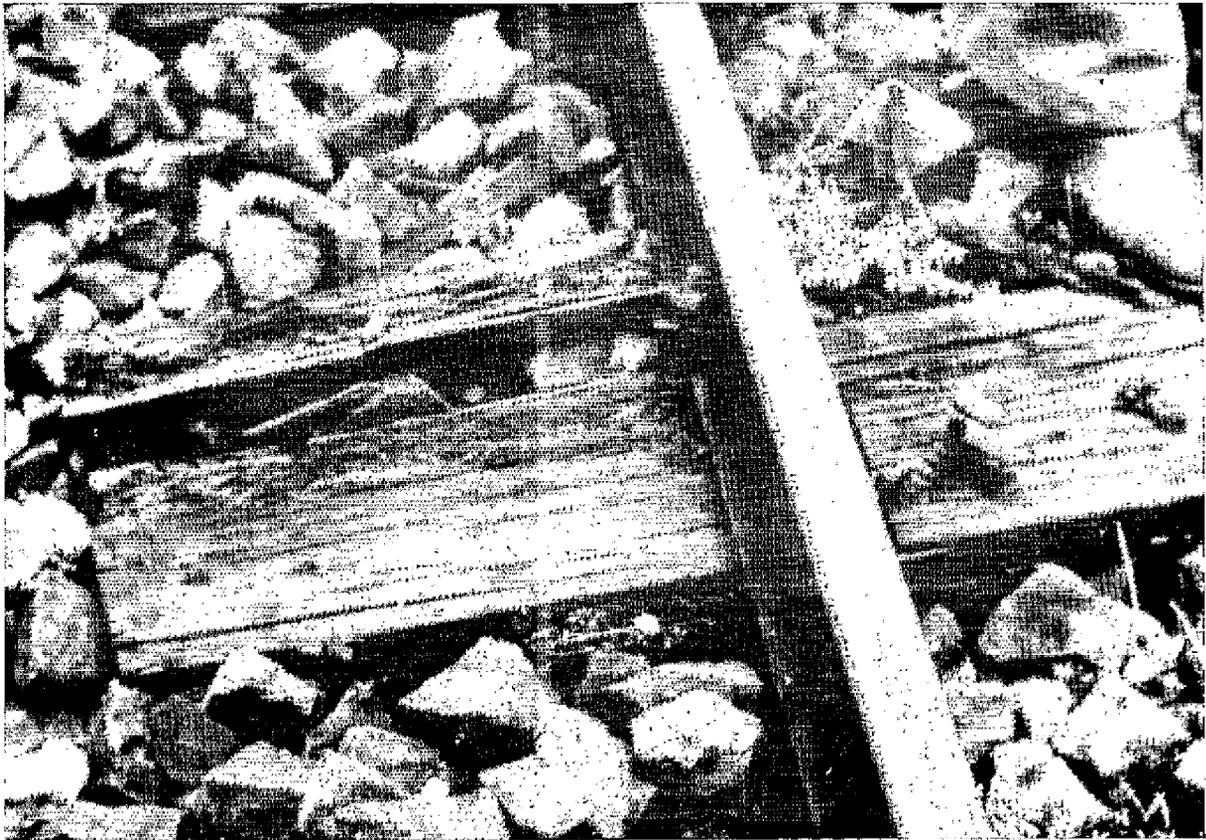


Photo Fougerousse.

Traverse imprégnée superficiellement, à l'intérieur de laquelle une pourriture s'est développée, ne respectant qu'une mince couche de bois en surface.

— des produits organiques de synthèse en solution huileuse ;

— des mélanges de sels minéraux en solution aqueuse.

Dans chaque cas figurent des avantages et des inconvénients, chaque produit a fait l'objet

d'expériences de laboratoire ou d'essais dans les conditions réelles, des observations sur le comportement de bois traités en service ont été réunies, et il est intéressant d'essayer de tirer de l'ensemble de ces renseignements une information sur les performances qu'on peut espérer de chacun de ces produits dans les conditions tropicales.

LES CRÉOSOTES DE GOUDRON DE HOUILLE

Obtenues par distillation des goudrons de houille, ces créosotes sont des produits huileux « naturels » de composition extrêmement complexe, qu'on classe en deux catégories : les créosotes légères, riches en produits distillant à température relativement faible, et les créosotes lourdes riches en produits distillant à température relativement élevée. Des spécifications précises fixent l'allure que doit suivre la distillation de la créosote, et permettent ainsi un contrôle de conformité qui comprend un certain nombre d'épreuves, telles que mesure du poids spécifique, teneur en eau, teneur en produits phénoliques, importance des dépôts, etc... Par définition, ce sont les créosotes

lourdes qui ont les meilleures qualités de permanence, et ce sont généralement elles qui sont utilisées dans la préservation des traverses de chemin de fer. Leur efficacité à l'égard des agents biologiques de destruction du bois est générale, et, partout dans le monde, essais de laboratoire, expériences sur le terrain, observations de bois en service, s'accordent à leur reconnaître une durabilité remarquable. Ces performances sont dues non seulement à une grande efficacité biocide mais aussi à une résistance remarquable à l'usure par lessivage et évaporation ainsi qu'à un pouvoir hydrofuge qui diminue l'action des agents physiques.

Les créosotes n'ont pas que des avantages. Leur nature même les réserve à des applications particulières et limitées : elles donnent au bois une couleur noire, lui confèrent une odeur assez désagréable et persistante, le rendent impropre à tout traitement de finition ; appliquées à froid par des traitements de surface, trempage ou badigeonnage, elles pénètrent très mal dans le bois (à l'exception de créosotes très légères mais qui, par ce caractère même, ont une durabilité médiocre, et ne donnent alors qu'une protection limitée). Ce sont typiquement des produits pour imprégnation sous pression en autoclave, elles conduisent alors à des résultats excellents. Le reproche est souvent fait aux créosotes d'augmenter l'inflammabilité des bois traités ; il convient à ce sujet de faire une distinction entre la combustibilité du bois créosoté telle qu'on peut l'étudier au laboratoire et son comportement devant un danger pratique d'incendie, par exemple devant un feu de brousse, danger réel et pratiquement inévitable dans la plupart des pays tropicaux ; il semble que dans ce dernier cas le bois créosoté résiste mieux au feu que le bois non traité ; des observations ont été faites en Australie en 1962, à l'occasion d'un feu de brousse accidentel, sur plusieurs centaines de poteaux télégraphiques ; W. G. KEATING écrit (1) : « plus de 200 poteaux ont été détruits, mais aucun poteau traité sous pression à la créosote n'a été perdu ni même sérieusement endommagé, bien qu'on estime qu'un nombre équivalent de ces poteaux se soit trouvé exposé aux mêmes conditions (que les poteaux non traités) ».

Ces observations viennent corroborer des observations identiques faites antérieurement un peu partout dans le monde. L'inflammabilité du bois créosoté est moindre que celle du bois non traité, ce qui explique son meilleur comportement devant un feu courant ; mais une fois enflammé il brûle mieux, la créosote libère des gaz inflammables, ses constituants huileux brûlent également, et l'extinction du feu est alors plus difficile.

La créosote est parfois utilisée en mélange avec des huiles de pétrole qui peuvent contribuer à améliorer la fluidité, donc la pénétration, renforcer les propriétés hydrofuges, et diminuer le prix dans la mesure où elles coûtent moins cher que la créosote. Cette pratique est surtout appliquée dans les pays qui ne produisent pas de créosote et qui doivent donc l'importer, ce qui augmente sensiblement le prix ; c'est le cas de nombreux pays tropicaux, notamment en Afrique. La proportion de ces huiles dans le mélange est habituellement de 30 ou 40 %, et ne dépasse pratiquement jamais 50 % ; elles doivent obéir à certaines spécifications relatives à l'homogénéité du mélange, à l'absence de dépôt, à la température d'inflammation, à l'allure de

distillation, etc... ; de telles spécifications ont été définies, par exemple aux Etats-Unis ou en Afrique du Sud. De même que la créosote peut être diluée, elle peut être renforcée par addition de fongicides ou d'insecticides organiques solubles, tels que le pentachlorophénol, mais les cas où ce renforcement est nécessaire sont très rares ; ce qui est plus fréquent c'est de combiner les deux opérations, c'est-à-dire de diluer la créosote d'une part, et ensuite de renforcer l'efficacité du mélange par addition d'un biocide de complément.

Le principal domaine d'application de la créosote est celui de la préservation des traverses de chemin de fer par imprégnation profonde en autoclave ; les inconvénients de ce produit, signalés plus haut, sont sans importance dans ce cas précis, par contre ses qualités y sont particulièrement appréciées ; en outre, comme elle n'augmente pas la conductibilité électrique du bois traité, les traverses créosotées mises en place dans des voies à signalisation automatique n'exigent aucune précaution complémentaire d'isolement des rails. La créosote est également employée dans la préservation des poteaux de lignes télégraphiques et électriques, parfois seule, parfois en complément d'un traitement primaire par des produits salins (particulièrement pour renforcer la protection de la base des poteaux enfoncés dans le sol) ; elle est aussi très utilisée pour la préservation des ouvrages fixes en bois exposés aux attaques des xylophages marins.

L'imprégnation du bois par la créosote doit se faire à une température beaucoup plus élevée que la température ambiante pour améliorer sa fluidité et permettre ainsi une bonne pénétration ; cette obligation se traduit, dans la pratique, par un équipement de chauffage qui contribue à augmenter le prix de l'installation. D'autre part, lorsque les bois à traiter sont facilement imprégnables on peut craindre d'y introduire une dose de créosote trop élevée, ce qui augmente inutilement le prix de l'opération, et on a intérêt alors à appliquer un procédé, assurant, bien sûr, la pénétration la plus profonde possible, mais consommant le moins possible de créosote au delà de la dose optimale ; le procédé RÜPING est le plus connu de ces procédés, mais il nécessite un complément d'équipement qui augmente encore le prix de l'installation. Est-ce à dire que les investissements plus coûteux dans l'installation d'une station de traitement à la créosote que dans celle d'une station de traitement par les sels (laquelle, nous le verrons, est plus simple) doivent faire préférer cette dernière ? C'est une question à laquelle on ne peut répondre qu'après avoir fait le calcul de rentabilité tenant compte essentiellement des durées de service qu'on peut espérer des bois traités selon l'une ou l'autre méthode. En outre, nous verrons plus loin que la comparaison n'est valable qu'entre le traitement à la créosote et le double traitement

(1) C. S. I. R. O. *Forest Products Newsletter* n° 286. Juin 1962.

sel + solution huileuse hydrofuge, donc dans des termes un peu différents.

La durée de service des traverses ou des poteaux traités convenablement à la créosote est couramment de 25 à 30 ans, et au delà, dans les pays à climat tempéré ; pour les traverses de chemin de fer, notamment, les remplacements sont souvent dus non pas à une mauvaise conservation contre champignons ou insectes, mais à une usure phy-

sique (fentes) ou mécanique (ovalisation des trous de tirefonds, usure du bois sous les patins de rails, etc...) ; il est d'usage, lors du renouvellement des traverses sur une voie principale, de récupérer toutes celles qui peuvent être réutilisées après consolidation, perçage de nouveaux trous de tirefonds et nouveau sabotage, pour les remettre en service sur des voies secondaires ou des voies de triage.

LES SELS MINÉRAUX EMPLOYÉS EN SOLUTION AQUEUSE

La plupart des pays tropicaux ne fabriquent pas encore eux-mêmes les produits de préservation du bois dont ils ont besoin et doivent donc les importer de pays producteurs souvent très éloignés, ce qui entraîne des frais de transport dont l'incidence est loin d'être négligeable sur le prix de revient final des opérations de traitement.

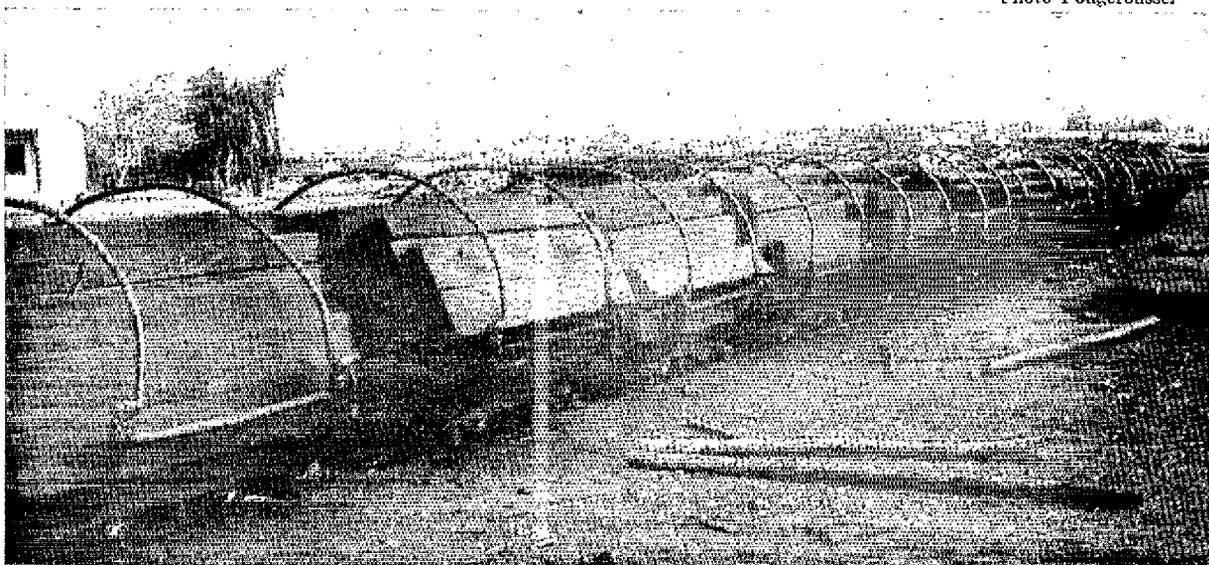
A cet égard les produits salins hydrosolubles ont un avantage considérable sur les produits huileux comme les créosotes, celles-ci étant importées sous leur forme même d'emploi alors que ceux-là le sont sous forme de poudres, ou de pâtes extrêmement concentrées, qui sont dissoutes dans l'eau au moment de l'emploi, à des concentrations dépassant rarement 5 %. Autre avantage : le solvant ne coûte pratiquement rien. Cela pourrait faire penser que les produits salins hydrosolubles ne devraient trouver, dans les pays tropicaux, qu'une faible concurrence de la part de produits handicapés par les frais de leur transport. En réalité la comparaison

entre les produits doit faire appel à d'autres éléments, et nous verrons qu'elle est moins simple qu'il n'apparaît de prime abord.

A l'origine, les produits de préservation salins étaient des sels simples tels que le sulfate de cuivre, le chlorure mercurique, le chlorure ou le sulfate de zinc, etc... utilisés isolément. Ces produits n'étaient pas sans valeur mais présentaient cependant un certain nombre d'insuffisances, telles qu'une toxicité limitée à quelques-uns seulement des agents d'altération du bois, ou une action corrosive importante sur le matériel d'imprégnation, ou encore une fixation souvent très faible dans le bois ou une action sur les propriétés physiques du bois, etc... On fut assez vite amené à rechercher un certain nombre d'améliorations, en particulier dans le sens d'une meilleure fixation des produits dans le bois entraînant une meilleure résistance au lessivage donc une plus longue durée de protection. C'est un peu fortuitement, en

Afrique du sud — Chargement de traverses incisées à leur sortie de l'autoclave de créosotage

Photo Fougerousse.



cherchant à diminuer la corrosivité de certaines solutions salines envers le matériel de traitement, qu'on découvrit l'importance de l'addition de bichromates alcalins, améliorant beaucoup la résistance au lessivage des produits introduits dans le bois. A l'heure actuelle, pratiquement tous les produits salins de préservation du bois qui peuvent prétendre à une certaine résistance au lessivage contiennent une notable proportion de bichromate alcalin, le plus souvent bichromate de potassium.

De nombreuses études ont été consacrées à rechercher l'explication de l'action du bichromate, parmi lesquelles il convient de citer notamment celles de SANDERMANN et de ses collaborateurs. Il ne saurait être question d'analyser ici l'ensemble de ces études, mais il peut être intéressant d'en résumer brièvement les conclusions actuelles : après introduction dans les bois de la solution d'imprégnation, une réduction du bichromate se produit sous l'influence de certains constituants du bois, notamment les groupements phénoliques de la lignine, le chrome trivalent réagissant avec les autres composants de la formule pour donner des produits plus ou moins complexes, peu solubles

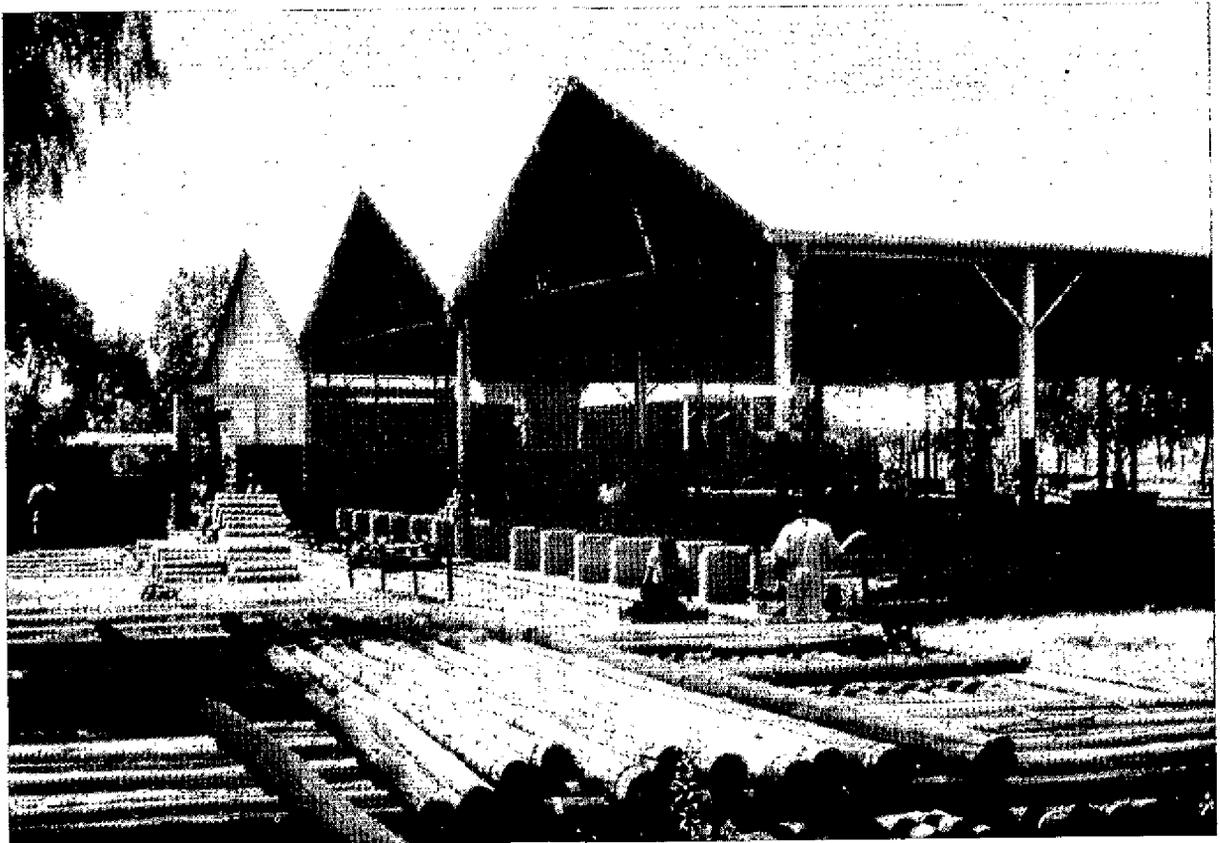
ou insolubles et dont la toxicité envers les champignons ou les insectes est identique à celles des composants dont ils dérivent.

En réalité, il semble que les phénomènes de réduction du chrome, de même que les réactions de formation de composés insolubles, ne mobilisent qu'une partie des éléments introduits dans le bois et qu'ils soient d'autre part sous la dépendance de plusieurs facteurs, les uns en rapport avec la nature du bois, les autres en rapport avec la formule du produit de préservation utilisé et ses conditions d'application.

La nature du bois semble jouer un rôle très important dans la fixation des produits salins et leur résistance ultérieure au délavage. D'une manière générale on considère que cette fixation est meilleure dans les bois résineux que dans les bois feuillus, les phénomènes de réduction du chrome, en particulier, se faisant plus rapidement et plus complètement dans les premiers. Il n'est pas certain, toutefois, que cette règle ne souffre pas d'exceptions : les travaux de M. C. TEWARI et A. PURUSHOTHAM aux Indes, par exemple, ont montré une meilleure réduction des bichromates alcalins dans le bois de *Shorea robusta*, feuillu,

Kenya — Poteaux télégraphiques en attente d'imprégnation

Photo Fougerousse.



Nigeria — Une voie ferrée entre Jebba et Minna sur traverses en bois posées en 1945.

Photo Fougerousse.

que dans celui de *Pinus longifolia* (résineux).

Des études sont en cours dans les laboratoires du Centre Technique Forestier Tropical pour déterminer la qualité de la fixation des produits salins dans les bois feuillus de l'Afrique de l'Ouest, dont les propriétés chimiques peuvent varier considérablement d'une essence à une autre. Mais, dans l'état actuel de nos connaissances, il semble qu'il soit prudent de s'en tenir à la règle généralement admise, selon laquelle les résultats obtenus à la suite d'essais sur bois résineux ne peuvent être extrapolés sans danger au cas des bois feuillus. En France, par exemple, où existe une marque de qualité des produits de préservation, contrôlée par les organismes compétents (1), la mention d'homologation, concernant l'efficacité fongicide tient compte de la tenue des produits aux délavages ; quatre classes de durabilité ont été définies correspondant à quatre épreuves de délavage de sévérité croissante, et il est intéressant de noter que pour de nombreux produits salins la mention de durabilité pour les bois feuillus est souvent inférieure d'au moins une classe à celle des bois résineux.

Les produits salins utilisés dans la préservation des bois peuvent se classer, exception faite des sels utilisés isolément, en trois catégories principales correspondant à des formulations ainsi qu'à des performances et des domaines d'utilisation différents :

- les produits à base de fluorures et bichromates alcalins ;
- les produits à base de fluorures et sels alcalins de chrome et d'arsenic ;
- les produits à base de sels de chrome, d'arsenic et de métaux tels que le cuivre.

En dehors de ces trois catégories existent des produits dans lesquels certains des constituants précédents ont été remplacés par d'autres corps, comme l'acide borique ou certains borates.

Les produits à base de fluorures et bichromates

(1) Centre Technique du Bois et Centre Technique Forestier Tropical.



alcalins (sels « fluor-chrome » ou sels U) ne se fixent qu'imparfaitement dans le bois, même s'il s'agit de résineux ; ils résistent donc mal à l'usure par délavage et de ce fait sont recommandés plutôt pour la préservation de bois ne risquant qu'accidentellement d'être en contact avec une source d'humidité. Imparfaite, la fixation s'effectue aussi d'une manière assez lente, de sorte que ces produits peuvent se prêter à des traitements de bois frais dans lesquels la pénétration par diffusion peut se poursuivre assez longtemps sans être entravée par une fixation prématurée des sels. Ces produits, qui peuvent être utilisés en solutions peu concentrées à des imprégnations en autoclave, permettent aussi des formulations à solubilité élevée, donc un emploi en solutions assez concentrées réservées de préférence aux traitements de bois frais par trempage. Même en climat tempéré leur application à des bois tels que traverses de chemin de fer, poteaux, bois de ponts, etc... doit être déconseillée.

Les produits à base de fluorures, d'arsénates alcalins et de bichromates alcalins (sels « chrome-fluor-arsenic » ou sels UA) présentent sur les précédents l'avantage de contenir des sels arsenicaux qui augmentent beaucoup l'efficacité insecticide, renforcent l'efficacité fongicide, et surtout réagissent dans le bois avec le chrome pour donner des composés à faible solubilité ; il s'ensuit une résistance au délavage bien meilleure que pour les produits de la catégorie précédente, notamment dans le cas des bois résineux qui, traités convenablement à l'aide de ces produits peuvent avoir une longue durée de service dans des conditions malsaines, tout au moins dans les climats tempérés. L'analyse que nous ferons, dans la dernière partie de cet article, des résultats d'essais de champ, le montrera.

La troisième des principales catégories de produits salins est constituée par les produits où l'on retrouve des composants chromés et arsenicaux mais dans lesquels les fluorures sont absents, remplacés par des sels ou des oxydes métalliques, le plus souvent de cuivre, donnant alors des sels « chrome-cuivre-arsenic », parmi lesquels se trouvent plusieurs des produits salins commerciaux les plus récents ; leur fixation dans le bois est au moins aussi bonne que celle des sels « fluor-chrome-arsenic » ; là encore, si cette fixation peut être excellente dans les bois résineux, elle apparaît nettement moins bonne dans les bois feuillus. Un récent essai de laboratoire, effectué selon la norme française N.F.X.41.502 d'essais fongicides des produits de préservation du bois, dans lequel l'épreuve de délavage était poussée très loin (1.250 passages en Soxhlet), nous a révélé une excellente tenue sur bois résineux puisqu'en dépit de la sévérité de l'usure, une protection fongicide totale était réalisée à la dose relativement faible de 5 kg/m³, alors que dans le cas du bois feuillu la protection était très insuffisante même à la dose de 10 kg/m³.

Les produits du type « chrome-cuivre-arsenic » ont une efficacité certaine contre tous les agents biologiques de destruction du bois, y compris les xylophages marins. Certains champignons résistants au cuivre nécessitent des doses plus importantes, de même que les xylophages marins, mais par contre, et à l'avantage de ces produits, il faut souligner leur efficacité contre les champignons de pourriture molle par ailleurs résistants à beaucoup d'autres produits.

Si les produits salins souffrent d'un certain handicap en matière de tenue au délavage, ils bénéficient par contre d'une résistance généralement très bonne à l'usure par évaporation, caractère particulièrement intéressant lorsque les bois traités risquent d'être soumis à des températures assez élevées, ce qui est le cas par exemple de certaines charpentes.

Sur le plan de l'utilisation, les produits salins

présentent, par rapport aux produits huileux de la catégorie des créosotes, des avantages précis, en plus de celui de revenir moins cher dans les pays importateurs : la possibilité de faire varier la concentration des solutions en fonction des doses qu'on désire introduire dans le bois, la plus grande simplicité, donc le coût plus faible, du matériel de traitement puisque les opérations se font à froid et que le complément d'équipement Rüping n'est pas nécessaire. D'autres avantages sont de permettre des traitements qui autorisent en général de peindre ou de coller sans difficulté le bois imprégné. Par contre, ils ont aussi quelques inconvénients qu'il ne faut pas dissimuler : ils n'apportent au bois aucune protection hydrofuge, certains peuvent augmenter éventuellement sa conductibilité électrique, ce sont là deux défauts mineurs dans certains cas, plus importants dans d'autres (traverses de chemin de fer par exemple), enfin les produits qui contiennent des sels arsenicaux sont d'une grande toxicité à l'égard de l'homme, ce qui nécessite des précautions particulières pour protéger la main-d'œuvre, surtout dans les pays où celle-ci est peu éduquée ; en fin de service, les traverses ou les poteaux rebutés sont souvent utilisés comme bois de chauffage, et s'ils contiennent de l'arsenic, à la fois les fumées sont dangereuses, dans l'immédiat, et les cendres, éventuellement répandues sur le sol.

Certains produits salins se présentent sous forme de pâtes très concentrées réservées à des utilisations spéciales, généralement pour des travaux d'entretien destinés à prolonger la vie des bois en service ; c'est ainsi qu'existent de nombreux types de bandages pour le traitement de la base de poteaux, des cartouches pour renforcer la préservation du bois au niveau de trous de tirfonds de traverses, etc... A partir de la formule concentrée les éléments actifs diffusent dans le bois sur une profondeur limitée mais suffisante pour apporter un surcroît ou un renouveau de protection.

En résumé, les produits salins, dans leurs formules les mieux fixables dans le bois, présentent un grand intérêt pour la préservation du bois en raison d'une grande souplesse d'utilisation et d'une application assez économique, et peuvent apporter aux bois résineux une protection de très longue durée, même en conditions malsaines d'emploi ; leurs performances sont moins bonnes dans les bois feuillus d'où ils sont entraînés trop facilement par délavage, ce qui en fait déconseiller l'emploi dans les ouvrages exposés à une humidité permanente, particulièrement dans les pays tropicaux, lorsque les bois utilisés sont des bois feuillus. Dans ce cas, ce n'est qu'appliqués selon un double traitement faisant appel à un produit hydrofuge de complément, traitement sur lequel on reviendra plus loin, qu'on peut, à notre avis, envisager leur utilisation.



Photo Fougerouse.

Kenya - - Ligne télégraphique sur supports en bois créosoté.

LES PRODUITS ORGANIQUES DE SYNTHÈSE EN SOLUTION HUILEUSE MINÉRALE

L'industrie chimique de synthèse organique a apporté depuis ses origines un grand nombre de produits à l'agriculture pour la lutte contre les ennemis biologiques des plantes cultivées. Il aurait été étonnant qu'elle ne fournisse pas aussi des fongicides ou des insecticides à l'industrie de préservation du bois, et en fait elle a donné naissance à toute une catégorie de produits actuellement employés à une grande échelle dans le monde entier, au même titre que les produits huileux naturels ou que les produits salins minéraux.

Les produits de cette catégorie, dans leur forme prête à l'emploi, sont le plus généralement des solutions dans lesquelles les produits actifs, fongicides et insecticides ne représentent qu'une faible proportion ; insolubles dans l'eau, ces produits actifs sont, d'une manière variable, solubles dans des solvants organiques tels qu'alcools, acétone, benzène et ses homologues, etc... Il est évident qu'il ne saurait être question, pour de multiples raisons, dont des raisons de prix et de sécurité, d'utiliser dans la pratique de tels solvants. Les solvants qui sont utilisés sont la plupart du temps d'origine pétrolière, allant, selon la

vocation particulière de la formule préparée, de solvants légers comme le white spirit à des huiles lourdes comme certains fuels.

Notre propos, dans cet article, n'étant pas de passer la revue de tous les produits existants mais simplement d'essayer de déterminer ceux qui peuvent apporter au bois une protection durable dans ses emplois au contact du sol sous les climats tropicaux, nous nous bornerons à analyser les propriétés des plus importants produits de cette catégorie, produits à base de pentachlorophénol, dont un grand nombre d'essais, de laboratoire et de champ, et d'examen de bois en service ont montré qu'ils peuvent, dans certaines conditions, satisfaire à nos exigences.

Le pouvoir fongicide du pentachlorophénol ne présente pratiquement aucune faille à l'égard de l'ensemble des champignons s'attaquant au bois, à des doses allant de moins de 1 kg/m³ pour certaines espèces à environ 5 kg/m³ pour les espèces les plus résistantes ; il est aussi particulièrement efficace dans la lutte contre les moisissures de surface et les champignons de coloration pouvant altérer certains bois à l'état frais, et il est très

utilisé pour la protection des sciages, sous la forme de son sel de sodium qui est, lui, soluble dans l'eau.

Bien que le pentachlorophénol soit avant tout un fongicide, il n'est pas dépourvu de propriétés insecticides, mais celles-ci ne s'exercent vraiment envers les insectes du bois qu'à des doses nettement plus élevées que les doses nécessaires à l'action fongicide. C'est pourquoi dans la pratique les produits à base de pentachlorophénol contiennent aussi un insecticide, généralement un puissant insecticide de contact tel que le lindane; cette formule apparaît plus intéressante qu'une formule ne contenant que du pentachlorophénol à une dose suffisante pour obtenir l'effet insecticide mais qui serait pléthorique sur le plan fongicide.

La plupart des produits au pentachlorophénol, prêts à l'emploi, contiennent de 5 à 6 % de pentachlorophénol proprement dit et de 0,5 à 1 % de gammexane; appliqués en imprégnation profonde à des doses de l'ordre de 200 à 300 kg par mètre cube de bois traité, ils conduisent à des rétentions de l'ordre de 10 à 15 kg/m³ de pentachlorophénol et de 1 à 3 kg/m³ de gammexane, valeurs qui donnent une protection de longue durée, comme nous le verrons dans la dernière partie de cet article, dans la mesure où, une fois introduits dans le bois ces deux corps y demeurent emprisonnés. En effet, si pour les produits salins la difficulté comme nous l'avons vu, est d'arriver à les faire se fixer dans le bois pour résister au délavage, pour le pentachlorophénol, comme pour la plupart des corps organiques ayant une tension de vapeur non négligeable, le problème est d'éviter son élimination par évaporation. Si, par exemple, on imprègne du bois à l'aide d'une simple solution de pentachlorophénol dans un solvant très léger à évaporation rapide, on constate une diminution rapide de la valeur de la protection due à l'élimination du pentachlorophénol par évaporation. Pour remédier à ce grave inconvénient il est nécessaire d'ajouter aux formules des produits de fixation qui retiennent le pentachlorophénol dans le bois. Cette nécessité est particulièrement importante pour les formules réservées à des traitements de bois de menuiserie intérieure, de parquets ou d'ameublements, qui ne doivent pas modifier l'aspect du bois ni gêner sa finition (encaustiquage, vernissage, peinture...), formules dans lesquelles le solvant doit être léger et s'évaporer assez rapidement. Par contre, l'expérience a montré que l'addition de résines de fixation est moins impérative lorsque le solvant est une huile lourde ne s'évaporant qu'avec une extrême lenteur, et certaines expériences indiquent même

que d'excellentes performances dans le temps peuvent être obtenues de la part de solutions huileuses de pentachlorophénol ne contenant pas de fixateurs; nous analyserons ces expériences dans la dernière partie de cet article.

Sur le plan économique, et pour l'objet qui nous occupe, de la préservation des bois au contact du sol en climat tropical, comment se situent les produits à base de pentachlorophénol par rapport aux créosotes et aux produits salins? D'emblée sont à exclure les produits très élaborés, réservés au traitement des menuiseries diverses, traitement qui exige diverses qualités totalement inutiles dans le cas présent, traitement qui se fait par application de surface, et dont le prix, en imprégnation profonde, serait prohibitif. Par contre, des formules plus simples, en solvants huileux à faible évaporation, peuvent certainement être obtenues à des prix autorisant leur emploi en imprégnation profonde par injection sous pression, aux doses nécessaires à une protection de longue durée. L'importation de ces produits dans les pays tropicaux ne se fait pas obligatoirement sous leur forme d'emploi; il est au contraire avantageux qu'ils soient importés sous forme de solutions très concentrées contenant les produits actifs et les adjuvants, la préparation se faisant au moment de l'emploi par dilution dans un solvant disponible dans le pays et dont on a au préalable, bien entendu, déterminé la compatibilité par un certain nombre de vérifications physiques et chimiques.

En matière d'imprégnation les produits en solution huileuse s'apparentent plutôt aux créosotes; la viscosité du solvant à température ambiante peut nécessiter d'équiper l'appareil d'imprégnation de systèmes de réchauffage pour diminuer cette viscosité, et la recherche de l'économie de consommation peut justifier un équipement de traitement Rüping, lequel a en plus l'avantage de donner des bois plus propres et de manutention plus facile que le traitement Bethell. Par leur nature même, les produits en solution huileuse apportent aussi au bois une certaine protection hydrofuge contre les altérations dues aux agents physiques.

Nous avons signalé, dans le chapitre des produits salins, les dangers que présentent les formules contenant des sels arsenicaux; il n'est que juste d'indiquer que parmi les produits organiques certains présentent aussi une toxicité à l'égard de l'homme et que des précautions doivent aussi être prises pour protéger en particulier la main-d'œuvre des stations d'imprégnation.

(à suivre).

* * *

La suite de cet article sera consacrée d'une part à l'analyse d'un certain nombre d'expériences entreprises depuis longtemps dans le monde entier sur la durabilité de divers produits de

préservation du bois, et d'autre part à la manière dont, à notre avis, les problèmes de protection des bois au sol, en climat tropical, peuvent être résolus.