

# ACTION DES BOIS SUR LE CUIVRE ET L'ALUMINIUM

par J. SAVARD et D. LECOCHÉ,

## SUMMARY

### THE ACTION OF WOOD ON COPPER AND ALUMINIUM

*The author has studied the action of aqueous extracts (obtained at 45° C) of certain woods on copper and aluminium, and the action on these woods of a 1 % cation solution of copper sulphate or aluminium nitrate.*

*The potential corrosiveness of the extracts vis-à-vis copper is much less than vis-à-vis iron. But there are appreciable differences between species of wood. The potential corrosiveness of the extracts studied vis-à-vis aluminium is practically nil.*

*The destructive action of copper sulphate is weak, even at boiling point. But that of aluminium nitrate is often considerable, the pentosans being the first affected. This action is reflected in an appreciable loss in weight of the sample and in a marked increase in soda extract of the wood recovered.*

*The comparative results obtained are perhaps dependent on experimental conditions. Any generalisation in the absolute sense would therefore be as yet imprudent.*

## RESUMEN

### Acción de las maderas sobre el cobre y el aluminio

*El autor ha estudiado la acción de los extractos acuosos — obtenidos a 45° — de ciertas maderas sobre el cobre y el aluminio y la acción sobre estas maderas de una solución de sulfato de cobre o de nitrato de aluminio, de 1 % de cationes.*

*La corrosividad potencial de los extractos en relación con el cobre es mucho más reducida que en relación con el hierro. Ciertas diferencias apreciables se presentan, no obstante, entre las especies. Por lo que respecta a la corrosividad potencial de los extractos estudiados, en relación con el aluminio, puede decirse que dicha corrosividad es prácticamente nula.*

*La acción destructora del sulfato de cobre permanece a un nivel reducido, incluso en caso de ebullición. Pero, aquella del nitrato de aluminio es considerable con gran frecuencia, siendo las pentosanas aquellas que se ven afectadas en primer lugar. Esta acción se manifiesta por una pérdida de peso apreciable en la muestra y por un aumento resuelto del extracto a la sosa de la madera recuperada.*

*Los resultados comparativos obtenidos están posiblemente en relación con las condiciones experimentales. Así, cualquier generalización en un sentido absoluto parecería aún imprudente.*

Nos études précédentes (1) sur l'action réciproque des bois et du fer sous forme de limaille dégraissée à l'éther (dimension des grains 80 à 140 microns) ont montré qu'il faut distinguer entre l'action des premiers sur le second (corrosivité proprement dite) et l'action destructrice exercée par le métal, ou plus exactement par ses ions, sur le bois. On avait en outre constaté que la corrosivité proprement dite est principalement due aux extraits. On avait introduit la notion de « corrosivité potentielle ». Celle-ci est représentée par la quantité de métal (en gammas) dissoute par la solution d'extraits préparée par contact à 45° pendant dix jours entre 250 ml d'eau bidistillée sous vide et deux grammes de bois d'humidité connue

(7 à 9 %). Le contact entre la solution d'extraits et le fer était de dix jours à 45°. Rapportée aux extraits mis en solution par un gramme de bois, la quantité dissoute de fer représentait la valeur numérique de la corrosivité potentielle. Ces valeurs n'avaient qu'une signification comparative dans nos conditions expérimentales normalisées.

Vis-à-vis du fer, la corrosivité potentielle variait au cours de nos essais de moins de 500 gammas (Abortzok, Afo, bois de corrosivité pratiquement nulle) jusqu'à 13.000 à 16.000 gammas (Angoeyen, Doussié, bois très corrosifs).

Nous avons songé à appliquer un test semblable vis-à-vis du cuivre et de l'aluminium.

## Bois étudiés

| N°<br>C. T. F. T. | Nom<br>vernaculaire | Nom<br>scientifique              | Origine             |
|-------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| 15.340            | Acajou Bassam       | <i>Khaya ivorensis</i>           | Côte d'Ivoire       |
| 15.795            | Ayous (Samba)       | <i>Triplochiton scleroxylon</i>  | Côte d'Ivoire       |
| 5.556             | Azobé               | <i>Lophira alata</i>             | Cameroun            |
| 10.328            | Azobé (Akhoga)      | <i>Lophira alata</i>             | Gabon               |
| 14.238            | Doussié             | <i>Azelia bipindensis</i>        | Cameroun            |
| 11.388            | Iroko               | <i>Chlorophora excelsa</i>       | Gabon               |
| 11.777            | Makoré              | <i>Tieghemella heckelii</i>      | Côte d'Ivoire       |
| 15.292            | Okoumé              | <i>Aucoumea klaineana</i>        | Gabon               |
| 10.530            | Padouk (M'Bel)      | <i>Pterocarpus soyauxii</i>      | Gabon               |
| 11.299            | Sipo (Asseng)       | <i>Entandrophragma utile</i>     | Cameroun            |
| 10.301            | Tali                | <i>Erythrophloeum micranthum</i> | Rép. Centrafricaine |
| 9.306             | Teck                | <i>Tectona grandis</i>           | Java                |
| 10.092            | Teck                | <i>Tectona grandis</i>           | Côte d'Ivoire       |
| 11.520            | Epicéa              | <i>Picea excelsa</i>             | France              |
| Lab. 1.           | Hêtre               | <i>Fagus sylvatica</i>           | France              |

### I. — EXTRAITS OBTENUS A 45°. CORROSIVITÉ POTENTIELLE

La préparation de l'extrait aqueux a lieu dans une étuve à 45° par contact entre 2 g de poudre de bois (dimension des grains de 0,147 à 0,175 mm), et 250 ml d'eau bidistillée sous vide. Mais afin de mettre en jeu autant que possible la totalité de l'extrait obtenu, la solution est décantée et filtrée dans l'étuve elle-même pour éviter toute éventuelle précipitation par refroidissement. La prise d'essai pour détermination du taux d'extrait est filtrée sur papier à filtration lente dans l'étuve elle-même. On introduit aussitôt une plaquette de métal dans 200 ml de solution et on l'abandonne pendant 30 jours à 45° à l'abri de l'air.

Le cuivre (cuivre électrolytique à 99,9 % de Cu) est utilisé sous forme de plaquette de dimensions moyennes : 1,45 × 1,45 × 0,05 cm. La plaquette est lavée avant emploi par une solution étendue d'acide nitrique, rincée à l'eau, à l'alcool et à l'éther, enfin séchée sur P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> jusqu'à poids constant. La plaquette d'aluminium (99,9 % d'Al.) de dimensions 1,75 × 1,70 × 0,05 cm est simplement dégraissée à l'alcool et à l'éther, puis séchée de même jusqu'à poids constant. Poids moyen des plaquettes de cuivre : 0,95 g, de celles d'aluminium : 0,40 g.

Après essai, la plaquette est lavée à l'eau distillée et séchée sur P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> jusqu'à poids constant.

Une plaquette semblable (cuivre ou aluminium) est soumise aux mêmes essais avec de l'eau bidistillée (essai témoin).

**Contrôles.** — On détermine avant l'essai :

- le poids exact de la plaquette ;
- la quantité d'extrait (en mg) présent dans les 200 ml de solution au moment de l'introduction de la plaquette de poids connu.

Après l'essai :

- le poids exact de la plaquette ;
- la quantité de métal passée en solution ;
- la quantité d'extrait encore présente et celle de métal que cet extrait renferme éventuellement. L'extrait sera complété net, métal déduit.

La quantité de métal solubilisée au cours de l'essai sera diminuée de celle que solubilise l'eau pure de l'essai témoin.

Un deuxième essai témoin est représenté par l'abandon pendant un mois à 45° d'une quantité égale de la même solution d'extrait. Il a pour objet de mettre en évidence une éventuelle précipitation spontanée des extraits par vieillissement. Le taux d'extrait net après essai est donc comparé à celui du témoin. Au cas où le premier serait inférieur au second d'une manière significative, il faudrait admettre que de l'extrait a précipité en se combinant aux ions métal passés en solution. La quantité de métal attaquée trouvée par dosage des ions cuivre ou aluminium dans la solution serait entachée d'une erreur par défaut. Ce point a été discuté dans une précédente publication à propos du fer. Nous nous efforcerons de l'aborder dans une prochaine publication.

Les extraits d'Acajou Bassam, d'Azobé, de Doussié, de Makoré, de Padouk et de Teck d'Asie ne précipitent pas spontanément après un mois à 45° ; en revanche, les extraits d'Ayous, d'Iroko, d'Okoumé, de Sipo, de Tali, de Teck (d'Afrique), d'Epicéa précipitent dans des proportions variables allant de 6 % pour le Sipo à 47,6 % pour l'Iroko.

En présence de cuivre, les taux de précipitation sont toujours inférieurs et peuvent même être nuls dans le cas de l'Okoumé, du Sipo et du Teck d'Afrique.

En présence de l'aluminium, les taux de précipitation sont également inférieurs à ceux des extraits témoins, ou égaux (Iroko et Okoumé). Signalons cependant qu'avec l'extrait de Tali, une précipitation supérieure, peu significative, a été observée en présence d'aluminium.

Il a été impossible de mettre en évidence une précipitation supplémentaire importante des extraits en raison de la présence du métal ; ceci dans nos conditions expérimentales naturellement.

*REMARQUE.* — La perte de poids de la plaquette après essai n'a qu'une valeur indicative. Dans le cas de l'aluminium, l'aspect du métal est peu modifié après essai. Tout au plus, observe-t-on un léger voile qui disparaît par frottement léger. Mais dans le cas du cuivre, la plaquette peut être brillante ou noircie, plus ou moins fortement selon les bois, ce qui pourrait correspondre à une augmentation de poids. Il n'est pas inutile de constater si la quantité de cuivre trouvée en solution est du même ordre de grandeur que la perte de poids de la plaquette. On peut alors admettre que la correspondance observée

entre la perte de poids de la plaquette et la quantité de métal trouvée en solution rend négligeable une erreur portant sur la quantité de métal attaqué, erreur due à la précipitation de ce dernier.

**Méthodes de dosage.** — Le cuivre contenu dans l'extrait sec d'une partie aliquote de la solution d'essai évaporée au bain-marie est dosé par calcination de cet extrait à 425°, reprise par quelques gouttes d'acide chlorhydrique étendu et dosage au spectrophotomètre par la méthode à la dithyzone (procédé dit de la teinte sensible) ou celle à l'oxalyldihydrazide. Cette dernière a été finalement préférée en raison de sa simplicité.

L'aluminium contenu dans un extrait sec semblable est dosé dans la solution obtenue en reprenant cet extrait sans le calciner par quelques gouttes à l'ébullition d'un mélange constitué par 40 % de NO<sub>3</sub>H fumant (d = 1,49) et 60 % de ClO<sub>4</sub>H fumant (d = 1,61). Cette mise en solution de l'aluminium de l'extrait a été préférée à une reprise des cendres par crainte de difficultés dans la dissolution d'une alumine calcinée.

## RÉSULTATS

Nos résultats sont inscrits tableau 1 en ce qui concerne le cuivre et tableau 2 en ce qui concerne l'aluminium. On a noté (colonne 1) le nombre de mg d'extraits présents dans les 200 ml de solution utilisée. Ce nombre ne sera pas comparé comme lors d'une publication précédente avec une quantité théorique, puisque l'amélioration des conditions d'extraction et d'utilisation des extraits nous permet d'affirmer que la solution utilisée est identique — autant que faire se peut — avec celle que donnerait un témoin supplémentaire effectué dans les mêmes conditions. Colonne 2 sont inscrits les pourcentages d'extraits primitifs ayant précipité

sous l'influence du seul métal, après un mois de contact à 45° avec la plaquette de cuivre ou d'aluminium. Le cuivre, ou l'aluminium, solubilisés (en gammas) après l'essai sont inscrits colonne 3. La colonne 3 est divisée en deux sous-colonnes. La première transcrit la quantité totale de métal trouvée en solution qui devra être comparée à l'éventuelle perte de poids de la plaquette. La deuxième, la quantité nette de métal dissous sous la seule action des extraits, calculée par comparaison avec l'essai témoin : métal et même eau pure que celle qui a servi aux essais. Dans la colonne 4 sont portées en gammas les pertes de poids des pla-

TABLEAU 1

Action des extraits sur le cuivre

| Extrait de           | 1     | 2            | 3     |       | 4     | 5     |
|----------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|                      |       |              | brute | nette |       |       |
| Acajou Bassam .....  | 82,0  | 0            | 4.194 | 4.170 | 4.050 | 2.606 |
| Ayous (Samba) .....  | 43,0  | 0            | 216   | 215   | 200   | 135   |
| Azobé .....          | 13,4  | 0            | 414   | 199   | 500   | 124   |
| Doussié .....        | 120,8 | 3,8          | 2.442 | 2.422 | 2.360 | 1.873 |
| Iroko .....          | 108,8 | 0            | 2.635 | 2.560 | 2.525 | 1.600 |
| Makoré .....         | 84,6  | 0            | 3.907 | 3.857 | 3.550 | 2.410 |
| Okoumé .....         | 18,3  | 0            | 347   | 285   | 380   | 178   |
| Padouk (M'Bel) ..... | 39,8  | non signifi. | 633   | 435   | 750   | 272   |
| Sipo (Asseng) .....  | 65,9  | 0            | 2.753 | 2.703 | 2.820 | 1.689 |
| Tali .....           | 73,9  | non signifi. | 2.475 | 2.366 | 2.575 | 1.479 |
| Teck (Afrique) ..... | 62,4  | 0            | 1.855 | 1.830 | 2.200 | 1.144 |
| Teck (Asie) .....    | 38,6  | 0            | 260   | 210   | 275   | 131   |
| Epicea .....         | 88,2  | 0            | 297   | 223   | 375   | 139   |
| Hêtre .....          | 16,8  | 0            | 992   | 942   | 500   | 589   |

TABLEAU 2

Action des extraits sur l'aluminium

| Extrait de           | 1     | 2    | 3     |       | 4           | 5           |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------------|-------------|
|                      |       |      | brute | nette |             |             |
| Acajou Bassam .....  | 83,2  | 0    | 280   | 250   | 225         | 156         |
| Ayous (Samba) .....  | 42,6  | 0    | 65    | 0     | 75          | 0           |
| Azobé .....          | 13,4  | 0    | 0     | 0     | 0           | 0           |
| Doussié .....        | 116,0 | 12,2 | 160   | 80    | 90          | 50          |
| Iroko .....          | 108,8 | 0    | 370   | 340   | 250         | 213         |
| Makoré .....         | 84,6  | 0    | 240   | 220   | — 175       | 138         |
| Okoumé .....         | 17,8  | 0    | 35    | 15    | non signif. | non signif. |
| Padouk (M'Bel) ..... | 40,6  | 0    | 260   | 228   | 75          | 143         |
| Sipo (Asseng) .....  | 63,0  | 0    | 120   | 70    | non signif. | non signif. |
| Tali .....           | 73,0  | 6,1  | 105   | 55    | 150         | 34          |
| Teck (Afrique) ..... | 62,4  | 0    | 60    | 28    | — 50        | 18          |
| Teck (Asie) .....    | 38,6  | 0    | 25    | 0     | — 125       | 0           |
| Epicéa .....         | 88,2  | 0    | 270   | 140   | — 100       | 88          |
| Hêtre .....          | 16,8  | 0    | 180   | 120   | 0           | 75          |

quettes. Un chiffre négatif signifie une augmentation de poids.

Enfin, on a inscrit colonne 5 la « corrosivité potentielle » du bois, c'est-à-dire la quantité de métal (en gammas) solubilisée après un mois par les extraits correspondant à un gramme de bois.

Ces résultats doivent être considérés comme simplement comparatifs dans les conditions expérimentales décrites.

Si on compare la colonne 1 des tableaux 1 et 2 à la colonne semblable du tableau 3 d'une précédente publication, on voit que les conditions d'extraction et d'utilisation des extraits ont été considérablement améliorées (solutions plus riches en extraits) pour le Padouk, le Sipo et le Tali. Au cours de notre étude sur le fer, nous utilisons les extraits obtenus en laissant 250 ml d'eau reposer dans une éprouvette sur une couche de poudre de bois. La quantité d'extrait trouvée dans l'un des témoins au sortir de l'étuve, représentait la quantité idéale dans nos conditions expérimentales. Nous ne parvenions pas toujours à mettre en jeu cette quantité en raison des pertes provoquées par le retrait des éprouvettes hors de l'étuve et la nécessité fréquente d'une nouvelle filtration. Les solutions d'extraits figurant aux tableaux 1 et 2 de la présente publication sont au contraire obtenues en erlenmeyers fréquemment agités, d'où leur plus grande concentration pour certains bois.

En revanche, le même échantillon de Teck (d'Asie) donne en 1967 une solution beaucoup moins riche qu'il y a quelques années. Figurant dans la collection du C. T. F. T. depuis 1955, il renfermait alors 17,4 % d'extraits totaux. Par suite d'une évolution de ces derniers (oxydation ou polymérisation), ce taux est aujourd'hui tombé à 11,9, ce qui explique la concentration plus faible

de la solution obtenue. Notre essai n'est donc pas représentatif. Mais, la corrosivité de ces extraits étant très faible, nous estimons pouvoir néanmoins conclure que ce Teck (d'Asie) n'attaque pratiquement pas le cuivre.

Quant aux autres essences à la fois citées dans notre présente et nos précédentes publications qui sont représentées par des arbres-échantillons différents, les variations observées entre les richesses des solutions d'extraits sont conformes à la dispersion des résultats analytiques quand, pour une même essence, on passe d'un arbre à un autre. Par exemple le Doussié n° 14.238 est beaucoup moins riche en extraits que le Doussié n° 7.022 déjà étudié.

*REMARQUE.* — Si, pour le Padouk, le Sipo et le Tali cités tableau 4 de notre précédente publication on tenait compte des nouvelles conditions d'extraction, et admettait conventionnellement que la quantité solubilisée de fer est proportionnelle à la quantité présente d'extraits, on constaterait que les appréciations formulées pour ces bois ne sont pas modifiées.

Les extraits des bois étudiés sont beaucoup moins corrosifs vis-à-vis du cuivre que vis-à-vis du fer. Nous avons, avec ce dernier — alors que la durée de l'attaque n'était que de dix jours — trouvé des corrosivités potentielles allant, selon l'essence, de 150 à 17.000 gammas. Vis-à-vis du cuivre, la valeur maximale observée est 2.606. Des corrosivités potentielles inférieures à 1.000 gammas sont considérées par nous comme très faibles. Elles sont pratiquement négligeables pour les échantillons étudiés d'Ayous, d'Azobé, d'Okoumé, de Padouk, de Teck d'Asie et d'Epicéa. Bien que certainement non nulle, la corrosivité potentielle du Hêtre ne doit pas retenir l'attention.

Les corrosivités potentielles du Doussié, de l'Iroko, du Makoré et du Tali demeurent faibles (moins de 2.000 gammas). Celle du Teck d'Afrique, faible, ou très faible, est cependant supérieure à celle du Teck d'Asie. Nous avions déjà eu l'occasion de faire une remarque semblable à propos du fer.

Que la corrosivité potentielle de l'Acajou Bassam soit la plus élevée nous a surpris. Pourtant, le bon accord entre la quantité solubilisée de cuivre et la perte de poids de la plaquette confirme notre résultat vérifié par de nouveaux essais.

On notera l'accord très suffisant entre les valeurs inscrites colonne 3 (brute) et colonne 4, c'est-à-dire entre la quantité de  $\text{Cu}^{++}$  trouvée en solution et la perte de poids de la plaquette. Ceci nous autorise à penser que la légère précipitation observée avec le Doussié doit être sans influence sensible sur nos résultats analytiques.

*REMARQUE.* — La plaquette de cuivre placée dans l'eau témoin noircit fortement, beaucoup plus fortement que dans une solution d'extraits. Elle subit pourtant après un mois à 45° une perte de poids moyenne de 85 gammas. A ce point de vue, le rôle de l'eau est négligeable comparativement à celui des solutions d'extraits. Tenir compte de ce rôle vis-à-vis de la perte de poids de la plaquette ne ferait que confirmer notre conclusion que la corrosivité potentielle vis-à-vis du cuivre des extraits d'Ayous, d'Azobé, d'Okoumé, de Padouk, de Teck d'Asie et d'Épicéa est pratiquement négligeable, celle du Hêtre ne présentant aucun danger sans pourtant être nulle.

Avec l'aluminium, il est beaucoup moins aisé d'interpréter les résultats. Avec le cuivre, en effet, l'action de la solution d'extraits et celle de l'eau témoin se traduisent toutes deux par une perte de poids de la plaquette, la deuxième étant pratiquement négligeable. Dans l'eau témoin, la plaquette d'aluminium qui devient mate et blanchâtre augmente le plus souvent de poids. La valeur moyenne de cette augmentation est de 1.167 gammas. Or, avec les solutions d'extraits, nous observons tantôt une augmentation, tantôt une diminution du poids de la plaquette sans grande signification. La plaquette se couvre de reflets rosés et irisés tout en demeurant brillante. On peut se demander si la variation de poids de la plaquette ne devrait pas être comparée à celle qui serait subie dans l'eau pure. Autrement dit, les solutions d'extraits seraient responsables de la dissolution des 1.167 gammas. Mais dans ce cas, une sensible quantité d'ions aluminium devrait figurer dans les solutions d'extraits, ce qui n'est pas le cas.

Il est donc impossible de contrôler le résultat analytique (aluminium trouvé dans la solution d'extraits) par la variation de poids de la plaquette. Nous devons nous baser uniquement sur les quantités trouvées d'aluminium solubilisé. Ces quanti-

tés sont toujours très faibles. L'aspect de la plaquette suggère une oxydation beaucoup moins marquée qu'avec l'eau pure.

Une cause d'erreur est peut-être introduite par la précipitation assez sensible des extraits de Doussié. Elle ne peut, à notre avis, être importante car si les chiffres inscrits colonne 3 (brute) et colonne 4 n'ont pas grande signification en raison de leur faiblesse, l'identité des ordres de grandeur demeure satisfaisante.

Notre conclusion sera qu'il nous a été impossible de mettre en évidence une action des extraits sur l'aluminium. Cette conclusion rejoint celle de FARMER et PORTER (2) : « The direct effects of the timbers upon aluminium are small... The choice of timber need not therefore be influenced by the fact that it is to be used in contact with aluminium. »

Nous limiterons pour l'instant cette conclusion à l'action des extraits, c'est-à-dire à notre notion de corrosivité potentielle.

L'action destructrice exercée sur le bois par les ions  $\text{Cu}^{++}$  et  $\text{Al}^{+++}$  sera étudiée plus loin.

**Influence du pH.** Il nous avait été impossible d'établir un rapport entre le pH d'une solution d'extraits et son aptitude à attaquer le fer. Avec le cuivre et l'aluminium, nous avons à nouveau considéré ce problème. L'eau utilisée eut toujours un pH compris entre 6,8 et 7, ce qui est satisfaisant. Les pH des solutions ont été mesurés immédiatement avant emploi et aussitôt après essai. Malgré les précautions prises, on ne peut tirer aucune conclusion.

Les pH des solutions d'extraits étaient compris entre 4,6 (Doussié) et 6,7 (Makoré). La solution d'extraits du premier a dissous beaucoup moins de cuivre que celle du second. Deux solutions ayant sensiblement le même pH (Padouk 5,6 et Tali 5,8) dissolvent des quantités très différentes de cuivre (633 et 2.475 gammas). Une solution de pH plus élevé (Iroko 6,15) dissout une plus grande quantité de cuivre qu'une solution de pH plus faible (Teck d'Afrique 5,3).

Avec le cuivre, et après essai, le pH de la solution d'extraits ayant agi sur le métal est parfois très différent de celui de la solution témoin, sans qu'on puisse tirer la moindre conclusion. Avec l'aluminium ces pH sont très voisins ce qui confirme peut-être notre opinion, quant à l'inertie, à 45°, des solutions d'extraits vis-à-vis de l'aluminium.

La solution d'extraits d'Acajou Bassam qui a solubilisé la plus forte quantité de cuivre avait un pH de 6,5, c'est-à-dire était pratiquement neutre.

Pour trouver un sens à la notion de pH, il faudrait opérer dans des conditions beaucoup plus rigoureuses : toutes manipulations effectuées sous azote, et étudier des phénomènes qui sont vraisemblablement des équilibres d'oxydo-réduction.

FARMER et PORTER qui attribuent une plus grande importance à la structure physique d'un

bois qu'à son « acidité » conventionnelle, semblent partager notre point de vue.

### ESSAIS A L'ÉBULLITION

Ces essais qui ne correspondent pas à des conditions pratiques d'utilisation des bois, et dont la signification peut être troublée par une importante précipitation des extraits combinés aux ions du métal — précipitation entraînant une diminution de la quantité dosée solubilisée comme ce fut le cas avec le fer — ne sont effectués que pour mémoire. Ils contribuent cependant à une meilleure connaissance des propriétés des extraits.

La plaquette de métal est replacée dans la solution après essai à 45°. On fait bouillir sept heures à reflux et procède aux contrôles habituels sur partie aliquote filtrée chaude. Les témoins subissent les mêmes traitements.

On a noté tableau 3 :

le % de l'extrait primitif de départ ayant précipité sous l'influence du seul métal ;

les quantités, brute et nette, de métal trouvées en solution ;

la perte de poids de la plaquette ( $\Delta P$ ) depuis le départ, c'est-à-dire depuis la mise en route de l'essai à 45°. Un chiffre négatif signifie une augmentation de poids.

Le tableau 3 autorise quelques remarques.

Vis-à-vis du cuivre, les extraits peuvent être classés en quatre groupes :

a) pas d'augmentation significative de l'attaque de la plaquette à l'ébullition, ni de précipitation significative des extraits (Iroko, Makoré, Okoumé, Padouk, Teck d'Asie, Epicéa et Hêtre) ;

b) pas d'augmentation significative de l'attaque

de la plaquette, mais précipitation à l'ébullition d'une fraction des extraits combinés aux ions cuivre (Acajou Bassam, Azobé, Sipo, Teck d'Afrique, la précipitation n'étant que peu significative pour ce dernier bois) ;

c) légère augmentation de l'attaque de la plaquette (perte de poids supplémentaire) accompagnée d'une précipitation des extraits combinés à du cuivre (Ayous), ou sans précipitation (Tali) ;

d) précipitation des extraits sur la plaquette donnant à celle-ci une augmentation apparente de poids après ébullition (Doussié).

Pour les bois étudiés, les essais à l'ébullition n'infirmant pas les valeurs relatives des corrosivités potentielles établies à 45°, car en règle générale, l'ébullition n'entraîne pas une attaque supplémentaire très significative du cuivre mais simplement, dans certains cas, une précipitation d'une fraction des extraits.

Avec l'aluminium, les variations de poids des plaquettes sont sans signification, sauf dans le cas de l'Okoumé pour lequel la perte de poids de la plaquette indique une très légère attaque supplémentaire pendant l'ébullition.

Avec les extraits d'Acajou Bassam, d'Ayous, de Doussié, de Makoré, de Padouk, de Sipo, de Tali, de Teck d'Afrique, d'Epicéa et de Hêtre, les variations des quantités d'aluminium trouvées en solution après ébullition par rapport à celles qui figuraient après l'attaque à 45° ne doivent pas retenir l'attention. Dans le cas des extraits d'Iroko

TABLEAU 3

| Extrait de        | Cuivre              |       |       |            | Aluminium           |       |       |             |
|-------------------|---------------------|-------|-------|------------|---------------------|-------|-------|-------------|
|                   | % extrait précipité | brute | nette | $\Delta P$ | % extrait précipité | brute | nette | $\Delta P$  |
| Acajou Bassam..   | 10,1                | 1.331 | 1.321 | 4.000      | 3,6                 | 308   | 305   | 100         |
| Ayous (Samba)..   | 11,1                | 55    | 37    | 550        | 10,3                | 188   | 188   | 125         |
| Azobé.....        | 7,6                 | 86    | 81    | 550        | 0                   | 0     | 0     | non signif. |
| Doussié.....      | 3,8                 | 662   | 642   | 1.750      | 8,0                 | 44    | 0     | 200         |
| Iroko.....        | 0                   | 2.463 | 2.461 | 2.530      | 2,8                 | 841   | 840   | 350         |
| Makoré.....       | non signif.         | 3.209 | 3.040 | 3.425      | 0                   | 188   | 155   | — 125       |
| Okoumé.....       | 0                   | 255   | 215   | 455        | 36,0                | 488   | 376   | 400         |
| Padouk (M'Bel) .. | 0                   | 690   | 685   | 666        | non signif.         | 204   | 192   | 100         |
| Sipo (Asseng) ... | 4,4                 | 1.973 | 1.971 | 2.700      | 2,9                 | 187   | 115   | 25          |
| Tali.....         | non signif.         | 2.279 | 2.071 | 2.975      | 5,3                 | 102   | 69    | 125         |
| Teck Afrique....  | peu signif.         | 1.441 | 1.440 | 2.250      | 6,5                 | 88    | 76    | — 125       |
| Teck Asie.....    | 0                   | 326   | 301   | 325        | 0                   | 28    | 0     | — 225       |
| Epicéa.....       | non signif.         | 168   | 165   | 175        | 0                   | 175   | 173   | — 300       |
| Hêtre.....        | 0                   | 704   | 650   | 650        | 0                   | 312   | 228   | — 350       |

et d'Okoumé en revanche, il est certain que l'ébullition a provoqué la dissolution d'une quantité supplémentaire et significative d'aluminium. Cette corrosivité demeure cependant très faible. Nous pensons toutefois que ces deux bois — surtout le premier — sont peut-être moins recommandables dans le cas d'un contact de très longue durée avec l'aluminium dans des conditions d'humidité facilitant une éventuelle attaque.

## II. — ACTION SUR LES BOIS DU SULFATE DE CUIVRE ET DU NITRATE D'ALUMINIUM

Nos recherches précédentes sur l'action réciproque des bois et du fer avaient montré que des ions  $Fe^{++}$  pouvaient exercer une action destructrice caractérisée par une augmentation de l'extrait à la soude du bois. Nous avons même suggéré que cette action était beaucoup plus nocive que celle exercée par le bois sur le métal. Or, des cations passent toujours lentement en solution quand un bois et un métal sont placés dans un milieu suffisamment hydraté.

Nous avons donc songé à faire agir sur le bois une solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium. Dans le cas de ce dernier, l'anion  $NO_3^-$  joue peut-être un rôle considérable : formation de nitro-lignine. Ce point sera étudié dans une prochaine publication. Le bois après traitement pourra être isolé quantitativement, ce qui n'était pas le cas quand nous opérons avec un mélange de bois et de limaille de fer. La perte de poids subie par l'échantillon comparée à celle subie par un témoin (bois + eau) est une première indication au sujet de la résistance du bois vis-à-vis de la

Alors qu'avec le cuivre, la précipitation des extraits entraînait toujours une diminution de la quantité de métal trouvé en solution, il n'en est pas de même avec l'aluminium. Avec l'Okoumé par exemple, une précipitation de 36 % des extraits primitifs fut observée à l'ébullition alors que la quantité d'aluminium trouvée en solution augmentait de manière significative, ainsi d'ailleurs que la perte de poids de la plaquette.

solution utilisée. D'autres renseignements seront fournis par une éventuelle analyse du bois récupéré après traitement.

Ce test, très énergique s'il est effectué avec une solution suffisamment concentrée, est, nous le reconnaissons, fort éloigné des conditions pratiques d'utilisation d'une essence. Aussi, ne lui donnerons-nous qu'une valeur comparative. Mais il est certain qu'un bois mis en contact avec un métal dans des conditions d'humidité suffisante sera lentement imprégné par des ions. Si donc, des différences de comportement des essences apparaissent, même dans nos conditions expérimentales, nous pensons qu'une appréciation pourra être faite. Notre dessein en effet n'a jamais été d'obtenir des résultats absolus mais d'imaginer une méthode rapide d'appréciation, dont la valeur demeure liée à nos conditions expérimentales. La durée de contact, arbitrairement fixée à un mois, laisse entière une investigation basée sur l'influence de durées supérieures.

### CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

On utilise 2 g environ de bois d'humidité exactement connue sous forme de poudre, dont les grains sont compris entre 0,149 et 0,177 mm, et 250 ml d'une solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium à 1 % de  $Cu^{++}$  ou de  $Al^{+++}$  préparée avec une eau bidistillée sous vide de pH compris entre 6,8 et 7. Le pH de la solution est mesuré immédiatement avant l'emploi. Le bois et la solution sont abandonnés dans une éprouvette pendant un mois à 45° à l'abri de l'air. Un témoin est constitué par 2 g de bois et une même quantité de la même eau.

Le bois est ensuite filtré sur creuset  $G_4$  et lavé à l'eau à 45° et à l'eau froide jusqu'à ce que le filtrat soit exempt de cations. On abandonne le

bois sur  $P_2O_5$  jusqu'à poids constant et pèse ( $P_1$ ). Le bois retient encore d'importantes quantités de cations. Il est extrait pendant 7 heures avec 450 ml d'eau bouillant à reflux. On dose le cation dans la solution par évaporation d'une partie aliquote.

Le bois est ensuite extrait à l'alcool-benzène, à l'alcool et à l'éther. On a vérifié que ces extraits ne renferment que des quantités négligeables de cations. Il est enfin soumis au traitement à la solution d'acide oxalique et d'oxalate de sodium afin d'éliminer les cations fixés. On a vérifié sur 6 échantillons (Ayous, Azobé, Doussié, Okoumé, Sipo et Tali) — par dosage du métal dans leurs cendres — que les cations sont éliminés après quatre traitements (cas général) ou six (rarement).

TABLEAU 4

| Bois               | Témoïn<br>Perte de poids % |            | Essai avec $\text{SO}_4\text{Cu}$<br>Perte de poids % |            | Essai avec $(\text{NO}_3)_3\text{Al}$<br>Perte de poids % |            |
|--------------------|----------------------------|------------|---|------------|---|------------|
|                    | Après 45°                  | Après oxal | Après 45°   | Après oxal | Après 45°   | Après oxal |
| Acajou Bassam ...  | 3,91                       | 8,12       | 1,53  | 8,52       | 3,30  | 7,75       |
| Ayous (Samba) ...  | 2,29                       | 5,00       | 2,79  | 7,45       | 2,53  | 8,18       |
| Azobé ...          | 0,84                       | 3,08       | 0,21  | 3,56       | 0,00  | 2,96       |
| Doussié ...        | 8,29                       | 16,14      | 7,24  | 15,79      | 8,14  | 14,81      |
| Iroko ...          | 4,17                       | 13,76      | 4,46  | 13,63      | 5,80  | 13,98      |
| Makoré ...         | 5,26                       | 9,40       | 4,70  | 10,25      | 4,76  | 9,45       |
| Okoumé ...         | 0,40                       | 4,10       | 0,52  | 6,04       | 0,81  | 5,34       |
| Padouk (M'Bel) ... | 2,40                       | 12,40      | 2,75  | 10,84      | 2,95  | 11,14      |
| Sipo (Asseng) ...  | 2,54                       | 6,52       | 0,02  | 6,42       | 1,61  | 5,40       |
| Tali ...           | 4,22                       | 9,85       | 1,71  | 7,98       | 4,80  | 8,54       |
| Teck Afrique ...   | 3,77                       | 15,82      | 3,88  | 17,15      | 4,20  | 15,78      |
| Teck Asie ...      | 2,34                       | 11,77      | 2,20  | 10,67      | 2,59  | 11,67      |
| Epicea ...         | 1,47                       | 6,10       | 1,50  | 6,18       | 2,06  | 7,00       |
| Hêtre ...          | 1,47                       | 4,86       | 1,31  | 5,91       | 3,13  | 6,02       |

Le bois est alors lavé à l'eau froide et à l'alcool, puis séché sur  $\text{P}_2\text{O}_5$  jusqu'à poids constant ( $\text{P}_2$ ).

Le témoin subit exactement les mêmes traitements, l'eau remplaçant la solution de sel. Il est soumis au même traitement par la solution oxalique, ce traitement étant exactement de même durée que pour l'essai proprement dit.

La perte de poids dite dans le tableau 4 « après 45° », c'est-à-dire après contact du bois à 45° avec la solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium est naturellement calculée en retranchant du poids  $\text{P}$  de bois récupéré les quantités de cations absorbés (ou fixés). Ceux-ci sont dosés dans la solution d'extraction du bois à l'eau bouillante et dans la solution oxalique. Nous avons décidé conventionnellement de négliger les cations qui figurent dans l'eau froide ou tiède de lavage du bois, car nous avons convenu de les attribuer à une simple rétention de la solution de  $\text{Cu}^{++}$  ou de  $\text{Al}^{+++}$ . On peut donc comparer une perte de poids subie par le témoin à une perte de poids subie par l'échantillon d'essai en contact à 45° avec la solution de cations. Si cette dernière perte est très supérieure à la première, une action spécifique du cation est certainement mise en évidence.

La perte de poids dite dans le tableau 4 « après oxal », représente pour le témoin une extraction supplémentaire à l'eau bouillante et aux solvants organiques ainsi que l'action de la solution oxalique (action très faible, perte de poids de 1 % en moyen-

ne). Dans le cas de l'échantillon d'essai, les traitements sont identiques, mais l'eau bidistillée à 45° a été remplacée par la solution de cations à la même température.

La solution de sulfate de cuivre a, avant emploi, un pH compris entre 3,9 et 4,1, celle de nitrate d'aluminium un pH compris entre 2,6 et 2,8. On a vérifié avec des solutions d'acides minéraux de même pH que leur action hydrolytique est négligeable à 45° dans nos conditions expérimentales.

Le bois récupéré après les traitements oxaliques sera soumis à des tests de comparaison avec le bois témoin.

Une autre série d'essais semblables, mais complétés par une attaque à l'ébullition de sept heures à reflux faisant suite à l'attaque à 45° (la solution de cations est alors diluée jusqu'à 450 ml) a été effectuée. Dans ce cas, l'effet hydrolysant dû au simple pH n'est pas nul. On a vérifié sur cinq essences brutes ou extraites à l'alcool-benzène (Azobé, Padouk, Sipo, Teck d'Afrique et Tali) que des solutions d'acides minéraux de pH compris entre 2,6 et 2,8, entraînent une perte de poids supérieure à celle que produirait à l'ébullition une eau de pH 6,8 ou 7. Rapportée au bois anhydre, cette perte supplémentaire est comprise entre 0 (Azobé) et 2,12 (Teck d'Afrique). Valeur moyenne 1,1. Nous admettons donc par prudence qu'une perte de poids supplémentaire de 3 % peut être simplement due au pH créé par la mise en solution du sel d'aluminium.

#### RÉSULTATS APRÈS ATTAQUE DU BOIS A 45°

Le tableau 4 consigne en % du bois primitif anhydre les pertes de poids subies par l'échantillon témoin et par l'échantillon d'essai après contact avec la solution de sulfate de cuivre ou celle de nitrate

d'aluminium, ainsi que les pertes de poids (toujours exprimées en % du bois primitif anhydre) observées après extraction à l'eau bouillante, aux solvants organiques et traitement à la solution oxalique.



Ce tableau autorise les conclusions suivantes :

Avec  $\text{SO}_4\text{Cu}$ . Aucune perte de poids supplémentaire pouvant être attribuée à l'action de ce sel ne peut être mise en évidence. Avec trois bois (Acajou Bassam, Sipo et Tali) la perte de poids subie en présence de  $\text{Cu}^{++}$  est nettement inférieure à celle qui serait subie dans l'eau pure. On remarquera qu'après extraction à l'eau bouillante, aux solvants organiques et traitements par la solution oxalique, la particularité signalée disparaît ou demeure sans signification. On pourrait imaginer que les ions  $\text{Cu}^{++}$  avec les extraits forment, en pénétrant dans les trois bois cités, des combinaisons insolubles dans l'eau à 45°, combinaisons solubles au cours des traitements ultérieurs.

Notre conclusion demeure formelle pour tous les bois. Ce test ne met en évidence aucune destruction représentée par une perte de poids.

Après extraction à l'eau bouillante, aux solvants organiques et traitements par la solution oxalique, les pertes de poids subies par l'échantillon témoin et l'échantillon d'essai présentent parfois des différences plus sensibles, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, mais notre conclusion demeure toujours que l'ion  $\text{Cu}^{++}$  n'exerce, dans nos conditions expérimentales, aucune action destructrice notable.

Avec  $(\text{NO}_3)_3\text{Al}$ . Après contact à 45°, aucune perte de poids vraiment significative n'apparaît, sauf peut-être dans le cas du Hêtre.

Après extraction à l'eau bouillante, aux solvants organiques et traitement par la solution oxalique, notre conclusion ci-dessus n'est pas modifiée.

Aucune destruction significative à 45° représentée par une perte de poids n'a pu être mise en évidence.

### ÉTAT DES BOIS

L'absence d'une perte de poids supplémentaire significative au cours du traitement par la solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium n'est qu'une première indication. En effet, le bois récupéré après extractions complètes et passage dans la solution oxalique peut éventuellement ne pas présenter les mêmes caractéristiques chimiques que le bois témoin. Nous avons déjà signalé dans une précédente publication qu'une forte augmentation de l'extrait à la soude ( $\text{NaOH}$  à 1 %, 5 heures d'ébullition à reflux) prouve une modification du bois. Autrement dit, une perte de poids normale n'est pas un critère suffisant de la résistance du bois. Il faut encore que l'extrait à la soude du bois récupéré n'ait pas sensiblement augmenté. De même, un extrait à la soude normal de ce bois n'est pas un critère suffisant si le bois primitif a subi une perte de poids anormale au cours du traitement.

Le tableau 5 consigne :

l'augmentation  $\Delta S$  (en valeur absolue) de l'extrait à la soude du bois d'essai récupéré par rapport à celui du bois témoin récupéré. Les taux d'extraits ont été calculés par rapport à 100 p de bois récupéré anhydre ;

la perte de poids (en % du bois primitif anhydre) subie après tous les traitements, extraction à la soude comprise. Cette perte représente l'effet du traitement par le sulfate de cuivre ou le nitrate d'aluminium, du lavage à l'eau à 45°, de l'extraction à l'eau bouillante et aux solvants organiques, du passage par la solution oxalique, enfin de l'extraction à la soude.  $\Delta P(\text{T})$ ,  $\Delta P(\text{Cu}^{++})$  et  $\Delta P(\text{Al}^{+++})$  représentent respectivement ces pertes pour le bois témoin et pour le bois ayant été en contact avec la solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium.

TABLEAU 5

| Bois           | $\Delta S(\text{Cu}^{++})$ | $\Delta S(\text{Al}^{+++})$ | $\Delta P(\text{T})$ | $\Delta P(\text{Cu}^{++})$ | $\Delta P(\text{Al}^{+++})$ |
|----------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Acajou Bassam  | 3,0                        | 5,1                         | 25,6                 | 28,7                       | 30,0                        |
| Ayous (Samba)  | 3,6                        | 1,0                         | 17,3                 | 22,8                       | 20,2                        |
| Azobé          | 5,7                        | 3,0                         | 18,0                 | 25,1                       | 20,6                        |
| Doussié        | 1,5                        | 1,4                         | 33,4                 | 35,2                       | 32,8                        |
| Iroko          | 8,1                        | 3,4                         | 30,3                 | 37,2                       | 33,5                        |
| Makoré         | 1,6                        | 2,6                         | 28,1                 | 30,0                       | 30,5                        |
| Okoumé         | 0,8                        | 1,4                         | 23,4                 | 27,6                       | 26,9                        |
| Padouk (M'Bel) | 3,3                        | 2,7                         | 21,0                 | 22,5                       | 22,2                        |
| Sipo (Asseng)  | 0,7                        | 6,8                         | 22,8                 | 22,5                       | 27,7                        |
| Tali           | 6,7                        | 1,6                         | 22,9                 | 28,4                       | 24,5                        |
| Teck Afrique   | 2,4                        | 2,6                         | 32,1                 | 34,8                       | 34,6                        |
| Teck Asie      | 2,1                        | 0,9                         | 25,2                 | 27,0                       | 25,2                        |
| Epicea         | 1,4                        | 0,8                         | 24,7                 | 26,3                       | 26,1                        |
| Hêtre          | 4,7                        | 6,8                         | 23,4                 | 28,6                       | 30,7                        |

Nous admettrons que des différences ne dépassant pas 5 entre les valeurs de  $\Delta P(T)$  et celles de  $\Delta P(Cu^{++})$  ou de  $\Delta P(Al^{+++})$  signifient que le bois a bien résisté à l'ensemble des traitements. L'Ayous, l'Azobé, l'Iroko, le Tali et le Hêtre sont donc un peu moins résistants.

Le résultat observé avec l'Azobé nous a surpris. Mais il fut confirmé en utilisant un autre échantillon.

### RÉSULTATS APRÈS ATTAQUE DU BOIS A L'ÉBULLITION

Le tableau 6 consigne en % du bois primitif anhydre les pertes de poids subies par l'échantillon témoin et par l'échantillon d'essai après un ensemble de traitements identiques aux précédents, mais complété par l'action sur le bois de la solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium bouillant à reflux pendant sept heures après avoir été diluée à 450 ml. Ce traitement supplémentaire est introduit après le contact à 45°. Comme précédemment, la perte de poids dite « après ébullition » est calculée après avoir retranché du poids de bois récupéré la totalité des cations encore fixés qui sont extraits à l'eau bouillante et à la solution oxalique, et dosés.

Ce tableau suscite quelques commentaires :

Une augmentation de perte de poids ne dépassant pas trois unités par rapport à la perte de poids subie par le témoin caractérise, selon nous, un bois ayant bien résisté. Les phénomènes précédemment signalés de précipitation des extraits de certains bois par combinaison avec  $Cu^{++}$  ou  $Al^{+++}$  rendent minimales les pertes de poids observées. Dans le cas présent, ce sont non seulement les extraits obtenus à 45° qui peuvent précipiter conformément aux résultats du tableau 3, mais aussi les extraits obtenus

*REMARQUE.* — Rappelons que les cations figurant dans les solvants organiques sont négligeables. Les quantités fixées de  $Cu^{++}$  varient selon les bois de 1.840 gammas par gramme de bois (Ayous) à 8.300 (Sipo). Aucune corrélation n'apparaît entre ces quantités et la sensibilité des bois vis-à-vis de  $Cu^{++}$ .

Les quantités fixées de  $Al^{+++}$  sont beaucoup plus faibles, de 1.000 gammas (Doussié) à 2.000 (Azobé).

nus à l'ébullition (extraits totaux) dont nous n'avons pas encore abordé l'étude. Mais compte tenu du taux de leur précipitation éventuelle, nous pensons que les résultats ci-dessous gardent une valeur comparative.

$SO_4Cu$ . Au point de vue de la seule perte de poids, l'Ayous, l'Iroko, l'Okoumé, le Padouk, le Teck d'Afrique, le Teck d'Asie, l'Épicéa et le Hêtre ont bien résisté. Le Doussié donne une inquiétante perte de poids supplémentaire après la seule ébullition. Mais cette particularité disparaît après l'ensemble des traitements. Aussi pensons-nous que la comparaison doit porter principalement sur les résultats obtenus après l'ensemble des traitements dont les effets, surtout pour des bois riches en extraits comme le Doussié, se répartissent entre les deux ébullitions.

L'Azobé serait le moins résistant des bois étudiés.

Mais les remarques ci-dessus ne sont que provisoires, car il faudra tenir compte de l'état du bois récupéré. Une faible perte de poids peut cependant être accompagnée d'une néfaste modification qualitative. Une perte de poids plus élevée peut conduire à un bois ayant conservé son intégrité.

TABLEAU 6

| Bois            | Témoin<br>Perte de poids % |             | Essai avec $SO_4Cu$<br>Perte de poids % |             | Essai avec $(NO_3)_3Al$<br>Perte de poids % |             |
|-----------------|----------------------------|-------------|---|-------------|---|-------------|
|                 | Après éb.                  | Après oxal. | Après éb.                               | Après oxal. | Après éb.                                   | Après oxal. |
| Acajou Bassam   | 6,88                       | 8,93        | 2,30                                    | 9,30        | 15,80                                       | 10,26       |
| Ayous (Samba)   | 4,37                       | 6,64        | 5,21                                    | 8,81        | 10,70                                       | 14,77       |
| Azobé .....     | 2,32                       | 4,59        | 7,20                                    | 9,65        | 6,92  | 9,95        |
| Doussié .....   | 11,57                      | 16,17       | 16,50                                   | 16,95       | 18,93                                       | 24,14       |
| Iroko .....     | 8,43                       | 14,17       | 8,23                                    | 13,16       | 13,00                                       | 17,80       |
| Makoré .....    | 8,30                       | 10,83       | 5,95                                    | 11,07       | 15,05                                       | 19,00       |
| Okoumé .....    | 1,73                       | 6,41        | 1,85                                    | 7,63        | 13,37                                       | 19,09       |
| Padouk (M'Bel)  | 7,54                       | 12,22       | 7,18                                    | 11,14       | 9,62  | 14,68       |
| Sipo (Asseng)   | 5,34                       | 7,34        | 1,28                                    | 7,20        | 11,18                                       | 14,02       |
| Tali .....      | 8,03                       | 11,29       | 1,60                                    | 8,72        | 13,22                                       | 16,55       |
| Teck (Afrique)  | 5,87                       | 16,23       | 5,91                                    | 18,15       | 12,55                                       | 23,54       |
| Teck (Asie).... | 4,50                       | 12,20       | 4,27                                    | 12,24       | 11,50                                       | 19,41       |
| Épicéa.....     | 4,44                       | 7,78        | 7,71                                    | 9,78        | 15,42                                       | 18,15       |
| Hêtre .....     | 3,25                       | 5,85        | 3,72                                    | 7,85        | 23,68                                       | 27,30       |

Comparativement avec ce que nous observerons avec le nitrate d'aluminium l'effet du sulfate de cuivre sur la perte de poids demeure faible pour tous les échantillons étudiés.

(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al. Il n'en est pas de même pour ce sel. Son action à l'ébullition est destructrice pour tous les bois, sauf pour le Padouk dont la perte de poids supplémentaire est la plus faible. Le Hêtre se distingue par une résistance particulièrement mau-

vaise. Il est suivi par l'Okoumé. Il serait vain de procéder à un classement des autres bois qui sont tous sensiblement attaqués, même le Teck. L'Azobé est supérieur au Teck, mais très inférieur au Padouk qui est le seul à faire preuve d'une résistance particulière. Mais ce jugement devra être infirmé ou confirmé par l'étude de l'extrait à la soude du bois récupéré après les traitements. L'étude de l'influence de NO<sub>3</sub> est en cours.

## ÉTAT DES BOIS

On a dressé le tableau 7 analogue au tableau 5 et de définitions identiques, le bois ayant simplement subi le traitement supplémentaire par la solution de sulfate de cuivre ou de nitrate d'aluminium à l'ébullition.

SO<sub>4</sub>Cu. La colonne 1 montre que les extraits à la soude des bois récupérés sont peu modifiés, sauf dans les cas de l'Acajou Bassam, de l'Ayous, du Padouk et du Hêtre, par rapport à ceux des échantillons témoins. Mais une conclusion ne doit être tirée qu'après avoir comparé les colonnes 3 et 4 qui font la somme des deux tests : perte de poids avant extraction à la soude et extraction à la soude proprement dite. Les différences entre l'essai et le témoin vont de 1,9 (Tali) à 8,0 (Ayous). Le Hêtre est également attaqué. Nous sommes toujours surpris de constater que nos échantillons d'Azobé ne se comportent pas mieux. Mais dans l'ensemble, les différences entre essais et témoins ne sont pas considérables. L'action de Cu<sup>++</sup> est faible sur tous les bois, sauf pour l'Ayous et le Hêtre pour lesquels elle n'est cependant pas excessive.

Il n'en est pas de même avec le nitrate d'aluminium extrêmement nocif à l'ébullition.

(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al. La colonne 2 montre que les échantillons récupérés d'Acajou Bassam et de Sipo ont

des extraits à la soude très supérieurs à ceux des témoins. L'augmentation de cet extrait est très significative. Viennent ensuite le Doussié, l'Iroko, le Makoré, l'Okoumé, l'Ayous, le Padouk, le Teck d'Afrique et le Hêtre. Nous ne ferons pas de différence entre ces bois. En revanche, l'Epicéa est remarquable comme il l'était déjà vis-à-vis du cuivre. L'Azobé, le Tali et le Teck d'Asie montrent une supériorité. Mais il est plus important de comparer les colonnes 3 et 5 pour les raisons exposées ci-dessus. Des différences considérables apparaissent entre les bois. Pour le Hêtre, alors que le témoin a perdu 26,0 % de son poids, l'échantillon d'essai a perdu 48,5. Différence 22,5. On passe ensuite à l'Acajou Bassam (dif. 18,5), à l'Okoumé (dif. 16,9), au Sipo (dif. 16,3)..., etc. Sont les moins attaqués le Tali, le Padouk, l'Azobé, l'Iroko, les Tecks et l'Epicéa.

REMARQUE. Des analyses ont montré que ce sont les pentosanes qui sont les premiers attaqués par le nitrate d'aluminium à l'ébullition. Mais la lignine est profondément modifiée. C'est ainsi qu'en opérant avec du Hêtre totalement extrait, la lignine encore présente dans le bois récupéré était totalement soluble dans la soude à 1 %. Après extraction par celle-ci, nous avons eu la

TABEAU 7

| Bois                 | ΔS(Cu <sup>+++</sup> ) | ΔS(Al <sup>+++</sup> ) | ΔP(T) | ΔP(Cu <sup>++</sup> ) | ΔP(Al <sup>+++</sup> ) |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------|-----------------------|------------------------|
| Acajou Bassam .....  | 6,1                    | 12,6                   | 28,5  | 32,3                  | 45,0                   |
| Ayous (Samba) .....  | 6,7                    | 6,9                    | 18,1  | 26,1                  | 31,1                   |
| Azobé .....          | 3,5                    | 4,5                    | 20,3  | 26,9                  | 28,1                   |
| Doussié .....        | non signif.            | 9,5                    | 33,8  | 33,8                  | 46,9                   |
| Iroko .....          | 3,0                    | 8,4                    | 31,8  | 33,6                  | 41,6                   |
| Makoré .....         | 4,0                    | 7,9                    | 29,3  | 33,1                  | 42,2                   |
| Okoumé .....         | 4,3                    | 6,7                    | 27,0  | 32,2                  | 41,8                   |
| Padouk (M'Bel) ..... | 6,0                    | 7,1                    | 21,3  | 26,1                  | 30,0                   |
| Sipo (Asseng) .....  | 3,0                    | 12,6                   | 23,5  | 26,1                  | 39,8                   |
| Tali .....           | 4,4                    | 3,5                    | 26,5  | 28,4                  | 33,8                   |
| Teck (Afrique) ..... | 4,4                    | 7,0                    | 32,6  | 37,8                  | 43,8                   |
| Teck (Asie) .....    | 3,7                    | 4,8                    | 26,6  | 29,9                  | 36,5                   |
| Epicéa .....         | 0,0                    | 0,8                    | 26,9  | 28,4                  | 36,1                   |
| Hêtre .....          | 5,8                    | 7,7                    | 26,0  | 32,9                  | 48,5                   |

surprise d'isoler une cellulose avec un rendement très voisin de celui qui est obtenu quand on procède

à l'analyse du bois. Cette cellulose est saccharifiable avec un rendement théorique en sucres.

### ACTION DE LA SOLUTION DE NITRATE D'ALUMINIUM SUR LA CELLULOSE

Nous avons jugé utile d'étudier cette action sur une holocellulose. Celle-ci fut isolée à partir du Doussié extrait à l'alcool-benzène par la méthode au chlorite de JAYME mise au point par KNOEPPEN et COHEN. Le rendement fut de 72,2 % par rapport au bois extrait. Les caractéristiques de cette holocellulose sont % d'holo anhydre ; indice de furfural 12,2 ; lignine 0,65 ; extrait à la soude 1 % 23,0 ; solubilité dans l'eau bouillante 12,5. Un taux élevé d'extrait à l'eau bouillante est fréquemment observé pour les holocelluloses des bois tropicaux.

**Essais à 45°.** Mêmes conditions expérimentales que pour les bois. Avant traitement par la solution oxalique, l'holocellulose perd 6,58 % de son poids (perte nette après déduction des cations fixés) sous l'action de la solution de nitrate d'aluminium. (témoin : 5,15). Après traitement à la solution oxalique, l'holocellulose de l'essai a perdu 8,55 % de son poids primitif. (témoin 6,06). Les différences sont peu significatives. L'holocellulose récupérée après le traitement oxalique a un indice de furfural de 11,7 (témoin 10,5) et un extrait à la soude de 22,2 (témoin 23,0). On peut dire que l'action du nitrate d'aluminium fut pratiquement négligeable.

**Essais à l'ébullition.** Mêmes conditions expé-

riméntales que pour les bois. Perte de poids nette avant traitement oxalique 25,03 (témoin 12,46). Après traitement oxalique 25,70 (témoin 13,06). L'attaque fut considérable. On notera que le traitement oxalique est sans action. L'holocellulose récupérée après ce traitement a un indice de furfural qui n'est plus que de 6,5. La destruction des pentosanes est manifeste.

Des essais similaires à l'ébullition ont été effectués avec une pâte pauvre en pentosanes (indice de furfural 2,38 ; extrait à la soude 10,8 %). Afin de mettre en évidence le rôle du seul pH de la solution de nitrate d'aluminium, on a utilisé pour les essais témoins une eau de pH 2,7. Toute différence observée entre l'essai et le témoin ne pourra donc être attribuée au seul pH de la solution de nitrate d'aluminium.

Après ébullition et avant traitement oxalique, la perte de poids de l'essai fut de 5,14 % (témoin 3,93). Après traitement oxalique, ces valeurs sont respectivement 6,31 et 4,28. Les différences observées sont peu considérables, parce que, pensons-nous, la pâte est très pauvre en pentosanes. Mais l'extrait à la soude de la pâte récupérée après traitement oxalique est de 34,3 % (témoin 16,6). La pâte a été profondément modifiée.

### CONCLUSION

La corrosivité des bois étudiés est, dans nos conditions expérimentales, pratiquement nulle vis-à-vis de l'aluminium. Elle est faible vis-à-vis du cuivre et ne doit pas retenir l'attention.

A 45°, l'action destructrice exercée sur les bois par le sulfate de cuivre est négligeable. Cependant, l'Ayous, l'Azobé, l'Iroko, le Tali et le Hêtre résistent un peu moins bien. A 100°, cette action destructrice demeure faible. Résistent le mieux le

Doussié, l'Iroko, le Makoré, le Sipo, le Tali, le Teck et l'Epicéa.

A 45°, l'action exercée par le nitrate d'aluminium est négligeable. Cependant le Sipo et le Hêtre résistent un peu moins bien. A 100°, l'action destructrice est toujours considérable. Résistent le moins mal l'Azobé, le Padouk, le Sipo, le Tali, le Teck d'Asie et l'Epicéa.

### BIBLIOGRAPHIE

1. J. SAVARD, A.-M. ANDRÉ et L. CAUMARTIN. — *Bois et Forêts des Tropiques*, 1963, 91, p. 41. J. SAVARD, L. CAUMARTIN et C. LAMBERT, *id.* 1965, 99, p. 33 — *id.* 1966, 106 p. 41.
2. R. H. FARMER. — *Wood*, 1962, 27, p. 326 et p. 443. R. H. FARMER et F. C. PORTER. — *Wood*, décembre 1963.

Consulter aussi :

- E. FARBER. — *Ind. and Eng. Chemistry*, 1954, 46, p. 1968.
- D. F. PAGKMAN. — *Holzforschung*, 1960, 14, p. 178.
- W. H. HILLIS et W. M. MCKENZIE. — *Forest Products Journ.* 1964, p. 310.
- F. T. BARTEL-KORNACKA. — *Wood*, 1967, p. 39.