

RECHERCHES

SUR LA

RÉSISTANCE DES BOIS DE MINES

dans le bassin de Sarrebrück.

EXTRAIT D'UN RAPPORT DE MM. DUTTING ET QUAST (1)

PAR

L. DENOEL,

Ingénieur au Corps des Mines à Bruxelles.

[62228 (43)]

Depuis une dizaine d'années, le bois de hêtre dont l'emploi était autrefois dominant dans les mines du bassin de Sarrebrück, s'est vu peu à peu remplacé par les essences résineuses; ce qu'il faut attribuer, en partie, à des raisons d'ordre économique, en partie aussi, à la supériorité que l'on attribue à ces derniers bois et notamment au sapin. Comme de grandes étendues, dans les provinces occidentales, sont couvertes de forêts de hêtre, l'exploitation de celles-ci s'est vue privée d'un débouché important pour les perches de faible diamètre. La consommation de bois dans les mines domaniales de la Sarre s'élève annuellement à 3 ou 4 millions de marks; cette dépense correspond en moyenne à 0,50 mark à la tonne; en Westphalie, elle s'élève à 0,60 mark. Il y avait donc, pour l'administration des mines comme pour celle des forêts, le plus grand intérêt à établir d'une façon évidente la valeur relative des diverses essences de bois au point de vue de leur emploi dans le soutènement des travaux souterrains et à rechercher si l'on peut, sans préjudice pour la sécurité des ouvriers, remplacer dans une certaine mesure les bois chers par d'autres d'un prix moins élevé.

(1) *Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen*, t. XLVIII, 1900.

En présence de la grande divergence des opinions qui se manifestèrent sur la résistance absolue et relative des différentes sortes de bois, sur l'influence de la dessiccation, etc., une commission mixte fut chargée de procéder à des expériences approfondies en vue d'éclaircir ces questions. Le résultat de ces travaux intéresse tous les exploitants de mines.

Programme des essais. — On s'est assigné comme but de déterminer la charge en kilogrammes que peuvent supporter les étauçons, et en outre, détails également intéressants pour le mineur, la manière dont ils se rompent et préviennent de la rupture.

Les essais ont porté principalement sur des étauçons de chêne, de hêtre, de sapin et de pin, coupés aux dimensions les plus habituellement employées dans les mines, à savoir :

Longueurs : 1 mètre, 1^m50, 2 mètres et 2^m50 ;

Diamètres (écorce non comprise) : 0^m10, 0^m13, 0^m15 et 0^m16, et accessoirement sur le mélèze, le bouleau, le charme et l'acacia.

Le degré de dessiccation paraissant avoir une influence non seulement sur la durée, mais aussi sur la résistance à l'écrasement, ainsi que cela résulte de certaines expériences effectuées en Amérique, les étauçons à essayer ont été mis en magasin, avec ou sans écorce, suivant différents systèmes favorisant plus ou moins la dessiccation. Le poids de chaque étauçon a été noté, de façon à pouvoir en tirer des conclusions sur l'influence au point de vue de la dessiccation de ces divers modes de préparation et de mise en tas.

Pour éviter des résultats aberrants, on a eu soin de ne choisir que des étauçons bien sains, sans défauts visibles et d'un diamètre aussi régulier que possible.

Il convient de remarquer ici que lorsqu'on parle d'étauçons sans spécification particulière, il faut entendre aussi bien les bois de tailles que ceux qui servent au soutènement des galeries. En pratique, les premiers ne travaillent que pendant un temps généralement court, tandis que les seconds, placés dans les voies de roulage et d'aérage, sont soumis à des efforts de longue durée.

Pour déterminer l'influence d'un séjour dans la mine, dans le courant d'air frais ou vicié, et la comparer à l'influence d'un séjour à la surface, les étauçons ont été essayés, les uns aussitôt que possible après avoir été abattus et encore pleins de sève, d'autres après dessiccation résultant d'un séjour de 5 mois dans la forêt ; d'autres après un emmagasinement subséquent de 3 ou de 6 mois, soit sur le carreau de la mine, soit à l'intérieur, dans une galerie d'entrée ou de retour

d'air, d'autres enfin après une dessiccation artificielle suivie d'un emmagasinement dans les mêmes conditions que ci-dessus.

Pour compenser les causes d'erreur pouvant résulter de la présence, inévitable malgré un triage soigné, des nœuds, fentes de retrait, courbures et autres défauts, et pour arriver à des résultats moyens concluants; on a soumis aux essais 5 étauçons de chaque catégorie, c'est-à-dire en tout 475 de hêtre, 335 de chêne, de pin et de sapin, 110 de bouleau, de mélèze et d'acacia, 30 de charme, ce qui fait un total de 1,840 essais.

Exécution des expériences. — Les bois à essayer furent abattus en février 1898 et soigneusement triés, mesurés abstraction faite de l'écorce, numérotés un à un, et empilés en lits croisés de façon à assurer une bonne dessiccation. Pour déterminer l'influence des divers modes de mise en tas, on a placé de même quelques étauçons de hêtre et de sapin, sur traverses, dans un hangar ouvert et bien aéré; d'autres ont été dressés en gerbe, les uns avec le gros bout vers le haut et les autres avec le gros bout vers le bas. Pendant huit semaines, du 19 février au 15 mai, ces étauçons ont été pesés toutes les semaines; on n'a pas constaté de différence importante entre les diverses modes d'emmagasinement. La perte en poids s'élevait après huit semaines à :

	Hêtre	Sapin
En piles :	18,3 %	15,2 %
En gerbe }	gros bout en bas	14,1
	gros bout en haut	14,2

La résistance des bois aux efforts de compression a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, parmi lesquelles méritent une mention particulière celles du professeur Schwappach (1), effectuées sur des échantillons de petites dimensions, séchés à l'air, en forme de cubes ou de prismes courts, ce qui écarte l'influence des nœuds, des fentes, de la courbure, ainsi que celle de l'humidité. On arrive par cette méthode à des résultats bien supérieurs à ceux que l'on trouve par les essais dont il est question actuellement, et dont il n'a été fait de semblables que dans l'Amérique du Nord et en Angleterre en 1898 (2).

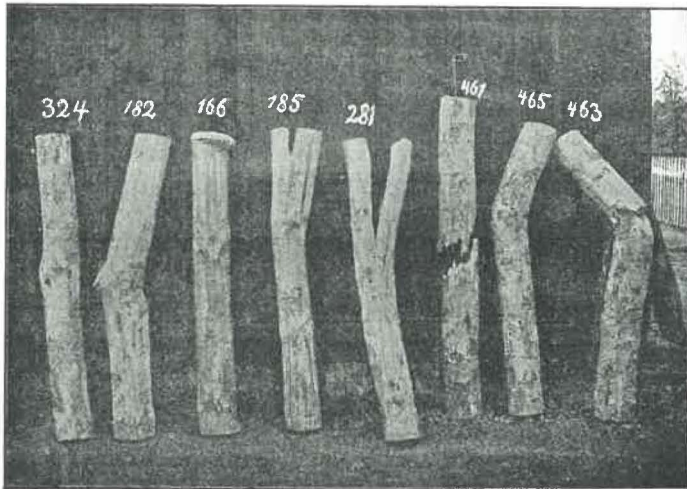
(1) Dr ADAM SCHWAPPACH, *Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbaume*. Berlin, 1897-98, chez J. Springer.

(2) H. LOUIS, *The Strength of Pit-props*. — Un compte-rendu de ces expériences a été publié par M. E. Masson, dans les *Annales des Mines de Belgique*, tome IV, 2^e livraison.

Les expériences ont été effectuées à la mine König à Neunkirchen; les étançons étaient supportés par un châssis en fer, bien centrés et soumis jusqu'à la rupture à l'action d'une presse hydraulique. Le piston plongeur du cylindre de pression avait un diamètre de 380^m, de sorte que, abstraction faite des faibles pertes par frottement, on pouvait exercer sur les objets à essayer une pression de 4,134 kilog. par atmosphère.

Dans le journal des essais, on a distingué dans la qualité des étançons entre ceux d'apparence irréprochable et ceux qui présentaient des nœuds, des courbures ou des fentes. Les conditions de la rupture sont indiquées par les expressions : *cassure nette*, *cassure à*

Fig. 1



- Nos 324. Chêne, redressé après rupture.
 182. » cassure à longues fibres.
 185. » fente.
 166. Pin, écrasement de la tête.
 281. Hêtre, fente.
 461. }
 465. } » cassure nette, (3 mois dans le retour d'air).
 463. }

longues fibres, écrasement ou refoulement, fendillement. Lorsque la cassure nette ne s'observe que sur la partie extérieure, le plus généralement c'est sur l'aubier, on emploie l'expression *cassure nette et à longues fibres*. Les photographies reproduites montrent

des exemples de ces divers cas, choisis parmi les mieux caractérisés. On a noté avec le plus grand soin les phénomènes secondaires qui accompagnent la rupture. Dans certains cas, il n'y a pas eu de rupture à proprement parler, c'est surtout lorsque l'une ou l'autre des extrémités du bois était fortement décomposée et s'est écrasée. Comme la pression baisse, dès que l'étau comprimé commence à se courber ou à se rompre, et qu'il n'est pas possible avec une pompe à main, de l'entretenir à un taux constant, on n'a considéré comme signes précurseurs de la rupture que les craquements qui se font entendre tant que la pression s'élève, et on a fait abstraction du bruit plus ou moins violent qui se produit par le fait même de la rupture, quand la pression baisse.

Comparaison des essais. — Dans la plupart des cas, la rupture a été précédée d'une flexion transversale plus ou moins prononcée; plus rarement, on a constaté un refolement des fibres, et ce cas s'est montré plus fréquent pour les bois fraîchement abattus que pour les bois secs. Néanmoins, on n'a pas cru devoir déduire de ces essais des chiffres comparatifs en s'appuyant sur les formules relatives à la résistance à la flexion transversale des pièces chargées debout. Ces formules ne sont exactes que dans les limites que leur assigne la théorie de l'élasticité; de plus, elles ne sont à prendre en considération que lorsque la longueur de la pièce dépasse 15 fois le diamètre, ce qui pour les étaux essayés n'avait lieu qu'exceptionnellement. Il eut été désirable aussi, pour comparer les résultats d'après ces formules, de n'opérer que sur des étaux ayant tous le même diamètre, ce qui n'est pas possible. Force est donc de se contenter de rapporter la charge de rupture constatée à l'unité de section et d'établir d'après ce module le parallèle entre les diverses essences de bois. Les coefficients de résistance que l'on trouvera aux tableaux doivent donc s'entendre de la résistance à la flexion transversale exprimée en kilogrammes par centimètre carré de section de la pièce comprimée.

En règle générale, on constate une relation inverse entre la résistance ainsi calculée et la longueur des étaux, résultat qui n'a rien de surprenant étant donné la texture non homogène du bois; mais la loi des variations n'est pas susceptible d'être traduite par une formule mathématique. Dans les détails qui vont suivre, on indiquera donc pour chaque essence, les valeurs trouvées pour les différentes longueurs des étaux, et une moyenne générale calculée sans tenir compte de l'influence de la longueur.

ÉTAT DU BOIS	ESSENCES	POIDS DU M ³	CHARGE DE RUPTURE EN KILOG. (1) PAR CENTIMÈTRE CARRÉ										
			1 m.		1m50		2 m.		2m50		Moyenne		
Immédiatement après la coupe Non écorcé	Hêtre	1129,9	233	100	»	»	165	100	»	»	189,6	100	
	Pin	1006,0	185	80	»	»	140,7	84	»	»	155,7	82	
3 mois après la coupe Non écorcé	Acacia	1002,1	»	»	255,1	102	»	»	»	»	»	»	
	Hêtre	1079,2	286,9	100	249,9	100	181,2	100	196,3	100	218,6	100	
	Bouleau	1186,1	282,9	98	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Pin	934,0	237,0	82	177,0	71	167,0	92	148,0	75	173,0	79	
	Chêne	1089,8	221,0	77	153,0	61	170,0	94	142,7	73	164,5	76	
	Mélèze	835,3	203,7	71	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Sapin	831,2	191,7	67	214,6	86	180,4	100	171,3	87	187,5	86	
Charme	1056,0	»	»	211,4	85	»	»	»	»	»	»		
5 mois après la coupe (sec)	Non écorcé	Hêtre	1019,2	295,8	100	253,7	100	229,1	100	207,5	100	237,8	100
		Acacia	911,0	»	»	218,3	86	»	»	»	»	»	»
		Bouleau	1075,0	281,9	95	»	»	»	»	»	»	»	»
		Pin	941,6	267,0	90	178,0	70	171,0	75	110,0	53	161,1	68
		Mélèze	632,5	202,6	68	»	»	»	»	»	»	»	»
	écorcé	Chêne	1028,3	200,0	68	160,8	63	127,5	56	151,5	73	154,3	65
		Sapin	794,2	196,5	66	222,8	88	215,3	94	178,5	86	200,4	85
		Charme	940,5	»	»	199,7	79	»	»	»	»	»	»
		Acacia	780,4	»	»	255,4	129	»	»	»	»	»	»
		Hêtre	855,4	304,2	100	198,3	100	171,7	100	169,6	100	201,6	100
écorcé	Bouleau	802,1	292,7	96	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Pin	645,1	269,0	88	232,0	117	196,0	114	151,0	89	202,0	100	
	Sapin	533,6	253,4	83	258,1	130	245,3	143	204,1	120	234,8	117	

ÉTAT DU BOIS	ESSENCES	POIDS DU M ³	CHARGE DE RUPTURE EN KILOG. PAR CENTIMÈTRE CARRÉ										
			1 m.		1m50		2 m.		2m50		Moyenne		
Après dessiccation en forêt et 3 mois de séjour dans le retour d'air de la mine	Non écorcé	Acacia	849,6	»	»	276,2	109	»	»	»	»	»	»
		Hêtre	890,6	252,2	100	252,0	100	210,1	100	177,8	100	213,1	100
		Chêne	986,6	225,0	89	221,0	87	215,6	103	138,7	78	192,0	90
		Bouleau	940,9	224,2	89	»	»	»	»	»	»	»	»
		Charme	861,8	»	»	225,9	89	»	»	»	»	»	»
		Pin	769,2	214,9	85	212,5	84	211,5	101	168,3	95	193,8	91
		Sapin	736,7	198,2	79	185,3	73	221,3	105	189,8	107	189,1	89
		Mélèze	629,5	180,7	72	»	»	»	»	»	»	»	»
	écorcé	Acacia	838,1	»	»	292,8	112	»	»	»	»	»	»
		Hêtre	801,7	308,7	100	260,6	100	216,8	100	210,7	100	237,9	100
		Charme	794,2	»	»	289,3	111	»	»	»	»	»	»
		Bouleau	782,0	251,1	82	»	»	»	»	»	»	»	»
		Chêne	793,1	237,6	77	230,3	88	206,0	95	127,3	60	186,6	78
		Pin	618,1	243,2	79	247,9	95	233,3	108	160,9	76	213,5	90
Après dessiccation en forêt et 6 mois d'emmagasi-	Non écorcé	Sapin	517,7	211,5	69	244,3	93	185,6	86	181,4	86	211,6	89
		Mélèze	598,7	193,4	63	»	»	»	»	»	»	»	
		Hêtre	921,9	321,9	100	217,7	100	248,7	100	252,8	100	251,4	100
		Acacia	939,1	»	»	213,5	98	»	»	»	»	»	»
		Bouleau	1065,2	279,4	86	»	»	»	»	»	»	»	»
		Chêne	1012,4	227,7	70	164,1	75	136,9	55	151,6	60	160,0	64
		Pin	768,7	250,2	77	197,6	91	184,9	74	150,5	59	191,1	76
		Mélèze	688,3	233,0	72	»	»	»	»	»	»	»	»
		Sapin	633,5	213,7	66	212,2	97	227,7	91	144,6	57	193,7	77

Après dessiccation en forêt et 6 mois de séjour dans le courant d'entrée d'air dans la mine	Non écorcé	Pin	675,4	254,6	93	226,9	120	156,2	74	160,7	90	188,1	90	
		Acacia	859,9	»	»	213,6	113	»	»	»	»	»	»	»
		Bouleau	976,0	277,7	101	»	»	»	»	»	»	»	»	»
		Hêtre	879,7	273,7	100	188,7	100	211,7	100	178,3	100	207,2	100	»
		Chêne	971,2	261,4	96	173,7	96	164,1	78	112,8	63	163,4	80	»
		Mélèze	660,8	244,9	90	»	»	»	»	»	»	»	»	»
		Sapin	654,0	216,5	80	162,2	95	177,9	84	175,7	98	178,9	86	»
	écorcé	Chêne	840,6	331,4	130	179,0	73	202,0	99	151,2	74	205,3	91	»
		Acacia	807,3	»	»	276,9	114	»	»	»	»	»	»	»
		Pin	618,6	318,4	124	226,5	93	178,9	87	160,5	80	204,2	91	»
		Mélèze	602,1	263,6	103	»	»	»	»	»	»	»	»	»
		Sapin	524,8	263,2	103	239,4	98	228,2	111	199,3	98	226,9	101	»
		Hêtre	802,1	255,7	100	243,4	100	204,2	100	202,2	100	223,4	100	»
		Bouleau	797,8	262,1	102	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Après dessiccation en forêt et 6 mois de séjour dans le retour d'air de la mine	Non écorcé	Acacia	833,3	»	»	266,6	181	»	»	»	»	»	»	
		Chêne	975,5	265,4	134	153,3	104	143,7	92	128,3	96	162,2	107	
		Hêtre	830,6	198,5	100	147,2	100	156,2	100	132,7	100	151,9	100	
		Pin	671,9	148,8	75	129,6	88	166,0	106	153,5	116	156,0	103	
		Mélèze	736,7	189,5	95	»	»	»	»	»	»	»	»	
		Sapin	664,2	91,9	46	111,9	76	125,4	80	170,6	121	134,5	88	
		Bouleau	888,6	134,8	68	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Charme	773,5	»	«	96,3	65	»	»	»	»	»	»		
	écorcé	Acacia	783,5	»	»	264,8	138	»	»	»	»	»	»	
		Chêne	771,8	242,6	125	125,1	65	134,7	81	120,8	76	145,9	83	
		Hêtre	740,5	193,6	100	191,1	100	167,0	100	159,8	100	174,3	100	
		Bouleau	768,2	203,7	105	»	»	»	»	»	»	»	»	
		Pin	599,4	195,2	101	138,1	72	134,8	81	75,4	47	122,6	70	
		Mélèze	617,1	155,2	80	»	»	»	»	»	»	»	»	
Sapin		492,2	124,6	64	134,8	71	153,1	91	142,7	89	141,5	81		
Charme	719,0	»	»	119,8	63	»	»	»	»	»	»			

Bois desséchés artificiellement

ÉPOQUE DES ESSAIS	ESSENCES ET LONGUEUR DES ÉTANÇONS	POIDS DU M ³	CHARGE DE RUPTURE EN KG. PAR CM ²	
Immédiatement après la dessiccation	Hêtre (1 ^m 50) Sapin » Acacia » Pin » Chêne » Bouleau (1 ^m 00) Mélèze »	928,4 526,3 823,3 588,0 800,8 845,9 656,9	260,1 241,5 230,5 207,5 200,9 295,1 237,5	10J 93 88 79 77
Après 3 mois d'emmagasinement à la surface	Pin (1 ^m 50) Acacia » Hêtre » Sapin » Chêne » Bouleau (1 ^m 00) Mélèze »	615,9 809,7 776,5 554,1 702,2 764,7 576,1	297,4 295,1 256,0 241,6 154,7 321,9 296,5	116 115 100 94 60
Après 3 mois de séjour dans le courant d'entrée d'air de la mine	Sapin (1 ^m 50) Hêtre » Pin » Acacia » Chêne » Bouleau (1 m.) Mélèze »	570,5 837,6 614,5 844,6 857,0 732,0 571,4	235,3 230,4 201,8 199,8 190,3 278,8 205,8	102 100 88 86 82
Après 3 mois de séjour dans le retour d'air de la mine	Acacia (1 ^m 50) Hêtre » Sapin » Pin » Chêne » Bouleau (1 ^m 00) Mélèze »	847,7 835,0 553,3 615,5 805,3 857,4 588,2	246,2 227,4 224,9 207,4 157,6 241,8 216,5	108 100 99 91 70

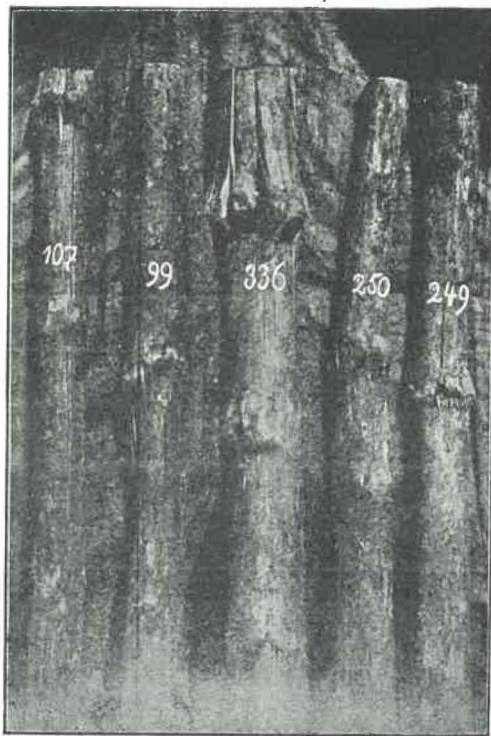
ÉPOQUE DES ESSAIS	ESSENCES ET LONGUEUR DES ÉTANÇONS	POIDS DU M ³	CHARGE DE RUPTURE EN KG. PAR CM ²	
Après 6 mois d'emmagasinement à la surface	Acacia (1m50)	772,1	343,9	106
	Hêtre »	737,0	324,1	100
	Pin »	600,9	283,3	87
	Sapin »	562,6	271,1	83
	Chêne »	787,1	242,9	75
	Bouleau (1m00)	756,8	380,6	
	Mélèze »	559,9	278,4	
Après 6 mois de séjour dans le courant d'entrée d'air	Acacia (1m50)	904,1	337,5	127
	Hêtre »	845,2	264,9	100
	Pin »	614,6	245,1	92
	Chêne »	811,7	240,8	91
	Sapin »	515,5	240,2	90
	Bouleau (1m00)	774,2	309,7	
	Mélèze »	595,2	278,4	
Après 6 mois de séjour dans le retour d'air de la mine	Acacia (1m50)	917,9	364,5	125
	Pin »	654,2	240,7	111
	Hêtre »	740,6	217,8	100
	Sapin »	551,8	216,8	99
	Chêne »	803,6	215,5	98
	Bouleau (1m00)	728,0	245,5	
	Mélèze »	587,6	243,4	

A. — Essences conifères.

1° Pin sylvestre. — La charge de rupture varie suivant les conditions des essais dans les limites suivantes :

Longueur	Minimum	Maximum
1m00	148,8	318,4
1m50	129,6	247,9
2m00	134,8	239,8
2m50	75,4	168,3
En moyenne	122,6	213,5
Bois desséchés artificiellement		
1m50	201,8	297,4

Fig. 2. — Pins.



- Nos 107. Refoulement et fente à la tête (3 mois dans l'entrée d'air).
 99. » et rupture au milieu (3 mois à la surface).
 336. » et fentes à l'endroit d'un nœud (id.)
 250. }
 249. } » à l'endroit d'un nœud (3 mois dans le retour d'air).

Le poids du mètre cube varie, suivant le degré de dessiccation, entre 588 et 1,006 kilog. Les bois bien secs sont supérieurs, au point de vue de la compression, aux bois frais et retenant de la sève; ceux-ci se sont montrés moins résistants même que des étançons qui avaient séjourné six mois dans le retour d'air de la mine.

La charge de rupture a d'abord une tendance à s'élever à mesure que progresse la dessiccation; elle baisse légèrement au onzième mois après la coupe; elle ne subit pas de diminution sensible par un séjour

Fig. 3. — Pins.



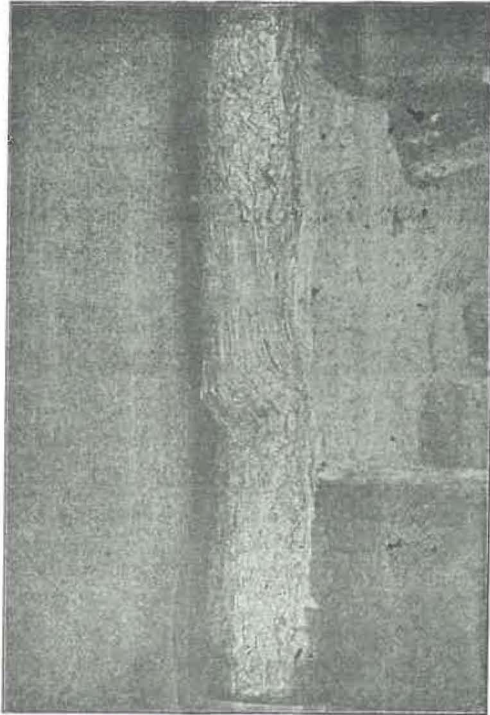
Nos 318.	Cassure nette	(3 mois dans l'entrée d'air).
331.	»	(6 mois id.).
142 et 143	Refoulement de la tête	(3 mois id.).
186 et 23.	Complètement décomposés	(6 mois id.).

de trois mois dans l'air vicié de la mine, mais après six mois elle est réduite de moitié. Les étançons desséchés artificiellement accusent des variations beaucoup moindres dans la résistance.

La façon dont se produit la rupture fournit, quant à l'influence du

mode et de la durée plus ou moins prolongée de l'emmagasinement, des conclusions analogues à celles déduites de la charge de rupture. La cassure à longues fibres et clairement annoncée est le cas le plus général, sauf pour les étauçons ayant séjourné dans l'air vicié (après trois mois, il n'y a plus que 70 au lieu de 90 % de cassures à longues fibres; après six mois, la cassure nette domine (45 %) et les

Fig. 4. — **Mélèze.**



Refolement avec 2 sections de rupture (3 mois au magasin de la surface).

bois ont une tendance à périr par écrasement et par fendillement). L'annonce de la rupture est d'autant plus manifeste que le bois est plus sec; elle est moins accusée après un long emmagasinement, même dans l'air frais, qui permet au bois d'absorber de l'humidité. L'influence de l'air vicié s'est montrée nulle après trois mois, mais après six mois, 30 % des bois essayés se sont rompus sans aucun

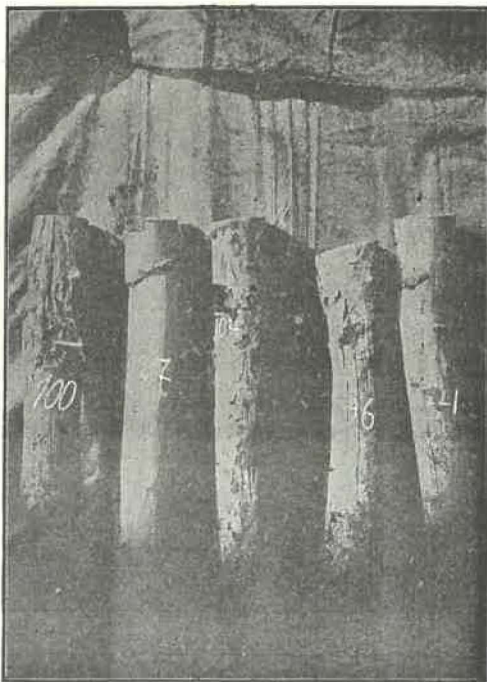
indice préalable. A ce point de vue aussi, les étaçons soumis à la dessiccation artificielle ont une supériorité évidente.

2° **Mélèze.** — Les étaçons de 1 mètre de longueur ont seuls été essayés. La charge de rupture constatée varie pour les bois desséchés naturellement entre 155^k2 et 266^k6 par centimètre carré, et pour les bois desséchés artificiellement entre 205^k8 et 296^k5 par centimètre carré.

En général, ce qui est dit du pin s'applique aussi au mélèze; cependant ce dernier résiste mieux au mauvais air, présente plus de cassures à longues fibres et prévient mieux de la rupture.

Le poids du mètre cube est de 559^k9 à 835^k3.

Fig. 5. — **Mélèzes.**

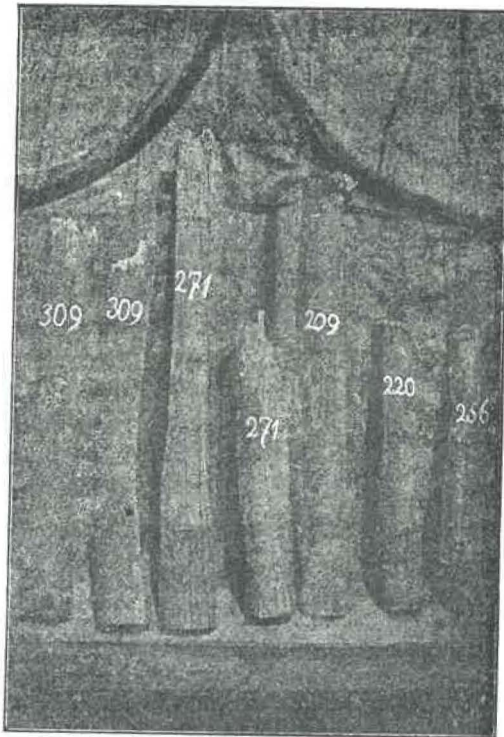


- Nos 100. Fibres détruites par l'altération (6 mois dans le retour d'air);
 96. Id id. (id.).
 27. Refoulement à la tête (6 mois dans l'entrée d'air).
 104. Ecrasement de la tête (6 mois dans le retour d'air).
 41. Refoulement et fente (3 mois à la surface).

3° Sapin (épicéa). — Charges de rupture :

Longueur	Minimum	Maximum
1m00	91,9	263,2
1m50	111,9	259,7
2m00	125,4	266,5
2m50	142,7	206,4
En moyenne .	134,5	238,5
Après dessiccation artificielle. 1m50	216,8	271,1

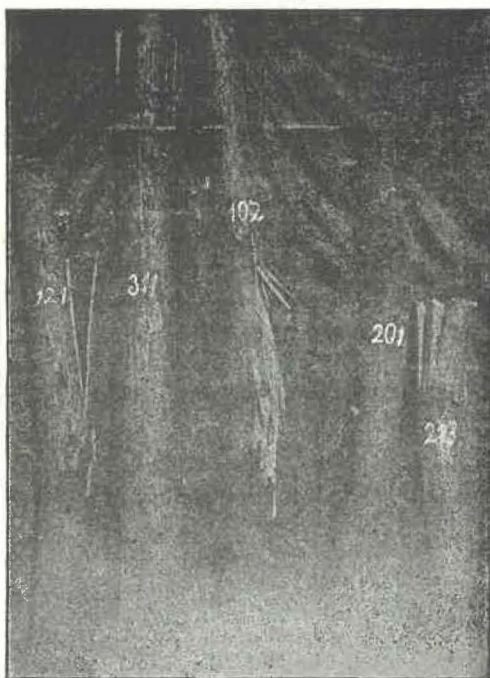
Fig. 6. — Sapins.



- Nos 309 Cassure nette et à l'ongues fibres (6 mois dans l'entrée d'air).
 271. Id id. (6 mois dans le retour d'air).
 209. Ecrasement de la tête (3 mois dans l'entrée d'air).
 220 } Ecrasement de la tête, bois décomposé (3 mois dans le retour
 256 } d'air).

L'avantage d'une bonne dessiccation est encore plus manifeste que pour le pin et le mélèze. Sans parler des étauçons desséchés artificiellement qui ont toujours une supériorité marquée à tous les points de vue, on constate ici que toutes choses égales, les étauçons écorcés et par conséquent plus secs, ont donné dans tous les cas de meilleurs résultats que les pièces non écorcées. Les moins résistants sont ceux qui ont séjourné six mois dans le retour d'air; la plus forte charge

Fig. 7. — Sapins.



- Nos 121. Cassure à longues fibres (3 mois à la surface).
 102. Cassure à très longues fibres (id.).
 213. Refoulement et fentes (id.).
 311. Refoulement et fente à la tête (6 mois dans l'entrée d'air).
 201. Refoulement (3 mois id.).

de rupture est atteinte après dessiccation en forêt et trois mois d'emmagasinement à la surface ou dans l'air frais de la mine. En règle générale, le sapin a montré des propriétés beaucoup plus constantes que les autres essences, ce que l'on peut attribuer à la rectilignité du

fût et à l'absence de nœuds. De plus, la résistance ne diminue pas quand la longueur augmente, au contraire ; cela s'explique, indépendamment des raisons que nous venons de signaler, par ce fait que les étauçons les plus longs et, en même temps, les plus gros ont été pris dans la partie inférieure des troncs naturellement plus résistante que la partie voisine de la cime qui a fourni les étauçons les plus courts et les plus minces.

Aucune autre essence ne fournit autant d'exemples de rupture par écrasement de la tête ; ce phénomène de même que la cassure nette, se manifeste surtout après un séjour dans le courant de retour d'air, et principalement pour les étauçons non écorcés. Ceux-ci, après trois mois dans l'air vicié ne donnent plus que 20 % de cassures à longues fibres, tandis que les étauçons écorcés en fournissent encore 90 % ; mais après six mois on n'en observe plus du tout. Le sapin possède à un très haut degré la propriété de prévenir de la rupture, mais seulement à la condition d'être écorcé, et il la perd dans une certaine mesure par un séjour dans le retour d'air de la mine ; après six mois, il y a 30 % de ruptures sans craquements précurseurs. Les étauçons non écorcés ont donné des résultats bien moins satisfaisants : 30 et 85 % de ruptures sans avertissement, suivant que la durée du séjour dans le retour d'air était de trois ou de six mois.

Le poids spécifique varie de 492^{k2} à 831^{k2} .

Si l'on veut comparer les essences conifères, le pin se montre supérieur au sapin pour les longueurs de 1 mètre et de 1^{m50} ; c'est l'inverse pour les bois de 2 mètres et de 2^{m50} .

D'après les taux de la charge de rupture, ces bois se classent comme suit : mélèze, pin et sapin ; il en est de même au point de vue de la déformation élastique constatée pendant les essais. Les signes précurseurs de la rupture sont les plus manifestes pour le sapin écorcé, puis pour le mélèze et le pin.

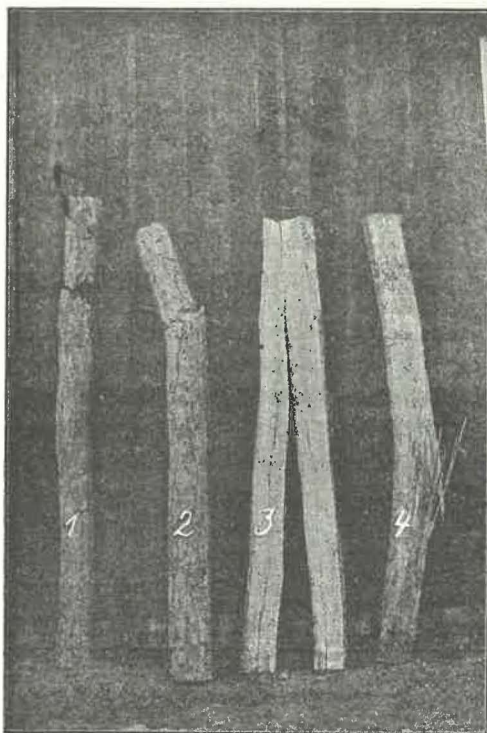
B. — Essences feuillues.

1° **Hêtre.** — On objecte souvent au hêtre, au point de vue de l'emploi dans les mines, qu'il possède une résistance inférieure à celle des résineux, qu'il est cassant et ne prévient pas de la rupture par des craquements. On lui reproche aussi sa grande densité, qui non seulement augmente les frais de transport à la mine, mais rend plus difficiles les manœuvres des pièces dans les travaux souterrains, et enfin principalement, sa tendance à s'altérer rapidement, quelques mois après la coupe, et à perdre notablement de sa résistance.

Les essais de compression ont donné les résultats suivants :

Longueur	Charge de rupture			
	Minimums		Maximums	
1m00	193,6	172,2	321,9	352,2
1m50	191,1	136,6	288,9	283,8
2m00	156,2	121,6	255,5	195,1
2m50	132,7	127,8	252,8	217,4
En moyenne	151,9	137,0	252,4	225,0
Desséchés artificiellement 1m50	217,8		324,1	

Fig. 8. — Hêtres.



- Nos 1 et 2. Cassure nette (3 mois dans le retour d'air).
 3. Fente sur toute la longueur (3 mois à la surface).
 4 Cassure à longues fibres (id.).

Indépendamment des essais faits dans les conditions communes à tous les bois, on a soumis en outre à la compression un certain nombre d'étauçons de hêtre marqués à la hache, condition que la direction des mines de Sarrebrück imposait autrefois dans les

Fig. 9. — Hêtres.



- Nos 424. Cassure à longues fibres (desséché en forêt).
 167. Ecrasement de la tête (3 mois dans le retour d'air).
 11. **Charme**, décomposé (6 mois à la surface).
 8. Refoulement (3 mois id.).
 11. } **Id.** (3 mois à la surface après la dessiccation artificielle).
 13. }

contrats de livraison de bois de mines, et ce sont les résultats des expériences faites sur les étauçons ainsi préparés qui sont résumés par les chiffres de droite des colonnes du petit tableau ci-dessus.

Le poids du mètre cube de hêtre est, suivant l'état d'humidité, de 737 à 1120,9 kilogrammes.

Abstraction faite de cas isolés dus à des défauts dans le bois, la cassure s'est montrée d'autant plus fibreuse, par conséquent plus favorable, que la dessiccation était plus avancée; c'est ce qu'on a constaté le plus nettement avec les étauçons desséchés artificiellement. On peut en dire autant de l'annonce de la rupture; la pression après avoir atteint son maximum, baisse d'autant plus lentement que les fibres de la cassure sont plus longues; cependant, à ce point de vue, le hêtre ne vaut pas le sapin. Huit mois après la coupe, dont trois mois d'emmagasinement à la surface ou dans le courant d'entrée d'air de la mine, on constate encore que les cassures à longues fibres dominant et la cassure nette n'affecte que les couches extérieures de l'arbre; mais dans la suite, se manifeste avec une rapidité surprenante la tendance à casser net et sans indices préalables, et cette tendance est plus prononcée pour les bois écorcés que pour les autres. L'influence de l'exposition dans le retour d'air de la mine est encore plus désastreuse; après trois mois, on a eu 50 % de cassures nettes (40 % pour les bois desséchés artificiellement) et après six mois, tous les étauçons étaient fortement décomposés et ont généralement cassé net.

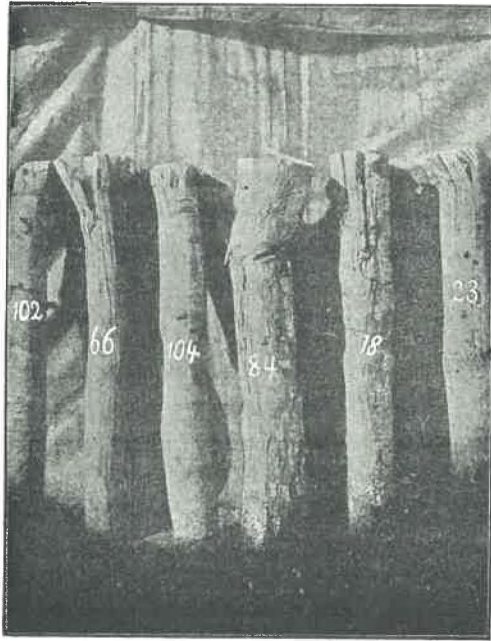
Il est à remarquer que la charge de rupture par compression est loin de se montrer aussi défavorablement affectée par l'influence de l'humidité et de l'altération.

En résumé, les reproches formulés contre le hêtre au point de vue de la résistance à la flexion transversale sont plus ou moins fondés suivant les circonstances. La tendance à l'altération rapide est bien connue, et n'est pas contestée, mais elle peut être combattue par une bonne dessiccation au point que l'on puisse employer dans les tailles, sans danger pour les ouvriers, des étauçons de hêtre, même un an après la coupe. Certains directeurs de mines se sont plaints qu'on fournissait des bois déjà altérés; il suffirait pour que ce fait ne se représente plus d'imposer dans le cahier des charges la condition que le hêtre sera livré écorcé, ce qui diminuerait le poids et serait un garant d'une bonne dessiccation. L'influence pernicieuse de l'air de la mine doit faire interdire l'emploi de cette essence pour le boisage des galeries de longue durée. Cependant, en vue de son application à ce cas, il pourrait être avantageux de conserver le hêtre par des moyens antiseptiques, notamment par le procédé

Hasselmann. C'est ce qu'établiront de plus amples recherches actuellement en cours d'exécution à la mine König.

Le poids spécifique élevé du hêtre est un inconvénient indiscutable ; il n'exclut pas cependant l'emploi de ce bois jusqu'aux longueurs de 2 mètres, quand son bas prix compense les frais de transport plus élevés et qu'il n'y a pas de difficultés spéciales à l'amener aux fronts de taille, difficultés qui résulteraient par exemple de ce que de forts étançons devraient être traînés dans des voies montantes de petite section.

Fig. 10. — **Bouleaux.**



- | | | |
|---------------------|---|--|
| N ^o 102. | } | Ecrasement de la tête par suite de décomposition
(6 mois dans le retour d'air). |
| 66. | | |
| 104. | | |
| 23. | | Ecrasement de la tête par suite de décomposition
(3 mois dans le retour d'air). |
| 84. | | Refolement et fente (3 mois à la surface). |
| 78. | | Fentes multiples à la tête (desséché en forêt). |

2^o **Bouleau.** — Les étançons de 1 mètre de longueur ont seuls été essayés. La charge de rupture pour les bois desséchés en pile à la

manière ordinaire est de 134,8 à 306,7 ; pour les bois desséchés artificiellement, de 245,5 à 380,6. Une diminution notable de la résistance n'a été constatée que pour les étauçons ayant séjourné six mois dans le retour d'air de la mine. Les coefficients relativement élevés peuvent être dus à ce qu'ils ont tous été coupés dans la partie inférieure des troncs, ce qui n'est pas le cas pour les étauçons de 1 mètre des autres essences.

La dessiccation a une influence favorable non seulement sur la résistance à la compression, mais aussi sur la propriété d'annoncer la rupture. A ce point de vue, le bouleau est supérieur au hêtre. L'effet de l'exposition dans le retour d'air est d'autant plus défavorable que le bois est plus humide ; les bois non écorcés sont particulièrement affaiblis, ils périssent par écrasement et sans prévenir du tout. Le bouleau a une tendance très remarquable à se fendre.

3° **Charme.** — On n'a essayé que des étauçons de 1^m50 de longueur et en nombre assez restreint. Ce bois se distingue par une ténacité toute particulière ; il ne donne que des cassures à longues fibres, et il prévient bien de la rupture.

L'influence de l'air de la mine ne s'est pas manifestée après trois mois de séjour, mais après six mois, ses effets sont encore plus pernicieux que sur le hêtre ; la charge de rupture tombe de 289^k3 à 96^k3 par centimètre carré et les bois périssent par cassure nette ou par écrasement.

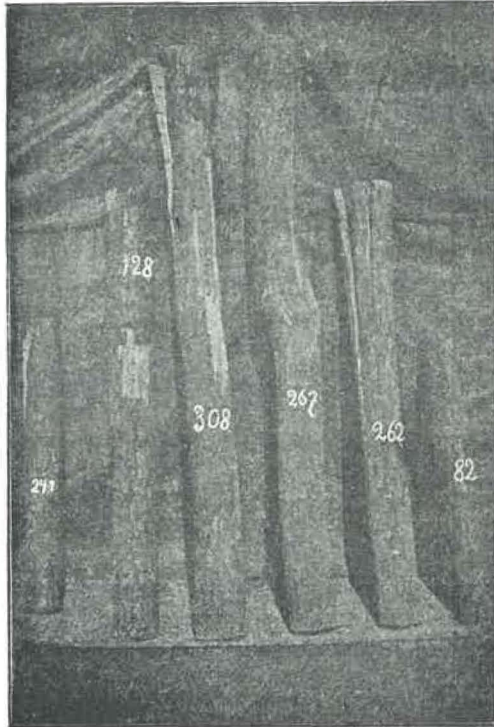
4° **Chêne.** — Charges de rupture :

Longueur	Minimum	Maximum
1 ^m 00	183,2	331,4
1 ^m 50	125,1	230,3
2 ^m 00	127,5	215,6
2 ^m 50	102,0	183,6
En moyenne	145,9	205,3
Après dessiccation artificielle		
1 ^m 50	154,7	242,9

Contrairement à ce qui a été observé pour les autres essences, il n'y a pas de relation entre le degré de dessiccation et la résistance et

les conditions de la rupture. Un séjour de six mois dans le retour d'air n'entraîne pas de diminution sérieuse de la charge de rupture ni des indices précurseurs. Contrairement à ce que l'on croit généralement, le chêne n'a montré, dans ces expériences, au point de vue

Fig. 11. — Chênes.



- Nos 241. Fente de la tête.
 128. Revenu à sa forme primitive après une forte flexion transversale (6 mois dans l'entrée d'air).
 308. Fente de la tête et éclat d'aubier.
 267. Refoulement au milieu (3 mois dans l'entrée d'air).
 262. Fentes nombreuses à la tête (3 mois à la surface).
 82. Cassure nette de l'aubier (3 mois dans l'entrée d'air).

de la charge de rupture par compression, aucune supériorité comparative au hêtre et au sapin. Pour aucun autre bois, l'influence

de la longueur des pièces n'est aussi évidente que pour le chêne, ce qui pourrait être dû à des circonstances secondaires.

Les étauçons de chêne se courbent d'une façon remarquable avant la rupture, sans que cette flexion ait pour corollaire une diminution de la résistance. Des étauçons présentant 0^m40 de flèche et soumis à des efforts de compression alternant avec des repos, ont donné la même charge de rupture que d'autres ; il n'y avait donc pas eu de destruction des fibres, malgré une flexion poussée presque à la limite de la résistance.

Le fait bien connu de la décomposition de l'aubier s'est manifesté dès le huitième mois après la coupe, même dans de bonnes conditions d'emmagasinement, et dès le troisième mois de séjour dans le retour d'air ; l'altération augmente ensuite progressivement et plus ou moins vite, suivant les circonstances. Après six mois dans le retour d'air, la couche d'aubier a donné lieu à une cassure nette, tandis que le cœur du bois était resté parfaitement sain et a éclaté en longues fibres.

Même pour les étauçons les plus longs ou établis sur le banc d'épreuve dans les plus mauvaises conditions, l'augmentation de pression ne se produit que très lentement et la rupture s'annonce bien.

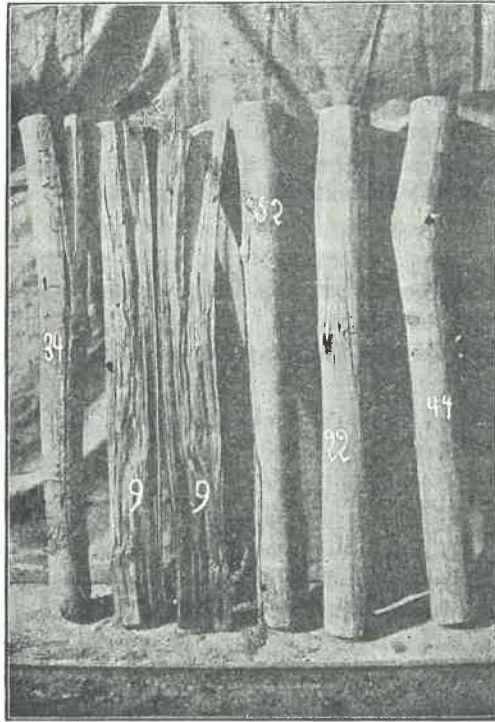
Le poids spécifique a varié de 776,4 à 1,089,8.

5° **Acacia.** — Les étauçons essayés à la mine König ne proviennent pas, comme ceux des autres essences, des forêts domaniales ; ils ont été fournis par M. L. Kausch, marchand de bois à Neunkirchen. Pour une longueur de 1^m50, on a trouvé des charges de rupture de 211,5 à 339,5, pour les étauçons desséchés en piles, et de 199,8 à 364,5 pour les étauçons desséchés artificiellement. Le poids du mètre cube varie de 772,1 à 1002,1 kg. Les bois bien desséchés sont à peine déformés par un séjour dans le retour d'air de la mine ; ils le sont moins que les étauçons de chêne conservés à la surface. Sous une forte pression, les étauçons se courbent très fortement, phénomène constaté également avec le chêne ; ils ont une grande tendance à se fendre (40 % des cas en moyenne) et souvent dans toute leur longueur (15 %) ; la cassure à longues fibres est celle qui se produit le plus fréquemment, et seule, la mince couche d'aubier montre parfois la cassure nette.

Sauf pour les bois qui se fendent subitement sur toute leur longueur et avec un craquement violent, la rupture s'annonce bien surtout pour les étauçons soumis à la dessiccation artificielle.

L'acacia peut donc être considéré comme une essence extrêmement recommandable dans les mines ; il est malheureusement d'un prix aussi élevé que le chêne, et ne pourrait donc être employé avantageusement que dans les galeries où une longue durée est requise.

Fig. 12. — Acacias.



- No 34. Fente (3 mois dans le courant d'entrée d'air).
 52. Refoulement (id. id.).
 22. Cassure à longues fibres (id. id.).
 9 Fente (3 mois à la surface),
 44. Cassure à longues fibres (id. id.).

Au point de vue de la culture, l'acacia présente aussi de grands avantages, du moins dans les climats tempérés et des sols meubles et secs; il croît très rapidement et atteint en 20 ans une hauteur de

20 mètres et un diamètre de 15 à 20 centimètres, ce qui est suffisant pour les bois de mines, mais ensuite il reste stationnaire. Il se reproduit avec la plus grande facilité par semis, drageons ou rejets de la souche; il se contente d'un sol très pauvre qu'il enrichit en azote et en humus par la chute de ses feuilles. Il est insensible aux fumées des établissements industriels et des terrils en feu. Il exige beaucoup de lumière, ce qui diminue le rendement à l'hectare et nécessite des éclaircies fréquentes, mais les produits de celles-ci peuvent trouver emploi comme tuteurs de vigne ou de rosier, ainsi que dans la confection de manches d'outils, de bondes de tonneaux, etc. On reproche aussi à l'acacia l'inconvénient de posséder des épines très gênantes dans la préparation des étauçons et d'être attaqué par les lièvres et les lapins. Si cette essence faisait l'objet d'une culture sur une plus vaste échelle, il en résulterait probablement une diminution du prix, qui actuellement est très élevé par suite de la rareté, et par conséquent, son emploi pourrait se répandre davantage dans les mines. En tout cas, la question des repeuplements d'acacias à des endroits appropriés s'impose à l'attention des propriétaires de forêts, notamment dans les environs des centres industriels et miniers (1).

CONCLUSIONS.

1° Les expériences ne permettent pas de classer d'une façon définitive les diverses essences au point de vue de leur résistance aux efforts de compression, à cause des fortes variations dont elles ont toutes fait preuve et des nombreuses influences en jeu. On peut dire cependant que, pris dans de bonnes conditions d'emmagasinement, le

(1) En annexe à ce rapport est publiée une étude détaillée sur l'acacia par M. SCHENCK, professeur de botanique à l'Université de Darmstadt; celui-ci signale entr'autres qualités de l'acacia sa grande résistance aux agents d'altération; il n'est pas sujet à la vermoulure et se conserve dans la terre; il sera donc appliqué avantageusement dans les pilotis, fondations, travaux hydrauliques, et comme traverses de chemin de fer, planches de bateau, etc. Les troncs de petite dimension et les branches seront utilement employés comme perches à houblon ou à vignoble, dans la confection de chevilles pour les bateaux, avirons, dents de rateau et d'engrenage, rayons de roues, en somme pour tous les petits objets qui exigent une grande ténacité et une grande élasticité. Le pouvoir calorifique de l'acacia est très élevé et supérieur à celui du hêtre. Les planches se distinguent par une maille d'une couleur agréable et conviennent pour les meubles, parquets, etc.

hêtre est un des bois les plus solides et qu'on se fait de la résistance du chêne une opinion exagérée.

2° Une bonne dessiccation, qui exige un marquage et un écorçage en temps utile, augmente la résistance à la compression et aux agents d'altération, la propriété de prévenir avant la rupture et la tendance au fendillement. La diminution de poids se traduit par des frais de transport moins élevés,

3° La texture fibreuse, dont l'indice est la lenteur avec laquelle le manomètre baisse quand la rupture commence, est en général, plus marquée pour les arbres feuillus que pour les conifères, mais pour les premiers, à l'exception du chêne et de l'acacia, elle disparaît plus vite que pour le mélèze et le pin, par l'influence de l'atmosphère de la mine. L'épicea s'est montré peu satisfaisant à ce point de vue.

4° Les essences à bois dur, c'est-à-dire le chêne et surtout l'acacia, sont celles qui résistent le plus longtemps dans l'air de la mine. Les conifères, pins et mélèze, à l'âge où ils atteignent la grosseur voulue pour les étaçons de mines, n'ont pas le cœur suffisamment formé ; ils résistent cependant plus longtemps à la décomposition que le charme, le hêtre et le bouleau. On ne peut toutefois considérer les essences résineuses comme particulièrement propres au soutènement des galeries de longue durée ; elles devraient pour cela être coupées dans un âge plus avancé.

5° L'influence de l'air vicié se manifeste surtout par la tendance à casser net, ensuite par une diminution de la résistance, de la nervosité et des craquements précurseurs de la rupture. Les étaçons de petit diamètre subissent cette influence plus que les gros. L'altération semble souvent progresser à partir des faces d'about ; c'est ce qu'on a constaté surtout pour l'épicea.

6° Par suite des variations dues à l'état d'humidité des bois essayés, on ne peut établir d'une façon exacte quels sont ceux qui préviennent le mieux de la rupture. Pour un même degré de dessiccation, on peut les classer comme suit : épicea, pin, hêtre, charme, bouleau, chêne et acacia. Les craquements sont d'autant plus perceptibles qu'il y a plus de longues fibres dans la cassure.

7° Les bois sains et bien secs manifestent généralement la cassure à longues fibres ; normalement, la section de rupture est au milieu de la pièce, éventuellement à un endroit défectueux ; pour les conifères, c'est principalement aux nœuds. Les arbres feuillus sont moins affectés par les nœuds et par les fentes de retrait que par les tortuosités.

8° Le poids spécifique varie dans de larges limites suivant l'état des bois; toutes conditions égales, les plus lourds sont le hêtre et le bouleau, viennent ensuite le chêne, l'acacia, le charme, le pin, le mélèze, l'épicéa.

9° La partie du tronc dans laquelle sont coupés les étauçons a une influence qu'on a fait ressortir dans quelques cas particuliers, et qui a été exactement déterminée par le professeur Schwappach, mais qui ici a été généralement masquée par d'autres causes d'inégalités dans les bois essayés. Tous ceux-ci provenant d'une même partie de la forêt et d'arbres de même âge, il n'y a pas à considérer l'influence de l'exposition, de l'âge, de la croissance, de la largeur des orbes annuels, etc.

En annexe au mémoire précédent, se trouve reproduit un rapport de la direction des mines royales de Sarrebrück sur des essais pratiques effectués dans quelques mines en vue de comparer la manière dont se comportent les diverses essences dans les galeries de retour d'air.

A la mine *Louisenthal*, les expériences ont porté sur l'acacia, le chêne et les bois résineux. La galerie de retour d'air avait une section de 2 mètres de large sur 2^m20 de haut; il y passait un courant d'air de 4 mètres cubes par seconde; bien qu'ayant circulé sur des travaux en activité, l'air était relativement frais; il ne contenait que 0,1 % de grisou et la température était comprise entre 19 et 22° centigrades. La galerie est en général sèche, elle n'est humide qu'en quelques endroits et sur une petite étendue. On a alterné par passes les cadres des diverses essences qui ont fait l'objet d'une surveillance continue. Les résultats acquis jusqu'ici sont les suivants :

ESSENCE	Nombre d'étauçons		Effort principal ayant provoqué la rupture	Etat et durée des bois rompus
	employés	brisés		
Acacia	341	7 (2,5 o/o)	Flexion transver- sale 3 Pression latérale 4	Tous sains. 5 à 11 mois
Chêne	376	6 (1,6 o/o)	Id. 6	2 bois décomposés. 5 à 12 mois
Bois résineux	398	22 (5,35 o/o)	En partie par flexion transver- sale et par écras- sement, en partie par pression laté- rale.	14 bois décomposés. 4 à 13 mois

Six des acacias rompus étaient très minces et le septième s'est brisé à l'endroit d'un nœud. On peut dire que l'acacia a fait preuve d'autant de résistance que le chêne; il résiste mieux, en particulier, aux pressions des parois; sous l'action de celles-ci, il fléchit fortement sans se rompre. Au point de vue de l'altération, il s'est montré supérieur au chêne; c'est ce qui résulte des indications de la dernière colonne du tableau et plus manifestement encore de l'état des bois non rompus; tous les acacias sont encore sains tandis que la décomposition de l'aubier a commencé chez presque tous les chênes. L'influence de l'écorçage n'a pu être établie; la plupart des bois non écorcés se sont débarassés d'eux-mêmes de leur écorce.

Les résultats les moins satisfaisants sont donnés par les conifères. Bien que l'état de l'atmosphère dans cette galerie ne fût pas plus défavorable que dans la majeure partie des voies d'aérage, il y a eu un grand nombre de ces bois atteints de décomposition.

Dans les mines de Sulzbach et d'Altenwald, on a fait des expériences comparatives sur le sapin et sur le hêtre, imprégnés d'une solution de 4 à 6 % de chlorure de zinc. On a recarré une ancienne galerie de roulage et un travers-bancs servant au retour d'air en établissant les cadres de boisage successivement dans l'ordre suivant: sapin naturel, sapin imprégné, hêtre imprégné; le garnissage s'est fait en demi-rondins de chêne tous imprégnés. Les étançons de hêtre étaient complètement écorcés, les autres pas. On a placé aussi sur deux passes de 50 mètres des cadres en bois de hêtre équarris, les uns imprégnés, les autres pas. Les observations ont duré un an et ne permettent pas encore d'établir un jugement définitif sur l'influence de la conservation par le chlorure de zinc. Les trois essences se sont jusqu'ici bien comportées.

Enfin, on a fait dans ces derniers temps l'essai d'éтанçons en orme à la mine König. La charge de rupture à la compression est assez faible, elle atteint au maximum 200 kilogrammes par centimètre carré et ce bois ne prévient pas très bien de la rupture. Un certain nombre de cadres ont été placés en divers endroits de la mine dans le courant de retour d'air, et toutes réserves faites sur la durée assez courte de l'expérience, l'orme montre peu de tendance à l'altération et paraît convenir parfaitement au soutènement de galeries de longue durée où ne s'exercent pas de trop fortes poussées. Il a comme l'acacia une assez grande élasticité et fléchit fortement avant de rompre. Les étançons essayés provenaient de la France et coûtaient à Neunkirchen 1 $\frac{1}{2}$ fois autant que le chêne ou l'acacia.
