

Le cas du mûrier (Morus alba L.) utilisé pour les instruments de musique à caisse arrondie en Iran

Kambiz Pourtahmasi¹, Aida Se Golpayegani²

1 *Assistant professor*, Département des sciences et technologies du bois, Université de Téhéran, Karaj, Iran : email : portahmsi@ut.ac.ir

2 Etudiant en mastère, Département des sciences et technologies du bois, Université de Téhéran, Karaj, Iran

Le Morus alba L. est la principale essence utilisée pour la fabrication des instruments de musique à caisse arrondie en Iran (tar, setar et kamanche). Ses qualités acoustiques remarquables ont toujours été confirmées par les facteurs professionnels mais jamais prouvées par des mesures scientifiques. Cette étude a donc pour objectif d'avoir une meilleure connaissance des caractéristiques acoustiques du Morus alba L. et de trouver des relations possibles entre sa structure anatomique et ses qualités acoustiques.

Pour cette étude, des échantillons de mûrier ont été prélevés dans différents sites iraniens, et un protocole d'analyses anatomiques et d'observations a été établi. Les caractéristiques anatomiques ont été étudiées par microscopie optique et par microscopie électronique à balayage environnemental (ESEM). Les propriétés acoustiques du bois ont été déterminées par analyse de contact et par des mesures d'amortissement. Les paramètres mesurés sont le module d'élasticité, l'amortissement, la célérité du son et la qualité acoustique. L'analyse anatomique met en relief le rôle de la structure du mûrier : sa structure à pores semi-diffus avec un parenchyme axial paratrachéal en fait un bois qui devrait en théorie avoir de bonnes qualités acoustiques. Le résultat des mesures acoustiques montre une similitude évidente entre le Morus alba L. et d'autres essences utilisées pour les guitares et les violons.

Nous observons que les paramètres importants pour l'emploi du Morus alba L. dans la facture instrumentale iranienne sont son faible amortissement (lié à un facteur de qualité plus élevé) et ses cernes de croissance particulièrement étroits.

I Introduction

Au cours des siècles, diverses essences de bois ont été utilisées pour la facture d'instruments de musique du fait de leurs qualités mécaniques et physiques exceptionnelles. Les facteurs ont ainsi évalué empiriquement les qualités sonores de ces bois.

Depuis longtemps en Iran, le bois de *Morus alba L.* (mûrier) est l'essence de prédilection pour la facture des instruments de musique à caisse arrondie (*tar*, *setar* et *kamanche*).

Parmi les trois instruments mentionnés ci-dessus, le *tar* est l'un des instruments les plus importants de la musique persane. Sa forme actuelle remonte au XVIII^e siècle. La caisse à double renflement est creusée dans le bois de mûrier et recouverte d'une fine membrane de peau de mouton tendue. Le manche long et plat comprend entre vingt-cinq et vingt-huit frettes réglables en boyau, et trois cordes doubles (figure 1). L'instrument se joue à l'aide d'un petit plectre de laiton.



Figure 1 : *Tar* confectionné par Monsieur Zare

Pendant plus de 200 ans, les facteurs d'instruments traditionnels ont employé le bois de mûrier pour confectionner les *tars* et autres instruments à caisse arrondie. Nous avons entrepris une vaste étude pour comprendre le bois et la structure de cet important instrument, et présentons ici des données de microstructure et des résultats préliminaires sur les propriétés acoustiques de ce bois.

II Matériaux et méthodes

II.1 Prélèvement et préparation des échantillons

Du point de vue climatique, le mûrier peut pousser du nord au sud de l'Iran, là où il y a de l'eau en quantité suffisante. Pour notre étude, des échantillons de bois ont été prélevés sur des branches de mûrier dans quatre régions (Route de Chalous, Kan, Tarom et Shiraz)

Les échantillons ont été préparés en fonction de l'expérience prévue. Pour la microscopie optique, les échantillons ont été découpés en fragments de 2 x 2 x 2 cm puis les micro-coupes ont été préparées à l'aide du microtome. La préparation des échantillons et la coloration des micro-coupes ont été effectuées selon la méthode décrite par Schweingruber [Schweingrube *et al.* 2006]. De petits copeaux de bois ont été également préparés en vue d'une macération selon la méthode Franklin 1945. Pour l'examen des échantillons par microscopie électronique à balayage environnemental (ESEM), il fallait pratiquer des coupes spécifiques sur échantillons de très petite taille mais pas de métallisation, contrairement à la méthode de microscopie électronique à balayage (MEB). Pour l'analyse par contact direct, des échantillons ont été prélevés sur deux sites (route de Chalous et Shiraz). 6 échantillons par site ont été découpés en fragments de 2 x 2 x 2 cm. Les échantillons ont été laissés au laboratoire le temps d'atteindre une humidité d'équilibre avec l'environnement. Pour la mesure d'amortissement (facteur Q), des échantillons très minces de 150 mm (L) x 8-12 mm (l) et d'une épaisseur < 2 mm ont été préparés.

II. 2 Mesures

Les micro-coupes ont été décrites selon les procédures de l'IAWA (Association internationale des anatomistes du bois), et la longueur et la largeur des fibres provenant de sites différents ont été comparées.

Pour la mesure par contact direct, deux capteurs ont été fixés sur les deux surfaces de chaque échantillon. Avec ces capteurs, le temps de propagation de l'onde sonore d'un côté à l'autre a été acquis (μ s), puis la célérité du son a été calculée à partir des dimensions de l'échantillon et du temps écoulé. Enfin, à partir de la densité de l'échantillon et du degré de célérité du son, le module d'élasticité a été mesuré pour les trois échantillons. Pour les mesures d'amortissement, les échantillons ont été posés sur du fil de soie. La vibration a été produite par un électro-aimant. Avec cette méthode, un capteur laser relié à un oscilloscope capte les signaux au milieu de l'échantillon et les envoie à l'ordinateur, et le logiciel calcule le facteur d'amortissement par la méthode logarithmique [Bremaud 2006].

III. Résultats

Les figures 2 à 4 représentent respectivement les coupes transversale, tangentielle et radiale du bois de mûrier. Le bois est poreux à semi-poreux, les vaisseaux sont en bandes tangentielles selon une disposition radiale à diagonale, pour la plupart regroupés en amas, avec des plaques à perforations simples ; les fibres ont des parois qui vont de fines à très épaisses. Les parenchymes axiaux sont de type vasicentrique et confluent, les cellules de rayons procombantes avec une rangée de cellules marginales dressées et/ou carrées. Les rayons sont plurisériés 10-12 dans la largeur, et la hauteur du rayon dépasse parfois 1mm. Des thylloses ont été trouvées à l'intérieur des vaisseaux.

Les clichés ESEM permettent des vues tridimensionnelles du bois. Les figures 5 et 6 montrent respectivement les clichés 3D et un gros plan de la coupe transversale.

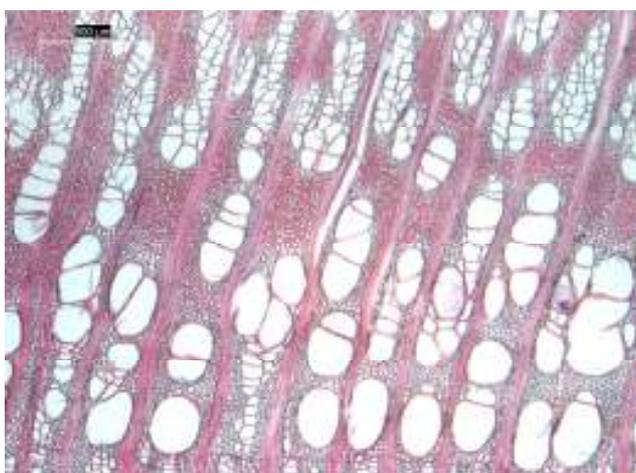


Figure 2 : Coupe transversale de *Morus alba*.

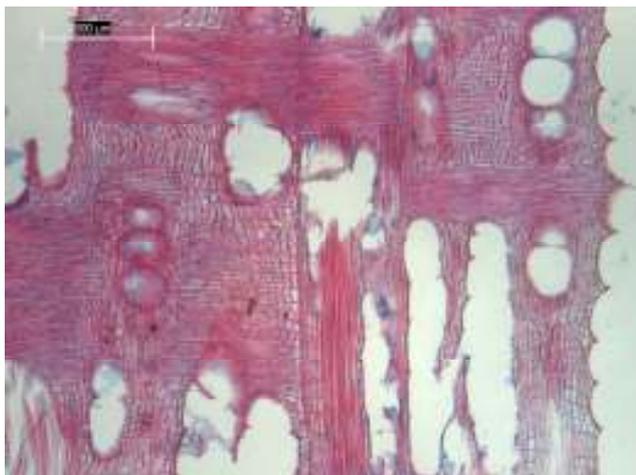


Figure 3. Coupe tangentielle de *Morus alba* L.

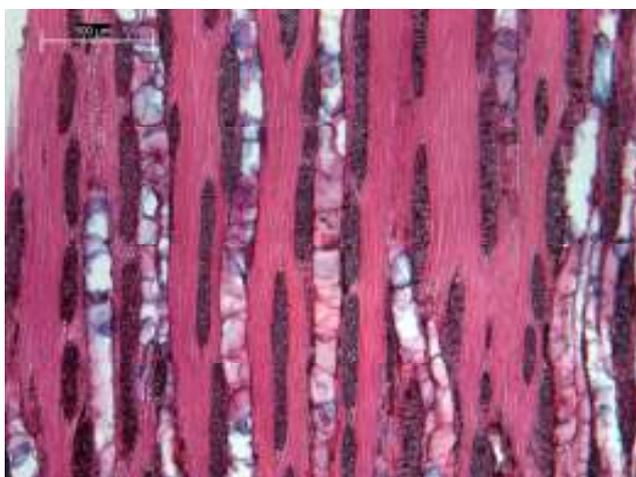


Figure 4. Coupe transversale de *Morus alba* L.

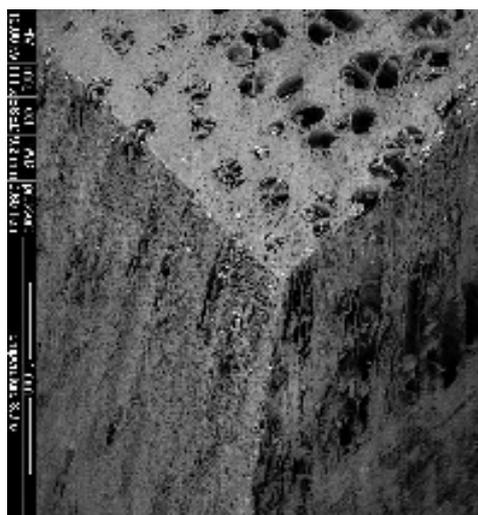


Figure 5 ; Vue 3D de *Morus alba* L.

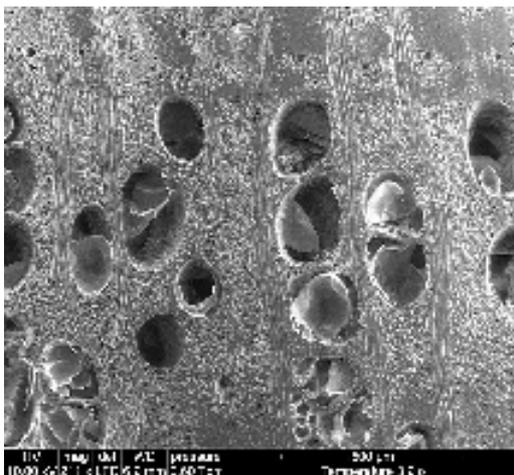


Figure 6. Image ESEM de coupe transversale de *Morus alba* L.

Le tableau 1 montre la longueur des fibres des échantillons prélevés sur quatre sites différents. Les deux sites de région sèche montrent des fibres plus courtes par rapport aux échantillons provenant de régions humides.

. Tableau 1. Longueur des fibres en mm des échantillons de *Morus alba* L. provenant de quatre sites différents.

Route de Chalous	Kan	Tarom	Shiraz	Moyenne
1.098	0.939	1.124	0.926	1.022

Le tableau 2 montre les résultats de l'analyse par contact direct ; C correspond aux échantillons de la Route de Chalous, S aux échantillons de Shiraz.

Tableau 2. Paramètres acoustiques du *Morus alba* L. dérivés par analyse de contact

Echantillons	Densité (kg/m ³)	V _l m/s	V _t m/s	V _r m/s	E _l MPa	E _t MPa	E _r MPa	Qf
C1	599.94	4625.57	1894.74	2535.71	11980.44	2010.2	3600.33	144
C2	568.20	4613.64	1903.77	2496.36	12094.54	2059.36	3540.92	142
C3	563.71	4716.28	1815.88	2523.51	12538.87	1858.81	3589.80	145
C4	576.58	4845.24	1838.86	2519.70	13058.51	1880.87	3531.52	148
C5	557.00	5183.67	1819.01	2490.22	14966.86	1843.00	3454.06	152
C6	553.30	4821.43	1766.67	2556.11	12862.30	1726.00	3615.14	149
S1	681.26	4961.17	1965.18	2448.44	16767.12	2631.01	4084.10	133
S2	652.28	5233.50	1882.73	2419.43	17865.69	2312.11	3818.22	140
S3	613.68	5247.45	2024.46	2426.54	16898.35	2515.16	3613.45	144
S4	668.67	5151.52	1974.66	2438.10	17445.44	2607.36	3974.82	137
S5	681.84	5095.00	1940.28	2427.38	17700.15	2566.96	4017.58	135

Le tableau 3 donne les résultats pour différents paramètres d'amortissement ; les codes des échantillons sont les mêmes que pour le tableau 2.

Tableau 3. Paramètres acoustiques pris en compte dans le calcul du facteur d'amortissement

Échantillons	F ₀ (Hz)	D _f (Hz)	D _f /f ₀	L(moy)	R ²	Amplitude
C1	434	3.3	7.61	7.52	0.990239	506
C2	399	3.1	7.77	6.88	0.996227	560
C3	399	3.3	8.27	8.53	0.996795	543
S1	461	3.1	6.72	6.67	0.99798	380
S2	618	4	6.47	5.67	0.999093	182
S3	627	4.2	6.69	6.32	0.999527	170

IV Discussion

IV.1 Comparaison des paramètres acoustiques du *Morus alba* avec ceux de deux essences couramment utilisées

Dans le tableau 4, le facteur Q du bois de mûrier a été comparé au facteur Q de l'érable et de l'épicéa (Narducci & Pasqualini, 1948), qui sont couramment employés pour la facture de guitares et de violons.

Tableau 4. Comparaison des paramètres acoustiques du mûrier, de l'érable et de l'épicéa

Essence	no	Densité (kg/m ³)	Facteur Q	Origine du bois
Épicéa	1	460	125	Italie
	2	410	125	Italie
	3	415	135	Italie
	4	440	130	Tyrol
	5	450	115	Tyrol
	6	450	95	Italie
Érable	1	720	80	Italie
	2	665	105	Italie
	3	785	80	France
Mûrier	1	600	144	Iran
	2	568	142	Iran
	3	564	145	Iran
	4	577	148	Iran
	5	557	152	Iran
	6	553.30	149	Iran

Concernant le facteur d'amortissement, deux paramètres sont généralement pris en compte pour représenter l'effet d'amortissement du son dans un bois : le coefficient d'amortissement à partir du décrétement logarithmique et le facteur d'amortissement. Il a été établi que plus le facteur d'amortissement est élevé, plus l'amortissement d'onde dans le bois est faible. Si l'on considère ce fait et que l'on compare le coefficient d'amortissement calculé pour le bois de mûrier à celui d'autres essences couramment employées pour les caisses de résonance des violons (Haines, 1979), la ressemblance est évidente (tableau 5). Du fait de ses cernes de croissance étroits et de son facteur Q plus élevé, le *Morus alba* montre un faible amortissement, ce qui explique en grande partie pourquoi il représente l'essence de prédilection pour la facture des instruments de musique iraniens à caisse arrondie.

Tableau 5. Comparaison du $\tan(\delta)$ chez différents *Acer* et le *Morus alba*

Essence	$\tan(\delta)$
<i>Acer platanoide</i>	6.1
<i>Acer saccharinum</i>	6.7
<i>Acer pseudoplatanus</i>	7
<i>Morus alba</i>	6.56

IV. 2 Eléments anatomiques du *Morus alba* et leur rapport avec la qualité du son

De nombreux auteurs [Brancheriau *et al.* 2006] ont mentionné dans leurs résultats que les éléments de vaisseau ne favorisent pas les qualités acoustiques du bois. Nous avons toutefois constaté ici que le bois de mûrier est constitué de nombreux vaisseaux. Le point-clé, dans cette structure, est l'existence de cellules de parenchyme axiales vasocentriques qui entourent les systèmes de vaisseaux pour les maintenir dans une structure fermée. Cela corrobore Brancheriau *et al.*, 2006, qui indique que les cellules de parenchyme axial contribuent sensiblement à améliorer la qualité acoustique des bois. Il convient de signaler que les cellules de parenchyme axial qui coïncident avec les vaisseaux auront un effet beaucoup plus positif que le parenchyme axial apotrachéal.

Le pourcentage élevé de fibres dans la structure, conjugué à la longueur des fibres et à la bonne épaisseur des parois cellulaires, indique une excellente capacité de déplacement du son dans ce bois.

V. Conclusions

Le principal objet de cette communication est de mettre en relief l'importance du bois de mûrier pour la facture des instruments de musique iraniens. Les résultats de l'étude de ses propriétés acoustiques en sont encore au stade préliminaire.

Si nous revenons à la figure 1, nous remarquons la forme singulière de l'instrument et le très bel aspect du bois de mûrier. En réalité, le facteur professionnel - Monsieur Zare - a élu le mélange d'aubier et de duramen (« bois de cœur ») que montre le cliché, à des fins purement esthétiques, choix qu'il n'aurait jamais fait pour la facture d'un *tar* de grande qualité doté d'une belle sonorité ! Il s'agit là d'un simple exemple du fait que les facteurs professionnels, sans connaître dans le détail les propriétés acoustiques de l'aubier et du duramen, évitent d'employer l'aubier pour les instruments de qualité. Mais aujourd'hui, nous devons assurer un bon échange d'informations entre chercheurs et facteurs d'instruments, qui ne peut être que fructueux pour les deux parties !

Nous poursuivons cette étude, et fournirons bientôt des résultats et une réflexion plus élaborés.

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon très cher ami Monsieur Zare, facteur professionnel d'instruments de musique iraniens. Il a toujours trouvé du temps pour discuter avec moi des questions de bois et d'acoustique. Je dois également remercier le professeur Joseph Gril et le professeur Achim Bräuning qui m'ont ouvert les portes, respectivement, du laboratoire de LMCG de l'Université et du laboratoire d'anatomie du bois de l'Université d'Erlangen-Nuremberg. Enfin, tous mes remerciements s'adressent à Eric de Visscher et Stéphane Vaiedelich de la Cité de la Musique, qui m'ont donné la possibilité de présenter mes premiers résultats.

Bibliographie

- [1] Barducci, I, et al., « Misura dell'attrito interno e delle costanti elastiche del legno », *Nuovo Vimento*, vol. I(5), 1948, p. 416-466.
- [2] Brancheriau, Loic, et al., « Key signal and wood anatomy parameters related to the acoustic quality of wood for xylophone-type percussion instruments », *JOURNAL OF WOOD SCIENCE*, vol. 52, 2006, p. 270-273.
- [3] Franklin, G.L, « Preparation of Thin Sections of Synthetic Resins and Wood-Resin Composites, and a New Macerating Method for Wood », *Nature journal*, vol. 155:51, 1945, p. 51.
- [4] Haines, D., « On Musical instrument wood I », *Catgut Acoust. Soc. Newslett.*, no. 31, 1979, p. 23-32.
- [5] Schweingruber, Fritz H., Börner, Annett., Schulze, Ernst-Detlef, *Atlas of Woody Plant Stems: Evolution, Structure, and Environmental Modifications*, 1st ed, Springer, 2006.

Biographie

Kambiz Pourtahmasi est professeur assistant à la faculté de ressources naturelles de Téhéran. Docteur en science et technologie du bois, de l'Université de Téhéran (thèse soutenue en 2002), il travaille principalement sur l'anatomie du bois, la dendrochronologie et la modélisation statistique des productions forestières. Récemment, il s'est intéressé plus particulièrement aux propriétés anatomiques du Murier, bois utilisé pour la fabrication d'instruments traditionnels en Iran.

Droits des photographies : Kambiz Pourtahmasi © The University of Tehran.