

Vers des Revêtements Durables : Les Terpènes du Bois comme Alternative aux Dérivés Pétrochimiques

Maylis Carrère

Vous pouvez consulter l'article [ici](#) [1]

Face aux crises mondiales, telles que la pandémie de Covid-19, la recherche de solutions respectueuses de l'environnement s'intensifie, en particulier pour les industries fortement dépendantes des produits pétrochimiques, comme celle des revêtements pour le bois. Matériau naturel, le bois est prisé pour sa résistance thermique, sa capacité d'isolation et sa contribution au stockage du carbone. Ces qualités en font un choix de premier plan dans le secteur de la construction durable. Cependant, pour préserver ses performances et prolonger sa durabilité face aux agressions extérieures, une protection efficace est indispensable.

Les revêtements, essentiels pour protéger le bois des intempéries et des micro-organismes, reposent encore largement sur des composés issus de la pétrochimie, entraînant une empreinte environnementale significative. Substituer ces solvants pétrochimiques par de l'eau et intégrer des monomères biosourcés constitue une piste prometteuse pour réduire cet impact.

Cette étude explore le potentiel des terpènes, des composés naturellement présents dans le bois et les résidus forestiers, pour développer des revêtements à base d'eau sous forme de latex. En valorisant ces ressources renouvelables, ce projet propose des alternatives locales et durables, tout en introduisant une approche novatrice dans le domaine des revêtements extérieurs.

Pourquoi les terpènes?

Les terpènes, molécules issues de la valorisation des résidus forestiers, possèdent plusieurs propriétés intéressantes pour la préparation de revêtements extérieurs, notamment leur capacité à être transformés en (méth)acrylates. De plus, ils offrent des propriétés antifongiques et antibactériennes [2], idéales pour la protection extérieure du bois. La Figure 1 illustre le processus, allant de l'extraction des terpènes leur fonctionnalisation.

Dans cette étude, l'isobornyl méthacrylate (IBOMA) et le tétrahydrogéraniol acrylate (THGA) ont été sélectionnés pour leur potentiel à former des films protecteurs efficaces. L'IBOMA est un monomère disponible commercialement alors que le THGA a été synthétisé en laboratoire.

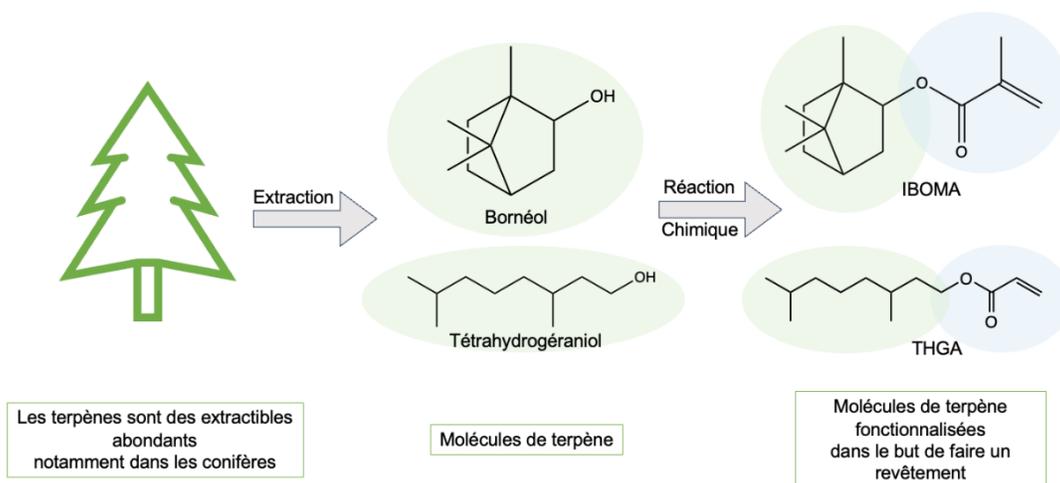


Figure 1 : De l'extraction des terpènes aux monomères fonctionnalisés

Comment transforme-t-on les terpènes en revêtements?

Dans cette étude, le choix s'est porté sur un revêtement à base d'eau, reconnu pour son faible impact environnemental, notamment grâce à des émissions réduites de composés organiques volatils (COV) par rapport aux revêtements à base de solvants [3]. La fabrication d'un tel revêtement repose sur la production d'un système de latex ou dispersion aqueuse. Pour y parvenir, la polymérisation en miniémulsion a été retenue. Cette technique est particulièrement adaptée aux molécules hydrophobes, telles que l'isobornyl méthacrylate (IBOMA), car elle facilite leur incorporation efficace dans la matrice de latex [4]. La Figure 2 illustre le procédé de synthèse des latex utilisés dans le cadre de cette recherche, mettant en évidence les différentes étapes clés de la polymérisation.

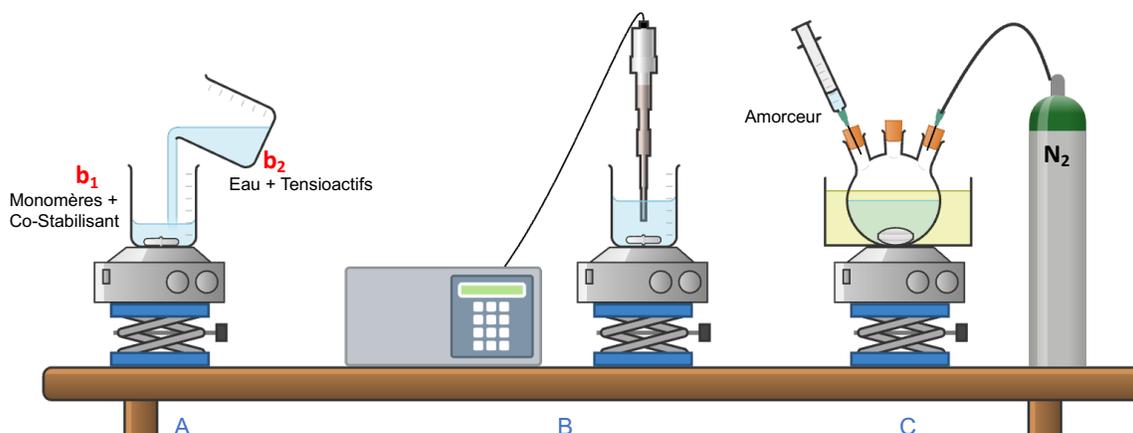


Figure 2 : Procédés de polymérisation en miniémulsion. A - Mélange des différents composants. B - Utilisation de la sonde ultrasons pour disperser et former les gouttelettes. C- Ajout de l'amorceur pour polymériser les gouttelettes.

Dans cette étude, trois types de latex ont été synthétisés : un conventionnel (à base de composés pétrochimiques), un semi-biosourcé (mélange de pétrochimique et de biosourcé, noté SB, contenant de l'IBOMA ou du THGA) et un hautement biosourcé (84 % de monomères biosourcés contenant l'IBOMA et le THGA, noté HBio). Ces différents types de latex permettent de tester l'efficacité des terpènes modifiés en comparaison avec les matériaux pétrochimiques traditionnels. Afin de former des films, les latex sont séchés dans des moules en silicone.

Performances des films biosourcés

Cette étude a évalué plusieurs caractéristiques importantes pour des revêtements extérieurs :

1. **Transparence** : Pour un rendu visuel optimal, les films doivent rester transparents. Les films biosourcés ont montré une transparence supérieure à 80 % (pour une épaisseur de 300 µm), comparable à celle des films pétrochimiques conventionnels. La Figure 3 montre les résultats de cette analyse réalisée par spectroscopie UV-visible.

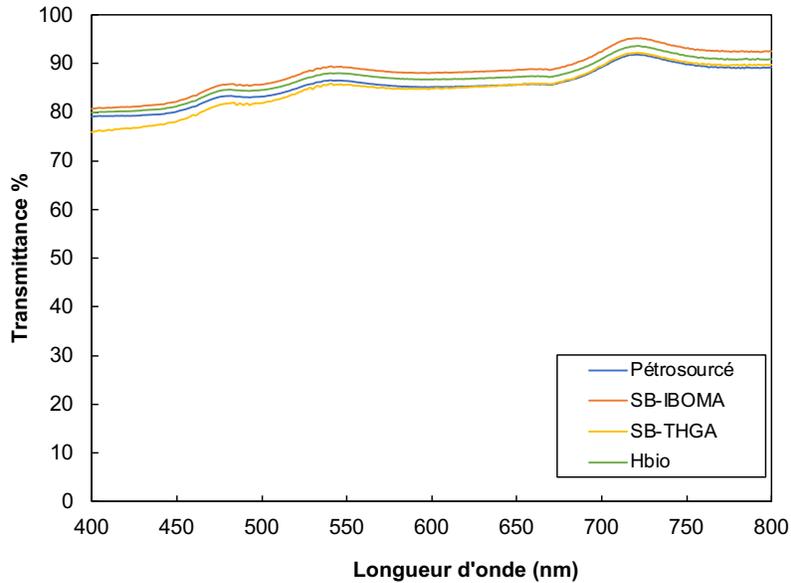


Figure 3 : Analyse de transparence des films

2. **Résistance au blanchiment par l'eau** : Les films biosourcés ont tendance à blanchir au contact de l'eau, ce qui peut poser un problème pour l'esthétique de la finition. La Figure 4 présente cette analyse. Les films ont été immergés dans l'eau pendant 1 h puis pendant 24 h. La transmission a ensuite été mesurée. Ce blanchiment est plus prononcé pour les films à faible température de transition vitreuse (T_g), un paramètre lié à la flexibilité du film. Des ajustements pourraient améliorer cette propriété, notamment sur le film Hbio. À cet effet, un réajustement des proportions de monomères pourrait être envisagé.

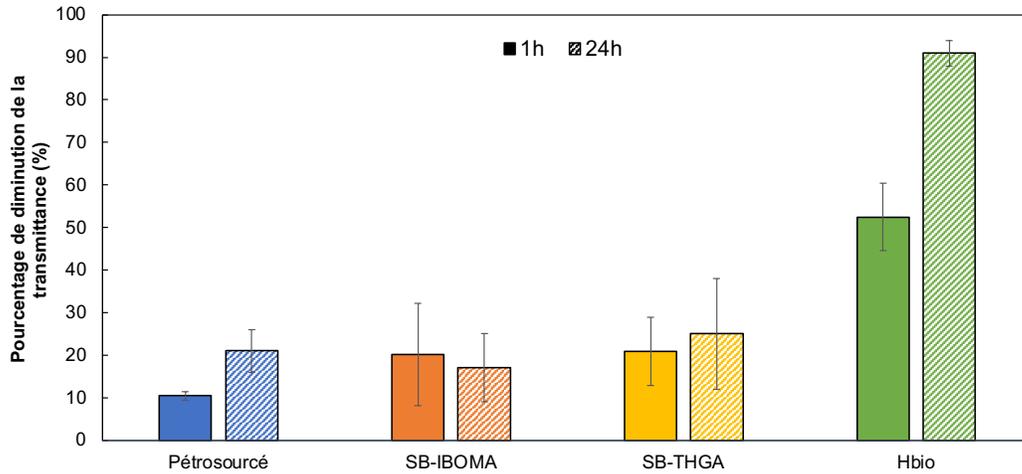


Figure 4 : Essai de blanchiment après 1h d'immersion et 24h d'immersion dans l'eau

3. **Dureté** : L'essai de dureté, présenté à la Figure 5, montre que les films biosourcés sont généralement plus souples que leurs équivalents pétrochimiques. Dans cet essai, le nombre d'oscillations reflète la dureté du revêtement : plus le nombre d'oscillations est élevé, plus le revêtement est considéré comme « dur ». Bien que cette souplesse soit intéressante pour une application extérieure, elle pourrait rendre les films moins durables à long terme. En effet, le film Hbio est resté collant, ce qui indique une faible dureté. Cette propriété n'est pas souhaitée car étant collant il a tendance à attirer plus facilement les salissures et la poussière. Là encore, un réajustement des proportions de monomères pourrait permettre d'optimiser les performances.

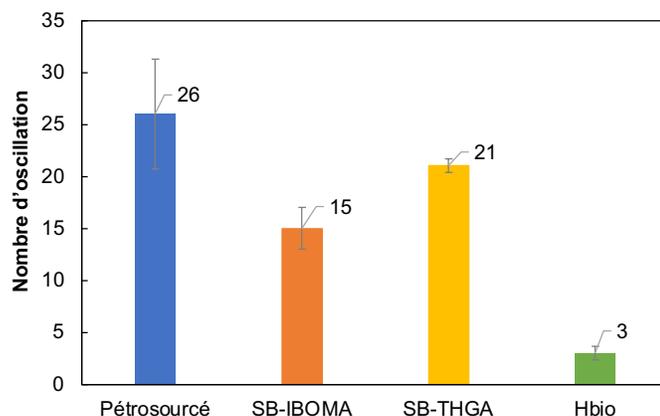


Figure 5 : Essai de dureté des films

4. **Résistance thermique** : La résistance thermique constitue un critère essentiel pour les revêtements extérieurs soumis aux variations de température. Les essais de dégradation thermique révèlent que les films biosourcés offrent une bonne stabilité face à la chaleur, avec un début de dégradation observé à 200 °C, une valeur adéquate pour une utilisation en extérieur.

Pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse et à la spectrométrie de masse (Py-GCMS) : Prouver l'intégration des Terpènes

Un des défis majeurs lié à l'utilisation des monomères biosourcés est de confirmer qu'ils s'intègrent efficacement dans le film de polymères produits. Pour cela, cette étude présente une méthode d'analyse avancée : la **Py-GC-MS**.

Comment ça fonctionne ?

Le matériau est chauffé à des températures élevées (ici, à 650 °C) en l'absence d'oxygène, ce qui provoque sa décomposition par pyrolyse. Ces fragments gazeux sont ensuite séparés par chromatographie en phase gazeuse, puis analysés par spectrométrie de masse. Cette technique permet d'identifier avec précision les composants d'un matériau, même s'ils sont mélangés ou intégrés dans une structure complexe.

Les résultats de l'analyse

Pour chaque type de latex synthétisé, l'analyse Py-GC-MS a permis d'identifier les « empreintes chimiques » des monomères biosourcés utilisés, ainsi que la présence de fragments indiquant des combinaisons entre ces monomères biosourcés (dimères). Par exemple :

- **IBOMA** : ses fragments caractéristiques ont été détectés, ainsi que la présence de dimères avec le THGA, confirmant sa présence dans les films.
- **THGA** : des pics spécifiques à ce monomère et à ses dimères ont également été identifiés.

La Figure 6 montre la superposition des pyrogrammes des films pétrosourcés et Hbio. Ces pyrogrammes montrent clairement la présence de monomères biosourcés dans la structure polymère, tout en formant parfois des combinaisons. Ces résultats prouvent que ces terpènes modifiés peuvent participer efficacement à la formation des latex, au même titre que les monomères pétrochimiques traditionnels.

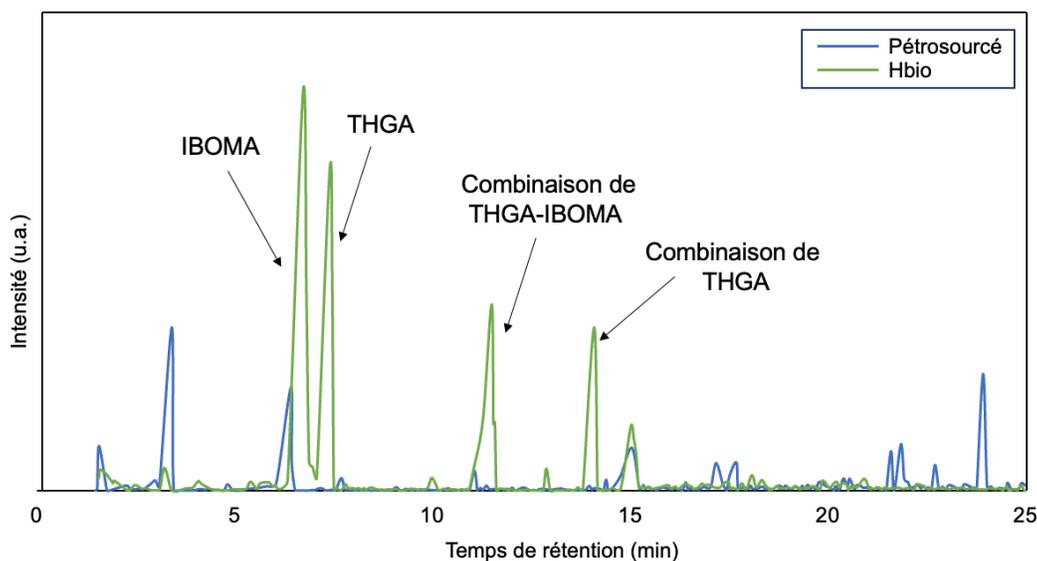


Figure 6: Superposition des pyrogrammes obtenus par Py-GCMS des films pétrosourcé et Hbio

Vers une adoption dans l'industrie?

L'étude confirme le potentiel des terpènes comme alternative aux monomères pétrochimiques, avec des résultats encourageants en termes de transparence et de résistance des films. De plus, la bonne intégration des monomères de terpène a été validée par le Py-GC-MS, ce qui en fait de bons candidats pour la substitution dans les revêtements. Cependant, certains défis demeurent

pour atteindre les standards industriels. En particulier, il sera nécessaire d'ajuster la composition pour améliorer la résistance au blanchiment et la dureté des films biosourcés Hbio.

Ces recherches ouvrent une nouvelle voie pour l'industrie des revêtements en proposant une valorisation des résidus forestiers. Grâce à la disponibilité abondante de terpènes en Amérique du Nord, cette approche pourrait à terme contribuer à réduire la dépendance à l'importation de produits pétroliers, tout en favorisant une utilisation plus écologique des ressources locales.

Conclusion

Cette étude offre des perspectives prometteuses sur l'avenir des revêtements écologiques. En perfectionnant les formulations de ces films biosourcés, il est envisageable que l'industrie adopte davantage de solutions respectueuses de l'environnement, avec un impact positif sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En fin de compte, l'utilisation de terpènes pour des revêtements de bois constitue une avancée prometteuse vers un avenir où les matériaux de construction allient esthétique, protection et respect de l'environnement.

Bibliographie

1. Carrère M, Beaupré S, Ecochard Y, Landry V (2024). Wood terpenes as bio-based monomers in latex for sustainable coatings. *BioRes.* 19,6510–6529. <https://doi.org/10.15376/biores.19.3.6510-6529>.
2. Zhang Z, Yang T, Mi N, et al (2016) Antifungal activity of monoterpenes against wood white-rot fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 106,157–160. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.018>.
3. Stockwell CE, Coggon MM, Gkatzelis GI, et al (2021) Volatile organic compound emissions from solvent- and water-borne coatings – compositional differences and tracer compound identifications. *Atmos Chem Phys.* 21, 6005–6022. <https://doi.org/10.5194/acp-21-6005-2021>.
4. Lovell PA, Schork FJ (2020) Fundamentals of Emulsion Polymerization. *Biomacromolecules.* 21, 4396–4441. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c00769>.