



Livrable n°T2.D2.5.3

Prototype de panneau PLV durable
15/03/2023

KAÏROS



European Regional Development Fund



Partners

PP Leader : Kairos

Partners involved : Portsmouth, UBS, Ecotechnilin

Deliverable N° & name :

- D2.5.3 Prototype de panneau PLV durable

Content

1 Contexte de l'activité 2 – MT2

Dans cette activité Kairos a développé des nouveaux matériaux composites, de structure monolithique et sandwich en utilisant la préforme non tissée de fibres de lin légèrement orientée, fabriquée par Ecotechnilin. Ces matériaux sont destinés à l'élaboration d'un support publicitaire sur lieu de vente (PLV). Par conséquent, leurs états de surface doivent être lisses et sans défauts apparents afin de respecter les enjeux esthétiques de ce domaine d'application. L'empreinte environnementale de ces nouveaux matériaux est réduite grâce au fort potentiel de recyclabilité et compostabilité de ceux-ci et aux matières premières biosourcées. Kairos doit s'assurer que les matériaux respectent le cahier des charges imposé par le domaine de la PLV (usinabilité, aspect esthétique, allègement, bonne tenue mécanique) tout en vérifiant qu'ils ont une bonne capacité de recyclage. Ces matériaux sont réalisés grâce au procédé de thermocompression favorisant un temps de cycle de fabrication court et un faible coût de mise en œuvre. De nombreux essais tels que des tests de tenue mécanique dans différents environnements, des tests de vieillissement UV et des tests de résistance à la rayure, sont réalisés afin de caractériser le nouveau matériau. Les résultats obtenus permettent ainsi de mettre en place une fiche technique détaillée du matériau et ainsi le comparer aux matériaux conventionnels pétro-sourcés. La fabrication de plaques en composite a également pour but de réaliser un prototype de produit type de PLV. Ainsi, la réalisation d'un meuble de PLV permettra de démontrer la robustesse du matériau pour ce domaine d'application.



Table des matières

1	Contexte de l'activité 2 – MT2.....	2
2	Prototype de panneau PLV durable (Livrable T2.D2.5.3).....	4
2.1	Matériaux utilisés	4
2.1.1	Préforme non tissée.....	4
2.1.2	Âme en liège.....	5
2.1.3	Films PLA.....	5
2.2	Séquence d'empilement.....	5
2.2.1	Panneaux pour résistance au feu.....	5
2.2.2	Panneaux durables avec nouvelle préforme	6
2.3	Procédé de fabrication	6
2.4	Essais de vieillissement UV et humidité.....	7
2.5	Essais de résistance au feu	10
3	Conclusion.....	11



2 Prototype de panneau PLV durable (Livrable T2.D2.5.3)

Plusieurs plaques composite prototype de format de 2500 mm x 1300 mm, conforme à une application de PLV, sont produites.

2.1 Matériaux utilisés

Une plaque composite biosourcée et/ou biodégradable, est tout matériau composite de structure monolithique ou sandwich composé de :

- d'un renfort biosourcé et/ou biodégradable ;
- d'une matrice thermoplastique ou thermodurcissable, biosourcée et/ou biodégradable ;
- d'une âme biosourcée et/ou biodégradable.

Les plaques composite biosourcées comportent les éléments décrits ci-après.

2.1.1 Préforme non tissée

La préforme, développée et fournie par Ecotechnilin (MT1), est constituée de fibres de lin comélé/mélangé à des fibres thermoplastiques de polyacide lactique (PLA) par un procédé de cardage et aiguilletage de sorte que les fibres soient légèrement orientées dans le sens du déroulement de la bobine. Les fibres de PLA intégrées dans ce nouveau renfort ont été chargées de 10 w% avec du carbonate de calcium (CaCO_3).

La proportion massique du lin dans la préforme est de 40 % tandis que les fibres de PLA chargées constituent 60 %. Le grammage du comélé est égal à 150 g/m^2 . Cette matière présentée en figure 1 est fournie par EcoTechnilin, ayant sélectionné les fibres de lin et conçu cette nouvelle architecture de non tissé.

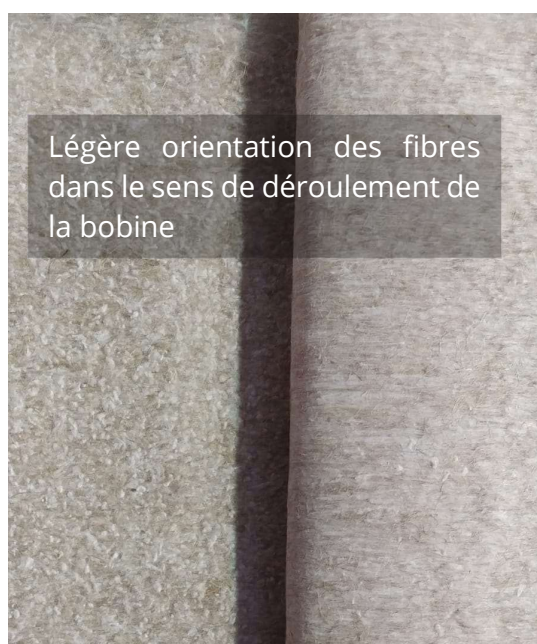


Figure 1 : Rouleau de non-tissé fibres de lin/fibres de PLA chargées CaCO_3



Pour les panneaux développés pour la résistance au feu, une préforme non tissée conventionnelle de 350 g/m² a été utilisée.

2.1.2 Âme en liège

Une des plaques fabriquées comporte une structure sandwich avec pour âme du liège aggloméré. L'épaisseur du liège utilisée est de 8 mm tandis que sa masse volumique est de 250 kg/m³.

2.1.3 Films PLA

Des films de PLA sont ajoutés à la surface de la plaque composite pour remédier aux problèmes de porosité en surface de la plaque composite et obtenir un rendu surfacique plus esthétique.

Deux films sont utilisés :

- Un film PLA transparent d'épaisseur 350 µm et de grammage 435 g/m²
- Un film PLA blanc chargé CaCO₃ et talc (taux de charge : 30 w%) d'épaisseur 500 µm et de grammage 740 g/m²

Concernant l'amélioration de la résistance au feu des plaques, deux films de PLA différents ont été produits à partir de compounds réalisés au laboratoire selon les formulations suivantes :

- PLA + 30 w% Trihydroxyde d'aluminium (ATH)
- PLA + 15 w% tanins de châtaigner + 15 w% lignine

Les granulés obtenus après extrusion sont placés dans un cadre en aluminium puis fondus et refroidis pour former un film grâce au procédé de thermocompression.

De plus, en guise de référence, le film PLA blanc chargé CaCO₃ et talc (taux de charge : 30 w%) d'épaisseur 500 µm et de grammage 740 g/m² est utilisé.

2.2 Séquence d'empilement

2.2.1 Panneaux pour résistance au feu

Trois compositions différentes ont été testées :

- Une composition référence (1 petit panneau 20cm*20cm) avec la séquence suivante :
 - o 1 film PLA blanc chargé
 - o 3 préformes non-tissés conventionnels de 350 g/m²
 - o 1 film PLA blanc chargé
- Une composition avec ATH (2 petits panneaux 20*20 cm) avec la séquence suivante :
 - o 1 film PLA + 30 % ATH
 - o 3 préformes non-tissés conventionnels de 350 g/m²
 - o 1 film PLA + 30 % ATH

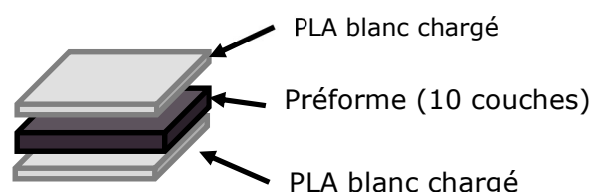
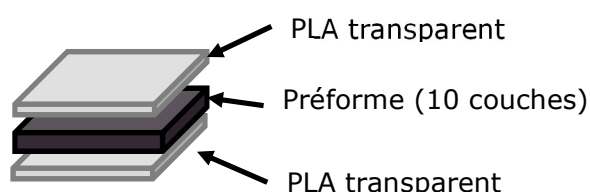


- Une composition avec tanins/lignine (2 petits panneaux 20*20 cm) avec la séquence suivante :
 - o 1 film PLA + 15 % tanins + 15 % lignine
 - o 3 préformes non-tissés conventionnels de 350 g/m²
 - o 1 film PLA + 15 % tanins + 15 % lignine

2.2.2 Panneaux durables avec nouvelle préforme

Quatre plaques de séquences d'empilements différentes sont produites tout en gardant pour objectif d'obtenir un bel état de surface, lisse, brillant et sans défaut apparent. Leurs différents drapages sont détaillés dans la figure 2.

Panneaux monolithiques



Panneaux sandwichs

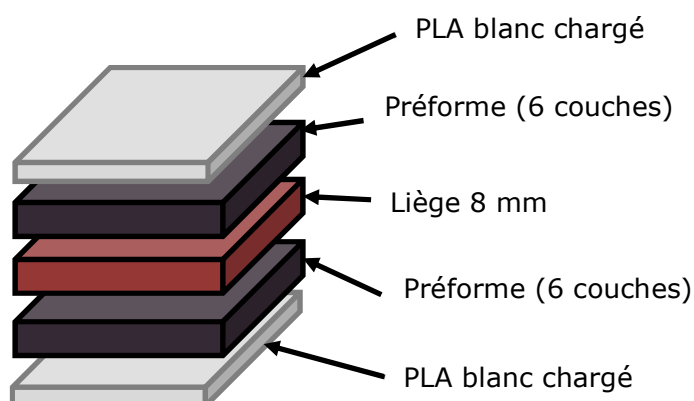
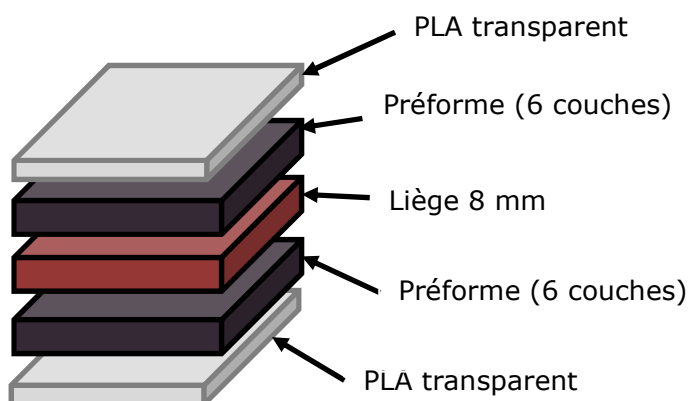


Figure 2 : Explications des différentes séquences d'empilement

Bien que la figure 2 montre 4 empilements, ils ont été réalisés sur deux panneaux (2400 mm x 1200 mm après le détourage) car les tests de caractérisation ne nécessitent pas une surface de matière d'un panneau entier pour être menés. La figure 3 montre donc deux panneaux, un monolithique et un sandwich, avec les deux films différents de part et d'autre des panneaux.

2.3 Procédé de fabrication

L'ensemble des coméles empilés est inséré entre deux plaques en métal puis disposé dans une presse chaude à 200°C afin de mettre en fusion la matière



thermoplastique. La température de la presse est réglée en fonction de la température de fusion du PLA et doit être inférieure à la température de dégradation des fibres de lin. Puis, l'ensemble est transféré dans une presse à plateaux froids (10°C) afin de conserver l'état amorphe du polymère. L'optimisation du procédé par l'acquisition d'un refroidisseur a permis d'améliorer l'état de surface des panneaux en réalisant un refroidissement rapide.

La phase de mise en œuvre du matériau se fait selon les étapes décrites ci-dessous :

1. Constitution d'un empilement suivant les séquences d'empilement décrites en 2.2.
2. Insertion de l'empilement entre deux plaques en inox ayant un aspect poli miroir.
3. Chauffage et pressage de l'ensemble dans une presse chaude jusqu'à la température de fusion de la matière thermoplastique. L'empilement de la matière entre deux plaques en inox poli miroir sert à donner un aspect surfacique brillant au matériau biocomposite et à le transférer de la presse chaude à la presse froide.
4. Pressage dans un moule froid des plaques en inox comprenant l'empilement peaux/âme pour la consolidation de l'empilement sandwich.
5. Ouverture de la presse/outillage et démoulage des plaques en inox comprenant la plaque biocomposite finale.

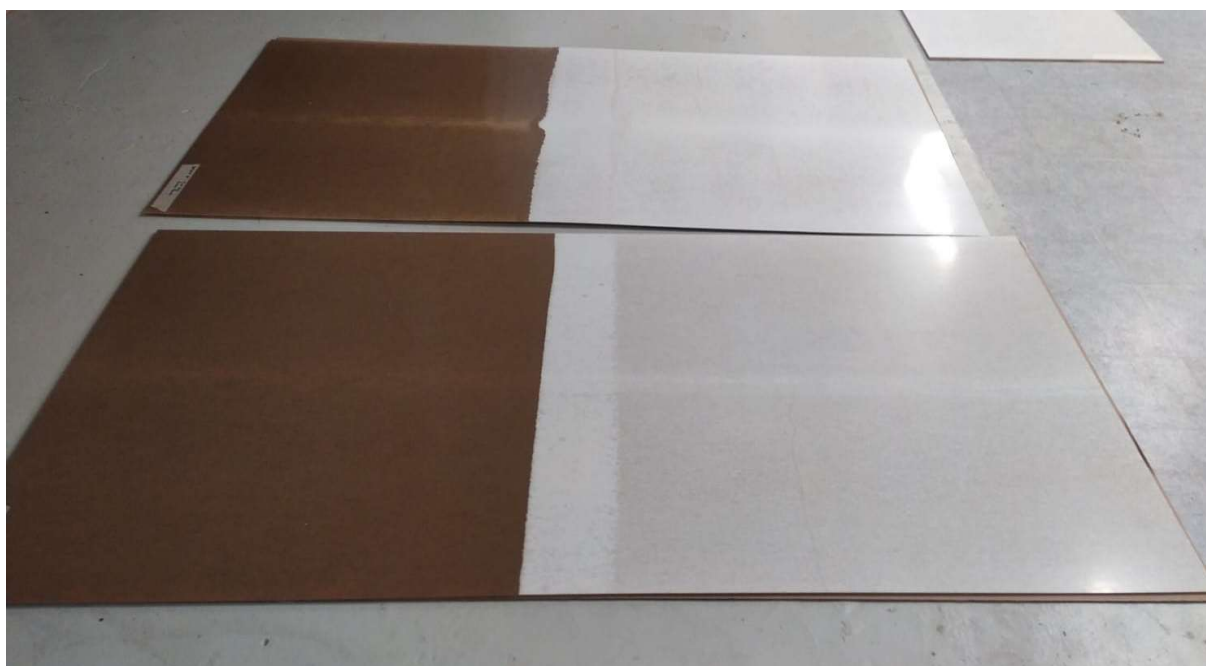


Figure 3 : Photo des panneaux produits (empilements 2.2.2)

2.4 Essais de vieillissement UV et humidité

Des essais de vieillissement accélérés aux UV et à l'humidité ont été menés pour vérifier la durabilité de la solution. Chaque échantillon, après avoir été exposé en laboratoire à des conditions variées d'UV et d'humidité, a été testé mécaniquement, en dureté et en rugosité.



Le nom des échantillons est le suivant :

- CNW : Le panneau composé de la préforme standard et du PLA transparent en surface aucune charge présente
- NNW : Le panneau composé de la préforme développée ici et du PLA transparent en surface
- NNW/CaCO₃ : Le panneau composé de la préforme développée ici et du PLA blanc chargé en surface

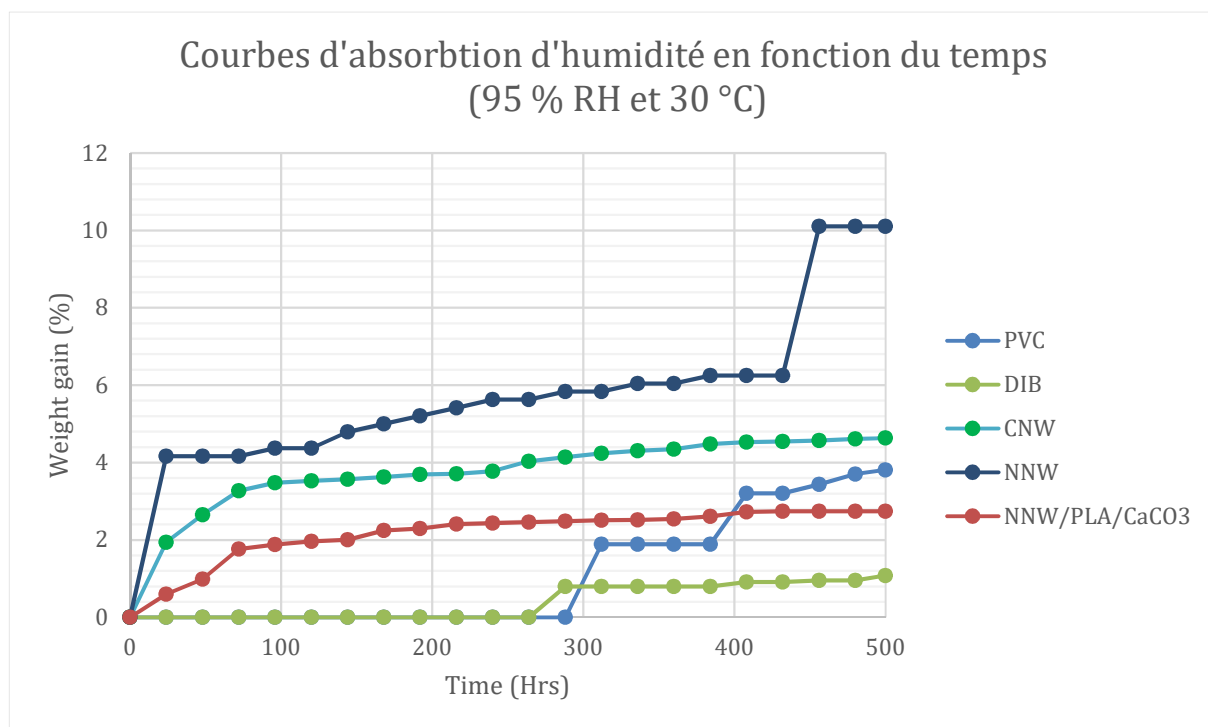


Figure 4 : Résultats d'absorption d'humidité en fonction de l'échantillon

La figure 4 montre que l'absorption d'eau est très réduite par l'ajout de charges en surface et dans la préforme. Le NNW absorbe plus d'eau que le CNW car les fibres de lin du NNW sont plus fines et plus pures que le CNW, ce qui les rends plus sensible à l'absorption de l'humidité, en raison de l'exposition des couches celluliques des fibres, hydrophiles et riches en groupement hydroxyles (OH).

Le PVC absorbe plus d'eau après 500 h que le NNW/CaCO₃ qui est stable après 300 heures. Le dibond (DIB) est lui composé d'aluminium et de polyéthylène, deux matériaux hydrophobes qui absorbent très peu d'eau.

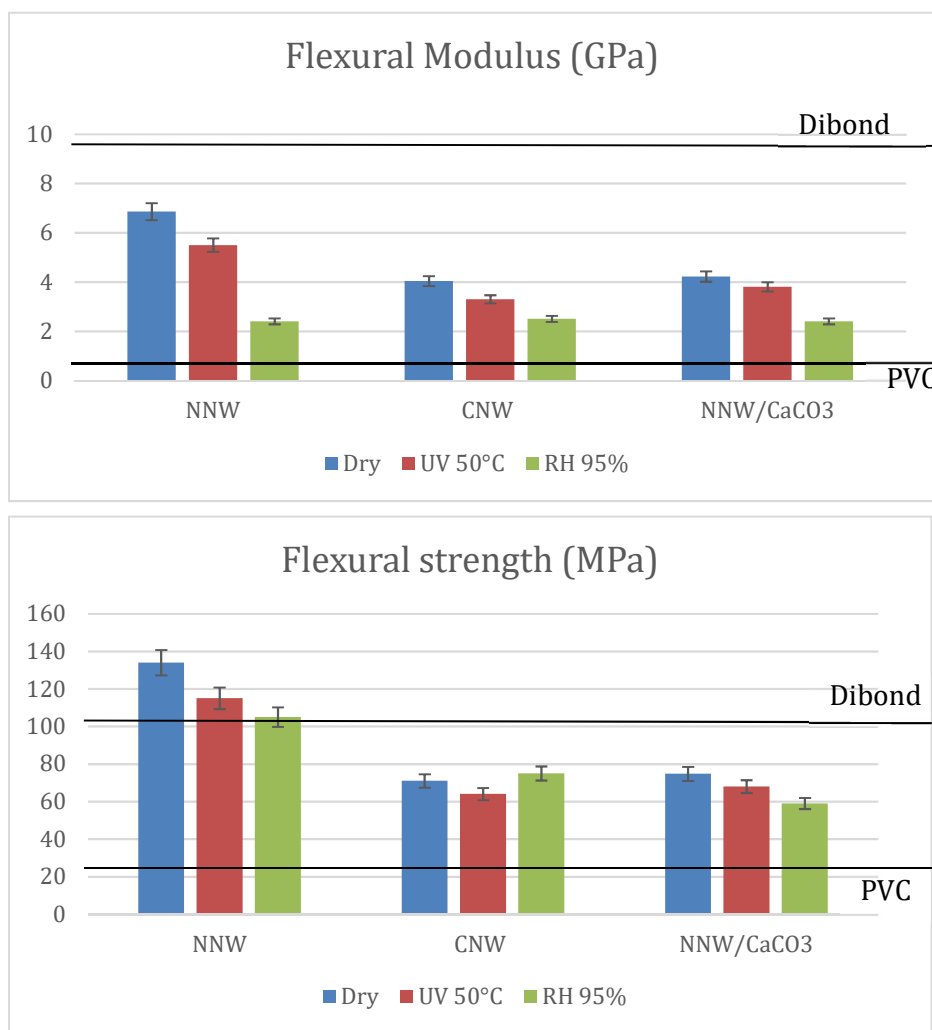


Figure 5 : Résultats des tests mécaniques en flexion des échantillons vieillis et non vieillis

La figure 5 montre les propriétés mécaniques des échantillons avant et après vieillissement (UV ou humidité). Le vieillissement influe sur la tenue mécanique des panneaux, en revanche les propriétés mécaniques restent bien supérieures à celles du PVC, ce qui prouve que le vieillissement des panneaux n'est pas rédhibitoire pour les applications concernées.

Concernant la rugosité, la figure 6 montre que l'ajout de charges en surface (NNW/CaCO₃) permet de maintenir une faible rugosité de surface suite au vieillissement. Les charges permettent de limiter les fissures en surface dues aux scissions de chaînes et recristallisation du polymère. Le NNW a une rugosité plus faible que le CNW après vieillissement à l'humidité. La présence de charge dans les préformes (charges absentes pour CNW) semble atténuer cette augmentation de rugosité après vieillissement. Pour la dureté, le vieillissement UV a peu d'impact sur cette propriété, en revanche l'exposition à l'humidité rend le matériau moins dur, mais toujours supérieur à la dureté du PVC.

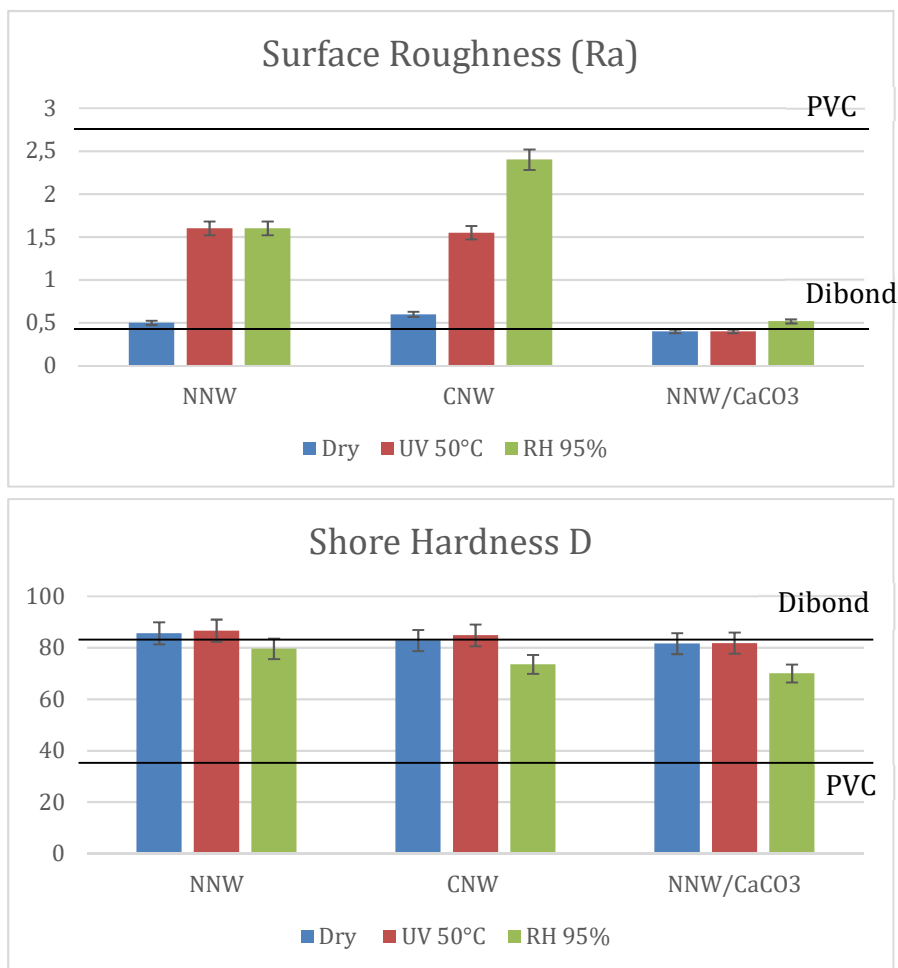


Figure 6 : Résultats des tests de dureté et de rugosité des échantillons vieillis et non vieillis

2.5 Essais de résistance au feu

Les tests de résistance au feu sont des essais par rayonnement et suivent la norme NF P 92-501. Ils ont permis de caractériser les plaques en calculant un quotient « Q » qui permet de les classer selon le classement M relevant de la norme NF P 92-507.

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous :



COMPOSITION	CLASSEMENT M (QUOTIENT Q)
RÉFÉRENCE	- M4 (58.04)
LIGNINE + TANINS	- M4 (56.73)
	- M4 (54.64)
	- M3 (32.81)
ATH	- M3 (36.03)

La composition lignine + tanins n'a pas apporté l'effet de retardateur de flammes souhaité. Les composés aromatiques composants la lignine et les tanins pourraient permettre de créer une couche appelée « char » lors de la décomposition thermique, ce qui créerait une couche barrière pour protéger le matériau et ralentir sa dégradation. Ici, il se pourrait que la concentration en lignine et tanins ne soit pas assez élevée ou que leur pureté soit à améliorer pour atteindre le classement M3.

Concernant l'ATH, sa réaction face à la dégradation thermique est différente. La décomposition de l'hydroxyde d'aluminium est endothermique et l'ATH se décompose en oxyde d'aluminium (Al_2O_3), libérant des molécules d'eau aidant au retardement de flammes. Son effet est visible sur les essais car le matériau atteint le classement M3.

3 Conclusion

L'ajout de charges $CaCO_3$ dans les fibres de PLA dans les préformes permet une meilleure tenue dans le temps aux agressions extérieures (UV, humidité). Le panneau qui semble le plus durable est celui où les charges sont à la fois en surface (film PLA blanc chargé) et à cœur (fibres PLA chargées). L'effet des charges peut notamment se voir sur l'évolution de la rugosité, où après 500 h de vieillissement cette dernière reste équivalente à son niveau initial.

Pour la résistance au feu, l'ATH est pour l'instant la seule voie testée qui permet d'avoir un effet retardateur de flammes et permet de classer les plaques dans la catégorie M3 de la norme NF P 92-507.

Dans cette extension, la production des nouvelles préformes lin/PLA a été ralentie par le délai d'approvisionnement des fibres de PLA, développée spécifiquement lors de cette extension. Nous avons donc focalisé nos essais sur le vieillissement afin de permettre une meilleure compréhension des mécanismes de vieillissement et leurs impacts sur les propriétés mécaniques et de rugosité. Les essais que nous avons conduits sur ce point vont au-delà de ce qui était envisagé à l'origine. Cependant, les tests de biodégradation, initialement prévus, n'ont pu être conduits faute de temps, ils seront réalisés après le projet sur fonds propres et viendront compléter ceux déjà effectués pendant la première phase du projet.