

# LA PRESSION DE GONFLEMENT DU BOIS

par le Prof. Dr. T. PERKITNY,

'Chaire de technologie mécanique du bois  
de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de POZNAN.

## SUMMARY

### THE SWELLING PRESSURE OF WOOD

*If wood is prevented from expanding under the action of humidity, as is the case when used in a construction, an internal pressure develops which is called swelling pressure. Its determination is of practical interest.*

*The author defines the swelling pressure, describes the devices and methods for its measurement, and discusses its variations in terms of the period of immersion of wood in water, of its initial humidity, and of the pre-stressing applied while the wood was dry.*

## RESUMEN

### LA PRESIÓN DE HENCHIMIENTO DE LA MADERA

*Si se impide que la madera aumente de volumen bajo la influencia de la humedad, como así ocurre en las maderas empleadas en la construcción, se desarrolla en su interior una presión denominada presión de henchimiento. Su determinación presenta, como es natural, un gran interés práctico.*

*Después de haber definido la presión de henchimiento y describir los procedimientos y las instalaciones utilizadas, el autor estudia las variaciones en relación con la duración de la inmersión de la madera en el agua, del grado de humedad inicial de la madera y del pretensado ejercido sobre la madera aún seca.*

Le gonflement et le retrait du bois constituent des phénomènes relativement bien connus de la technologie moderne. Pour les bois tropicaux les plus importants, on dispose déjà d'un ensemble considérable de données qui indiquent d'une part, la rétractilité totale des différentes espèces de bois et, d'autre part, ce qu'on appelle la « nervosité » de ces bois.

Cependant toutes les expériences relatives au gonflement du bois publiées jusqu'ici, ont été entreprises sur des échantillons relativement petits dont le gonflement n'est pas entravé et avaient pour but de déterminer l'évolution de ce gonflement « libre » en fonction de la durée d'humidification ou du taux d'humidité du bois.

Mais il faut considérer que, dans la pratique, presque tous les bois employés dans la construction sont mécaniquement empêchés de gonfler.

Cette entrave mécanique peut être provoquée chez la plupart des bois soit par une pression due aux charges qui s'exercent sur eux, soit par fixation rigide à des pièces difficilement extensibles.

Il faut distinguer nettement le gonflement libre de petits échantillons de bois et le gonflement mécaniquement plus ou moins entravé de pièces de construction pour lesquelles, d'une part, le degré de gonflement est moindre et, d'autre part, le bois humide exerce une pression de gonflement appréciable.

Il est donc facile de comprendre que la détermination exacte de cette pression, qui peut se produire dans toutes les constructions en bois, présente un grand intérêt pratique.

C'est pourquoi il est assez curieux de constater que, dans la littérature, on ne trouve que rarement des indications concernant cette pression de gonflement.

Comme l'auteur et ses collaborateurs ont déjà, depuis 1938, entrepris des recherches étendues concernant la pression de gonflement du bois, recherches qui, jusqu'ici, n'ont été publiées que dans les revues allemandes et polonaises, il apparaît utile de présenter les résultats les plus importants de ces re-

cherches aux lecteurs de « Bois et Forêts des Tropiques ».

Les ingénieurs et les techniciens qui utilisent les bois tropicaux s'y intéresseront plus particulièrement,

car ce sont justement les bois tropicaux lourds qui peuvent exercer des pressions de gonflement exceptionnellement élevées, ce qui n'est pas à négliger dans les constructions.

## DÉFINITION DE LA PRESSION DE GONFLEMENT

On entend, en général, par « pression de gonflement » du bois, la pression qu'il faut exercer sur un élément de bois humidifié pour maintenir ses dimensions constantes malgré cette humidification.

Comme les « mesures » d'un élément de bois peuvent être interprétées différemment, différentes définitions concernant la pression de gonflement du bois doivent être considérées :

1<sup>o</sup> la pression de gonflement de la matière ligneuse elle-même, à l'exclusion des pores. Dans la détermination de cette pression, le volume interne de toutes les parois cellulaires contenues dans le bois, devra être maintenu constant, malgré son humidification ;

2<sup>o</sup> la pression de gonflement s'exerçant sur toutes les faces du bois pour la détermination de laquelle, seul le volume externe du bois humidifié devra être maintenu constant ;

3<sup>o</sup> la pression de gonflement s'exerçant dans 2 ou 1 direction pour la détermination de laquelle il suffit de maintenir constantes deux dimensions perpendiculaires entre elles ou même une seule dimension parallèle au sens de la pression exercée par le bois humidifié.

La mesure de la pression de gonflement, très élevée, exercée par la substance ligneuse pure et dépourvue de pores, se heurte à de grandes difficultés expérimentales, car on n'est pas à même d'empêcher le gonflement des parois cellulaires contenues dans la masse même du bois avec les moyens dont on dispose actuellement.

Toutefois, la détermination de cette pression de gonflement qui n'apparaît jamais dans les constructions, n'a qu'une signification limitée et purement théorique et n'intéresse donc pas le praticien.

La détermination de la pression de gonflement s'exerçant dans toutes les directions ou dans 2 directions seulement, se heurte à des difficultés expérimentales moins grandes, mais elle a également une signification pratique limitée, car le bois, incorporé dans les constructions, n'est presque jamais soumis à une contrainte tridimensionnelle et rarement bidimensionnelle.

Il ne reste donc à déterminer, ce qui est facile et pratiquement le plus intéressant, que la pression de gonflement qui apparaît chaque fois que des forces, s'exerçant dans une direction, empêchent un élément de bois humidifié de s'étendre dans la direction opposée à ces forces.

Comme pression de gonflement maximum, directement mesurable, on peut prendre la valeur maximum  $\sigma_x$  d'une contrainte progressive qu'il faut appliquer dans une direction, sur un échantillon initialement sec, pour maintenir constante, malgré l'absorption d'eau, la dimension  $l_0$  mesurée dans le sens de la pression.

De l'avis de l'auteur, la dimension  $l_0$  de l'échantillon doit être maintenue constante à tout prix, c'est-à-dire que le gonflement dans le sens de la pression doit absolument être entravé car, un gonflement libre, même très faible, admis dans la direction de la pression, diminue la pression maximum, d'une quantité minime, il est vrai, mais inconnue.

## PROCÉDÉS ET INSTALLATIONS POUR LA DÉTERMINATION DE LA PRESSION DE GONFLEMENT

Des définitions énumérées plus haut, il ressort que la pression de gonflement maximum bien comprise ne peut jamais être déterminée simplement à l'aide d'un dynamomètre appliqué directement sur l'échantillon.

Tous les dynamomètres, même ceux qui allient une grande sensibilité à de faibles déformations, permettent nécessairement certaines déformations de l'agent de pression, déformations qui croissent elles-mêmes avec la pression et, de ce fait, augmentent d'une façon inconnue la différence entre la pression qu'on aurait dû mesurer et la pression (trop petite) effectivement mesurée.

Se basant sur ces réflexions, on a, en Pologne, déjà mis au point en 1938, un procédé pour la dé-

termination de la pression de gonflement du bois qui, à l'encontre du procédé inventé un peu plus tard par IVANOV (1), tient pour indispensable, un maintien absolu, au 1/100<sup>e</sup> de mm près, de la constance de la dimension de l'échantillon et exclut, de ce fait, la simple application d'un dynamomètre contre l'échantillon.

La détermination de la pression de gonflement du bois, d'après le procédé polonais, peut se faire relativement facilement avec toutes les machines d'essais munies d'un extensomètre réglé à 0,01 ou mieux, munies d'un comparateur placé axialement.

(1) IVANOV Y. M. Measurement of Swelling Pressure of wood. Comp. Wood Vol. 3 1956 S. 91/100.

Fig. 1. — Machine d'essai de 0,5 tonne avec laquelle on peut déterminer la pression de gonflement du bois par le procédé accéléré.

Il suffit pour cela de procéder de la manière suivante :

1<sup>o</sup> mettre en place l'échantillon anhydre dans un récipient d'étain vide, posé sur le plateau inférieur de la machine,

2<sup>o</sup> abaisser avec précaution le plateau supérieur jusqu'à ce qu'on obtienne une pression faible d'environ 0,1 Kg/cm<sup>2</sup> et mettre à 0 un comparateur placé entre les 2 plateaux,

3<sup>o</sup> remplir le récipient avec de l'eau à 20°C et observer attentivement le comparateur,

4<sup>o</sup> après chaque constatation de gonflement de 0,01 mm, ramener immédiatement l'aiguille du comparateur au point 0 par une augmentation correspondante de la pression exercée sur l'échantillon,

5<sup>o</sup> consigner sur un graphique la pression croissante nécessaire au maintien de la dimension de l'échantillon.

Le temps nécessaire à cette expérience est naturellement fonction de la capacité d'absorption d'eau de l'échantillon examiné et varie suivant les différentes espèces de bois dans de très larges limites entre quelques minutes et plusieurs jours.

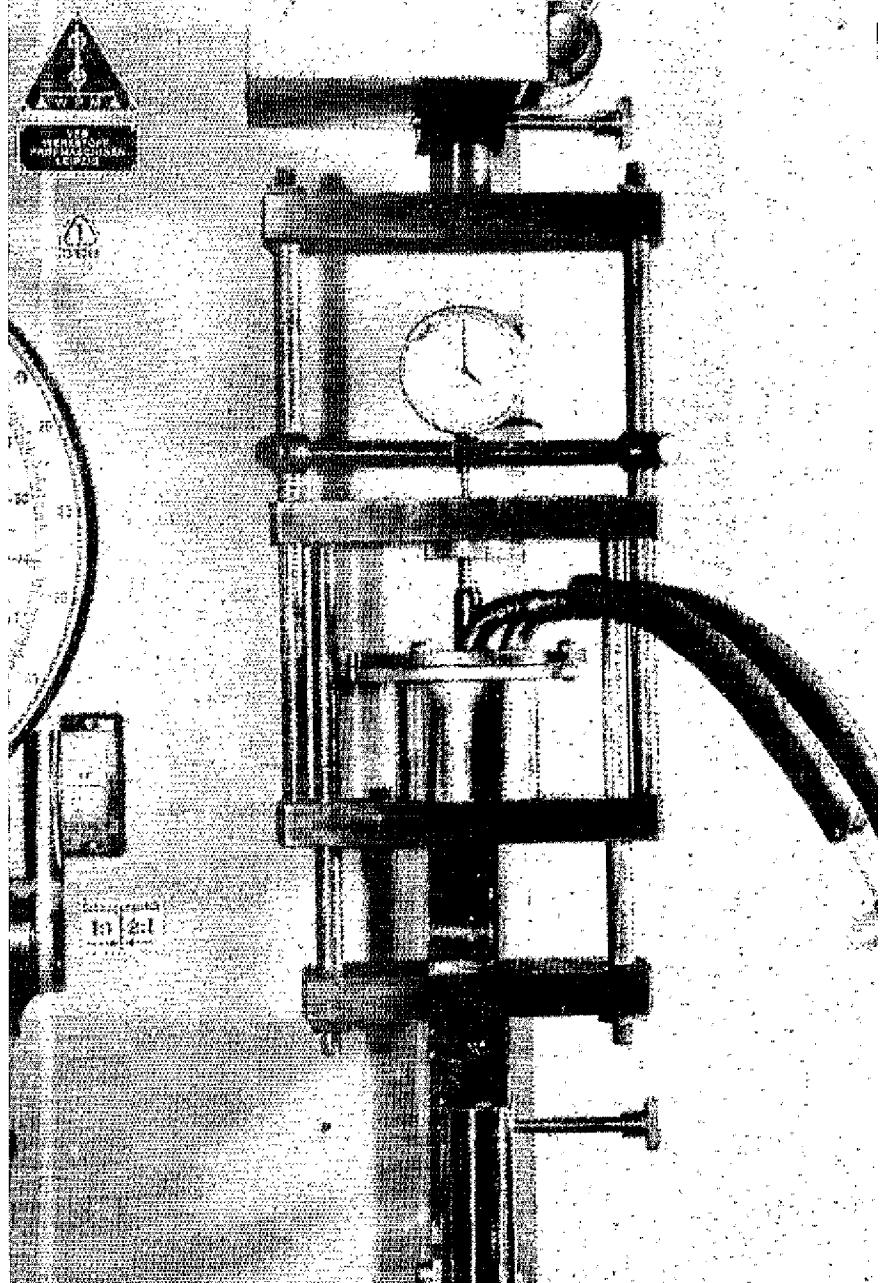
Pour faciliter la surveillance de ces expériences particulièrement longues, on peut évidemment prévoir une automatisation des opérations décrites sous les § 4 et 5.

Dans ce cas, il ne s'agit plus que de mettre l'échantillon dans la machine et de retirer les courbes inscrites automatiquement.

Pour de petits laboratoires qui veulent éviter cette automatisation coûteuse, il a été possible de résoudre le problème de la détermination de la pression de gonflement d'une façon différente.

Se basant sur de longues expériences entreprises par J. STEFANIAK (1), on a pu démontrer que l'absorption d'eau par les échantillons difficilement humidifiables pouvait être accélérée à volonté par le vide; sans pour cela diminuer ou augmenter la pression de gonflement maximum spécifique des bois.

Il suffit donc de soumettre, avant l'absorption d'eau, l'échantillon à étudier, à un vide de 150 mm



de mercure, dans un cylindre métallique, pendant environ 10 minutes, pour ramener la durée de l'expérience, pour la grande majorité des bois tropicaux commerciaux, de plusieurs jours à quelques minutes.

L'appareillage relativement simple nécessaire peut être adjoint à chaque machine ordinaire, comme le montre la fig. 1.

#### AUGMENTATION ET DIMINUTION DE LA PRESSION DE GONFLEMENT EN FONCTION DE LA DURÉE DE L'IMMERSION DU BOIS DANS L'EAU.

Les résultats des essais entrepris avec des échantillons d'aubier de pin mesurant 3 × 3 × 3 cm,

(1) J. STEFANIAK Untersuchungen über Abkürzungsmöglichkeiten der Quellungsdruckbestimmung. Doktor-Dissertation im Druck.

sans vide préalable, sont représentés dans la fig. 2.

Comme, à côté des échantillons comprimés, on a également immergé dans l'eau des échantillons témoins non comprimés, pour la détermination de

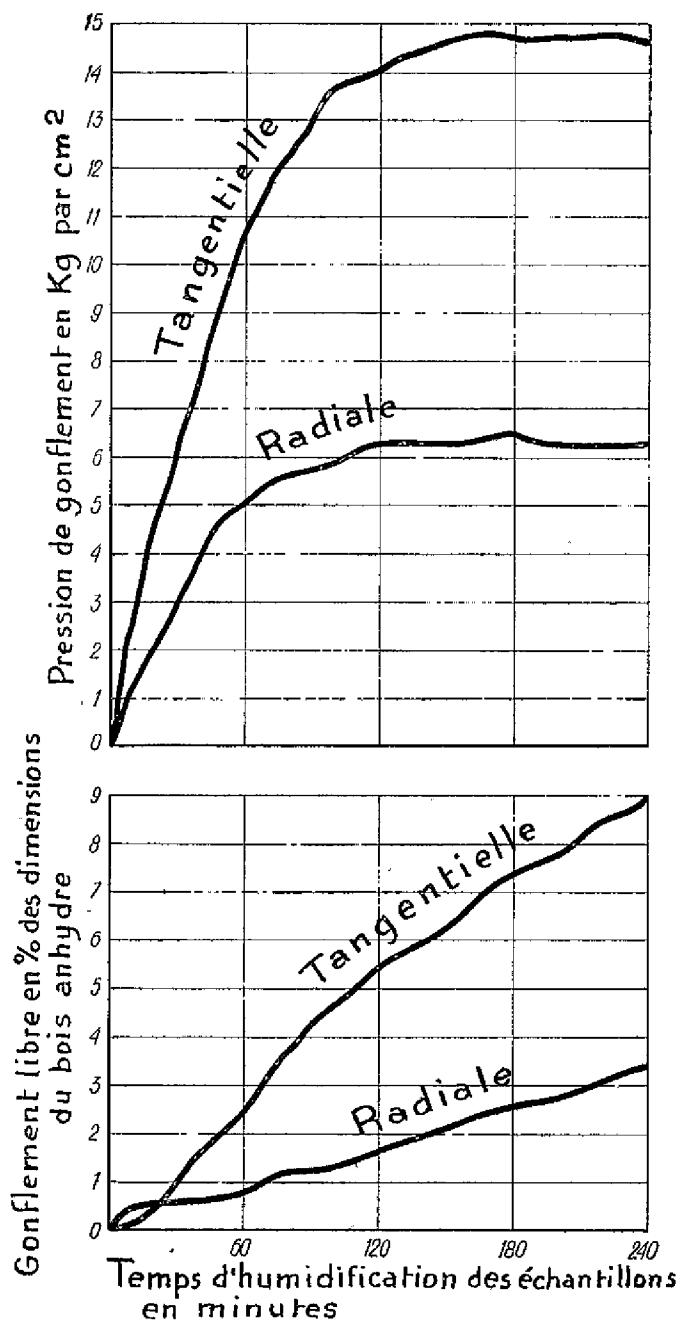


Fig. 2.— Croissance et décroissance de la pression de gonflement d'aubier de pin de dimensions  $3 \times 3 \times 2$  cm en fonction du temps d'humidification.

leur gonflement libre, on a pu faire figurer également la courbe de ce gonflement libre sur la fig. 2.

Les courbes obtenues semblent montrer que le maximum de la pression de gonflement est atteint avant que le gonflement même soit complètement terminé.

Après dépassement de cette valeur maximum, la pression de gonflement de l'échantillon commence à décroître lentement, bien que le gonflement libre

de l'échantillon témoin croisse encore d'une façon notable.

Cet état de fait inattendu peut facilement être expliqué en théorie, mais cela dépasserait le cadre de cet exposé.

#### LA PRESSION DE GONFLEMENT MAXIMUM EN FONCTION DE L'ESPÈCE DE BOIS ET DE SA DENSITÉ ANHYDRE

Les essais ont porté au total sur 24 espèces de bois et ont été faits sur au moins 5 échantillons mesurant  $3 \times 3 \times 2$  cm. Les valeurs moyennes de la pression de gonflement maximum obtenues ainsi que les coefficients de variation correspondants ont été rassemblés dans le tableau 1.

En se basant sur ce tableau, où les espèces de bois ont été classées suivant leur densité anhydre croissante, on peut déduire ce qui suit :

1<sup>o</sup> la pression de gonflement maximum varie, pour les 24 espèces examinées, dans de très larges limites,  $3,1 \text{ kg/cm}^2$  pour le bois de pin, en direction longitudinale, jusqu'à  $76,3 \text{ kg/cm}^2$  pour l'*Afromosia elata*, en direction tangentielle,

2<sup>o</sup> la pression de gonflement maximum perpendiculaire à la fibre est, chez la plupart des espèces, plus grande que celle exercée parallèlement à la fibre. On n'a pu constater d'exception à cette règle que pour le bouleau et en partie pour l'éralbe,

3<sup>o</sup> la pression de gonflement maximum en direction tangentielle est plus grande chez 12 espèces et plus petite chez les 12 autres que la pression de gonflement en direction radiale,

4<sup>o</sup> la pression de gonflement maximum perpendiculaire à la fibre montre un coefficient de variation relativement petit, en moyenne de 8,8 et 8,2 %.

Le coefficient de variation trouvé pour la pression de gonflement parallèlement aux fibres est, par contre, beaucoup plus grand et peut atteindre 46 % avec une valeur moyenne de 22,8 %.

Des résultats ci-dessus exposés, le fait le plus inattendu est que la pression de gonflement maximum d'un grand nombre de feuillus montre des valeurs plus élevées en direction radiale qu'en direction tangentielle.

Pour expliquer ce fait qui, au premier abord, semble incompatible avec l'anisotropie du bois, il suffit de penser qu'un grand pouvoir de gonflement n'est pas obligatoirement identique avec une grande pression de gonflement.

La gélatine qui possède un fort pouvoir de gonflement, sans pour autant être à même de supporter des charges importantes, en est un exemple.

La possibilité pour un corps d'exercer des pressions de gonflement élevées semble plutôt être liée avec sa résistance à la compression, ce qui a pu être prouvé expérimentalement par une corrélation relativement nette entre la pression de gonflement, le

TABLEAU 1. — Pression de gonflement maximum en fonction de l'essence et de sa densité anhydre.  
Moyennes d'au moins 5 mesures sur des échantillons de dimensions  $3 \times 3 \times 2$  cm immersés dans de l'eau à  $20^\circ C$

N°	Essences	Densité anhydre $\text{g/cm}^3$	Pression de gonflement maximum			Coefficient de variation de la pression de gonflement maximum		
			en direction			en direction		
			tangentielle	radiale	longitudinale	tangentielle	radiale	longitudinale
				$\text{kg/cm}^2$			%	
1	Sapin <i>Abies nordmanniana</i> .....	0,450	13,1	9,5	—	3,3	7,4	—
2	Aune <i>Alnus glutinosa</i> .....	0,451	14,0	12,9	11,7	16,4	12,4	15,4
3	Épicéa <i>Picea excelsa</i> .....	0,455	14,9	9,4	4,0	14,1	12,8	40,0
4	Pin de Sibérie <i>Pinus sibirica</i> (Mayr).....	0,480	12,8	8,2	—	6,3	7,3	—
5	Tremble <i>Populus tremula</i> .....	0,490	7,4	7,9	—	0,3	5,1	—
6	Dibérou <i>Lavocat klatineana</i> (Pierre).....	0,500	21,0	25,4	—	13,5	9,3	—
7	Aubier de pin <i>Pinus silvestris</i> .....	0,515	13,2	6,6	3,1	9,1	12,1	29,0
8	Saule <i>Salix viminalis</i> .....	0,516	8,9	13,8	5,5	11,2	8,0	29,1
9	Tilleul <i>Tilia grandifolia</i> .....	0,516	10,7	12,5	5,1	8,4	6,4	25,5
10	Peuplier blanc <i>Populus alba</i> .....	0,530	10,0	9,3	—	9,0	6,5	—
11	Erable <i>Acer platanoides</i> .....	0,549	19,7	28,2	24,4	9,6	10,3	14,3
12	Okoumé <i>Aucoumea klaineana</i> (Pierre).....	0,550	22,0	26,4	—	10,7	9,8	—
13	Chêne pédonculé <i>Quercus pedunculata</i> .....	0,575	23,0	24,2	17,9	16,5	9,1	8,4
14	Douglas <i>Pseudotsuga douglasii</i> .....	0,598	17,3	12,3	3,7	11,6	9,8	46,0
15	Hêtre d'Orient <i>Fagus orientalis</i> (Lip).....	0,610	21,0	18,8	—	4,3	3,7	—
16	Mélèze <i>Larix europaea</i> .....	0,650	20,1	11,2	4,5	8,0	10,7	26,7
17	Noyer <i>Juglans regia</i> .....	0,650	20,0	18,5	—	6,0	6,0	—
18	Erable de montagne <i>Acer montana</i> .....	0,654	17,7	27,3	13,7	7,4	7,7	28,5
19	Bouleau <i>Betula verrucosa</i> .....	0,674	16,4	25,4	33,7	6,1	3,9	9,2
20	Charme <i>Carpinus betulus</i> .....	0,686	42,2	45,4	22,7	9,5	7,0	11,0
21	Frêne <i>Fraxinus excelsior</i> .....	0,715	27,1	26,6	19,0	4,8	6,8	23,2
22	Kokrodou <i>Afromosia elata</i> .....	0,750	71,6	76,3	—	5,9	5,8	—
23	Hêtre <i>Fagus silvatica</i> .....	0,783	32,0	33,8	12,9	14,4	14,8	13,2
24	Eucalyptus <i>Eucalyptus</i> .....	0,860	38,0	34,0	—	4,0	4,4	—
Moyenne.....		—	—	—	—	8,8	8,2	22,8

module d'élasticité et la résistance à la compression de quelques espèces de bois en direction tangentielle et radiale.

Par contre, le fait également inattendu que la pression de gonflement s'exerçant parallèlement aux fibres montre, tantôt des valeurs extrêmement petites, tantôt des valeurs très élevées, doit plutôt être attribué, d'après l'auteur, à des difficultés expérimentales inévitables.

Car, si on sait que le gonflement longitudinal des échantillons est très petit et que le module d'élasticité parallèlement à la fibre est, par contre, très élevé, on peut comprendre facilement que chaque variation, même la plus infime, de

la dimension de l'échantillon à maintenir constante, peut influencer notablement les résultats de l'expérience.

D'après le tableau 1, on peut constater de plus, qu'entre la pression de gonflement maximum des différentes essences et leur densité anhydre, il n'existe qu'une corrélation très lâche.

Les relations existant entre la pression de gonflement maximum et la densité à 15 % d'humidité sont représentées dans les fig. 3 et 4 qui ont été faites d'après les résultats trouvés par J. RACZKOWSKI (1). Les équations de régression calculées par cet auteur sont représentées par des degrés de régression dans les fig. 3 et 4.

### LA PRESSION DE GONFLEMENT MAXIMUM EN FONCTION DES DIMENSIONS ET DE LA FORME DE L'ÉCHANTILLON

Bien que du point de vue purement théorique, la pression de gonflement maximum en  $\text{kg/cm}^2$  ne dépende ni de la dimension de l'échantillon ni de sa forme, il a paru intéressant de déterminer expérimentalement la pression de gonflement de cubes d'aubier de pin de différentes tailles et de prismes d'aubier de pin de différentes hauteurs.

Le résultat de cette expérience est consigné dans les tableaux 2 et 3.

(1) J. RACZKOWSKI : Dawlenjennabuchanija drewiesiny sosny i niekotorych drugich porod. Dissertation 1960 Lenin-grad.

J. RACZKOWSKI : Anizotropia cieśnienia pecznienia drewna Folia Forestalia Polonica Heft 2 (1960).

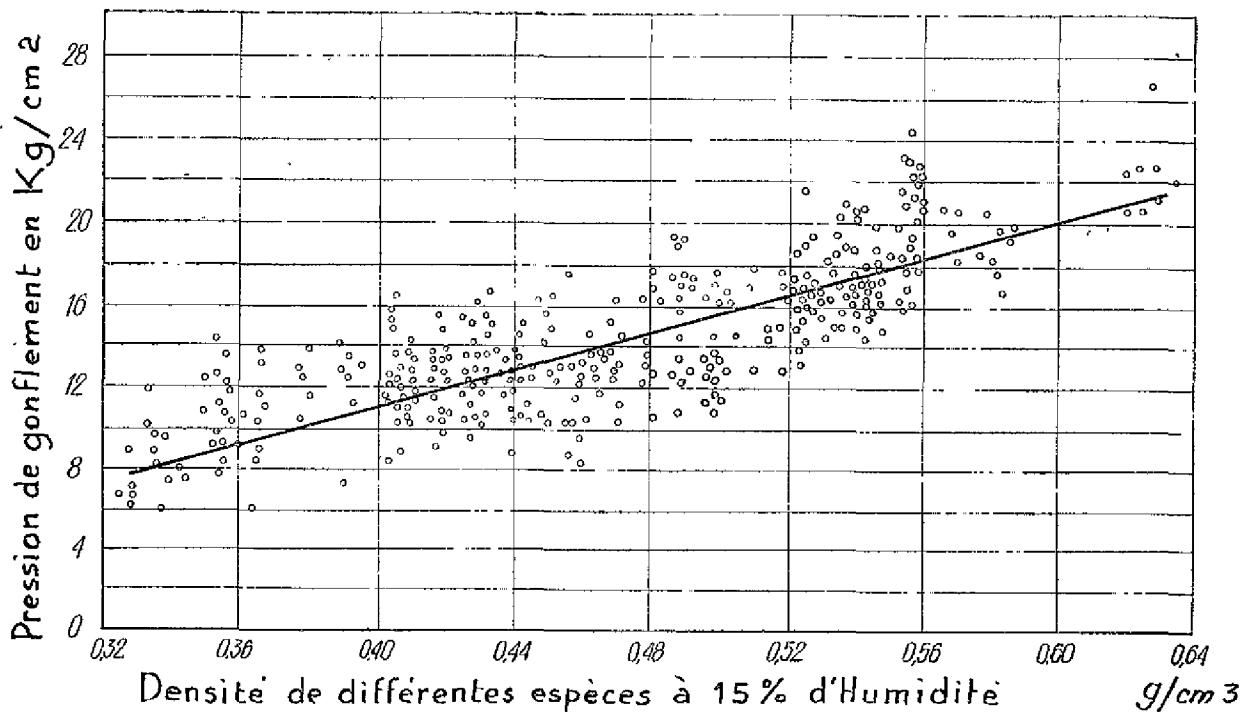


Fig. 3. — Influence de la densité anhydre sur la pression de gonflement maximum en direction tangentielle (d'après J. RACZKOWSKI).

Comme on peut le voir sur le tableau 2, des cubes de 4 cm d'arête ont exercé la pression de gonflement la plus élevée. Le fait qu'un dépassement de cette longueur provoque une diminution de la pression peut être expliqué par l'influence croissante de la courbure des accroissements annuels qui favorise l'éclatement des zones de bois d'été. Par contre, le fait qu'une diminution de cette longueur de 4 cm entraîne des pressions de gonflement moindres pourrait être attribué à une plus grande influence des irrégularités dans la préparation des échantillons.

Quand on sait que, pour une dimension d'échan-

tillon plus petite, la pression à exercer diminue, il est aisément de comprendre qu'une même déviation de la surface de l'échantillon, par rapport à la surface horizontale idéale, entraîne, chez de petits cubes, une plus grande diminution de la pression de gonflement mesurée que chez les cubes plus grands.

Le tableau 2 montre, en outre, qu'en maintenant constante la section transversale de l'échantillon et qu'en augmentant sa hauteur, la pression de gonflement du bois diminue. Comme il était à prévoir à la suite de phénomènes de flambage, cette diminution de la pression n'a pas seulement été cons-

TABLEAU 2. — Influence des dimensions d'échantillons sur la pression de gonflement maximum de l'aubier de pin

Cube à arête variable			Prisme à hauteur variable (1)		
Dimensions en échantillons en cm	Pression de gonflement maximum en kg/cm <sup>2</sup>		Dimensions des échantillons en cm	Pression de gonflement maximum en kg/cm <sup>2</sup>	
	en direction tangentielle	radiale		en direction tangentielle	radiale
1 × 1 × 1	13,1	5,5	1 × 2 × 1	16,8	5,2
2 × 2 × 2	14,4	5,8	2 × 2 × 1	16,7	6,6
3 × 3 × 3	14,7	6,5	3 × 2 × 1	16,2	6,4
4 × 4 × 4	15,2	7,4	4 × 2 × 1	16,2	7,1
5 × 5 × 5	14,5	7,2	5 × 2 × 1	12,5	6,6
6 × 6 × 6	13,9	7,1	6 × 2 × 1	10,8	6,4

(1) L'influence de la hauteur de l'échantillon a été déterminée par J. Raczkowski sur une autre espèce de pin, de sorte que les résultats obtenus par lui ne sont pas directement comparables avec les résultats ci-dessus.

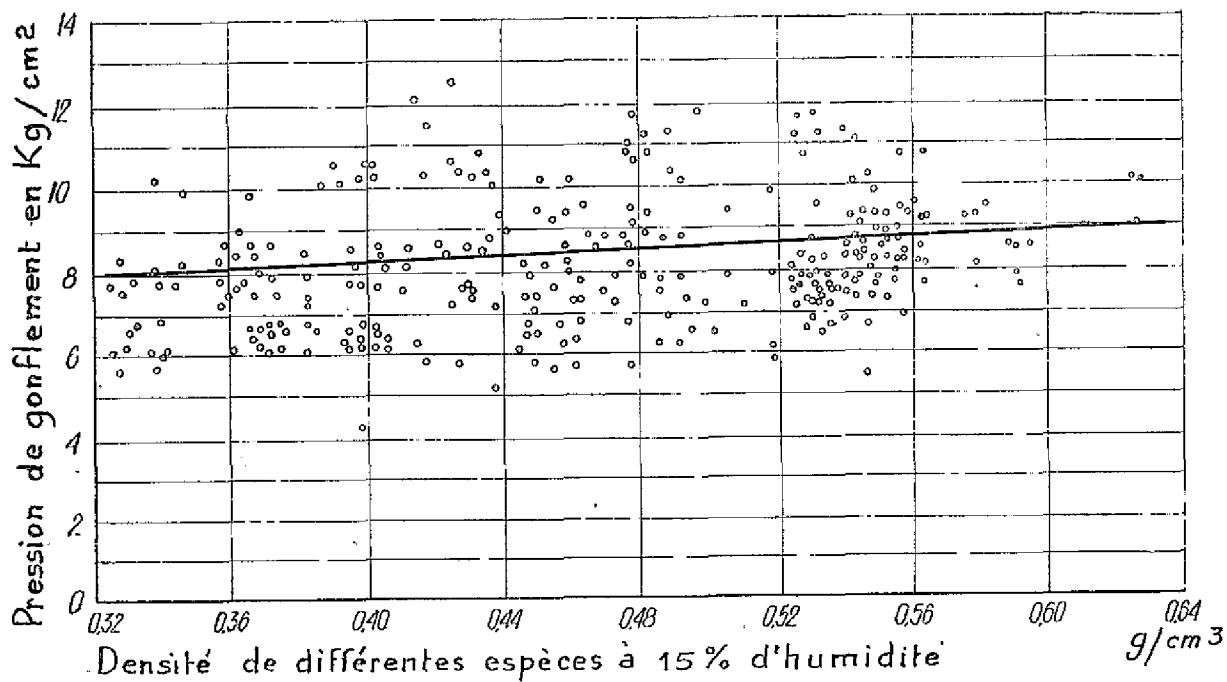


Fig. 4. — Influence de la densité anhydre sur la pression de gonflement maximum en direction radiale (d'après J. RACZKOWSKI).

TABLEAU 3. — Influence de la hauteur cumulée d'échantillons mis bout à bout sur la pression de gonflement maximum d'aubier de pin

Nombre d'échantillons de dimensions $3 \times 3 \times 2$ cm mis bout à bout	Hauteur cumulée en cm.	Pression de gonflement maximum (kg/cm <sup>2</sup> )	
		en direction	
		tangentielle	radiale
1	2	14,5	5,4
2	4	15,9	5,7
3	6	15,9	6,4
4	8	14,9	7,4
5	10	14,3	6,7
6	12	13,8	7,0
7	14	12,8	6,6

#### LA PRESSION DE GONFLEMENT MAXIMUM EN FONCTION DU DEGRÉ D'HUMIDITÉ INITIAL DU BOIS

Le praticien qui n'emploie pas de bois anhydre, mais toujours du bois plus ou moins humide, c'est-à-dire un bois ayant gonflé librement, aimerait savoir jusqu'à quel point la pression de gonflement du bois indiquée dans le tableau 1 est abaissée par l'humidité initiale du bois, ou ce qui revient au même, par un gonflement préalable libre de ce bois.

Pour répondre à cette importante question, on a d'abord testé des échantillons à différents degrés d'humidité de la façon déjà décrite, puis, plus tard,

tatée chez les échantillons en un seul morceau, mais également — comme le montre le tableau 3 — pour les échantillons placés bout à bout.

Il doit être souligné qu'à la suite des phénomènes de flambage mentionnés, ainsi que par suite d'un degré d'humidité au départ plus grand (bois non anhydre), la pression de gonflement n'atteint jamais, dans les constructions en bois, les valeurs indiquées ici.

Se basant sur des essais entrepris dans ce sens, on a pu déterminer qu'une paroi de wagon de marchandise de 30 mm d'épaisseur, faite de planches de pin, avec une augmentation d'humidité de 10 à 30 % ne montrait que des pressions de gonflement de 6,7 kg/cm<sup>2</sup> direction tangentielle et de 3,7 kg/cm<sup>2</sup> en direction radiale.

des échantillons anhydres d'une façon légèrement modifiée pour déterminer la pression de gonflement qu'ils pouvaient encore exercer.

Entre la surface des échantillons anhydres et le plateau supérieur de la machine, on a laissé, avant l'expérience, un intervalle d'épaisseur variable que les échantillons gorgés d'eau ont d'abord rempli par leur gonflement libre, avant de toucher le plateau supérieur et d'y exercer une pression.

Les résultats de ces expériences, représentés dans les fig. 5 et 6, font voir que la pression provoquée

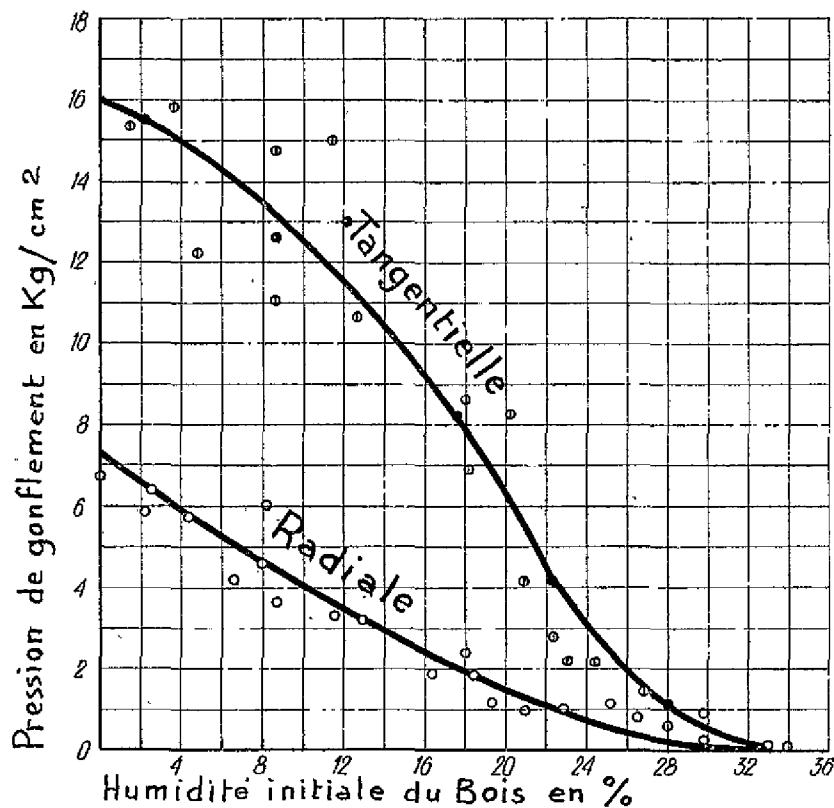


Fig. 5. — Influence de l'humidité initiale du bois sur la pression de gonflement maximum de ce bois

pour leur valeur totale, mais pour environ seulement la moitié de cette valeur.

Mais on ne doit pas oublier que même des pressions de gonflement réduites peuvent monter à 1,5 tonne/dm<sup>2</sup> pour le bouleau et même à 3,5 tonnes/dm<sup>2</sup> pour l'*Afromosia elata*, ce dont il faut tenir compte dans les projets de constructions en bois.

Il faut encore ajouter qu'au cours de quelques expériences ultérieures avec de l'aubier de pin (1), on n'a pas toujours retrouvé la relation, approximativement linéaire de la fig. 5, entre la pression de gonflement et l'humidité initiale du bois. Pour l'humidité initiale de 0, 5, 10 et 15 % on a trouvé, en effet, dans ces expériences, des pressions de gonflement inattendues de 13,2, 12,9, 12,7 et 10,5 kg/cm<sup>2</sup>.

qui montrent que le bois sec à l'air avec une humidité initiale jusqu'à 15 % peut provoquer, dans certaines circonstances, des pressions de gonflement anormalement élevées qui ne s'écartent que peu de la pression de gonflement du bois anhydre. Cette intéressante constatation, c'est-à-dire la diminution rapide de la pression de gonflement uniquement après dépassement de l'humidité initiale de 15 %, devra être éclaircie ultérieurement par des expériences spéciales.

#### LA PRESSION DE GONFLEMENT MAXIMUM EN FONCTION DE LA PRÉCONTRAINTE EXERCÉE SUR LE BOIS ENCORE SEC

Comme le bois employé dans les constructions n'est pas seulement limité dans son gonflement par des scellements rigides, mais aussi très souvent exposé déjà avant l'humidification à une pression (assemblage par vis), il a paru nécessaire d'examiner l'influence de cette précontrainte sur la pression de gonflement que peut encore exercer le bois (malgré la pression initiale).

Les résultats de ces essais, entrepris avec de l'aubier de pin, ont été rassemblés dans le tableau 4.

Comme on peut le voir, les échantillons d'aubier de pin précontraints jusqu'à 10 kg/cm<sup>2</sup> ont pu augmenter la pression après immersion dans l'eau, par suite de phénomènes de gonflement.

(1) T. PERKITNY : Die Druckschwankungen in verschiedenen vorgepressten und dann stark eingeklammerten Holzkörpern. Holz als Roh u. Werkstoff Bd 18 (1960).

TABLEAU 4. — Influence de la précontrainte sur la pression de gonflement maximum en direction tangentielle d'échantillons d'aubier de pin de dimensions  $2 \times 3 \times 3$  cm

Précontrainte avant humidification en $\text{kg/cm}^2$	Humidité initiale du bois				
	0 %	5 %	10 %	15 %	moy.
Pression de gonflement maximum en direction tangentielle					
0	13,2	12,9	12,7	10,5	12,3
5	14,0	17,2	15,6	12,0	14,7
10	16,0	16,3	17,3	12,2	15,4
20	13,0	16,6	18,4	14,5	15,6
30	13,0	20,0	14,0	15,8	15,7
Moyenne .....	13,8	16,8	15,6	13,0	

Par contre, les échantillons précontraints à plus de  $10 \text{ kg/cm}^2$  ne montraient, après immersion dans l'eau et malgré les phénomènes de gonflement corrélatifs, aucune augmentation de la pression mais même une diminution notable de celle-ci.

De plus, le tableau 4 montre qu'après une précontrainte exercée sur le bois encore sec, sa pression de gonflement normale, à l'état libre, augmente dans la plupart des cas. On n'a pas pu constater, dans les expériences faites jusqu'à présent, une corrélation nette entre la grandeur de la précontrainte et l'augmentation de la pression de gonflement normale entraînée par celle-ci.

Des expériences spéciales sont en cours pour interpréter cette corrélation intéressante.

## LA PRESSION NÉCESSAIRE POUR ÉVITER ET ANNULER LE GONFLEMENT

Dans tous les essais décrits jusqu'ici, la dimension de l'échantillon dans le sens de la pression a été maintenue approximativement constante.

Tous gonflements, lisibles au comparateur, même les plus infimes, de 0,01 et même de 0,005 mm, ont été compensés, tout de suite, par une augmentation correspondante, également faible, de la pression.

Des essais spéciaux ont montré que même une augmentation infime des valeurs de gonflement de 0,01 jusqu'à 0,02 mm, d'abord tolérée puis réprimée, modifie sensiblement la courbe de pression de gonflement et accroît son point culminant d'environ 12 %.

En considération de ces faits, on peut évoquer, à côté de la pression normale de gonflement du bois déjà définie, toujours équilibrée par l'énergie de gonflement, deux pressions de gonflement définies autrement, à savoir :

1° la pression  $\sigma'_g$ , nécessaire pour prévenir le gonflement qui doit s'exercer sur un bois anhydre, c'est-à-dire pour maintenir constante sa dimension en direction de la pression, malgré son immersion dans l'eau,

2° la pression  $\sigma''_g$ , annulant le gonflement qui doit s'exercer sur

un échantillon humide, déjà librement gonflé, pour ramener sa dimension en direction de la pression à la valeur initiale de l'échantillon anhydre.

On ne peut entrer ici dans les détails et on se contentera de dire que la pression préventive  $\sigma'_g$ , représente 80 % et que la pression  $\sigma''_g$ , annulant le gonflement, représente environ 190 % de la pression de gonflement normale, indiquée dans le tableau 1.

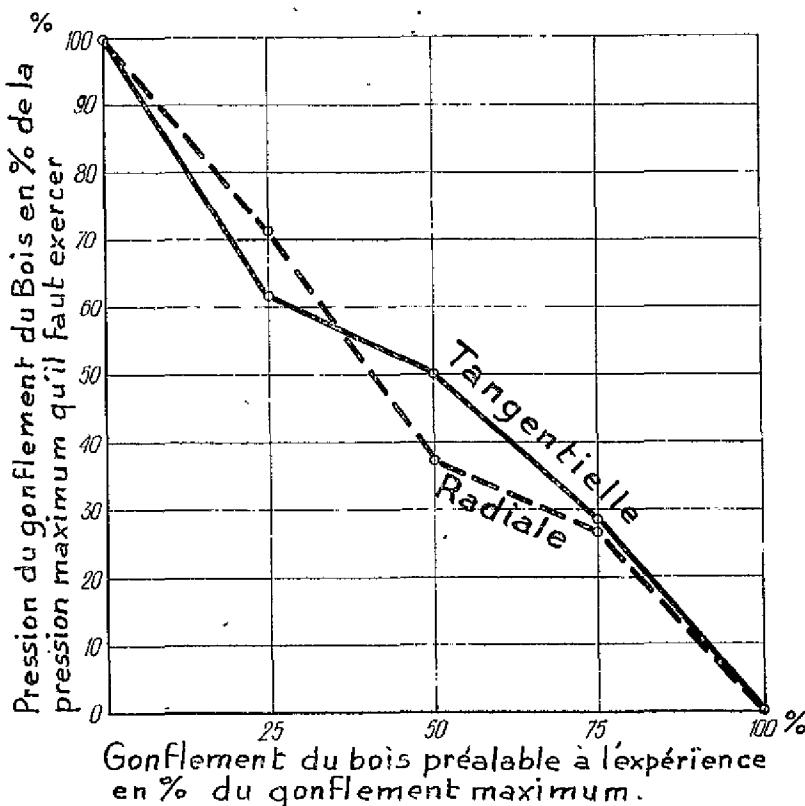


Fig. 6. — Influence d'un gonflement libre préalable sur la pression de gonflement maximum du bois

## LA PRESSION DE GONFLEMENT DU BOIS EN FONCTION DE L'AGENT D'HUMIDIFICATION

Considérant que le gonflement maximum du bois dans l'eau est identique au gonflement maximum du bois dans une atmosphère saturée d'eau, on a opéré, pour gagner du temps, dans tous les essais effectués jusqu'à présent, avec l'eau comme agent d'humidification.

Il y a seulement quelque temps, on a pu faire la constatation inattendue qu'avec l'humidification du bois par l'eau et dans une atmosphère saturée d'eau, les maxima de gonflements étaient identiques, mais pas du tout les maxima de pressions de gonflement.

Des essais entrepris dernièrement ont montré que le bois humidifié par une atmosphère saturée d'eau peut exercer des pressions de gonflement beaucoup plus élevées que le bois qui, suivant les méthodes déjà citées, a été plongé dans l'eau.

Mais, comme ces essais ne sont pas encore tout à fait terminés, on ne peut pas encore donner de détails.

Comme on sait que les constructions en bois sont utilisées bien plus souvent dans l'air humide que dans l'eau, on peut comprendre facilement que ces expériences, non encore terminées, ont une signification pratique particulière.

