

ÉTUDE DE LA DÉGRADATION D'UNE TRAVERSE

par J. SAVARD et L. CAUMARTIN,

Division de Chimie du Centre Technique Forestier Tropical.

SUMMARY

A STUDY OF THE DETERIORATION OF SLEEPER

It is shown that the deterioration of a railway sleeper was not caused by fungus, but was the result of attack by the rail. The solubility of the cellulose in soda had increased considerably.

RESUMEN

ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN SUFRIDA POR UNA TRAVIESA

En este artículo se demuestra que la degradación sufrida por una traviesa de ferrocarril no se produce por los hongos, sino mejor aún, provocada por un ataque de la madera por el hierro.

La solubilidad de la celolosa en la sosa ha aumentado en proporciones considerables.

Les chemins de fer français emploient des traverses en chêne qui ont subi un traitement d'imprégnation à la créosote. Après une durée moyenne d'utilisation de 30 ans environ, qui comporte des réemplois sous des voies de diverses catégories, la traverse est altérée et doit être rebutée. Ce rebut trouve généralement son origine dans des dégradations d'ordre mécanique et physique (écrasement des fibres du bois, détérioration des trous de tire-fonds, fentes) mais des constatations récentes ont amené à penser que ces dégradations s'accompagnaient parfois d'un phénomène de caractère probablement chimique, susceptible de les rendre plus rapides.

L'objet de la présente étude est de déterminer la nature exacte de ce phénomène. On a prélevé 150 g de bois sur une épaisseur de 5 cm dans la partie noircie et délitée de la traverse. On évite tout prélèvement à la surface même, et autour du logement du tire-fond, afin de ne pas souiller l'échantillon par de la rouille. A titre de témoin (T), 30 g de bois ont été prélevés dans une partie interne de la traverse ayant conservé un aspect normal.

Le bois noirci fut pulvérisé et séparé en trois fractions par tamisage ;

Résultats

Dimensions des grains en mm	% poids	Echantillon
0,350 à 0,177	40,8	I
0,177 à 0,149	20,4	II
< 0,149	38,8	III

La proportion considérable de poudre très fine (III) ne pouvant être analysée normalement trahit déjà une forte destruction du bois. Grâce à l'obligeance des Divisions d'Anatomie et de Préservation du Centre Technique Forestier Tropical, il a été vérifié que la traverse étudiée n'avait pas été attaquée par des champignons. Le traitement de protection (imprégnation par la créosote) fut donc efficace, mais n'a pas interdit une destruction dont la nature et la cause doivent être recherchées.

Au microscope, les poudres apparaissent comme constituées de bûchettes de bois plus ou moins noircies, parfois recouvertes d'un enduit foncé. Ces bûchettes sont nettement dégradées. On n'a pas observé de grains séparés d'oxyde de

fer. Notre échantillon n'est donc pas un mélange de bois normal et de rouille.

Notre investigation sera basée sur la comparaison entre les constitutions chimiques des échantillons I, II et T. Le témoin T a été pulvérisé et tamisé de la même façon que le bois noirci. Les analyses n'ayant pas fait apparaître de différences entre les fractions I et II du témoin, nous mentionnerons dans les tableaux comparatifs simplement le témoin T sans faire référence aux fractions. Mais comment effectuer cette comparaison, c'est-à-dire comment comparer des taux de lignine, de pentosanes... etc., si 100 p d'un échantillon renferment une proportion considérable de fer sous une forme inconnue, et si 100 p du témoin en sont exemptes ? En outre, la créosote encore présente sera comptée comme extrait. Rapporter des résultats analytiques à 100 p d'échantillon brut primitif risque de n'avoir aucun sens.

Nous nous sommes efforcés de rendre les échantillons comparables en déterminant leurs taux de cendres totales (calcination à 425°) et de substances extractibles (par les solvants organiques et l'eau bouillante). Il est alors possible de rapporter les résultats :

soit au « bois brut » proprement dit, c'est-à-dire privé des substances minérales, mais renfermant encore les extraits ;

soit à la « substance ligneuse » proprement dite, c'est-à-dire à l'échantillon privé des extraits, et des substances minérales. Comme les extraits peuvent renfermer de la créosote, nous pensons que les résultats rapportés à 100 p de « substance ligneuse » sont les plus significatifs. Nous nous proposons en effet de rechercher si la dégradation de la traverse s'est traduite par une destruction de certains constituants (pentosanes, cellulose, lignine).

Caractéristiques des fractions

1° Taux d'extraits à l'alcool-benzène, à l'alcool, à l'éther et à l'eau bouillante.

Les extractions sont successives. Les taux sont rapportés à 100 p d'échantillon primitif brut compté anhydre. Le fer a été dosé dans les extraits. Il est exprimé conventionnellement Fe et compté en gammas par gramme d'échantillon primitif.

Les résultats sont inscrits tableau 1.

TABLEAU 1

	I	II	T
Extrait alcool-benzène	3,33	4,21	2,83
Fer trouvé	22	32	1
Extrait alcool	0,21	0,19	3,31
Fer trouvé	7	6	1
Extrait éther	0,02	0,04	0,03
Fer trouvé	3	3	1
Extrait eau bouillante.....	6,61	7,54	11,98
Fer trouvé	4.393	5.056	61
Totalité des extraits	10,17	11,98	18,15
Fer total	4.425	5.097	64

L'échantillon III n'a pu être étudié : colmatage des extracteurs quelle que soit la porosité de la plaque filtrante.

Le taux d'extrait total de l'échantillon T est très supérieur à celui des deux autres, ce qui permet de supposer qu'une combinaison insoluble a été formée avec le fer. D'autre part, les extraits de l'échantillon témoin ne renferment pratiquement pas de fer. Or, nous avons toujours remarqué

qu'une chute des taux d'extraits correspond dans ces conditions à une combinaison de ces mêmes extraits avec le fer.

2° Taux de cendres totales à 425°.

Ils furent déterminés sur échantillons bruts et sur échantillons totalement extraits, toujours comptés anhydres. Le fer a été dosé dans les cendres des échantillons bruts et rapporté comme ci-dessus.

TABLEAU 2

	I	II	T
Cendres avant extractions	9,88	13,89	0,16
Fer trouvé :			
en gammas par g éch. ...	55.000	70.000	150
% cendres	55,66	50,40	
Cendres après extr. :			
% éch. extr.	10,34	12,19	0,15
% éch. brut	9,33	10,79	0,12

Les quantités de substances minérales solubles dans les solvants sont négligeables dans le cas de l'échantillon I, mais significatives dans le cas de l'échantillon II (poudre plus fine).

Selon nous, les valeurs qui peuvent être comparées sont classées à la rubrique D : taux de lignine nette de la « substance ligneuse ». Aucune différence significative n'est mise en évidence. Les différences portées à la rubrique E pourraient induire en erreur car les taux d'extraits des échantillons sont différents.

3° Bois brut et « substance ligneuse ».

100 p des échantillons I, II et T représentent donc respectivement 90,12, 86,11 et 99,84 p de bois exempt de substances minérales (bois brut proprement dit). Cela suppose que ces dernières n'auraient pas été modifiées par la calcination. C'est pourquoi nous effectuons celle-ci à basse température. Toutefois, une quantité de fer qui figurerait dans l'échantillon sous forme de sel organique sera pesée sous forme d'oxyde ; d'où une cause d'erreur. Nous avons cependant pensé que l'indétermination sera moindre en tenant compte du taux de cendres.

Une double correction a été apportée aux taux d'extraits totaux du tableau 1 afin de ne considérer que des extraits exempts de substances minérales, et des taux d'extraits rapportés à 100 p de « bois brut » proprement dit (exempt de ces mêmes substances). 100 p de ce « bois brut » renferment donc 10,67 d'extraits dans le cas de l'échantillon I, 10,31 dans le cas de l'échantillon II et 18,14 dans celui de l'échantillon T.

Nos bases de calcul des analyses seront donc, afin de rendre celles-ci comparables, représentées tableau 3.

TABLEAU 3

	I	II	T
Echantillon	190	100	100
Bois brut dans échantillon	90,12	86,11	99,84
Substance ligneuse dans échantillon.....	80,50	77,23	81,73

Quand les analyses auront porté sur des échantillons extraits, il faudra tenir compte du taux de cendres après extractions (tableau 2).

4° Taux de lignine.

Ceux-ci furent déterminés par la méthode de KLASON sur échantillons totalement extraits, mais renfermant encore des taux connus de substances minérales. Celles-ci sont déterminées par calcination à 425° dans la lignine obtenue. On a porté tableau 4 :

A) les taux de lignine brute des échantillons totalement extraits ;

B) les taux de cendres de ces lignines ;

C) les taux de lignine sans cendres des échantillons totalement extraits ;

D) les taux de cette lignine des échantillons extraits et comptés sans cendres (taux de lignine de la « substance ligneuse ») ;

E) les taux de lignine du « bois brut ».

TABLEAU 4

	I	II	T
A	26,83	26,09	27,47
B	2,26	2,69	0,13
C	26,22	25,39	27,43
D	29,24	28,91	27,47
E	26,12	25,93	22,49

5° Taux de cellulose.

Ils furent déterminés sur échantillons totalement extraits par la méthode de KÜRSCHNER à l'acide nitrique fumant. On dose dans les celluloses obtenues les pentosanes, les cendres et la lignine. La cellulose nette est rapportée à l'échantillon extrait (C), à l'échantillon extrait sans cendres (D), c'est-à-dire à la « substance ligneuse », enfin (E) au « bois brut ».

TABLEAU 5

	I	II	T
Cellulose brute	51,25	48,00	59,20
Pentosanes % cellulose	13,87	8,51	19,28
Lignine % cellulose	0,90	0,43	1,24
Cendres % cellulose	5,00	4,89	0,44
Cellulose nette C	41,12	41,36	46,79
Cellulose nette D	45,86	47,10	46,86
Cellulose nette E	40,97	42,24	38,36

Les différences observées sont sans signification.

6° Pentosanes.

Déterminés par la méthode de KRÖBER et TOLLENS sur échantillons totalement extraits. Nous ne pensons pas que la présence d'une forte quantité de substances minérales dans les échantillons I et II puisse perturber la détermination. Les résultats sont portés tableau 6.

TABLEAU 6

	I	II	T
Pentosanes % échant. extrait	16,63	15,36	23,37
Pentosanes % substance ligneuse ..	18,55	17,49	23,40
Pentosanes % « bois brut »	16,57	15,69	19,16

Nous pensons que les différences observées entre les taux de pentosanes de la « substance ligneuse » sont significatives. La dégradation s'est traduite par une destruction d'une fraction des pentosanes. Mais nous reconnaissons nous être attendus à une destruction beaucoup plus considérable.

REMARQUE. — Si on additionne les taux de lignine, de cellulose nette et de pentosanes de la « substance ligneuse », on obtient 93,65 pour l'échantillon I, 93,50 pour l'échantillon II et 97,73 pour le témoin. Les deux premiers totaux sont un peu faibles. Or, c'est le propre des bois dégradés de donner des bilans analytiques trop faibles.

7° Extraits à la soude.

Il arrive fréquemment que l'analyse ne mette pas en évidence la dégradation d'un bois. C'est naturellement le cas quand la disparition des constituants de la « substance ligneuse » s'effectue avec des vitesses voisines. Mais l'augmentation du taux d'extrait à la soude indique une modification, une perte de qualité de ces constituants. Cette variation de la solubilité est beaucoup plus révélatrice que

des variations peu considérables de taux analytiques. Surtout quand la définition de l'échantillon peut prêter à discussion.

Pour être comparables, les extraits à la soude doivent être soigneusement normalisés : 100 ml de soude à 1 % de NaOH, 0,5 à 1,5 g d'échantillon, agitation magnétique évitant les soubresauts, cinq heures d'ébullition à reflux, lavage immédiat jusqu'à neutralité. Les taux d'extraits à la soude furent déterminés sur échantillons totalement extraits, mais renfermant encore les taux connus

de substances minérales. La perte de poids subie dans la soude est corrigée de la quantité des substances minérales non retrouvée dans le résidu après le traitement. On peut ainsi définir aussi exactement que possible un taux d'extrait net (substances organiques) qui sera rapporté à 100 p de « substance ligneuse ». On a trouvé 49,21 pour l'échantillon I, 53,03 pour l'échantillon II et 30,06 pour l'échantillon T. L'augmentation est considérable. La dégradation de la partie noircie de la traverse est manifeste.

Etude des échantillons exempts de fer

Ceux-ci sont obtenus par traitements répétés avec une solution d'acide oxalique et d'oxalate de sodium (15,1 g du premier et 5,55 g du second par litre, pH = 1,65) des échantillons totalement extraits. Le fer ainsi éliminé est dosé dans la solution oxalique. On vérifie sur une partie aliquote que l'échantillon est finalement exempt de fer (calcination et dosage du fer dans la cendre).

1° Effet de la solution oxalique.

L'échantillon extrait aux solvants organiques et à l'eau bouillante est soumis à une nouvelle extraction à l'alcool afin de vérifier qu'aucune quantité de fer ne peut plus être extraite. La faible perte de poids résultant de cette extraction sera bloquée avec celle causée par la solution oxalique et le lavage qui lui fait suite.

Les pertes de poids seront rapportées à 100 p d'échantillon soumis au traitement ci-dessus. Mais connaissant le taux des substances minérales de cet échantillon ainsi que celui du résidu après traitement, on calcule la perte nette non minérale et affectant la « substance ligneuse » proprement dite. Dans le tableau 7, cette perte nette a été rapportée à 100 p d'échantillon traité, et à 100 p de « substance ligneuse » de cet échantillon. Ces derniers chiffres peuvent, croyons-nous, être comparés pour juger de la qualité de la « substance ligneuse » vis-à-vis de la solution oxalique.

TABLEAU 7

	I	II	T
Perte brute :			
% échantillon extrait	20,20	26,66	8,45
Perte nette :			
% échantillon extrait	10,25	14,88	8,34
% substance ligneuse	11,43	16,95	8,35

Les différences entre pertes brutes ne doivent pas retenir l'attention en raison des taux élevés de substances minérales des échantillons I et II. Mais les pertes nettes en « substance ligneuse » sont significatives. Cette perte ne doit pas dépasser

2 à 3 % pour un bois sain. L'échantillon II est considérablement dégradé. La partie de la traverse considérée comme témoin est elle-même en voie de dégradation.

2° Fer dosé.

Rapportées à un gramme d'échantillon extrait, les quantités suivantes de fer ont été dosées dans la solution oxalique : échantillon I 53,354, échantillon II 72,271, témoin 790 gammas, ou, respectivement, 5,33, 7,23 et 0,08 %.

3° Caractéristiques des échantillons après traitement oxalique.

Le résidu obtenu est une « substance ligneuse » proprement dite éventuellement modifiée par ce traitement. Ses caractéristiques sont inscrites tableau 8.

TABLEAU 8

	I	II	T
Pentosanes	18,53	17,97	23,23
Cellulose brute	57,71	56,75	58,10
Cellulose corrigée	49,93	49,38	48,28
Lignine	28,64	28,57	27,08
Cendres	0,40	1,41	0,05

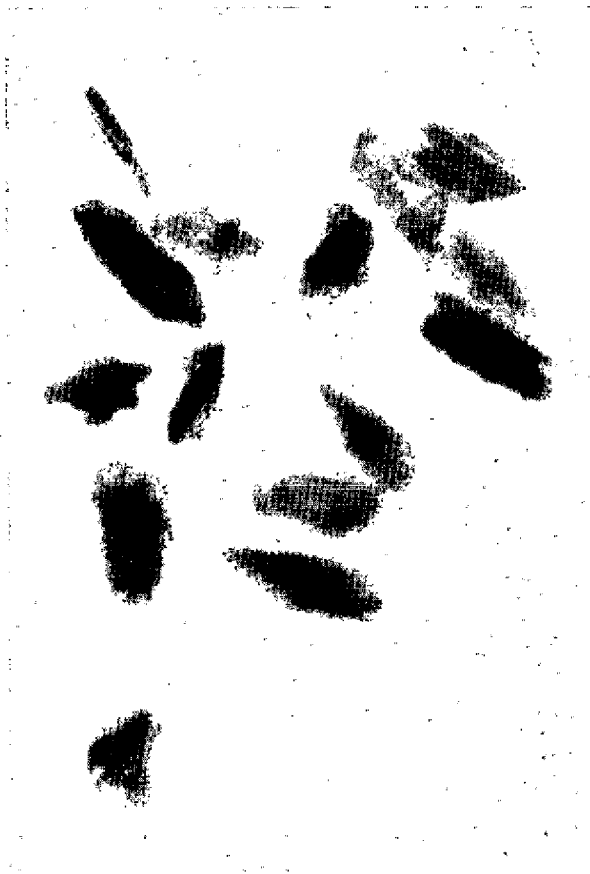
Les bilans analytiques qui s'élèvent respectivement à 97,50, 97,33 et 98,64 sont satisfaisants. Il est impossible de mettre en évidence une différence de composition, sauf en ce qui concerne les pentosanes dont le taux est plus élevé dans le témoin. Ce résultat est en accord avec les observations de divers auteurs ayant étudié le même problème. Mais nous nous attendions à une différence plus accusée. Pourtant, les échantillons ont des propriétés bien différentes comme le montrent leurs extraits à la soude.

4° Extraits à la soude.

Ils ont été déterminés sur échantillons après traitement oxalique, et sont constitués uniquement par de la « substance ligneuse ». On a en outre déterminé les taux de cellulose, des résidus obtenus après extraction à la soude.



Bois attaqué après élimination du fer. Photographie, après réduction en poudre, de la fraction II obtenue au tamisage. Particules sans cohésion, plus défibrées (Agrandissement 25 fois).



Témoin.
Prélèvement dans une partie saine de la traverse — Photographie après réduction en poudre de la partie prélevée de la fraction II obtenue au tamisage).
Particules bien liées, non défibrées (Agrandissement 25 fois).

TABLEAU 9

	I	II	T
Extraits à la soude %	47,16	48,05	30,34
Cellulose brute % résidu après soude	70,44	68,98	70,49
Cellulose corrigée idem	59,92	59,73	61,10
% de cellulose perdue dans soude	36,59	37,16	11,85

Comme nous connaissons le taux de cellulose des échantillons soumis à l'extraction à la soude, il est possible de calculer la proportion de celle-ci disparue au cours de cette extraction. Les résultats sont portés tableau 9.

CONCLUSION

On peut déduire de cette étude :

1° Que les taux trouvés de cellulose et de lignine de la « substance ligneuse » sont pratiquement identiques dans les trois échantillons prélevés dans la traverse. En revanche le taux des pentosanes est nettement plus élevé pour le témoin.

Joint au faible bilan analytique des échantillons I et II, c'est là un premier argument en faveur d'une attaque par le fer.

2° La « substance ligneuse » obtenue après traitement oxalique possède la même composition comparative que ci-dessus. Mais la perte de poids

non minérale suble au cours de ce traitement est beaucoup plus faible dans le cas de l'échantillon témoin. Les bilans analytiques sont satisfaisants. Une substance dégradée soluble dans la solution oxalique a été éliminée. Nouvel argument en faveur d'une attaque par le fer.

3° Cette « substance ligneuse » possède dans le cas des échantillons I et II une solubilité dans la soude beaucoup plus grande que dans le cas du témoin. La différence de 17 est considérable. Or, une différence supérieure à 5 traduit déjà une attaque par le fer.

4° La très forte solubilité dans la soude de la cellulose de la « substance ligneuse » des échantillons I et II prouve que la cellulose elle-même a été fortement dégradée. On a souvent accusé le fer de

provoquer une destruction des pentosanes. Mais la dégradation de la cellulose est peut-être beaucoup plus nocive. R. H. FARMER a déjà attiré l'attention sur ce point. Notre étude confirme son point de vue. Nous pensons que les données analytiques classiques doivent être interprétées avec prudence. En revanche, la notion de qualité définie par diverses solubilités est essentielle.

La protection contre le métal, souvent négligée jusqu'à présent, est aussi importante que la protection contre les champignons. Rappelons enfin qu'il ne faut pas confondre l'attaque du métal par le bois (corrosivité proprement dite) avec le phénomène beaucoup plus nocif de l'attaque du bois par le métal.

BIBLIOGRAPHIE

J. SAVARD et al. — *Bois et Forêts de Tropiques* 1963, 91, 41 ; 1965, 99, 33 ; 1966, 106, 41 ; 1968, 120, 37.
E. FARBER. — *Ind. and Eng. Chemistry* 1954, 46, 1968.
J. E. MARIAN et A. WISSING. — *Svensk Papperstidning* 1960, 63, 93.

W. E. HILLIS et W. M. MCKENZIE. — *Forest Product Journ.* 1964, n° juillet, 310.
R. H. FARMER. — *Wood* 1962, 27, 326 et 443.

