



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

Caractérisation et qualification de systèmes de finitions permettant de maintenir l'esthétique de la menuiserie bois pendant 10 ans (Etude « Finitions 10 ans »)

Rapport final

Novembre 2015

Avec le soutien de :



Rédactrice : Laurence PODGORSKI

FCBA

Pôle Industries Bois Construction
Allée de Boutaut
BP 227, 33028
Bordeaux Cedex
Tél. 05 56 43 63 66
E-mail : laurence.podgorski@fcba.fr

Sommaire

1	Objectif.....	3
2	Etude bibliographique des paramètres influençant les performances de la finition	4
2.1	Influence du bois : anatomie, constitution, état de surface, usinage	4
2.2	Influence de la finition.....	7
3	Etude des performances des finitions.....	9
3.1	Matériels et méthodes	9
3.1.1	Sélection des supports bois.....	9
3.1.2	Finitions.....	10
3.1.3	Vieillessement	13
3.1.4	Analyse du vieillissement	15
3.1.5	Rappel des critères de performances des finitions	18
3.2	Résultats	21
3.2.1	Résultats sur éléments plans	21
3.2.2	Résultats sur éléments profilés	65
3.3	Conclusions.....	68
4	Qualification et contrôle de systèmes de finition pour menuiserie bois	71
4.1	Objectifs	71
4.2	Description du système de menuiserie finie.....	71
4.2.1	Support : bois et fiche technique matériau (essence, carrelet ou panneau de remplissage).....	71
4.2.2	Type de conception et de fabrication des menuiseries	72
4.2.3	Système de peinture	72
4.2.4	Système d'application des peintures, travaux préparatoires, séchage.....	73
4.2.5	Conditionnement et emballage.....	74
4.3	Contrôle sur produit fini	74
4.3.1	Méthodes d'essais et exigences pour les menuiseries «à finir » (protection provisoire appliquées en atelier).....	74
4.3.2	Méthodes d'essais et exigences pour les finitions des menuiseries « Finies » appliquées en atelier	76
4.4	Contrôle sur process	80
4.4.1	Auto-contrôle de réception du produit.....	80
4.4.2	Auto-contrôle du stockage.....	80
4.4.3	Auto-contrôles sur chaine de fabrication.....	80
5	Conclusions générales	82
6	Remerciements	85
7	Références.....	87

1 Objectif

Le développement de l'utilisation du bois en menuiserie passe par une fiabilisation de la durée de vie de ces parties d'ouvrages. Celle-ci nécessite une évolution des méthodes de conception, de réalisation et de finition des menuiseries bois ainsi qu'une évolution des méthodes d'essai.

L'objectif de l'étude est une aide à la mise au point de systèmes Profils de Menuiserie/ finition permettant de maintenir pendant 10 années l'esthétique des menuiseries bois, tout en contribuant à leur durabilité intrinsèque. Pour arriver à cet objectif il a été primordial de prendre en compte les différents paramètres contribuant aux performances globales du couple « profilés bois usiné/ système de finition », à savoir :

- essence de bois et son mode de préservation éventuel
- conception de la menuiserie (formes des profilés)
- système de finitions : conditions d'application, de séchage, résistance aux intempéries.

Le programme de travail validé par le Comité de Pilotage de l'étude (CAPEB, FFB, UFME) a été défini comme suit :

1. Etude bibliographique des paramètres influençant les performances de la finition
2. Etude des performances des finitions
 - 2.1 Sélection des supports bois
 - 2.2 Sélection et application des systèmes de finitions
 - 2.3 Vieillessement des systèmes de finition sur éléments plans
 - 2.4 Influence de la conception des éléments profilés sur les performances des finitions
3. Définition des procédés de mise en œuvre et des procédures de contrôle qualité

Les bois finis sélectionnés ont été testés par les méthodes de vieillissement développées dans la série de norme NF EN 927 relatives aux finitions extérieures pour bois. Ces méthodes prévoient 12 semaines (2000 heures) de vieillissement artificiel (norme NF EN 927-6) et 12 mois de vieillissement naturel (norme NF EN 927-3). Cependant pour prédire des durées de vie de 10 ans, ces temps d'essai ont été doublés et portés à 24 semaines de vieillissement artificiel et 24 mois de vieillissement naturel. La roue de dégradation fréquemment utilisée chez les menuisiers a également fait l'objet d'investigations : les systèmes de finition ont subi 6 semaines de roue (durée habituellement utilisée pour un système complet) ; cette durée a également été doublée et les performances des produits après 12 semaines d'essai ont également été étudiées.

2 Etude bibliographique des paramètres influençant les performances de la finition

Les performances des finitions sont tributaires de facteurs liés au bois, à son usinage, ainsi que de facteurs intrinsèques à la finition et à son application.

2.1 Influence du bois : anatomie, constitution, état de surface, usinage

Les propriétés de surface du bois sont conditionnées par l'essence de bois utilisée donc par son anatomie et sa composition chimique. Les cernes annuels peuvent affecter la finition et sa durée de vie. En effet, un bois va être classé comme plus ou moins facile à revêtir selon la largeur des cernes et la transition entre le bois initial et le bois final. Par exemple le hêtre, l'érable et le bouleau sont des feuillus à pores diffus dont les cernes présentent des pores de taille et de répartition relativement uniformes. Cela leur confère une texture de surface fine et les rend faciles à revêtir. Au contraire, le chêne est un feuillu à zone initiale poreuse : les pores du bois initial sont bien plus gros que ceux du bois final ce qui ne favorise pas une épaisseur constante de film de finition. Une préparation de la surface avant l'application d'une finition peut être nécessaire¹.

Certaines essences comme le doussié, le merbau, le niangon et le teck peuvent présenter des remontées de matières grasses qui vont limiter ou même empêcher l'adhérence de la finition. Certaines essences comme l'iroko et le padouk contiennent des antioxydants ralentissant la polymérisation de certains produits comme les résines alkydes qui polymérisent par oxydation².

Les extractibles peuvent représenter environ 12 % de la masse sèche du bois pour des essences résineuses et feuillus des régions tempérées et jusqu'à 20 % pour des essences tropicales³. Les extractibles sont plus ou moins présents selon l'espèce de bois utilisée : les essences tropicales en contiennent, en général, plus que les essences issues des zones tempérées. L'odeur, la couleur et la résistance aux agents de dégradation biologique sont en grande partie dépendantes des extractibles. Quand la pluie lessive les extractibles (ceux solubles à l'eau) présents dans le bois, il peut se produire une décoloration du bois brut. L'eau emporte les extractibles à la surface du bois ou de la finition puis s'évapore ; les extractibles à la surface forment alors des taches jaunes ou marron rougeâtre qui déprécient le matériau.

Les différents extractibles comprennent :

- des cires et graisses
- des glucides (gommes polysaccharides, amidon, disaccharides et sucres simples, ainsi que glycosides)
- des terpènes et terpénoïdes
- des composés phénoliques constitués des phénols simples (stilbènes, lignanes et flavonoïdes qui sont des constituants des nœuds) ainsi que des tannins. Les tannins sont divisés en deux familles distinctes : les tannins hydrolysables et les tannins condensés. Les tannins sont source de problème à cause de leur coloration mais leur présence assure une certaine durabilité au bois.
- des substances minérales : principalement le potassium, le calcium et le magnésium. Lors de la pyrolyse complète du bois, ces composés constituent les cendres.

Les extractibles changent de couleur¹ quand ils sont exposés aux radiations UV ou à la lumière visible. Ils peuvent devenir plus foncés ou s'éclaircir. Des absorbeurs UV peuvent être ajoutés dans les formulations de finition pour limiter ces variations de couleur. La finition peut limiter les remontées d'extractibles mais selon sa perméabilité elles peuvent persister et tacher la finition diminuant ses qualités esthétiques.

Par ailleurs, les nœuds des résineux peuvent exsuder de la résine provoquant une fragilisation de la finition pouvant conduire à une rupture du film.

L'état de surface du bois a une grande influence sur l'accroche du liant et en conséquence sur la tenue de la finition. Une surface brute de sciage présente des fibres qui, sans enrobage suffisant par la finition, vont permettre à l'eau de pénétrer à travers le film. Une surface rabotée conduit à l'obtention d'une surface plus lisse mais moins mouillable d'où une diminution de la durabilité des finitions.

Le ponçage est une opération d'usinage par abrasion pour obtenir un état de surface déterminé. C'est souvent la dernière opération de préparation de surface et elle peut être effectuée sur des pièces déjà vernies : elle est alors qualifiée d'égrenage. Les abrasifs artificiels utilisés dans le cas du bois sont essentiellement le corindon (cristal d'alumine Al_2O_3) et le carbure de silicium SiC. Le corindon est utilisé pour l'ébauche et la semi finition du ponçage du bois massif, car ses arêtes s'arrondissent par l'usure et son pouvoir tranchant diminue graduellement. Le carbure de silicium est plutôt apprécié dans le cas des ponçages de finition et à l'égrenage pour sa capacité à se régénérer par clivage. Les grosseurs du grain utilisées vont de 60 à 180 pour le travail du bois brut et de 220 ou 250⁴ pour les

finitions. Une surface poncée trop finement peut conduire à des pores du bois obstrués. La finition ne va alors pas bien pénétrer.

Dans une menuiserie, out tout autre ouvrage bois exposé aux intempéries, il est important d'éviter que les pièces en bois présentent des arêtes vives car elles génèrent une très forte réduction de l'épaisseur du film de finition comme le montre la Figure 1. Ces fortes variations d'épaisseur sont néfastes pour la durée de vie du produit. Il est donc recommandé d'arrondir les arêtes pour favoriser une épaisseur constante sur l'ensemble de la pièce et ainsi allonger la durée de vie de la finition.

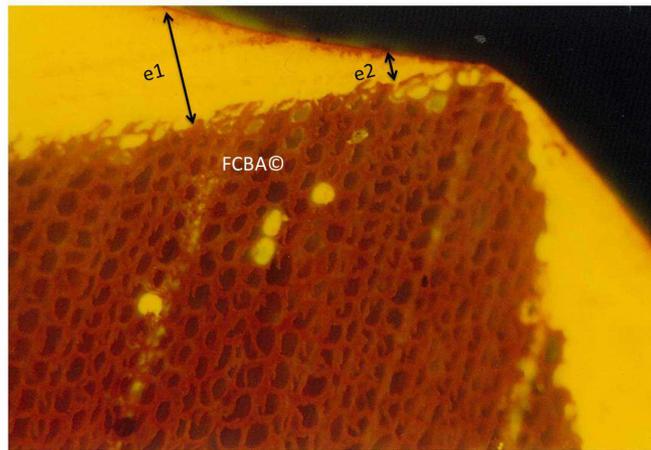


Figure 1: Variation d'épaisseur e_1 à e_2 d'une finition (ici en jaune) sur une arête vive de résineux (en orangé)

Enfin, l'orientation des cernes par rapport à la surface a une influence majeure sur les performances de la finition. La Figure 2 montre les déformations des pièces dues au retrait selon leur place initiale dans la grume. Par exemple, des cernes tangentiels à la surface conduisent à des variations dimensionnelles du bois générant du craquelage.

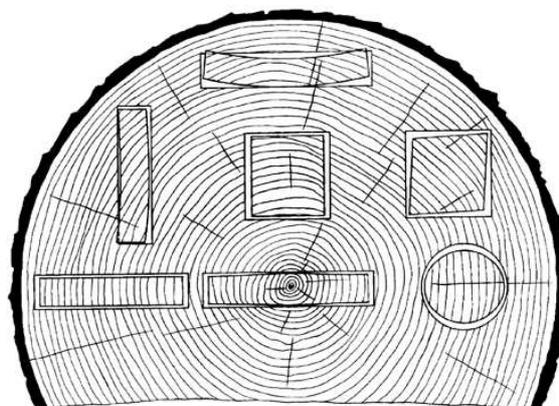


Figure 2: Déformations des débits dues au retrait selon leur emplacement dans la grume⁵

2.2 Influence de la finition

La finition a pour rôle principal de protéger le bois contre les agressions extérieures, principalement l'eau et le rayonnement solaire. Ses performances dépendent fortement de sa composition et en particulier de sa pigmentation et du type de résine qui la constitue.

Les pigments apportent la couleur à la finition mais ils ont aussi la capacité d'absorber ou réfléchir les rayons UV ce qui empêche la dégradation de la résine. Ainsi, un revêtement pigmenté a une durabilité deux à quatre fois supérieure à celle d'un revêtement transparent tout en ayant le même liant. Le dioxyde de titane (TiO_2) est le pigment le plus utilisé dans la formulation de peinture blanche. Ce pigment blanc augmente la durabilité du revêtement car il absorbe les radiations UV, protégeant ainsi le polymère de la dégradation photochimique. Cependant, des interactions entre radiations UV et molécules de TiO_2 produisent des radicaux libres qui vont dégrader le polymère. Une fois le liant organique oxydé, le film se dégrade en libérant des pigments d'où cet effet de farine observable à long terme sur la finition.

Même si les revêtements pigmentés sont plus durables, l'intérêt du consommateur se porte plus sur les revêtements transparents ou semi-transparentes pour lesquels les performances en extérieur sont encore à améliorer.

La souplesse de la finition, fortement dépendante de la résine choisie, est un paramètre clé pour la durabilité du couple bois-finition. Vollmer & Evans⁶ ont montré que des revêtements transparents durs et non flexibles craquèlent encore plus vite.

Cependant évaluer cette souplesse n'est pas facile. De précédents travaux menés à FCBA⁷ se sont intéressés à l'évaluation de cette propriété via le suivi des variations de la température de transition vitreuse (T_g) du polymère constitutif du revêtement.

Les résultats montrent que la température de transition vitreuse suit le même type d'évolution que ce soit en vieillissement naturel ou en vieillissement artificiel. Une augmentation de T_g a d'abord lieu durant les premiers stades du vieillissement pour ensuite conduire à un palier. Sous l'action combinée du rayonnement UV-visible, de la température et de l'oxygène, la finition durcit ce qui explique l'augmentation de T_g .

Les travaux ont également montré le lien fort qui existe entre la T_g des finitions et la durabilité du revêtement. Pour des revêtements alkydes, un seuil limite de 25 °C a pu être établi au-delà duquel les performances de la finition sont moindres du fait d'un manque de souplesse du produit. Étudier la souplesse de la finition via la mesure de T_g peut s'avérer parfois compliqué, en particulier lorsque le produit est un mélange de plusieurs résines. C'est pourquoi récemment les travaux de FCBA se sont orientés vers l'étude de la dureté de la

finition. Les travaux ont montré que toutes les finitions subissent une augmentation de leur dureté au cours du vieillissement^{8,9,10}. Le craquelage apparaît lorsque la dureté devient trop élevée. La pigmentation permet de réduire efficacement cette augmentation, et retarde donc le développement du craquelage.

L'épaisseur de la finition impacte les performances du produit. Une épaisseur trop faible ne pourra pas couvrir efficacement les irrégularités de la surface, ce qui génèrera des dégradations précoces de la finition. Les produits doivent être appliqués jusqu'à obtenir une épaisseur homogène et régulière.

Avec le règlement sur les produits biocides, les finitions actuelles contiennent de moins en moins de fongicides et sont sensibles au développement de champignons de bleuissement et de moisissures.

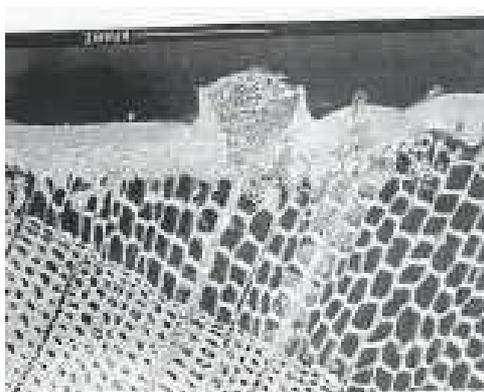


Figure 3: Champignon de bleuissement causant la rupture d'un film de peinture alkyde¹¹

3 Etude des performances des finitions

3.1 Matériels et méthodes

3.1.1 Sélection des supports bois

L'étude a porté sur trois essences :

- du pin sylvestre sélectionné conformément à NF EN 927-3 (fil du bois, orientation des cernes) ;
- du pin sylvestre sélectionné conformément à NF EN 927-3 puis traité par un produit de préservation certifié CTB-P+ pour un usage en classe d'emploi 3 ;
- du moabi sélectionné comme représentatif des feuillus durables ;
- du duramen de chêne sélectionné comme représentatif des feuillus hétérogènes.

Pour chaque système de finition testé, 27 éprouvettes ont été préparées : 8 destinées à être exposées à la roue, 8 pour le vieillissement au QUV, 8 pour le vieillissement naturel, 3 témoins non exposés (1 pour chaque type de vieillissement).

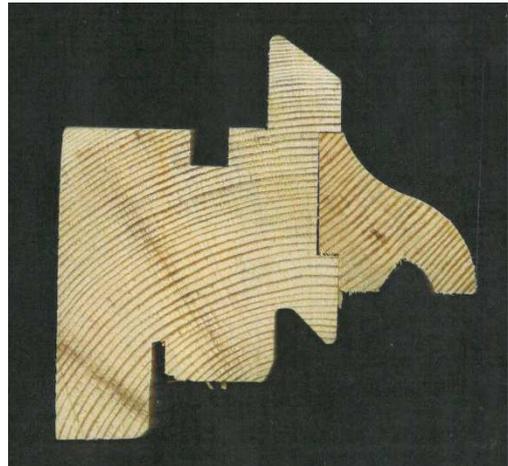
L'influence de la conception des profilés sur les performances des finitions a été étudiée sur pin sylvestre en sélectionnant les éléments suivants:

- pièce d'appui élargie
- traverse basse avec jet d'eau
- traverse basse sans jet d'eau.

Une coupe des profilés réalisés par l'entreprise Roque (33) est détaillée dans la Figure 4 .



pièce d'appui élargie



traverse basse avec jet d'eau



traverse basse sans jet d'eau.

Figure 4: coupe des profilés de pin sylvestre

Avant application des finitions, tous les bois ont été conditionnés à $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(65 \pm 5) \%$ d'humidité relative.

3.1.2 Finitions

Un courrier décrivant les objectifs et le programme de travail de l'étude a été rédigé afin d'inviter les fabricants de finition à participer en fournissant des produits avec le libre choix de la pigmentation. Ce document a été envoyé aux acteurs principaux de la finition pré-identifiés par le comité de pilotage : Allios, Akzo Nobel, Berkem, Blanchon, Blancolor, Cecil, Dyrup-PPG, Materis peintures, Milesi, Obbia, Remmers, Renaulac, Sherwin Williams, Teknos, Zolpan.

Neuf fabricants ont répondu à l'invitation : Akzo Nobel, Blanchon, ICA, Materis Peintures (Plasdox, Tollens), Obbia, Remmers, Renaulac, Sherwin Williams, Zolpan. Au total, ils ont proposé 32 systèmes de finition incluant à la fois des systèmes opaques et des systèmes transparents. L'étude ayant été dimensionnée pour 8 systèmes, le Comité de pilotage a dû effectuer une sélection et a retenu la participation de :

Akzo Nobel, Blanchon, ICA, Materis Peintures (Tollens), Obbia, Renaulac, Sherwin Williams, Zolpan.

Pour chacune de ces entreprises, un système de finition a été sélectionné. Pour certains fabricants le système comprend une adaptation à l'essence, en particulier via un primaire et/ou une couche intermédiaire différents.

Afin de garantir la confidentialité des résultats, les systèmes ont été numérotés de 1 à 8, dans un ordre arbitraire. Chaque fabricant a été informé du numéro qui lui a été attribué et le comité de pilotage a reçu la liste complète lui permettant d'identifier les systèmes étudiés.

Les systèmes 1 à 6 sont opaques (blancs) et les systèmes 7 et 8 sont semi-transparent. Tous les systèmes sont constitués de produits en phase aqueuse, excepté le primaire d'un système. La composition des systèmes 5, 6 et 7 varie selon l'essence.

Les applications des différents systèmes ont été réalisées par FCBA (Figure 5) en respectant les recommandations des fabricants. Ainsi, certains systèmes ont été appliqués à la brosse, par pulvérisation, ou par trempage plus pulvérisation.



Figure 5: Application des systèmes de finition

A titre indicatif, les grammages humides déposés sur chêne et pin sont consignés dans le Tableau 1.

Grammages humides moyens g/m ²		
Finition	Chêne	Pin sylvestre
1	258	258
2	398	398
3	341	341
4	215	215
5	485	503
6	757	691
7	383	414
8	253	253

Tableau 1: grammages humides déposés sur pin et chêne

Au total, 720 éprouvettes planes ont été réalisées.

Après application, les éprouvettes ont été conditionnées à (20 ± 2) °C et (65 ± 5) % d'humidité relative jusqu'à l'obtention d'une masse constante.

L'épaisseur sèche des revêtements sur pin sylvestre a été mesurée au microscope optique et sont reportées dans la Figure 6. Cette figure montre que les épaisseurs moyennes sont très différentes d'un système à l'autre et s'étalent dans une gamme de 43 µm (système 3) à 297µm (système 6).

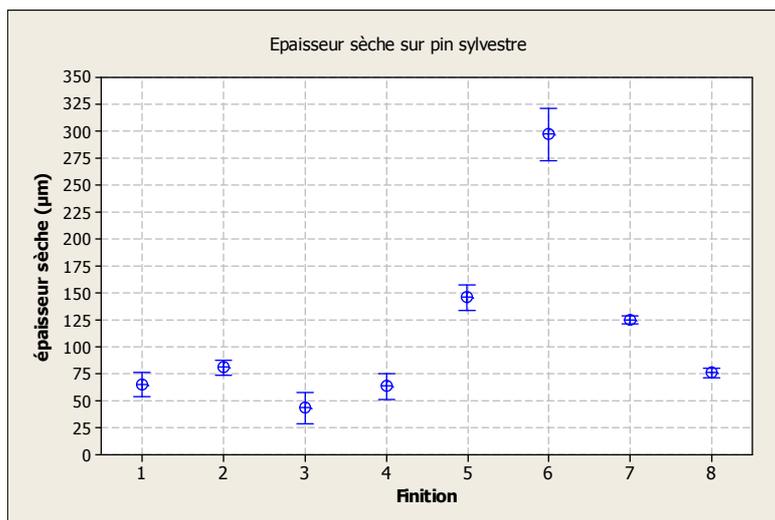


Figure 6: Epaisseur sèche des systèmes de finition mesurée sur pin sylvestre

3.1.3 Vieillissement

Trois types de vieillissement ont été réalisés.

Vieillissement naturel (VN)

Le vieillissement naturel a été réalisé sur le site de FCBA à Bordeaux sur des châssis inclinés à 45° face au sud conformément à NF EN 927-3¹². Pour chaque système et chaque essence, 8 éprouvettes ont été exposées soit au total une exposition de 256 éprouvettes planes. La première année de vieillissement a commencé mi-novembre 2012. A l'issue de cette durée, pour chaque système et essence, 4 éprouvettes ont été retirées pour être cotées (craquelage, écaillage, farinage, etc.) ont été réalisées. Pour mieux cerner les performances des finitions à long terme, une deuxième année d'exposition a été réalisée et s'est terminée mi-novembre 2014.

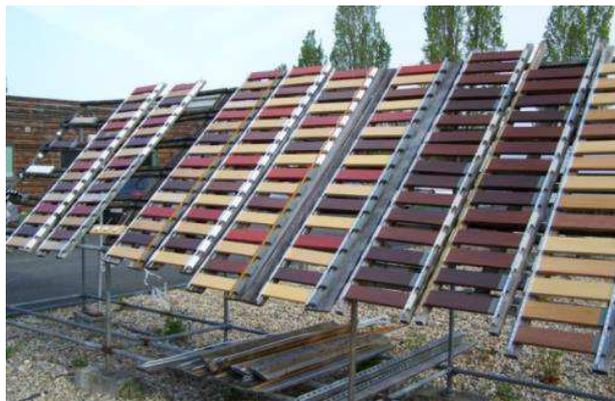


Figure 7: Site de vieillissement naturel de FCBA Bordeaux

Vieillissement artificiel la roue

La roue étant un appareil de vieillissement encore utilisé en France et notamment en autocontrôle chez des menuisiers, 128 éprouvettes (pin et chêne uniquement) ont été fixées sur la roue de vieillissement représentée sur la Figure 8.

Le cycle de la roue d'une durée de 1h30 se décompose comme suit :

- ✓ 13 min d'immersion dans l'eau ;
- ✓ 22 min à l'air ambiant dans les conditions du laboratoire;
- ✓ 33 min d'irradiation UV-IR;
- ✓ 22 min à l'air ambiant dans les conditions du laboratoire.

Les lampes UV-IR sont de type ULTRA-VITALUX OSRAM de 300 W de puissance, et sont changées régulièrement de manière à avoir un rayonnement aussi constant que possible. L'eau est changée dans un délai de 3 semaines de cycles maximum.

Habituellement un système complet est testé sur une durée de 6 semaines. Dans cette étude cette durée a été étudiée et a également été multipliée par 2. Pour chaque système, 4 éprouvettes ont donc été retirées après 6 semaines de roue et les 4 autres ont été analysées après 12 semaines.

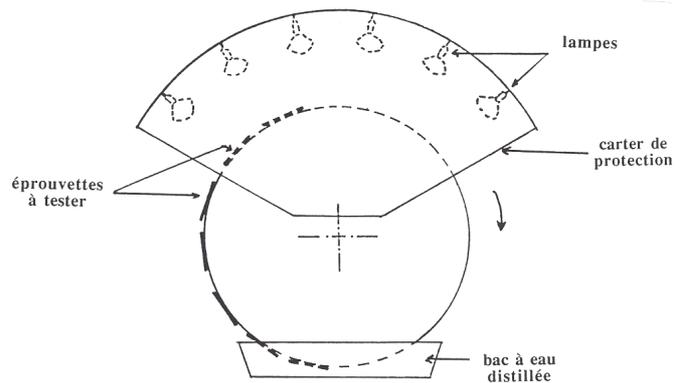


Figure 8: la roue de vieillissement

Vieillessement au QUV

Un lot de 256 éprouvettes a été placé dans des QUV et exposé au cycle de vieillissement de la norme NF EN 927-6¹³.

La norme NF EN 927-6 préconise une exposition de 12 semaines. Pour mieux évaluer la durée de vie des finitions, cette durée a été doublée. Aussi pour chaque système de finition et chaque essence, 4 éprouvettes ont été retirées après 12 semaines de vieillissement et les 4 restantes après 12 semaines.



Vue extérieure de l'appareil



Vue intérieure de l'appareil

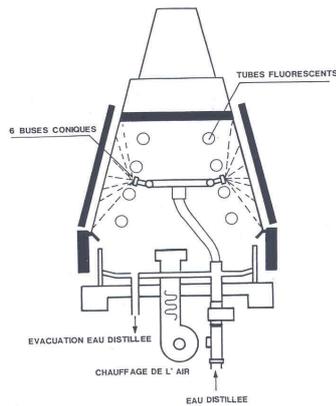
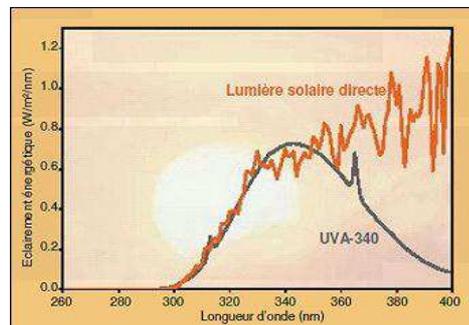


Schéma de l'appareil en coupe transversale



Caractéristiques des lampes UVA-340 nm utilisées dans le QUV

Figure 9: l'appareil de vieillissement artificiel QUV

3.1.4 Analyse du vieillissement

Après vieillissement, les éprouvettes sont conditionnées durant deux semaines à $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et $(65 \pm 5) \%$ d'humidité relative avant d'être examinées pour relever la présence éventuelle de cloquage (ISO 4628-2¹⁴), craquelage (ISO 4628-4¹⁵), écaillage (ISO 4628-5¹⁶), farinage (ISO 4628-6¹⁷). Chacun de ces défauts est évalué sur une échelle de 0 à 5 comme détaillé dans le Tableau 2.

Cotation	Quantité des défauts
0	Aucun, c'est-à-dire aucun défaut décelable
1	Très peu, c'est-à-dire petit nombre de défaut, juste significatif
2	Peu, c'est-à-dire petit nombre significatif de défauts
3	Nombre moyen de défauts
4	Nombre important de défauts
5	Dessin dense de défauts

Tableau 2: Mode de cotation pour la désignation de la quantité des défauts

Le changement d'aspect général (ou apparence générale) de chaque éprouvette est également notée sur une échelle de 0 à 5 (cf Tableau 3) par comparaison avec l'éprouvette témoin non exposée.

Cotation	Intensité du changement
0	Inchangé, c'est-à-dire aucun changement perceptible
1	Très léger, c'est-à-dire changement juste perceptible
2	Léger, c'est-à-dire changement nettement perceptible
3	Moyen, c'est-à-dire changement prononcé
4	Considérable, c'est-à-dire changement prononcé
5	Changement très marqué

Tableau 3: Mode de cotation pour la désignation de l'intensité des changements¹⁸

Pour mesurer la couleur et les variations de couleur des échantillons, un spectrocolorimètre portable de la société Datacolor a été utilisé avec la composante spéculaire incluse. Cet appareil utilise le système colorimétrique CIE $L^*a^*b^*$. Dans ce référentiel normalisé, une couleur est définie par ses coordonnées L^* , a^* et b^* avec :

- ✓ L^* : représentant la clarté, variant de 0 à 100, du noir au blanc ;
- ✓ a^* : variant de 0 à $+a^*$ mesurant la variation du gris au rouge et de 0 à $-a^*$ mesurant la variation du gris au vert ;
- ✓ b^* : variant de 0 à $+b^*$ mesurant la variation du gris au jaune et de 0 à $-b^*$ mesurant la variation du gris au bleu.

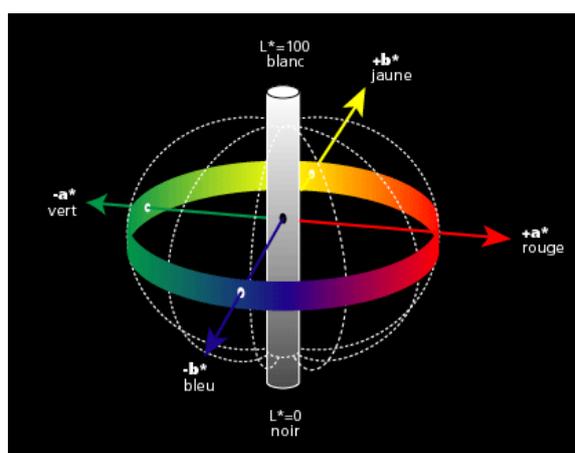


Figure 10: représentation du système CIE $L^*a^*b^*$

La mesure de couleur avant et après vieillissement permet de calculer les écarts de couleur comme suit :

$$\Delta L^* = L^*_{\text{après vieillissement}} - L^*_{\text{avant vieillissement}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{après vieillissement}} - a^*_{\text{avant vieillissement}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{après vieillissement}} - b^*_{\text{avant vieillissement}}$$

Ces écarts permettent de connaître l'impact du vieillissement sur le déplacement de la couleur. En d'autres termes, lorsque :

$\Delta L^* > 0$, la teinte s'éclaircit ;

$\Delta a^* > 0$, la couleur se déplace vers le rouge ;

$\Delta b^* > 0$, la couleur se déplace vers le jaune.

L'écart global de couleur ΔE est défini entre deux points de l'espace $L^*a^*b^*$ comme étant égal à la distance entre ces deux points : $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Il reflète le changement global de couleur. Il est à noter qu'un écart de couleur ΔE inférieur à 3 n'est pas perceptible par l'œil nu.

Sur les éprouvettes de l'étude, après calibration de l'appareil, les composantes L^* , a^* , b^* sont mesurées (composante spéculaire incluse) en 6 endroits différents pour les échantillons exposés au vieillissement naturel et à la roue, et 4 endroits pour les échantillons (plus petits) vieillis artificiellement au QUV.

La brillance a été évaluée avant et après vieillissement. Pour cela le brillancemètre Erichsen PICO model 500 a été utilisé avec un angle de lumière incidente de 60 °. L'appareil est calibré avec un support spécifique. La mesure de brillance est réalisée dans le sens du fil du bois (c'est-à-dire avec le faisceau lumineux parallèle au fil) sur 3 zones distinctes dans la longueur du panneau pour les éprouvettes de vieillissement naturel et de roue (2 zones pour les éprouvettes plus petites de QUV) puis toujours dans le sens du fil sur 3 zones adjacentes (2 zones pour les éprouvettes QUV) de façon à avoir le faisceau de lumière incidente venant de la direction opposée. Une brillance moyenne avant et après vieillissement est ensuite calculée.

L'adhérence de la finition a été évaluée par le test du quadrillage reposant sur la norme NF EN ISO 2409¹⁹. Le principe consiste à effectuer un quadrillage en réalisant des incisions parallèles et perpendiculaires dans le revêtement. Les incisions doivent pénétrer jusqu'au

subjectile. Le quadrillage est réalisé en traçant un quadrillage par deux séries d'entailles perpendiculaires espacées de 2 mm délimitant vingt-cinq carrés de 2 mm de côté. L'espacement de 2 mm est choisi pour les projectiles durs et tendres (par exemple bois et plâtres) et est destiné aux revêtements qui ont une épaisseur jusqu'à 120 µm. Une bande de ruban adhésif est ensuite placée sur le quadrillage et est frottée avec un doigt pour assurer un bon contact. La bande adhésive est enlevée en tirant dessus de façon constante à un angle aussi proche que possible de 60°. La zone de découpe de la couche d'essai est examinée et est classée de 0 (bonne adhérence) à 5 (mauvaise adhérence) en fonction de la quantité de revêtement enlevée et par une comparaison visuelle avec les illustrations du Tableau 26.

L'évaluation de la présence de champignons de bleuissement à la surface des éprouvettes peintes a été au terme du vieillissement naturel. Le bleuissement est noté sur une échelle de 0 à 3 détaillée dans le Tableau 4 et issue de NF EN 152²⁰.

Cotation	Description
0	Non bleui : aucun bleuissement ne peut être détecté visuellement à la surface
1	Bleui de façon non significative : la surface présente seulement de petites taches bleuies ne dépassant pas 1.5 mm de large et 4 mm de long, et dont le nombre est inférieur ou égal à 5
2	Bleui : la surface est complètement bleuie sur au plus un tiers, ou bien est partiellement bleuie ou présente des bandes sur au plus la moitié de la surface totale
3	Fortement bleui : plus d'un tiers de la surface est complètement bleui ou plus de la moitié est partiellement bleuie

Tableau 4: Echelle de cotation du bleuissement

3.1.5 Rappel des critères de performances des finitions

Dans le système européen de normalisation, le classement des finitions extérieures pour bois est défini par la norme NF EN 927-1²¹. Les finitions sont ainsi classées selon l'usage final prévu, selon leur aspect (garnissant, brillant, et selon les conditions d'exposition).

Le classement selon l'usage est basé sur l'exigence de stabilité dimensionnelle de la construction en bois comme indiqué dans le **Tableau 5**.

Catégorie d'usage final	Variations dimensionnelles autorisées pour le bois	Exemples typiques non exclusifs de catégories d'usage final
Non-stable	Variation libre autorisée	Bardage à clin, clôtures, cabanes de jardin, bardage à claire-voie à lame d'air ventilée
Semi-stable	Variation limitée autorisée	Bardage à rainure et languette, barrières acoustiques, charpente en bois
Stable	Variation minimale autorisée	Menuiserie telle que fenêtres et portes, fermetures, mobilier de jardin

Tableau 5: Classification selon l'usage final

Ce tableau montre que les finitions pour menuiserie doivent répondre à la catégorie d'usage final stable.

A titre informatif, le classement selon l'aspect est défini par le garnissant, le pouvoir masquant et le brillant spéculaire. Le classement selon les conditions d'exposition tient compte de l'orientation de l'ouvrage et de sa protection par les éléments architecturaux. La combinaison de ces éléments permet de définir 3 classes de condition d'exposition (clémente, moyenne, sévère) auxquelles peuvent être soumises la finition (Tableau 6).

Facteur ^a	Score			Score total (somme)	Condition d'exposition relative
	1	2	3		
Orientation	Nord-ouest à nord-est (modéré)	Nord-est à sud-est et ouest-nord-ouest à nord-ouest (forte)	Sud-est à nord-ouest (extrême)	3	Clémente
Niveau d'abri	Abrité	Partiellement abrité	Non abrité	4 à 6	Moyenne
Inclinaison	Verticale	≈ 45°	Horizontale	7 à 9	Sévère
^a Pour une explication, voir l'Annexe A.					

EXEMPLE Façade orientée au nord d'un entrepôt à plusieurs niveaux :

- orientation nord score 1
- abris : aucun score 3
- inclinaison : verticale score 1

Le score total est de 1 + 3 + 1 = 5, ce qui correspond à une condition d'exposition « moyenne ».

Tableau 6: détermination des conditions d'exposition

Les spécifications de performances des finitions sont définies dans la norme NF EN 927-2²² et sont présentées dans le Tableau 7. Rappelons qu'elles ont été définies sur pin sylvestre après 12 mois de vieillissement naturel.

	Stable	Semi-stable	Non stable
Cloquage	0,3	0,7	1
Craquelage	0,7	1,7	3
Ecaillage	0,3	0,7	1,3
Adhérence	1	1	1

Tableau 7: valeurs limites des critères de performance après vieillissement naturel (12 mois)

Les finitions étudiées ici devront donc satisfaire aux critères du Tableau 7 pour la catégorie stable (menuiserie). A titre d'exemple, la moyenne du craquelage obtenue sur les éprouvettes exposées devra être inférieure à 0.3.

Le **Tableau 8** montre un exemple de fiche technique d'une lasure telle que proposée par la norme NF EN 927-1 et permettant à l'utilisateur de connaître les catégories d'usage final ainsi que les conditions d'exposition pour lesquelles la finition est adaptée.

Dans le cas présenté, la lasure satisfait aux catégories d'usage stable et non stable, et aux 3 conditions d'exposition (clémente moyenne, sévère). Elle n'est donc pas recommandée pour la protection d'une menuiserie.

Garnissant	moyen		
Absorption d'eau en g/m² : 120 à 130			
Recommandations relatives au système de peinture			
nom du produit	rendement superficiel spécifique		
1 ^{ère} couche : <i>XY Blue stain protection primer</i>	60 ml/m ²		
2 ^{ème} couche : <i>SUPERDURABLE Lb</i>	60 ml/m ²		
3 ^{ème} couche : <i>SUPERDURABLE Lb</i>	60 ml/m ²		
4 ^{ème} couche : <i>SUPERDURABLE Lb</i>	50 ml/m ²		
Usage final et conditions d'exposition			
Exposition	Non-stable	Semi-stable	Stable
Clémente	+	+	
Moyenne	+	+	
Sévère	+		

Tableau 8: Exemple de fiche technique proposée par l'annexe C de NF EN 927-1

3.2 Résultats

Les figures suivantes présentent la moyenne et l'intervalle de confiance à 95%.

3.2.1 Résultats sur éléments plans

3.2.1.1 Résultats de vieillissement artificiel à la roue

Vieillessement de 6 semaines

Seules les finitions appliquées sur pin et chêne ont été vieilleses à la roue conformément au programme de travail.

Au terme de l'exposition de 6 semaines de vieillissement à la roue, aucun cloquage, aucun écaillage, aucun farinage, ni aucun craquelage n'a été observé.

L'adhérence était bonne pour tous les systèmes (cotation 0).

Seul un léger changement d'aspect de quelques systèmes attribuable à des variations esthétiques (couleur, brillant) a été relevé (Figure 11).

Le tableau résume l'analyse des résultats en se fixant les limites des critères craquelage et adhérence de NF EN 927-2. Il montre que ce mode et cette durée de vieillissement n'ont pas permis de discriminer les produits.

	Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 6 semaines de vieillissement artificiel à la roue			
	Pin sylvestre	Pin sylvestre traité	chêne	moabi
Système 1	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 2	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 3	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 4	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 5	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 6	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 7	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 8	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

Tableau 9: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence après 6 semaines de vieillissement artificiel à la roue

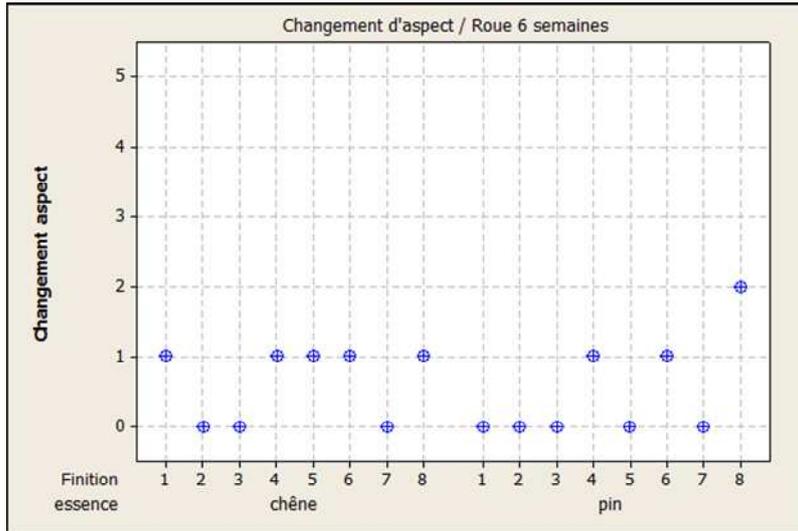


Figure 11: changement d'aspect après 6 semaines de roue

Les variations de couleur sont rassemblées dans la Figure 12 pour le pin et dans la Figure 13 pour le chêne. Elles montrent que les couleurs sont très peu impactées par ce mode et cette durée de vieillissement : les écarts de couleur sont très faibles.

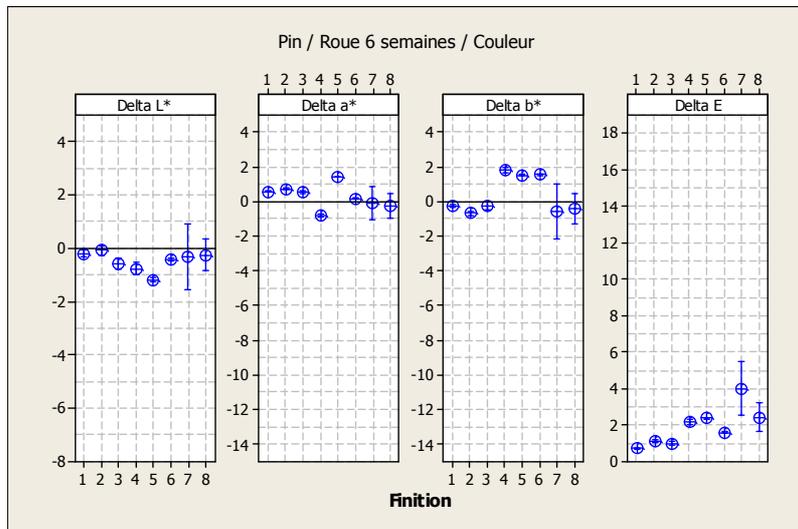


Figure 12: Variations de couleur après 6 semaines de roue sur pin

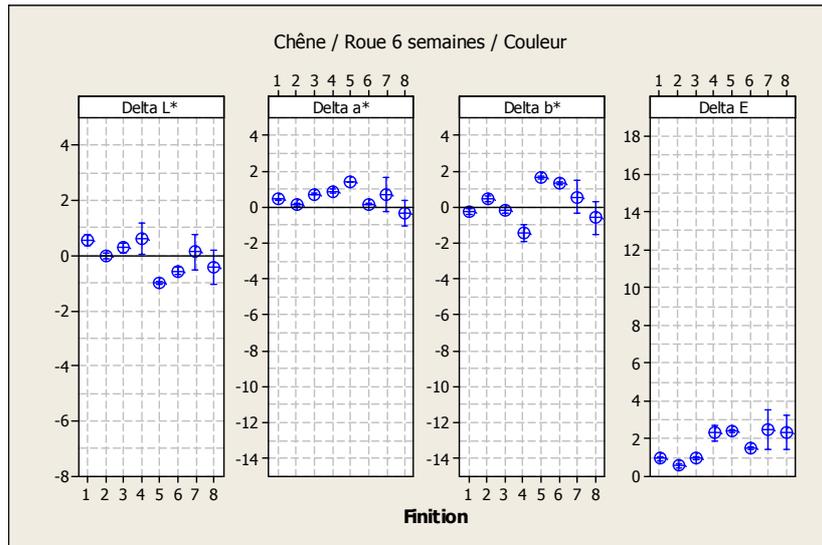


Figure 13: variations de couleur après 6 semaines de roue sur chêne

Les brillances initiales sont globalement équivalentes sur les deux essences, comme le montrent la Figure 14 et la Figure 15. Les pertes de brillance sont modérées sauf pour le système 8 sur pin dont la perte de brillance dépasse légèrement 50%.

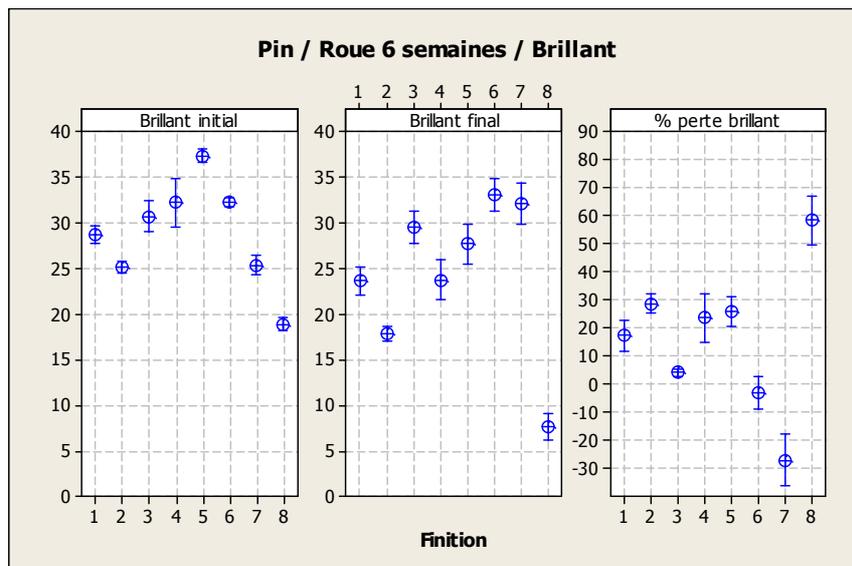


Figure 14: Variations de brillant après 6 semaines de roue sur pin

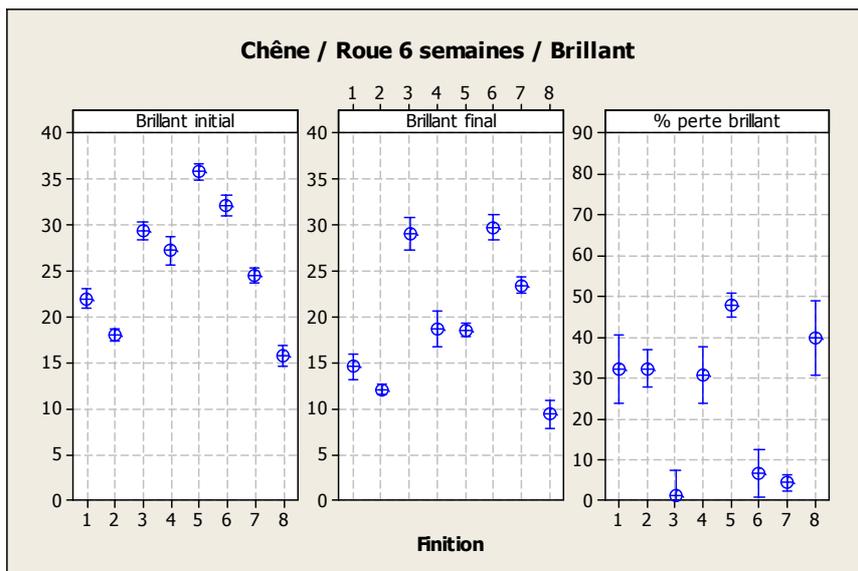
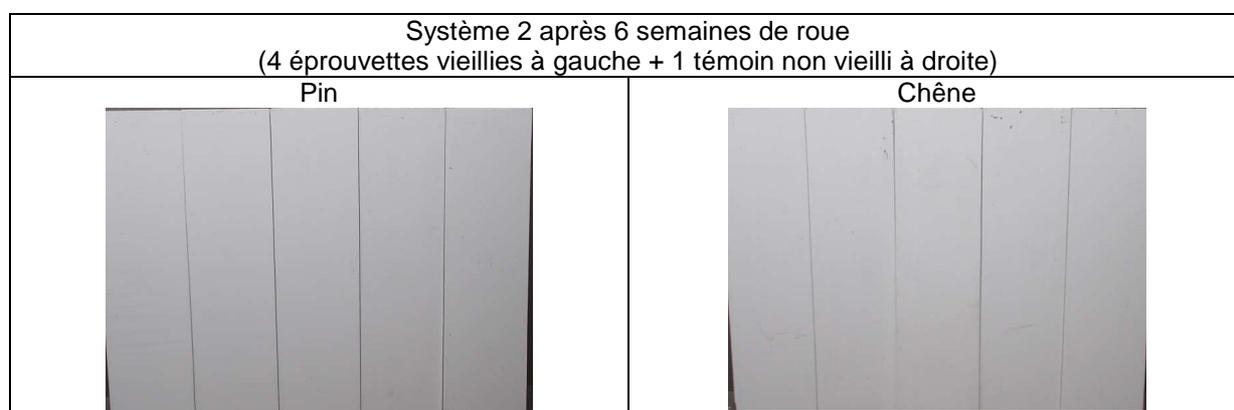
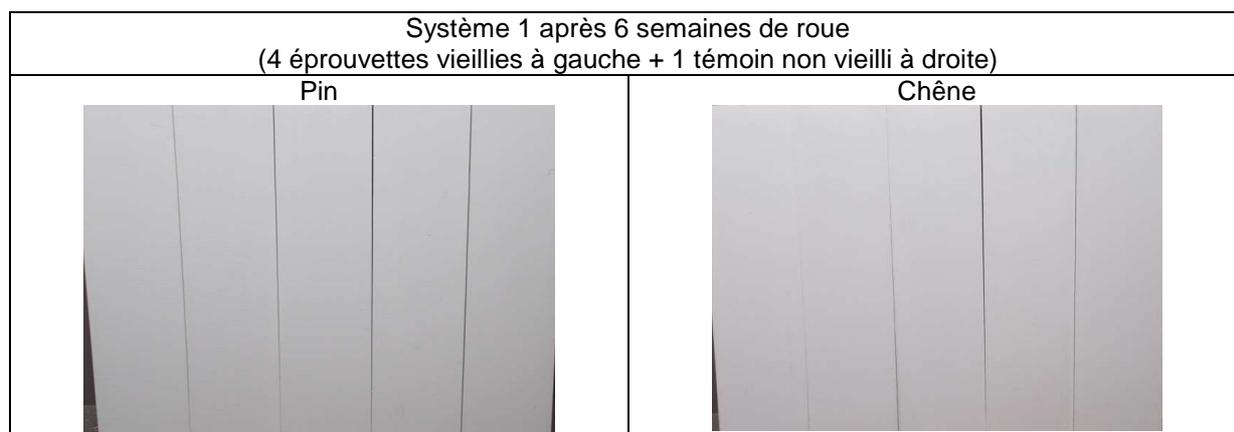
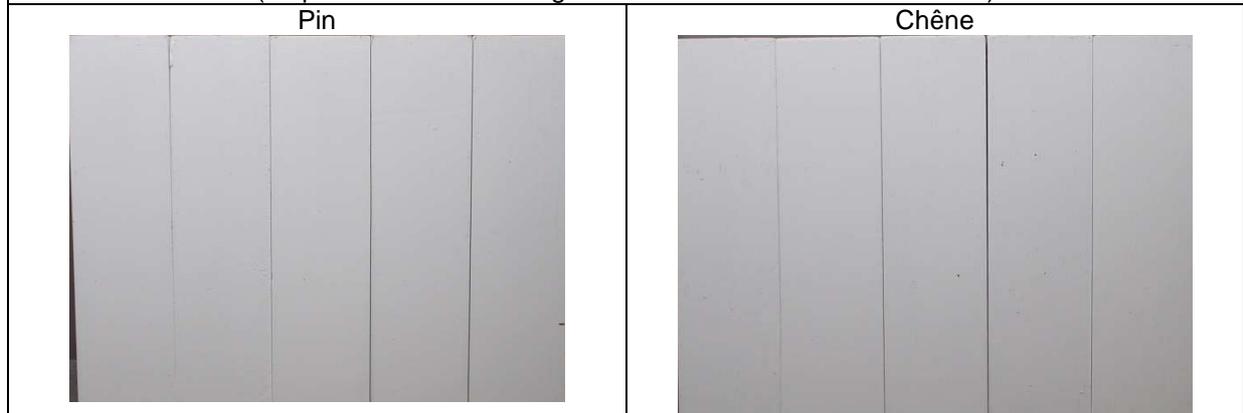


Figure 15: Variations de brillant après 6 semaines de roue sur chêne

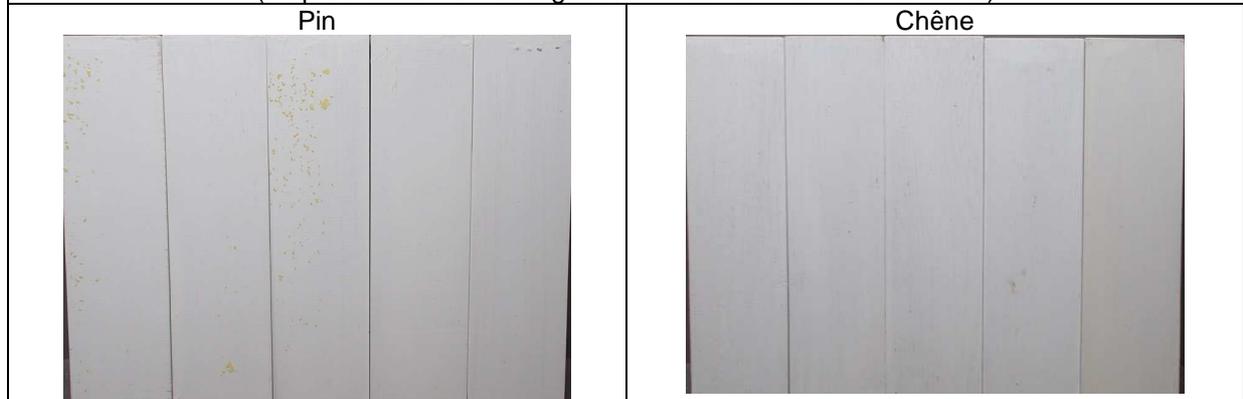
L'aspect visuel des éprouvettes est reporté dans les tableaux ci-dessous qui montrent globalement très peu de changements entre les 4 éprouvettes exposées et le témoin non vieilli.



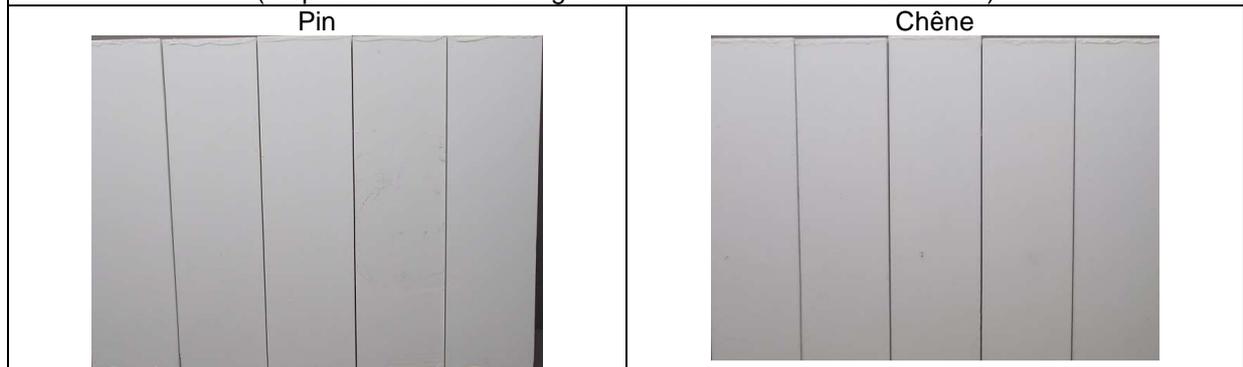
Système 3 après 6 semaines de roue
(4 éprouvettes vieilles à gauche + 1 témoin non vieilli à droite)

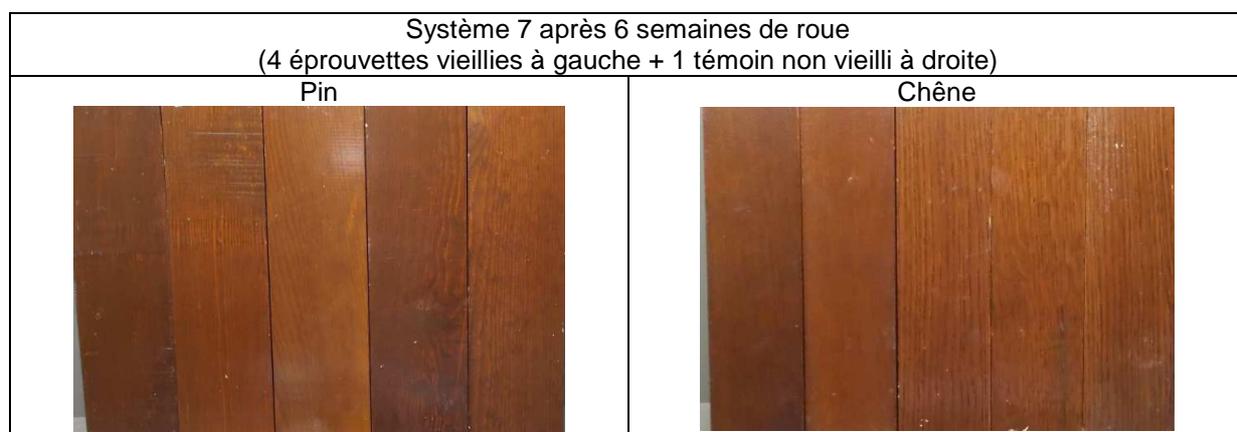
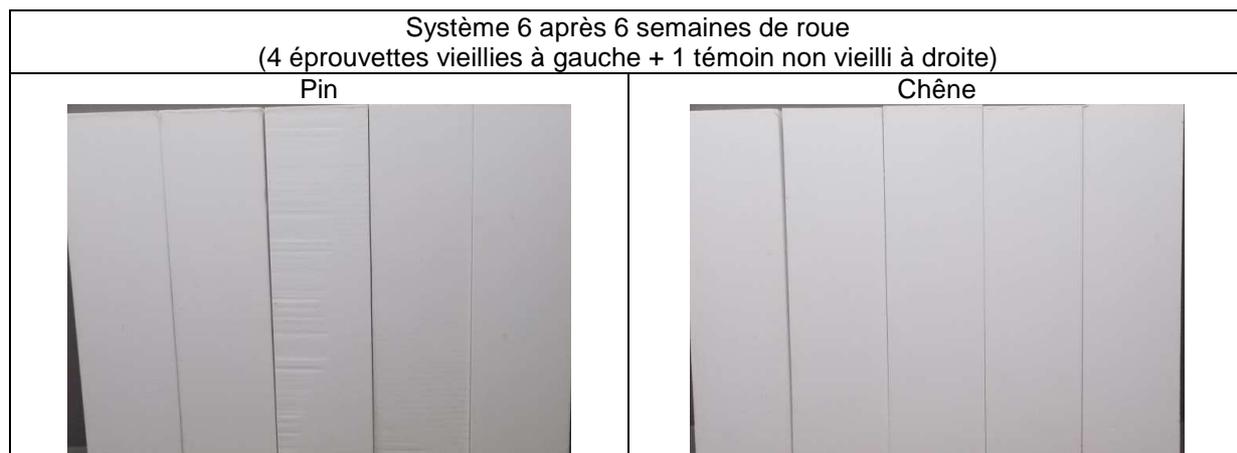


Système 4 après 6 semaines de roue
(4 éprouvettes vieilles à gauche + 1 témoin non vieilli à droite)



Système 5 après 6 semaines de roue
(4 éprouvettes vieilles à gauche + 1 témoin non vieilli à droite)





Vieillessement de 12 semaines

Au terme de l'exposition de 12 semaines de vieillissement à la roue, aucun cloquage, aucun écaillage, aucun craquelage ni aucun farinage n'a été observé.

Le Tableau 10 résume l'analyse des résultats en se fixant les limites des critères craquelage et adhérence de NF EN 927-2. Il montre que ce mode et cette durée de vieillissement n'ont pas permis de discriminer les systèmes de finition étudiés.

	Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 12 semaines de vieillissement artificiel à la roue			
	Pin sylvestre	Pin sylvestre traité	chêne	moabi
Système 1	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 2	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 3	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 4	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 5	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 6	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 7	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 8	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

Tableau 10: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence après 12 semaines de vieillissement artificiel à la roue

Comme précédemment seuls des changements esthétiques sont observables et conduisent à des changements d'aspect modérés (cf Figure 16). Le changement le plus marqué concerne le système 8 et est attribuable à son changement significatif de brillance (Figure 19 et Figure 20). La Figure 17 et la Figure 18 relatives au changement de couleur montrent peu de variation et permettent de conclure que les changements esthétiques après 12 semaines de roue sont essentiellement attribuables à des changements de brillant.

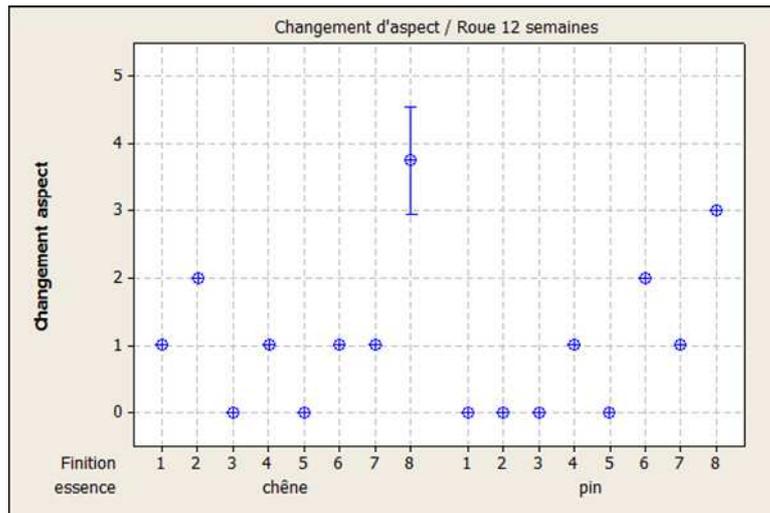


Figure 16: Changement d'aspect après 12 semaines de roue

Les variations de couleur après 12 semaines de roue sont reportées dans la Figure 17 pour le pin et dans la Figure 18 pour le chêne. Elles sont très faibles pour les deux essences.

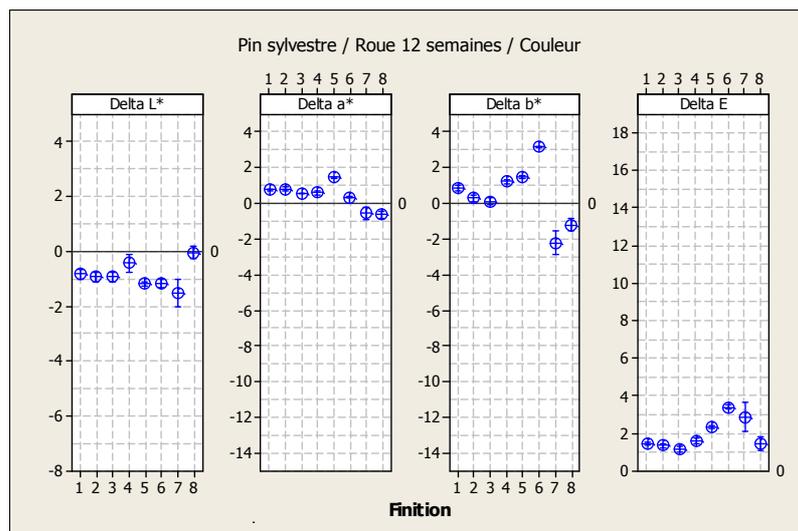


Figure 17: Variations de couleur après 12 semaines de roue sur pin

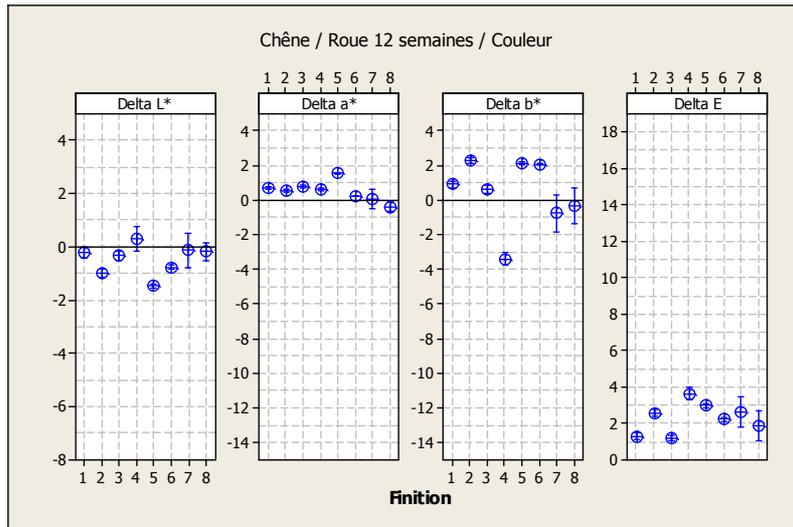


Figure 18: Variations de couleur après 12 semaines de roue sur chêne

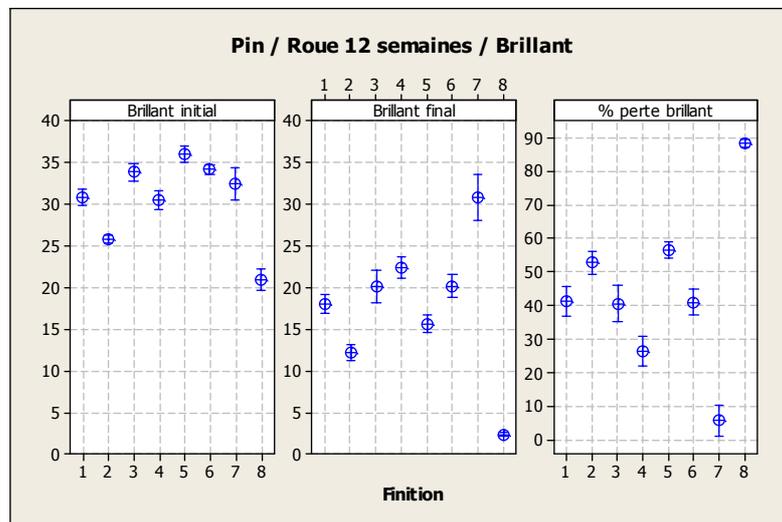


Figure 19: Changement de brillant sur pin après 12 semaines de roue

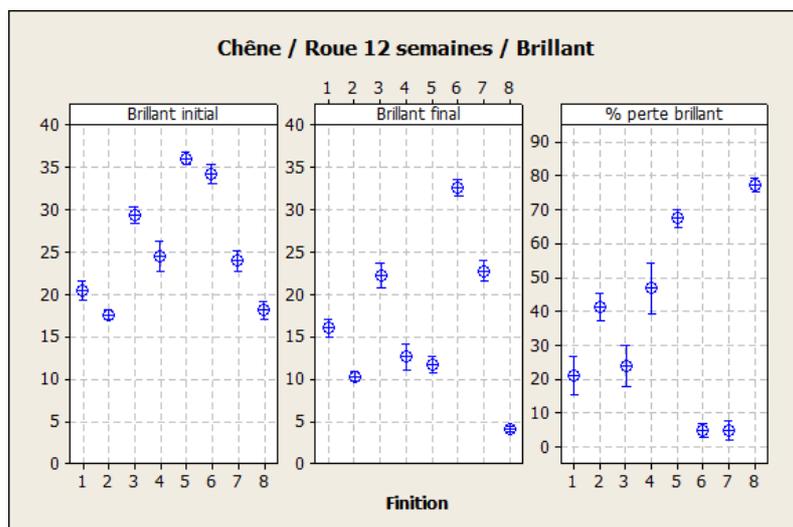
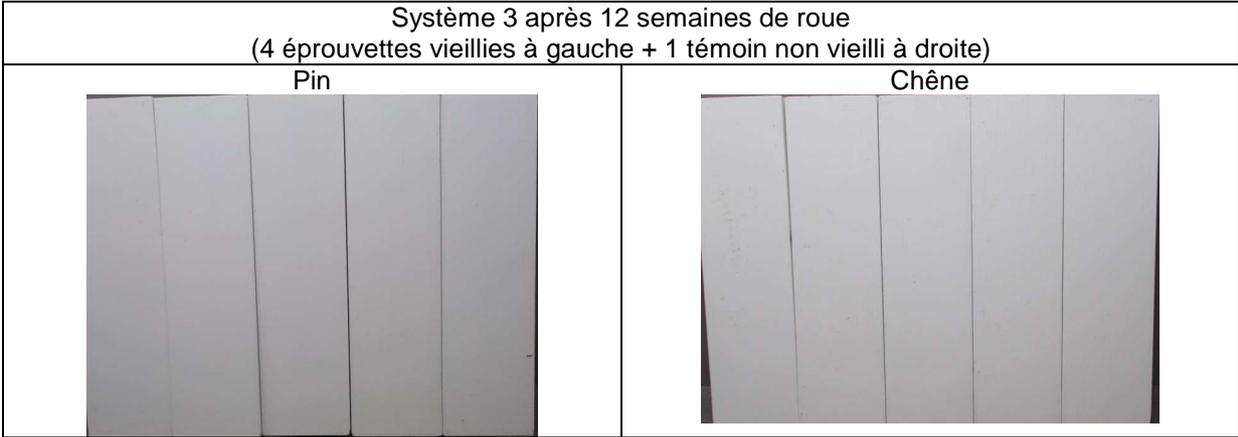
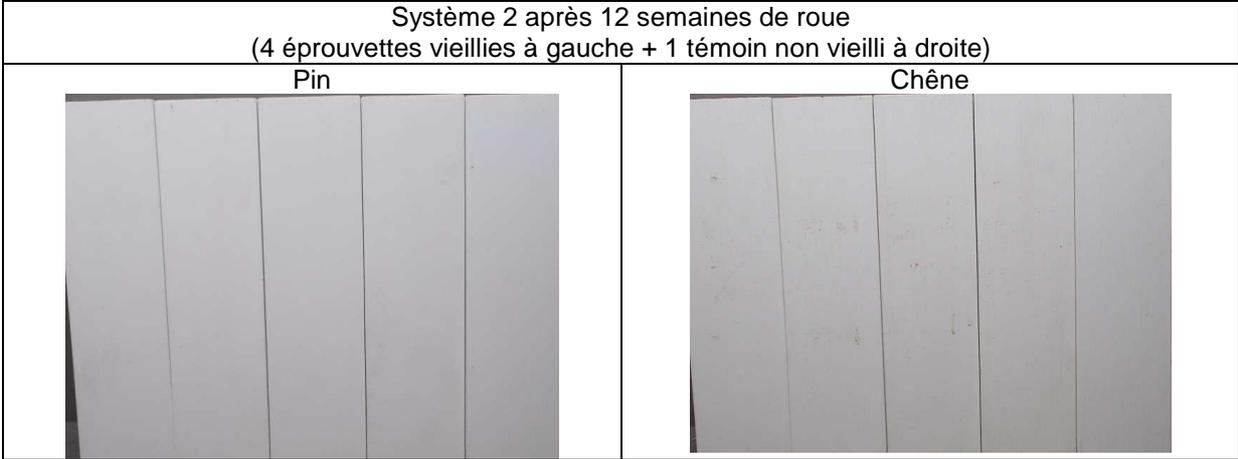
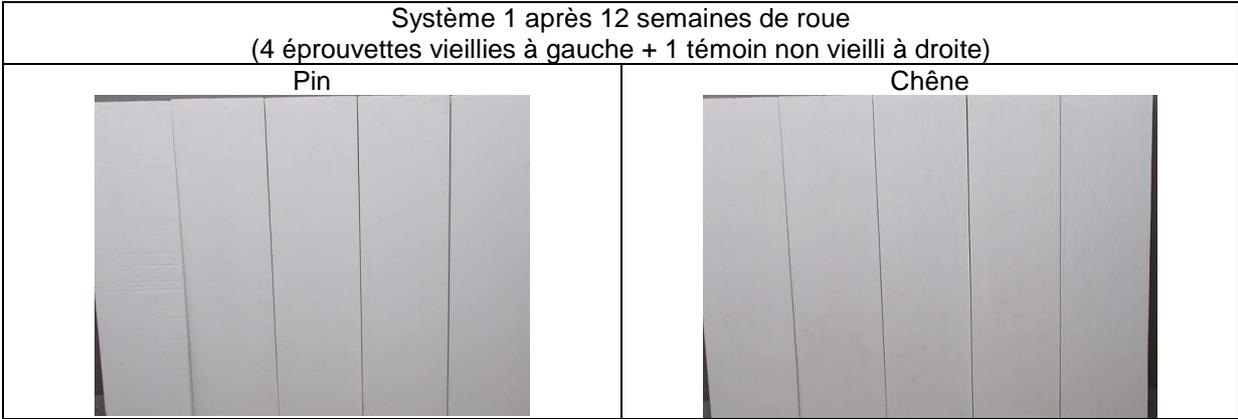
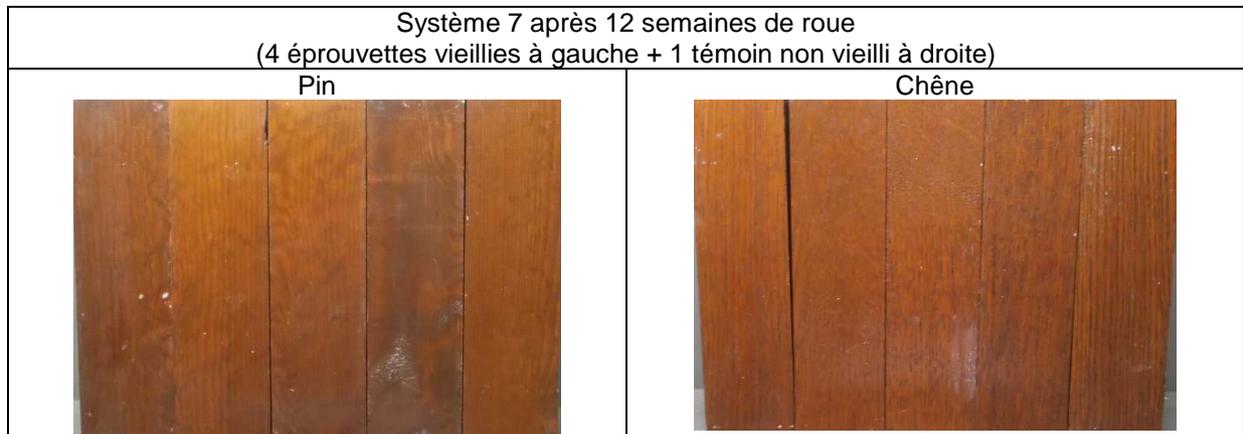
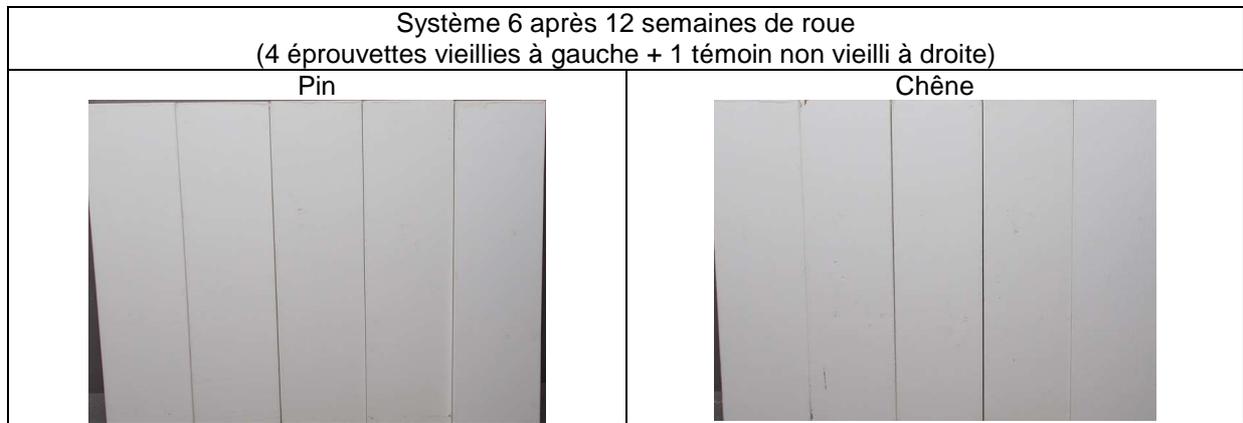
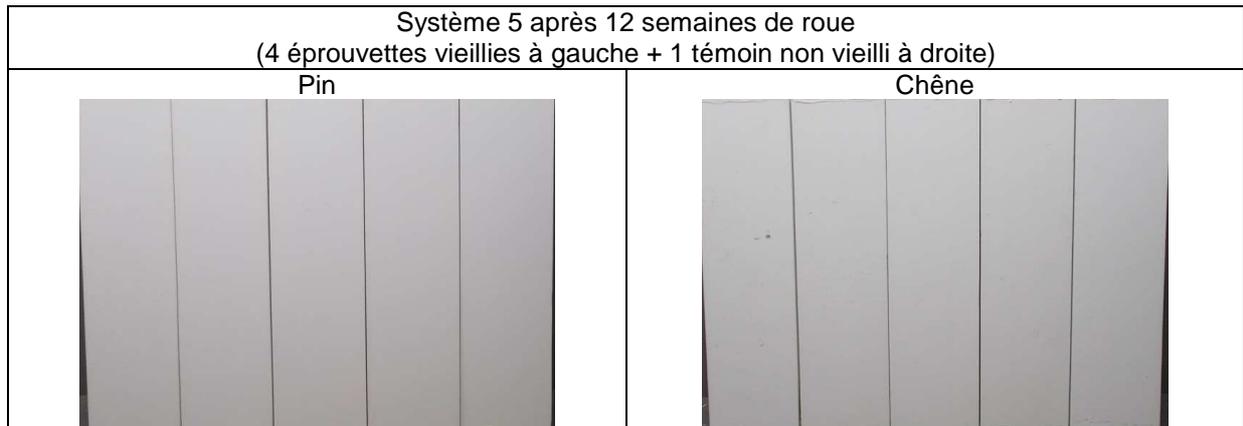
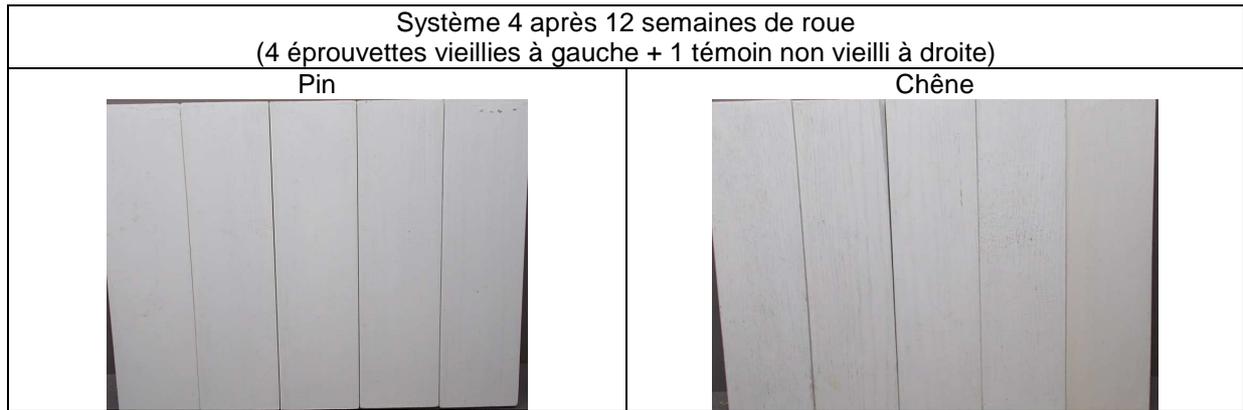


Figure 20: Changement de brillant sur chêne après 12 semaines de roue

Les tableaux ci-après rassemblent les photos des systèmes à l'issue des 12 semaines de vieillissement comparativement à un témoin non vieilli.







3.2.1.2 Résultats de vieillissement artificiel au QUV

Vieillissement de 12 semaines

Aucun cloquage ni écaillage n'a été observé au terme des 12 semaines (2016 heures) de vieillissement.

L'adhérence était bonne quels que soient le système et le support bois.

Contrairement aux 12 semaines de roue, l'exposition de cette même durée au QUV a généré du craquelage pour quelques-uns des systèmes comme le montre la Figure 21. Ce mode est cette durée de vieillissement sont donc plus discriminants pour les finitions.

Les 12 semaines de QUV préconisées par la norme NF EN 927-6 ne sont pas assorties de spécifications de performances, mais nous avons ici analysé les résultats en utilisant celles de NF EN 927-2 basées sur un essai de 12 mois de vieillissement naturel. En prenant comme limite le critère d'un craquelage moyen inférieur à 0.7, la Figure 21 montre que cinq des huit systèmes passent le test sur les quatre supports bois : ce sont les systèmes 2, 3, 6, 7 et 8. Quelques autres systèmes satisfont au critère pour des supports particuliers : système 1 (moabi et pin traité), système 4 sur moabi, système 5 (moabi, pin).

Quelques combinaisons particulières de système/essence présentent un craquelage supérieur à 0.7 et ne satisfont pas à l'exigence concernant le craquelage. C'est le cas du système 1 sur chêne, 4 sur chêne, pin et pin traité, 5 sur pin traité.

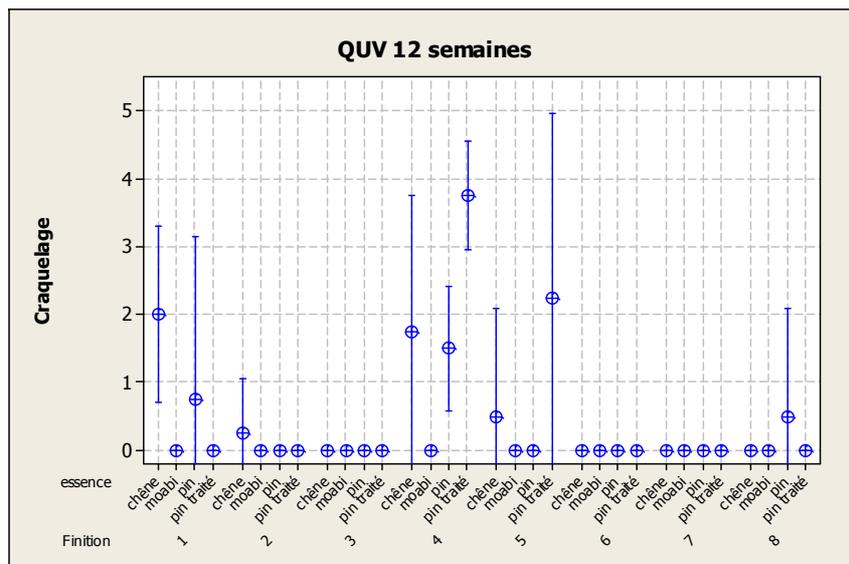


Figure 21: Craquelage après 12 semaines de QUV

Le tableau résume l'analyse des résultats en se fixant comme limite les critères craquelage et adhérence de NF EN 927-2.

	Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 12 semaines de vieillissement artificiel NF EN 927-6			
	Pin sylvestre	Pin sylvestre traité	chêne	moabi
Système 1	Non (craquelage)	Oui	Non (craquelage)	Oui
Système 2	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 3	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 4	Non (craquelage)	Non (craquelage)	Non (craquelage)	Oui
Système 5	Oui	Non (craquelage)	Oui	Oui
Système 6	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 7	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 8	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

Tableau 11: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence après 12 semaines de vieillissement artificiel

Un très léger farinage (cotation 1) a été relevé pour le système 8 sur moabi et pin sylvestre traité. Il est à mettre en lien avec la chute de brillance que présente ce système. Rappelons que le farinage ne doit pas être considéré au même titre qu'un défaut de type craquelage ou

écaillage, synonyme de rupture de la protection. Le farinage est un phénomène superficiel de dégradation. Il rend plus facile la rénovation d'un système de peinture que le craquelage ou écaillage. Le farinage n'est d'ailleurs pas un critère de performance au sens de NF EN 927-2.

Les changements d'aspect sont reportés dans la Figure 22 qui montre que ce sont principalement les systèmes 4, 7 et 8 qui présentent un changement d'aspect attribuable à des modifications esthétiques (couleur, brillant).

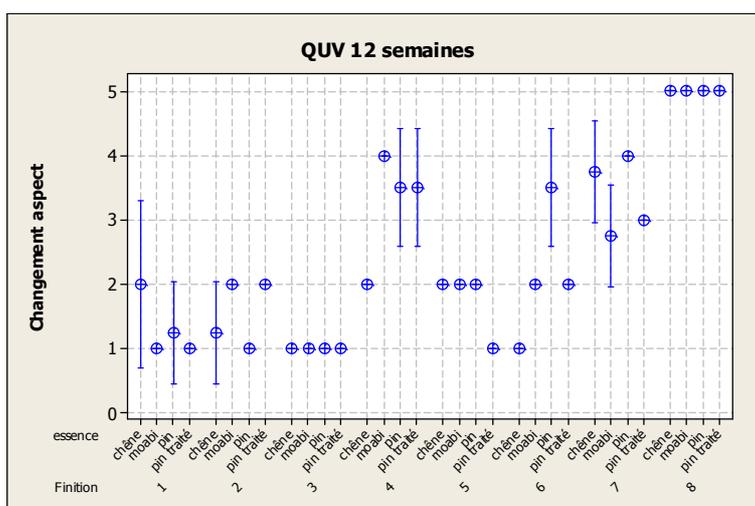


Figure 22: Changement d'aspect après 12 semaines de QUV

Les variations de couleur sont compilées dans la Figure 23 pour le pin et la Figure 24 pour le chêne. L'écart total de couleur ΔE est globalement faible mais montre que les changements de couleur sont perceptibles sur pin pour les systèmes 4 et 6, et sur pin pour le système 7 dus à des remontées de tannins.

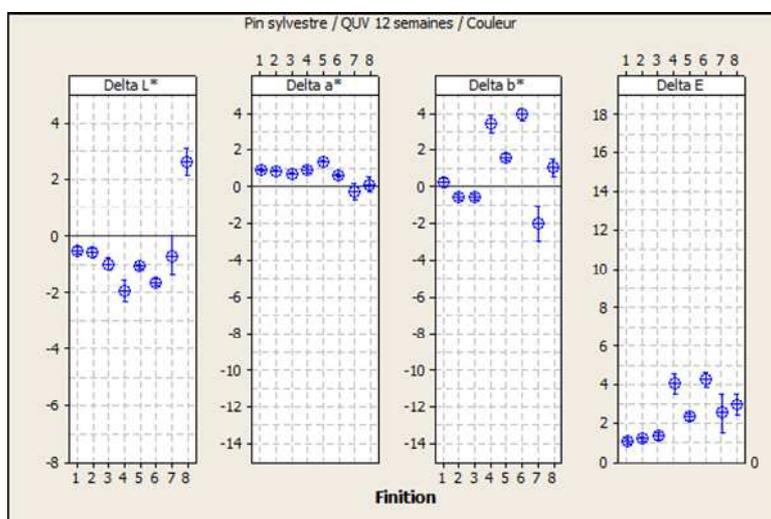


Figure 23: variations de couleur sur pin après 12 semaines de QUV

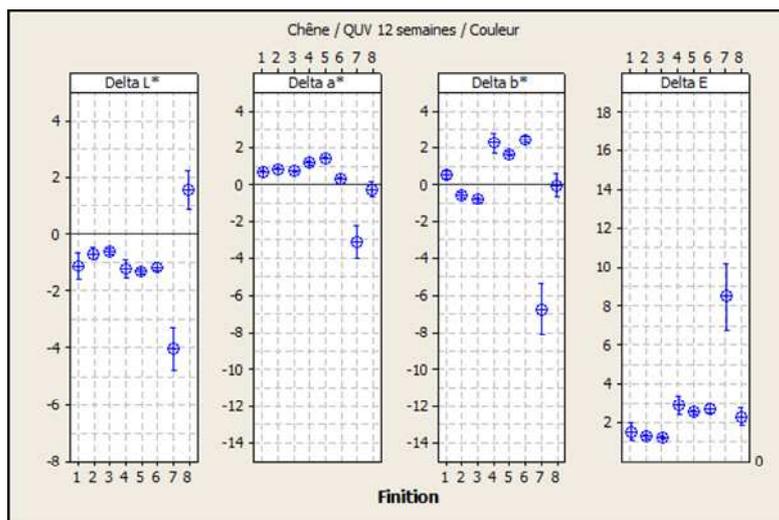


Figure 24: Variations de couleur sur chêne après 12 semaines de QUV

Les variations de brillant sur pin et sur chêne sont rassemblées dans la Figure 25 et la Figure 26 respectivement.

D'une façon très générale les pertes de brillant après 12 semaines de QUV sur pin sont plus importantes que celles produites par 12 semaines de Roue. Après 12 semaines de QUV, les systèmes 2, 4, 5, 6, 7 et 8 perdent plus de 50% de leur brillant alors que seuls les systèmes 2, 5 et 8 présentaient une telle perte après 12 semaines de roue. La différence entre QUV et roue est particulièrement visible pour les systèmes 4 et 7 dont la perte de brillant est plus importante après vieillissement au QUV.

Sur chêne, les 12 semaines de QUV conduisent à une perte de brillant supérieure à 50% pour les systèmes 1, 4, 5, 6, 7, 8 alors que la même durée de vieillissement à la roue ne produit ce niveau de modification que pour les systèmes 5 et 8. C'est certainement sur la brillance des systèmes 6 et 7 que la différence entre les deux appareillages est la plus marquée : ces deux systèmes ne montrent quasiment pas de changement de brillant après 12 semaines de roue, alors que cette même durée au QUV conduit à plus de 50% de perte de leur brillance.

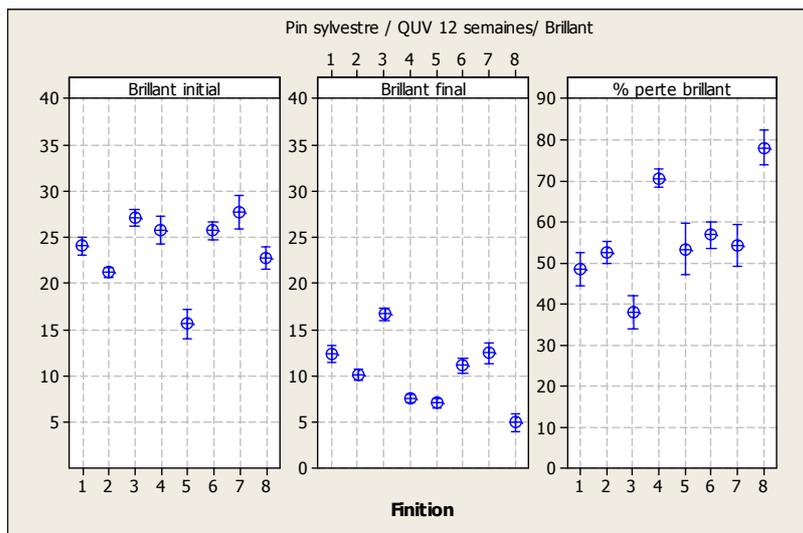


Figure 25: Variations de brillant sur pin après 12 semaines de QUV

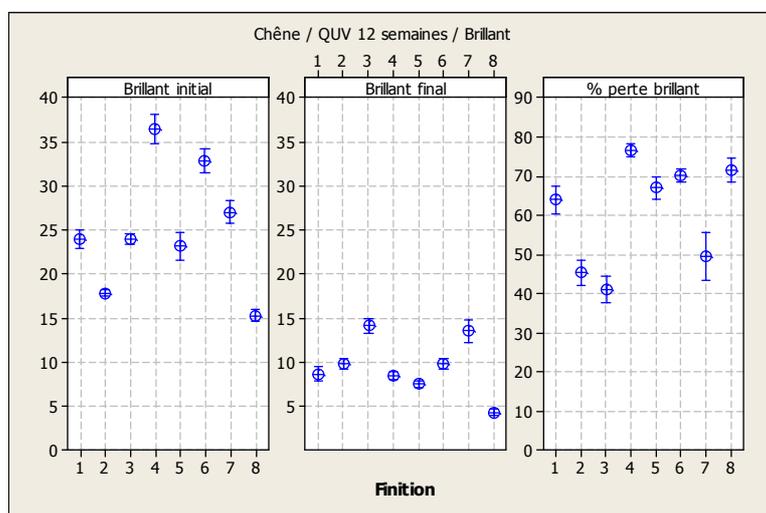
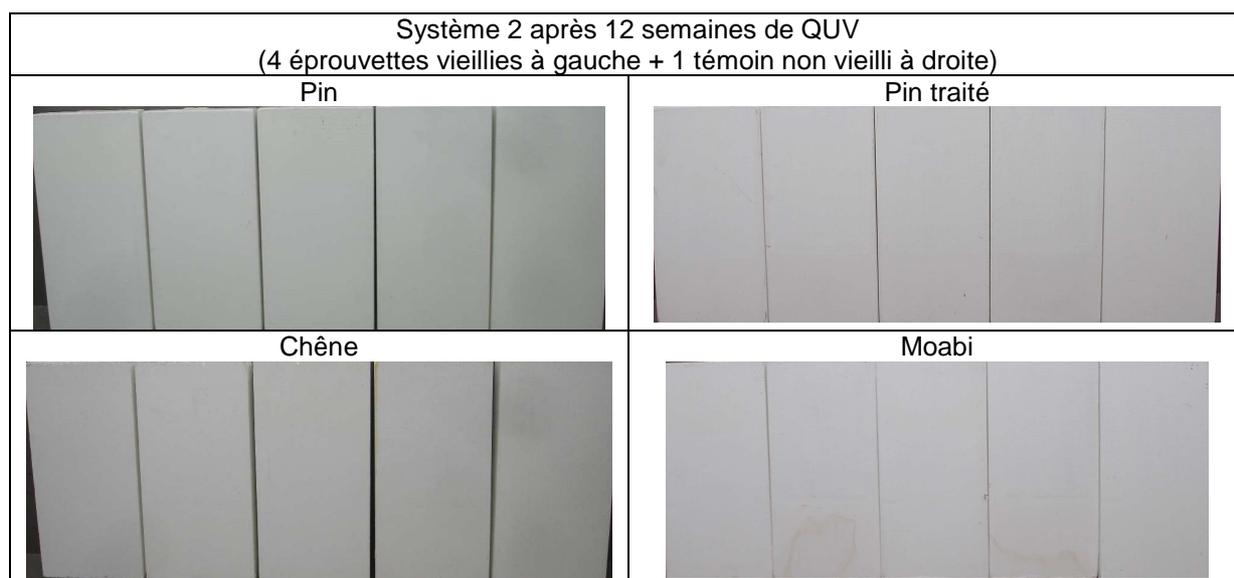
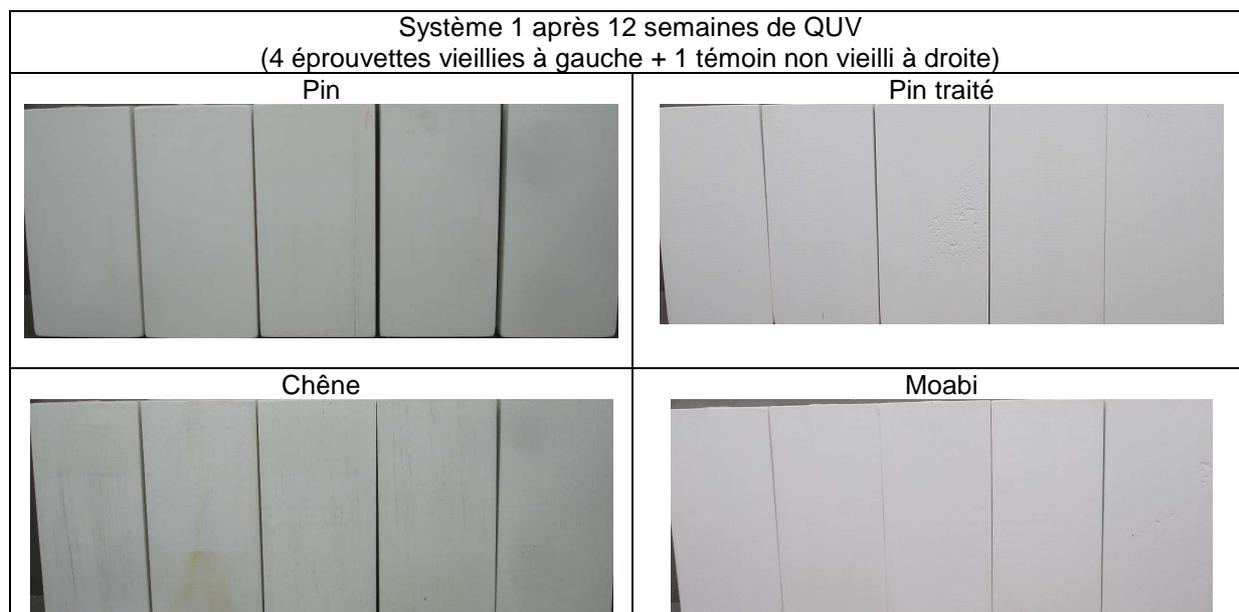
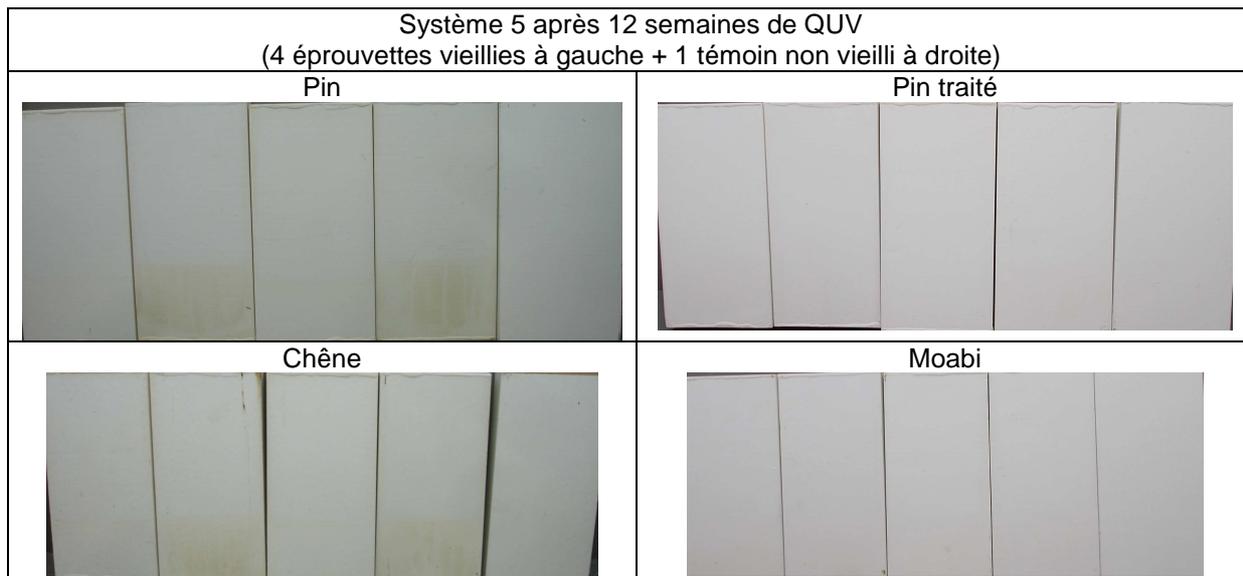
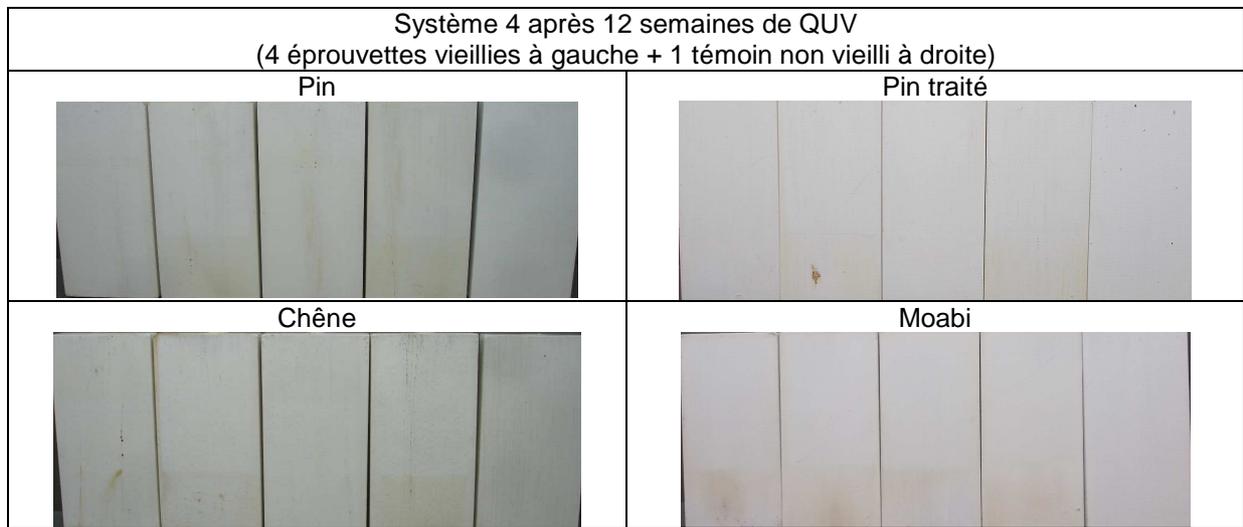


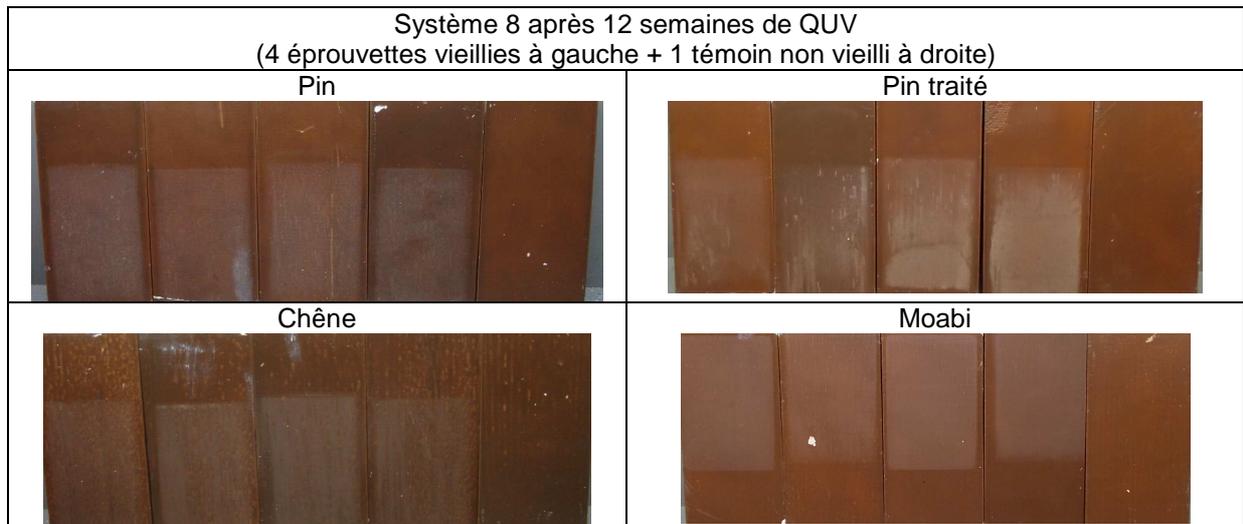
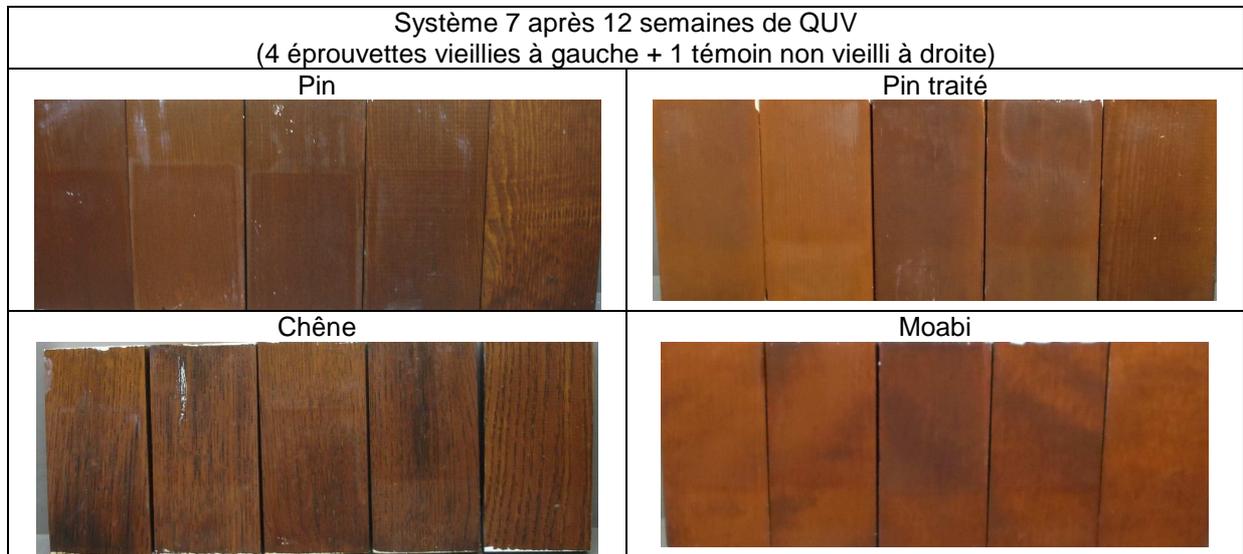
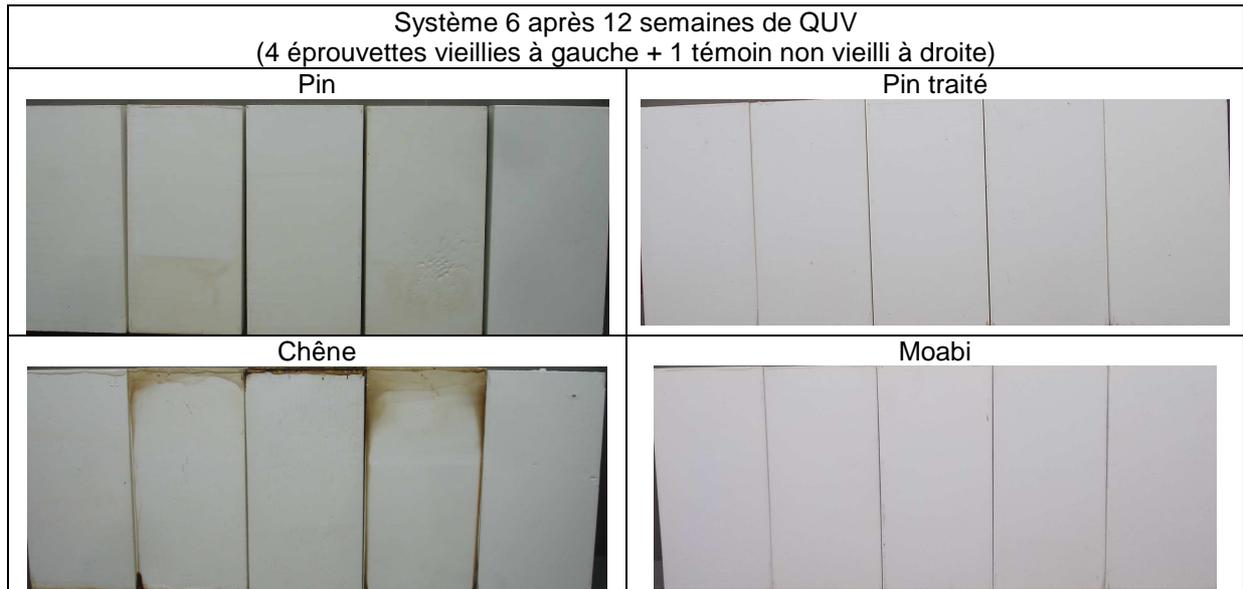
Figure 26: Variations de brillant sur chêne après 12 semaines de QUV

Les tableaux suivants présentent les photos des éprouvettes vieilles au QUV en comparaison d'un témoin non vieilli. Précisons que dans ce mode de vieillissement, les échantillons sont maintenus dans un porte-échantillon métallique et que seule une fenêtre de 65 x 95 mm est réellement exposée au cycle du QUV. C'est sur cette surface que sont réalisées les différentes cotations visuelles ainsi que les mesures de couleur et de brillant. Des modifications d'aspect peuvent se produire au niveau de la surface masquée par le porte-échantillon. Elles ne sont pas analysées mais leur présence est tout de même indicatrice des performances des produits. A titre d'exemple, sur chêne, les systèmes 1, 4, 5 et 6 montrent des colorations brunâtres au niveau du porte-échantillon. Ces colorations ne sont pas incluses dans les mesures de couleur mais révèlent une vraisemblable remontée d'extractibles, remontée qui n'est pas visible dans la fenêtre d'exposition puisque soumise à

la pulvérisation (lessivage probable des tannins) et irradiation (éclaircissement des tâches).
Sur pin et moabi, des phénomènes similaires sont parfois observables.







Vieillessement de 24 semaines

Aucun cloquage ni écaillage n'a été observé au terme des 24 semaines (4032 heures) de vieillissement.

Tous les systèmes ont reçu une cotation 0 pour l'adhérence pour tous les supports, sauf le système B sur moabi et pin traité (cotation moyenne = 0.5)

Le craquelage est reporté dans la Figure 27.

Rappelons que le vieillissement artificiel n'est pas assorti de spécifications de performances. Nous avons ici analysé les résultats sur la base des spécifications de performances de NF EN 927-2 (craquelage inférieur à 0.7 pour emploi stable). Sur cette base, quatre systèmes passent le test quelle que soit l'essence :

- ✓ système 2
- ✓ système 3
- ✓ système 8

Les autres systèmes passent le test pour des combinaisons système/essence particulières.

Ainsi les exigences sont satisfaites pour :

- ✓ système 1 sur moabi et pin traité
- ✓ système 4 sur pin traité
- ✓ système 5 sur pin
- ✓ système 6 sur chêne, moabi, pin
- ✓ système 7 sur chêne et pin

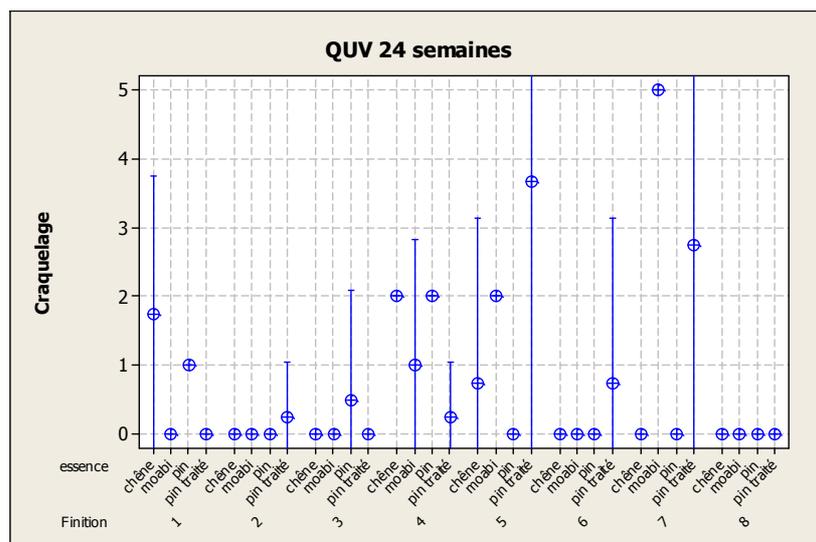


Figure 27: Craquelage après 24 semaines de QUV

Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 24 semaines de vieillissement artificiel NF EN 927-6				
	Pin sylvestre	Pin sylvestre traité	chêne	moabi
Système 1	Non (craquelage)	Oui	Non (craquelage)	Oui
Système 2	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 3	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 4	Non (craquelage)	Oui	Non (craquelage)	Non (craquelage)
Système 5	Oui	Non (craquelage)	Non (craquelage)	Non (craquelage)
Système 6	Oui	Non (craquelage)	Oui	Oui
Système 7	Oui	Non (craquelage)	Oui	Non (craquelage)
Système 8	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

Tableau 12: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence après 24 semaines de vieillissement artificiel

La Figure 28 montre les résultats de farinage. Seuls les systèmes 5 et 7 ne présentent aucun farinage pour les 4 supports testés. Les autres systèmes présentent du farinage sur au moins un des supports.

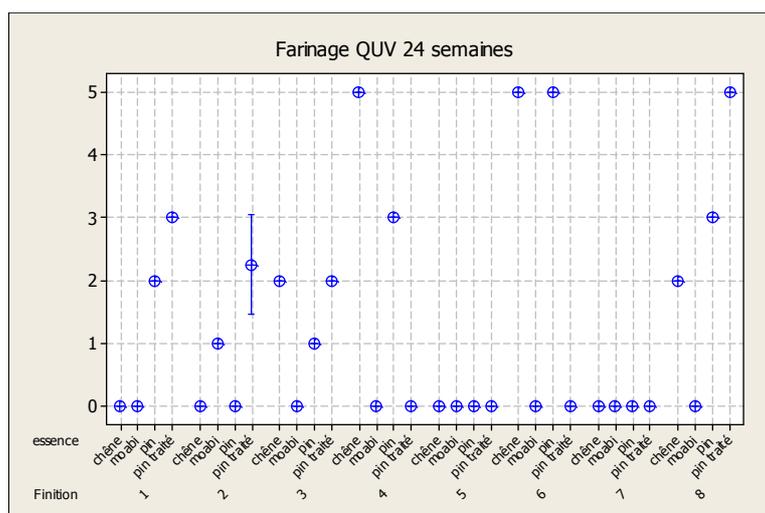


Figure 28: Farinage après 24 semaines de QUV

Les variations de couleur sont reportées dans la Figure 29 pour le pin et la Figure 30 pour le chêne. Les variations de couleur sont un peu plus marquées qu'après 12 semaines, en

particulier en ce qui concerne la luminance L^* et la coordonnée b^* . Cela se traduit par des écarts globaux de couleur ΔE plus importants. Sur pin, les systèmes 2, 3 et 5 présentent les changements de couleur les plus faibles sont enregistrés pour les systèmes 2 et 3 (pin et chêne), le système 5 sur pin, le système 6 sur chêne. Les systèmes 1 et 4 présentent un faible ΔE qui pour autant ne permet pas de conclure à une bonne stabilité de la couleur compte-tenu des variations visibles au niveau du porte-échantillon mais non incluses dans la mesure. L'écart global de couleur du système 7 sur chêne est particulièrement important dû à un noircissement du bois vraisemblablement provoqué par des remontées de tannins.

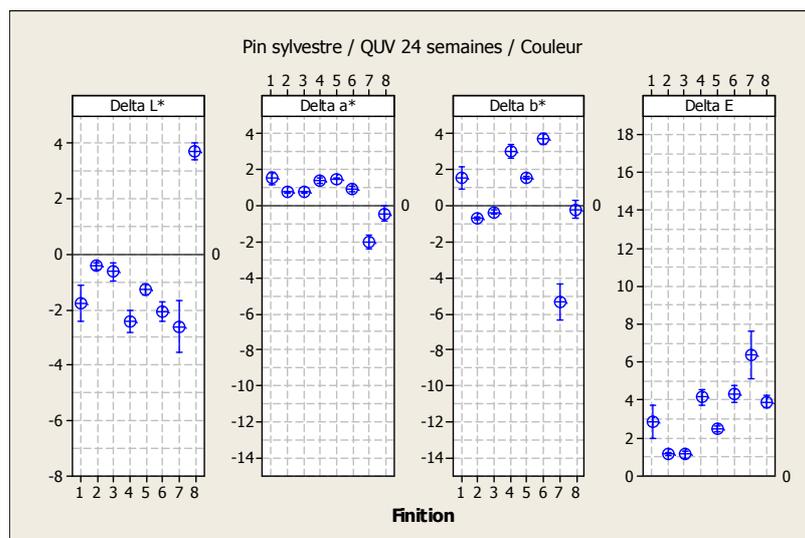


Figure 29: Variations de couleur sur pin après 24 semaines de QUV

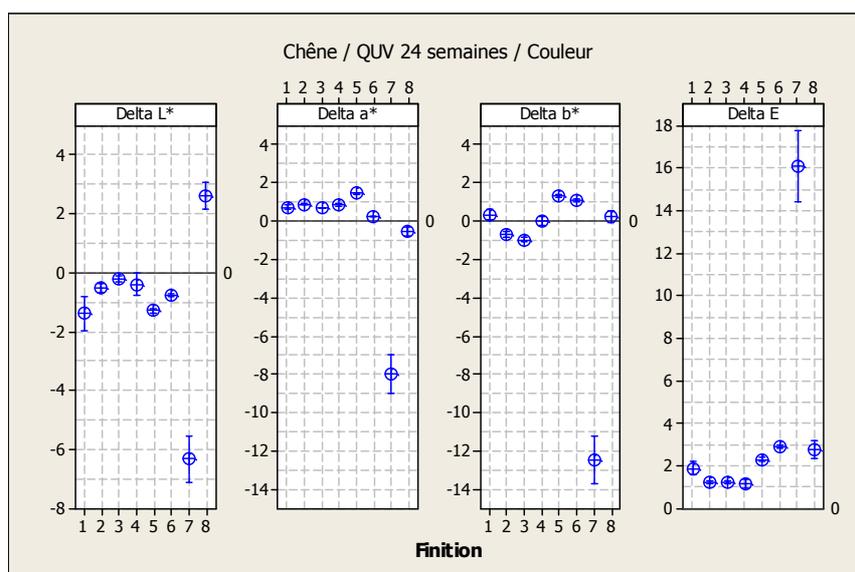


Figure 30: Variations de couleur sur chêne après 24 semaines de QUV

L'impact des 24 semaines de QUV sur les modifications de brillant est inclus dans la Figure 31 et la Figure 32 pour le pin et le chêne respectivement.

Les brillants finaux sont du même ordre pour les deux essences excepté pour le système 7 dont le brillant final est plus faible sur chêne que sur pin. Le vieillissement de 24 semaines conduit à une perte de brillant supérieure à 50% pour tous les systèmes sur pin sauf 3 et 7, et pour tous les systèmes sur chêne sauf 3.

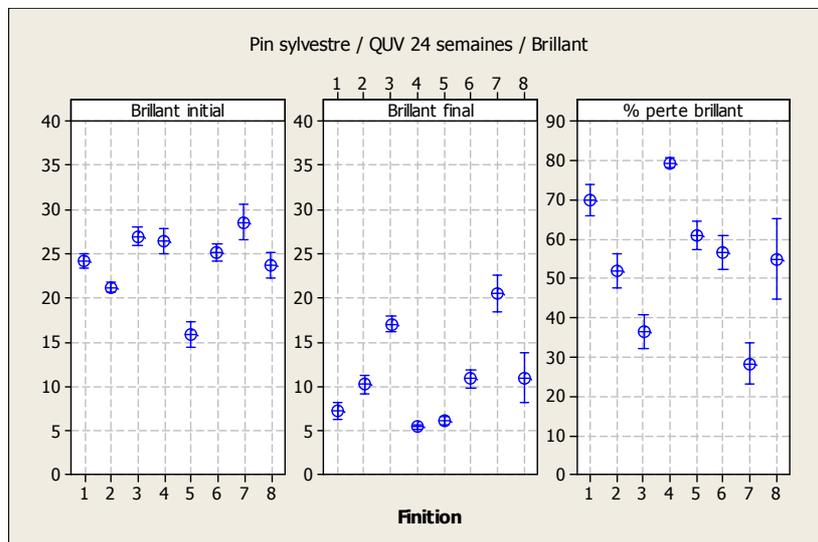


Figure 31: Variations de brillant sur pin après 24 semaines de QUV

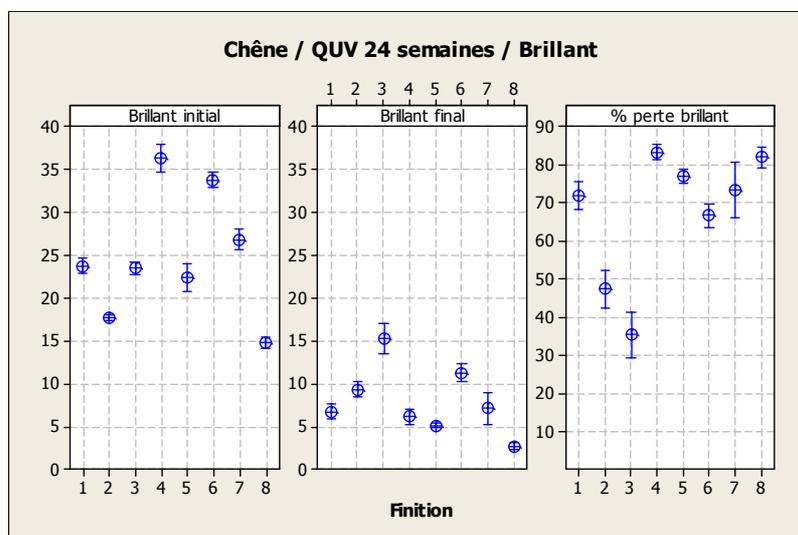
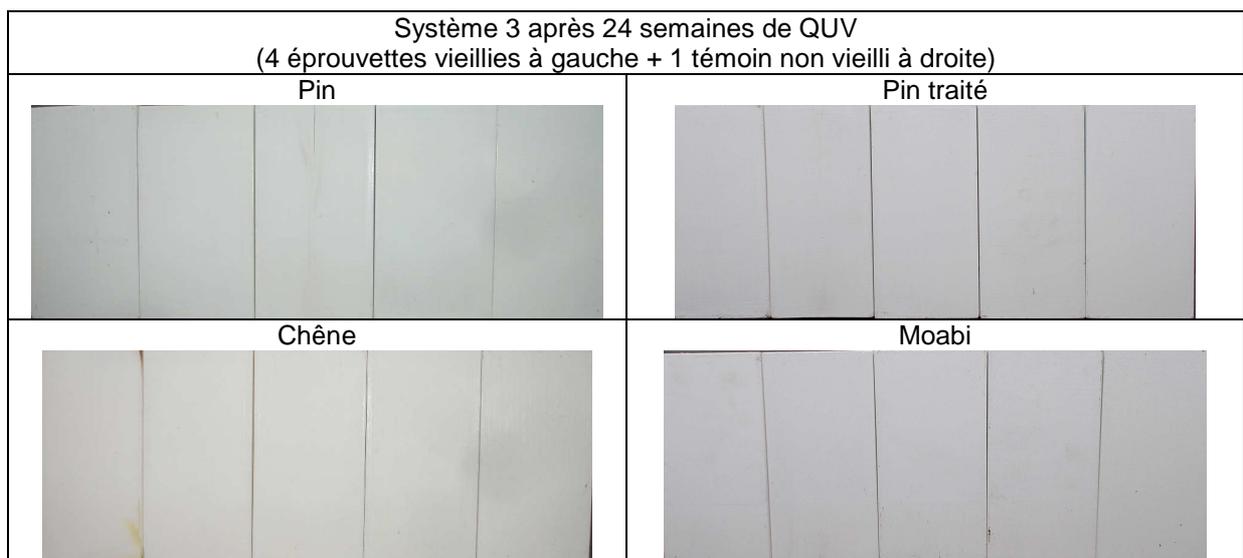
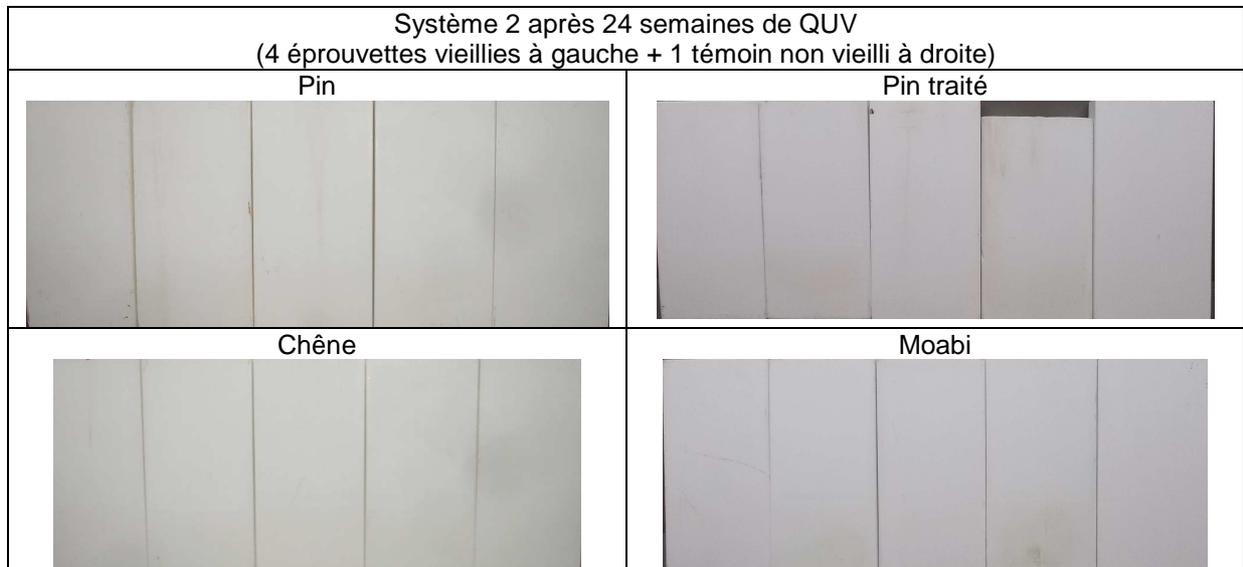
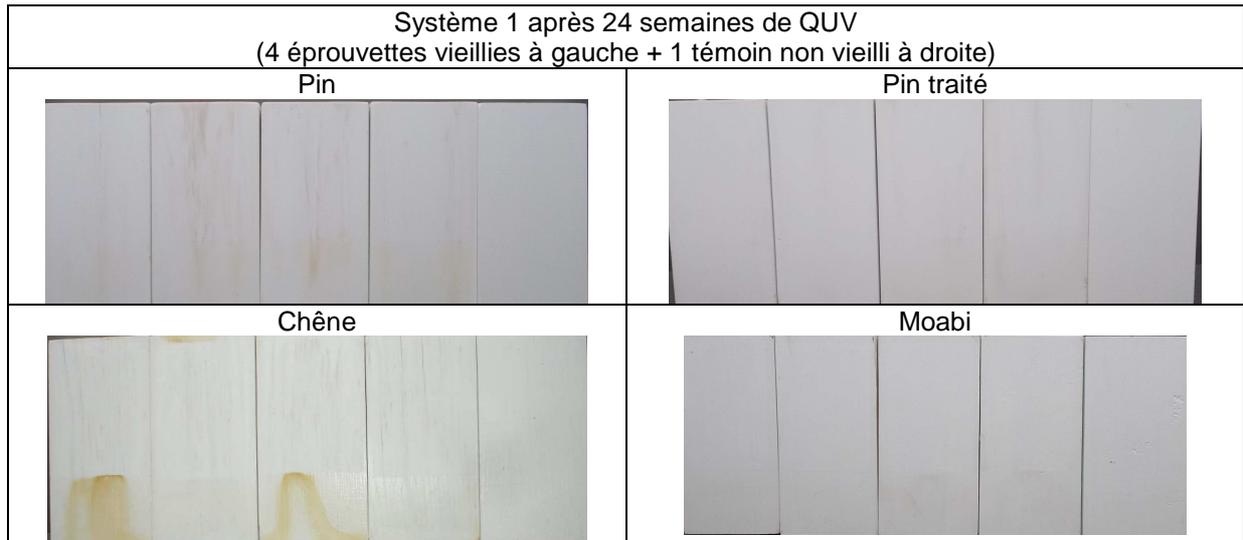
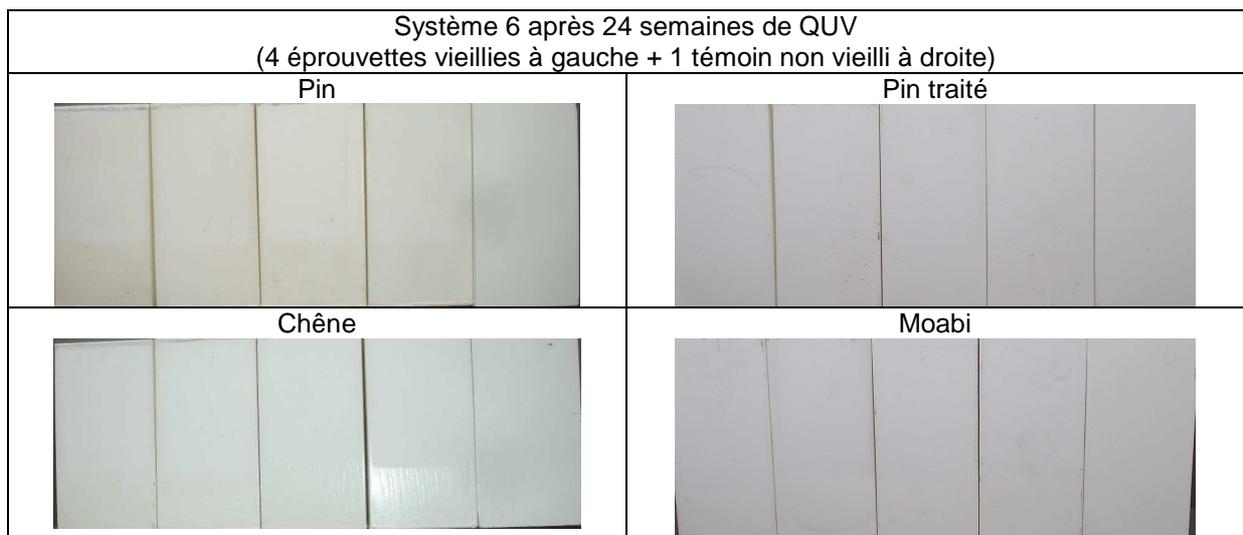
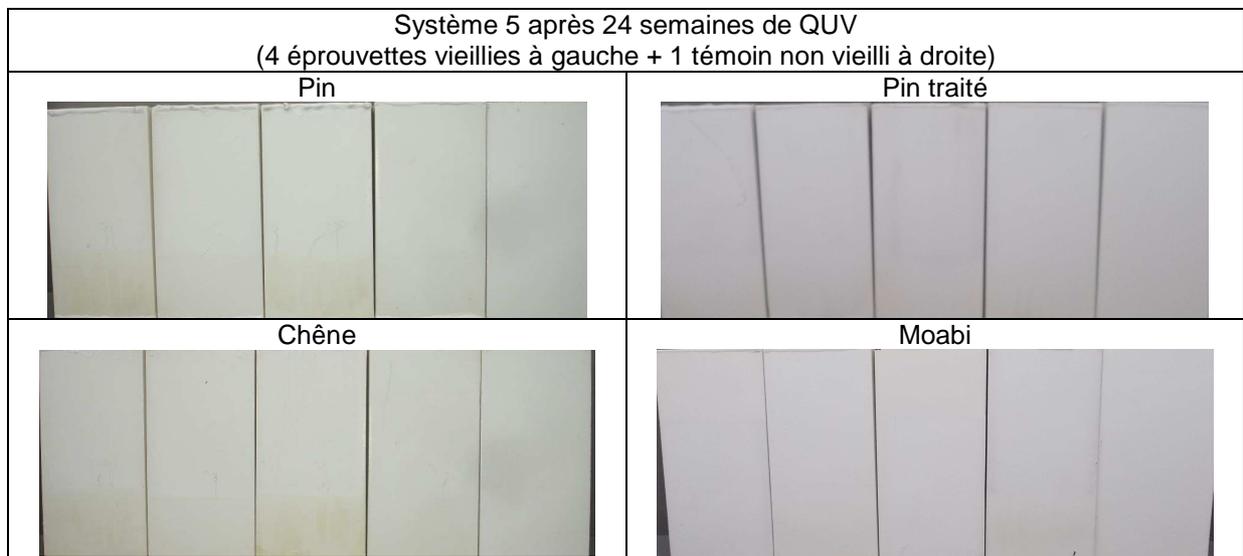
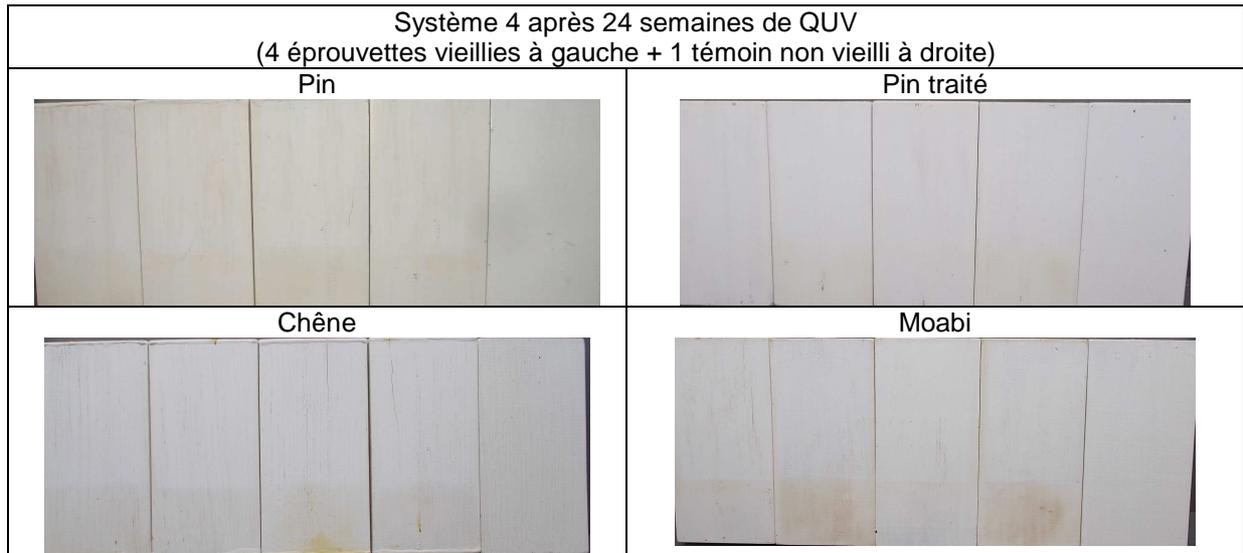
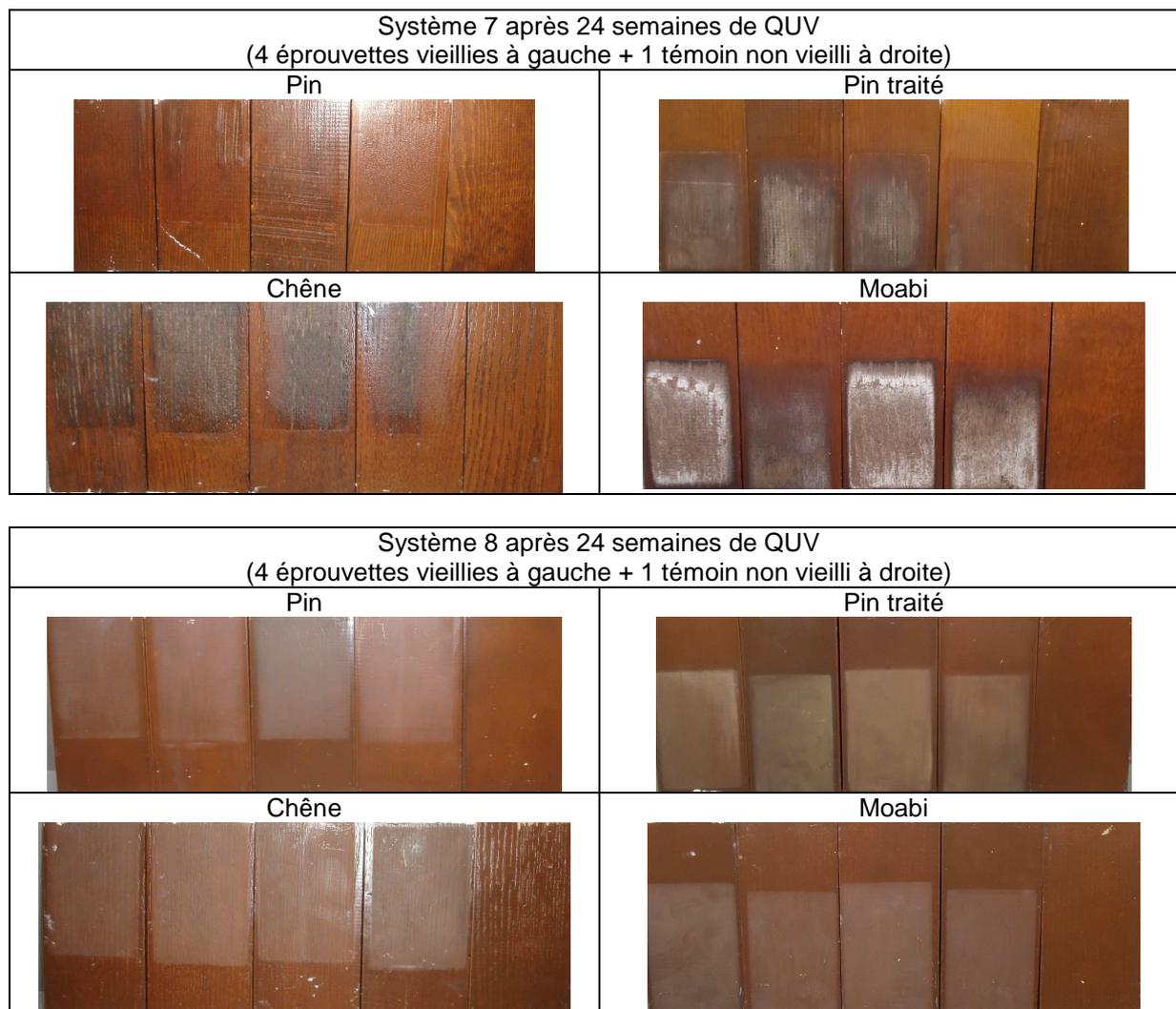


Figure 32: Variations de brillant sur chêne après 24 semaines de QUV

Les tableaux ci-dessous rassemblent, pour chaque système, les photos des éprouvettes après 24 semaines de QUV sur les quatre supports en comparaison d'un témoin non vieilli.







3.2.1.3 Résultats de vieillissement naturel

Résultats après 1 an d'exposition

Au terme des 12 mois de vieillissement naturel, aucun cloquage, ni écaillage n'a été observé.

La Figure 33 présente les résultats de craquelage et montre que, sur ce critère, tous les systèmes testés satisfont aux exigences de NF EN 927-2 pour emploi stable de type menuiserie (craquelage inférieur à 0.7 sur pin). Sur chêne cependant, deux systèmes (6 et 8) présentent du craquelage et ne satisferaient pas les exigences sur une prise en compte des critères NF EN 927-2 quelle que soit le support bois.

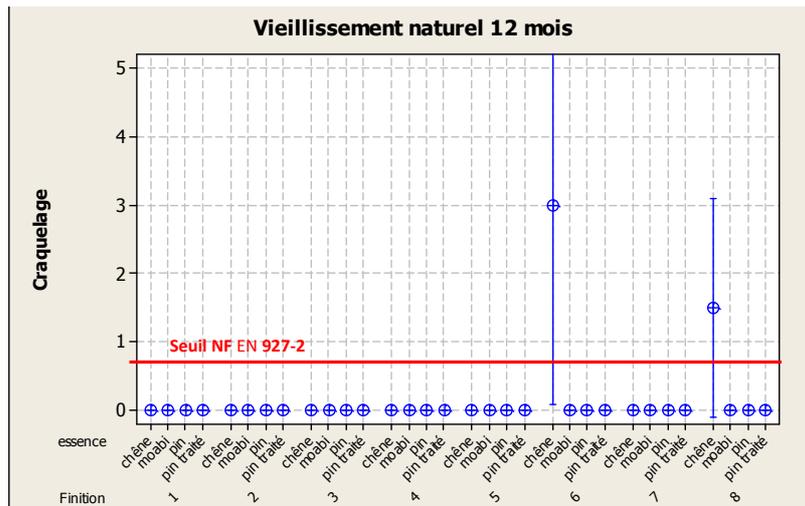


Figure 33: craquelage après 12 mois de vieillissement naturel

Rappelons que la roue, que ce soit après 6 ou 12 semaines de vieillissement, n'a pas révélé de craquelage. Par contre le vieillissement de 12 semaines au QUV a généré du craquelage pour des systèmes n'en présentant pas après 12 mois de vieillissement naturel (cf cependant résultats après 24 mois).

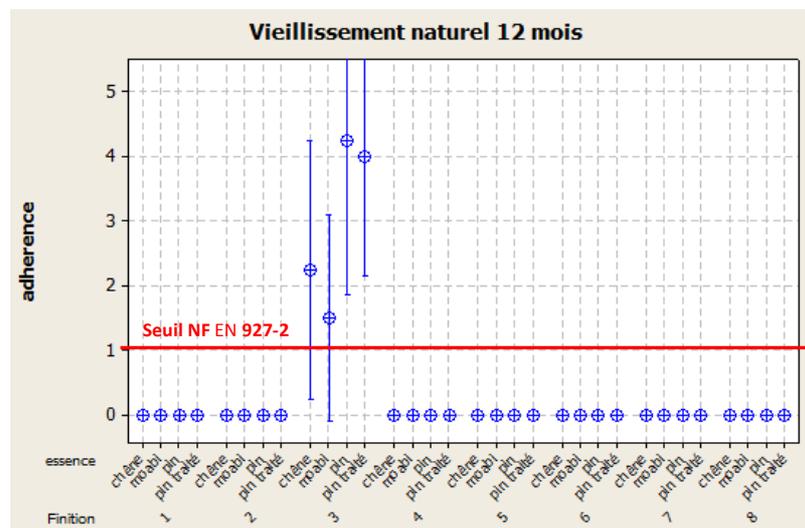


Figure 34: Adhérence après 12 mois de vieillissement naturel

La Figure 34 montre que l'adhérence est correcte pour tous les systèmes sauf le 3 pour lequel un défaut d'adhérence est observé quelle que soit l'essence. Ce système n'a donc pas répondu à la spécification de performance de NF EN 927-2 sur ce critère. L'adhérence initiale (avant vieillissement) de ce système a été contrôlée et s'est révélée toutefois bonne (cotation 0).

Les résultats de conformité aux exigences NF EN 927-2 en termes de craquelage et adhérence sont résumés dans le Tableau 13. Dans ce tableau, la raison de non-conformité est précisée entre parenthèses.

	Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 12 mois de vieillissement naturel			
	Pin sylvestre	Pin sylvestre traité	chêne	moabi
Système 1	Oui	Oui	Oui	oui
Système 2	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 3	Non (adhérence)	Non (adhérence)	Non (adhérence)	Non (adhérence)
Système 4	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 5	Oui	Oui	Oui	Oui
Système 6	Oui	Oui	Non (craquelage)	Oui
Système 7	Oui	Oui	Oui	oui
Système 8	Oui	Oui	Non (craquelage)	oui

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

Tableau 13: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence après 12 mois de vieillissement naturel

Les résultats de bleuissement sont reportés dans la Figure 35. Elle montre que la plupart des finitions commencent à être colonisées par du bleuissement, même si les cotations sont globalement inférieures ou égales à 1 (bleuissement non significatif). Pour un même système, les résultats peuvent varier suivant l'essence. Le système 7 n'a pas montré de bleuissement, mais le fait qu'il soit semi-transparent rend l'évaluation plus difficile que sur une surface blanche où le bleuissement se voit très facilement.

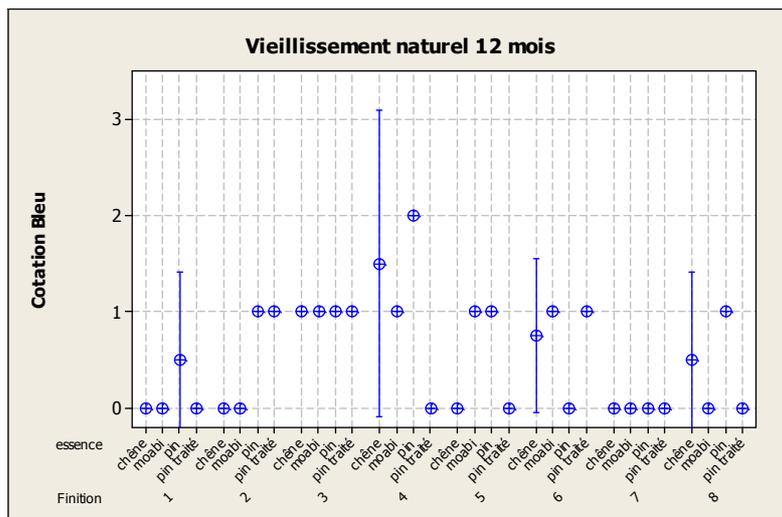


Figure 35: Colonisation des surfaces peintes par les champignons de bleuissement

Les variations de couleur sur pin représentées dans la Figure 36 montrent que toutes les finitions blanches (1 à 6) s'assombrissent légèrement ($\Delta L^* < 0$), tandis que les finitions semi-transparentes (7 et 8) s'éclaircissent un peu ($\Delta L^* > 0$). Le vieillissement conduit à un léger déplacement de la couleur vers le rouge et vers le jaune. Au final, l'écart global de couleur est faible mais conduit à des changements perceptibles ($\Delta E > 3$) pour tous les systèmes sauf 1 et 8.

Les variations de couleur sur chêne sont incluses dans la Figure 37 qui montre que les ordres de grandeur de l'écart global de couleur (ΔE) sont les mêmes que sur pin.

Il est difficile d'effectuer une comparaison précise des variations de couleur obtenues après vieillissement naturel avec celles obtenues après vieillissement artificiel (roue et QUV) car des aspects biologiques (développement de bleuissement) sont présents en vieillissement naturel, mais ne sont évidemment pas présents dans les machines de vieillissement. On peut cependant remarquer que la roue, même après une durée de 12 semaines, n'a pas permis, pour ces systèmes, de produire des changements de couleur perceptibles à l'œil. Le QUV après 12 semaines a permis de mieux différencier les produits sur le plan de la couleur et de créer des changements que le vieillissement naturel de 12 mois a aussi provoqués.

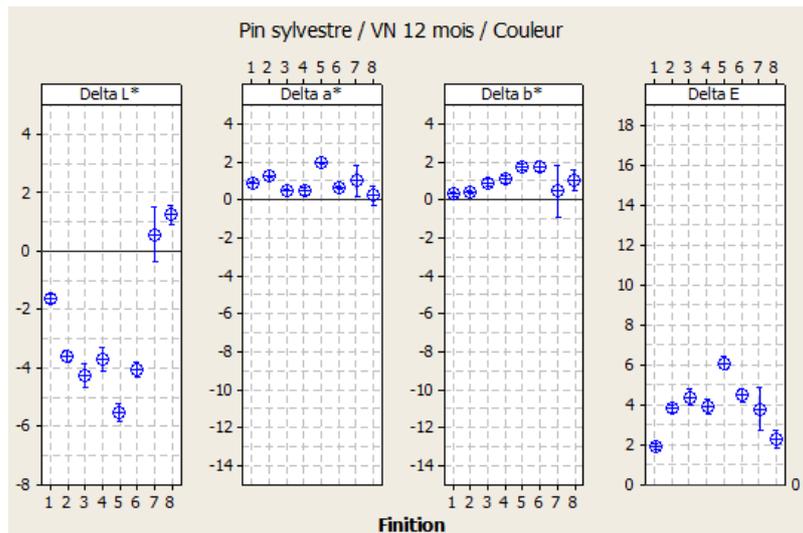


Figure 36: Variations de couleur après 12 mois de vieillissement naturel sur pin

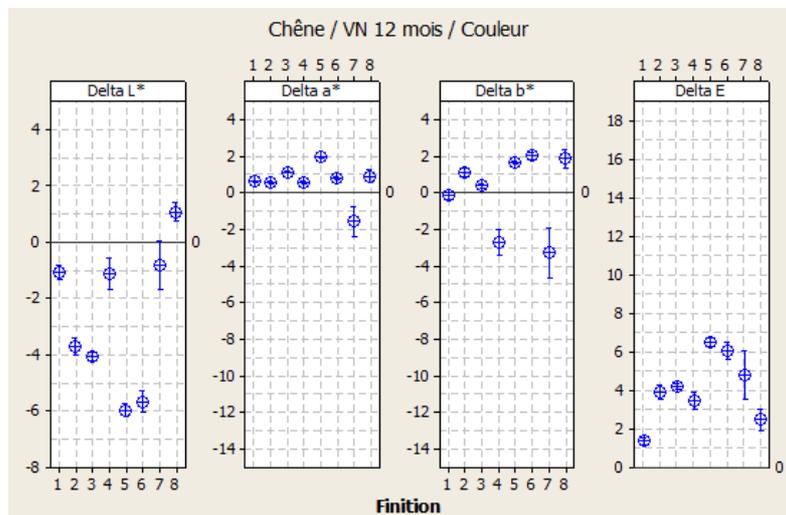


Figure 37: Variations de couleur après 12 mois de vieillissement naturel sur chêne

Les 12 mois de vieillissement conduisent sur pin à une baisse de brillant plus ou moins marqué selon les systèmes (Figure 38). La brillance des revêtements 2 et 3 est très faiblement impactée. Les systèmes 5 et 8 sont les plus influencés par le vieillissement et montrent une perte de brillant supérieure à 50%.

Sur chêne (Figure 39), les mêmes tendances sont observées.

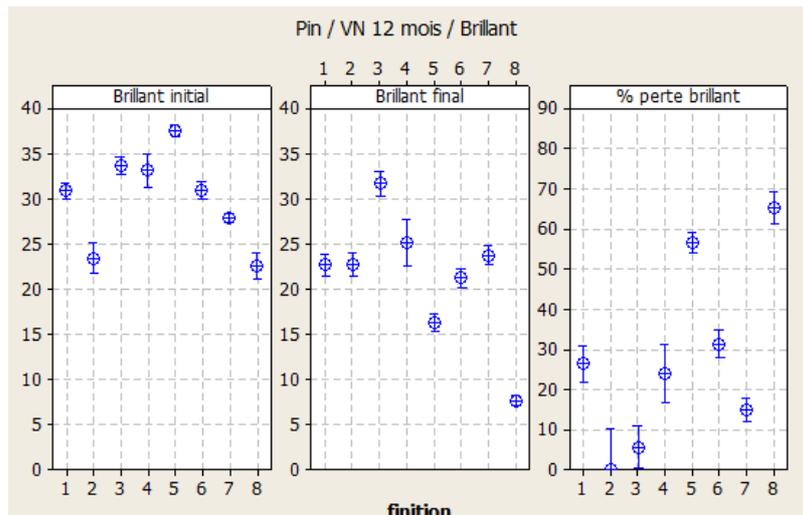


Figure 38: Variations de brillant après 12 mois de vieillissement naturel sur pin

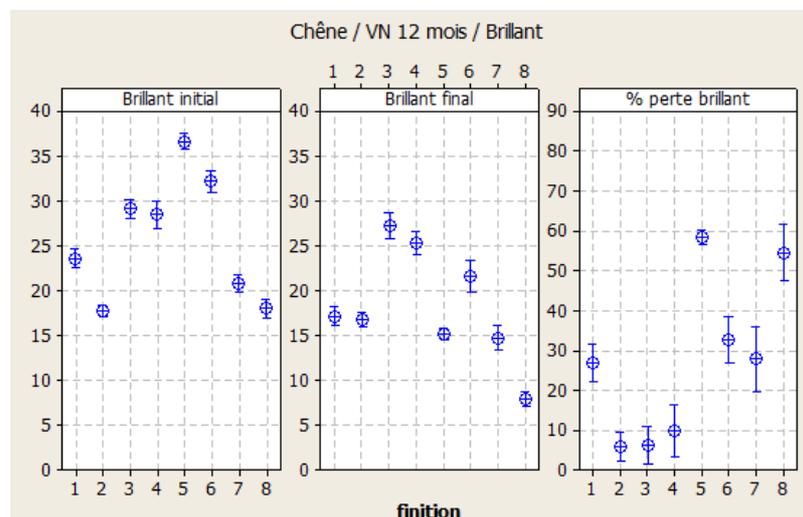


Figure 39: Variations de brillant après 12 mois de vieillissement naturel sur chêne

Comme pour la couleur, les variations de brillant obtenues après 12 mois de vieillissement naturel ne sont pas totalement comparables à celles obtenues par les vieillissements artificiels pour l'ensemble des systèmes. La roue après 6 semaines conduit même à une augmentation de brillant pour le système 7 qui n'est pas observée en vieillissement naturel ou au QUV. La perte de brillance supérieure à 50% produite par les 12 mois de vieillissement naturel sur le système 5 n'est pas reproduite par les 6 semaines de roue : elle l'est par contre après 12 semaines de roue et 12 semaines de QUV. La brillance du système 2 peu modifiée par 12 mois de vieillissement naturel est par contre plus impactée par les vieillissements artificiels. La perte de brillant du système 8 mesurée après 1 an de vieillissement naturel est bien reproduite par les 6 semaines de roue. Elle est amplifiée par les 12 semaines de roue ainsi que par les 12 semaines de QUV.

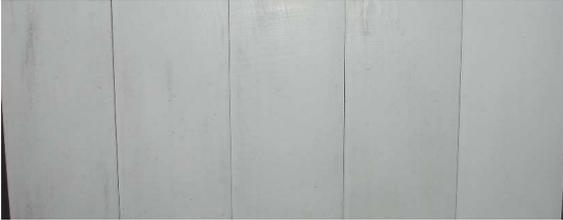
Cette étude montre une fois de plus que des corrélations universelles et systématiques entre vieillissement naturel et vieillissements artificiels ne sont pas possibles. Elles dépendent non seulement des systèmes de finition et de leurs caractéristiques mais aussi des paramètres évalués (craquelage, couleur, brillant, etc..).

Les tableaux ci-dessous rassemblent, pour chaque système, les photos des éprouvettes vieilles 1 an en extérieur.

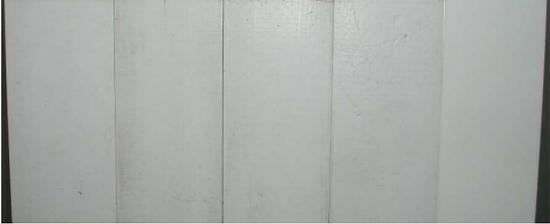
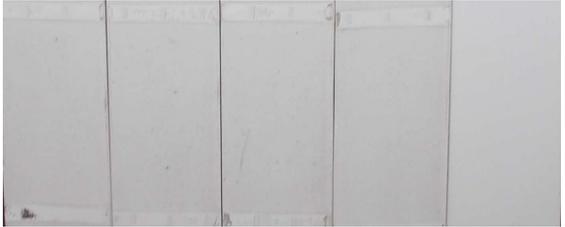
Système 1 après 12 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

Système 2 après 12 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 3 après 12 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 4 après 12 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 5 après 12 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 6 après 12 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

Système 7 après 12 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

Système 8 après 12 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

Résultats après 2 ans d'exposition

Une année supplémentaire de vieillissement par rapport à l'exigence NF EN 927-2 a été menée pour obtenir une vision à plus long terme de la durée de vie des systèmes de finition.

Aucun cloquage, écaillage, ni farinage n'a été constaté au terme des 24 mois de vieillissement.

Le craquelage est reporté dans la Figure 40 qui intègre également le seuil préconisé par NF EN 927-3 pour un emploi menuiserie. La figure montre que l'intégrité des films (craquelage =0) est conservé pour une grande majorité des cas. Les exigences de NF EN 927-2 en termes de craquelage ne sont pas satisfaites pour :

- ✓ Système 1 sur pin
- ✓ système 4 sur pin
- ✓ système 6 sur pin et pin traité
- ✓ système 7 sur pin
- ✓ système 8 sur pin

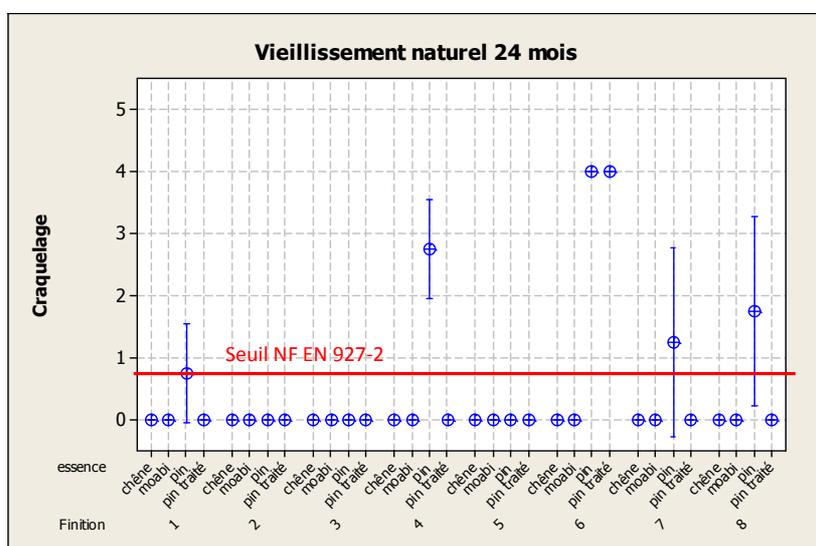


Figure 40: Craquelage après 24 mois de vieillissement naturel

Rappelons à nouveau que la roue n'a pas provoqué de craquelage après 6 ou 12 semaines. Par contre le QUV après 12 semaines a révélé le craquelage des systèmes 1 et 4 et 8. Le craquelage des systèmes 6 et 7 a été révélé par 24 semaines de QUV. Cette durée et mode de vieillissement ont mis également en évidence un craquelage pour d'autres systèmes (systèmes 2, 3, 5) non visible après 24 mois de vieillissement mais qui serait peut-être révélé par un vieillissement extérieur plus long.

La Figure 41 montre les résultats d'adhérence sur pin et chêne. Le test d'adhérence étant destructif, il n'a pas été réalisé sur pin traité et moabi pour permettre à ces éprouvettes d'être réexposées une année de plus en vieillissement. La figure montre que l'exigence d'adhérence NF EN 927-2 n'est pas satisfaite pour :

- ✓ système 3 sur pin et chêne
- ✓ système 4 sur pin
- ✓ système 8 sur chêne

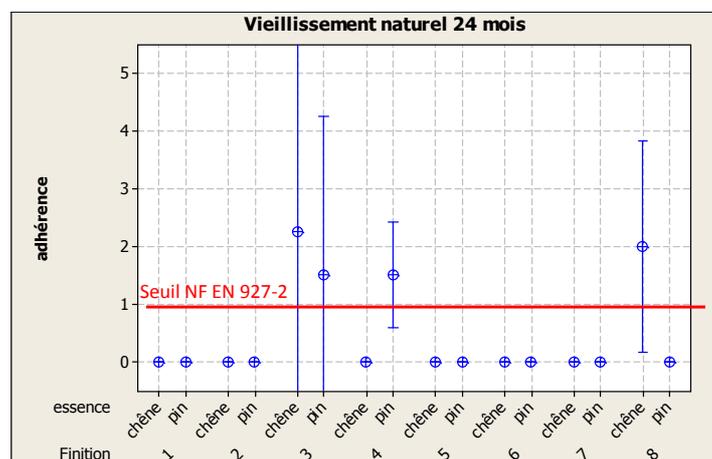


Figure 41: Adhérence après 24 mois de vieillissement naturel

L'analyse combinée des critères adhérence et craquelage après 24 mois de vieillissement naturel conduit à l'établissement du **Tableau 14**.

Dans ce tableau, la raison de non-conformité est précisée entre parenthèses. Ce type d'analyse n'a pas été possible sur pin sylvestre traité et moabi où l'adhérence à 24 mois n'a pas été évaluée pour pouvoir réexposer les éprouvettes une troisième année.

Le développement de champignon de bleuissement est détaillé dans la Figure 42. Une majorité des surfaces est colonisée par du champignon de bleuissement qui atteint la cotation 3 (Fortement bleui : plus d'un tiers de la surface est complètement bleui ou plus de la moitié est partiellement bleue). Les photos compilées dans les tableaux présentés plus bas montrent que le bleuissement sur pin traité est tout de même moins important que sur pin non traité. Sur les produits semi-transparents les cotations sont plus favorables vraisemblablement parce que la teinte des produits ne facilite pas l'évaluation du bleu.

Conformité NF EN 927-2 (craquelage et adhérence) après 24 mois de vieillissement naturel		
	Pin	chêne
Système 1	Non (craquelage)	Oui
Système 2	Oui	Oui
Système 3	Non (adhérence)	Non (adhérence)
Système 4	Non (adhérence et craquelage)	Oui
Système 5	Oui	Oui
Système 6	Non (craquelage)	Non*
Système 7	Non (craquelage)	Oui
Système 8	Non (craquelage)	Non (adhérence)

Légende :

	Les deux critères adhérence et craquelage sont satisfaits
	Un des critères n'est pas satisfait
	Les deux critères ne sont pas satisfaits

* craquelage observé sur les 4 éprouvettes chêne exposées 12 mois

Tableau 14: Analyse de conformité NF EN 927-2 par rapport au craquelage et adhérence

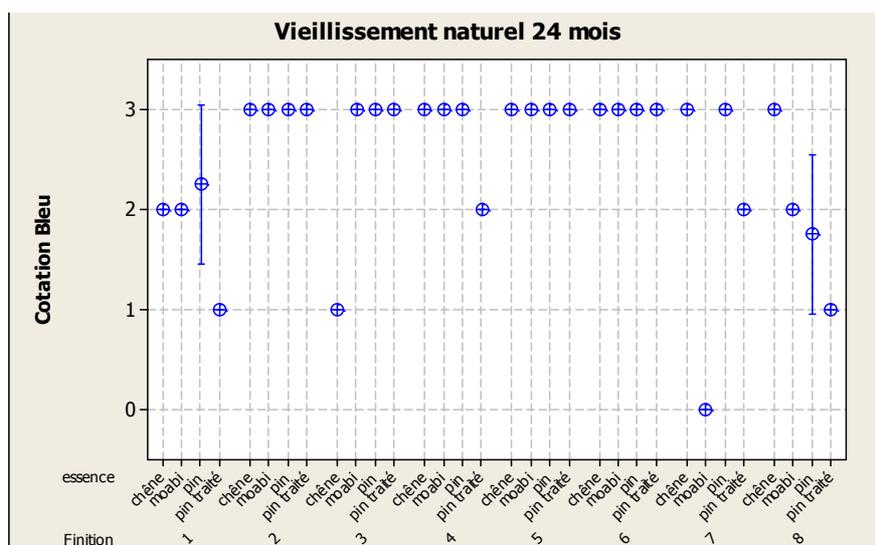


Figure 42: Bleuissement après 24 mois de vieillissement naturel

Les variations de couleur après 24 mois de vieillissement sont reportées dans la Figure 43 pour le pin et dans la Figure 44 pour le chêne.

Sur pin, ce sont les systèmes 4 et 6 qui montrent les écarts globaux de couleur les plus importants du fait du bleuissement des surfaces. Sur chêne, le système 7 enregistre l'écart global de couleur le plus grand du fait du bleuissement/remontées de tannins.

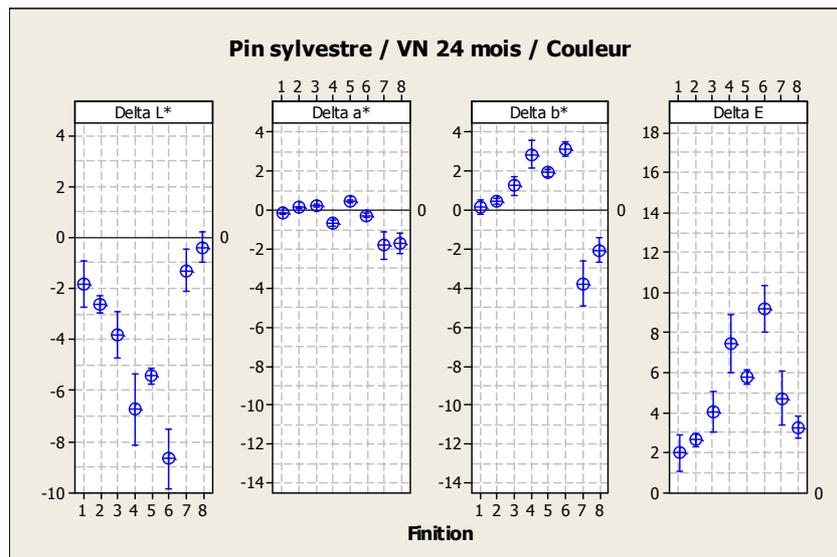


Figure 43: Variations de couleur sur pin après 24 mois de vieillissement naturel

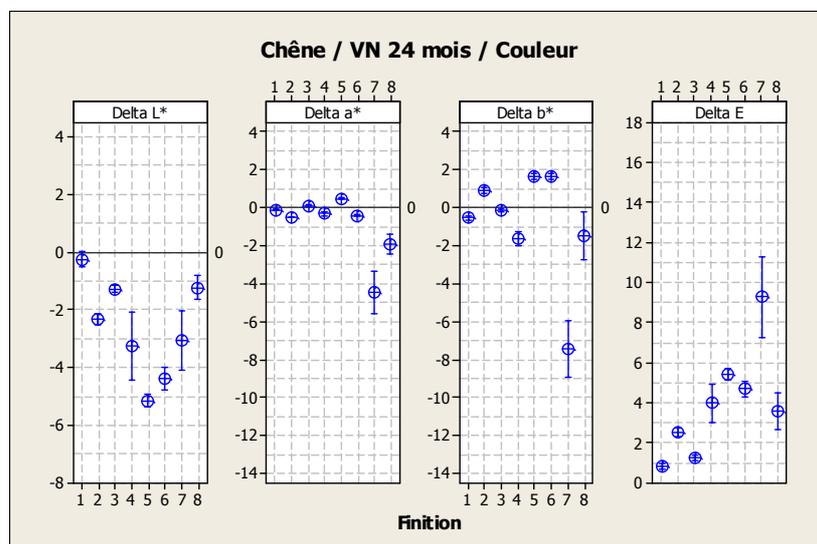


Figure 44: Variations de couleur sur chêne après 24 mois de vieillissement naturel

L'impact des 24 mois de vieillissement naturel sur la brillance est consigné dans la Figure 45 pour le pin et la Figure 46 pour le chêne.

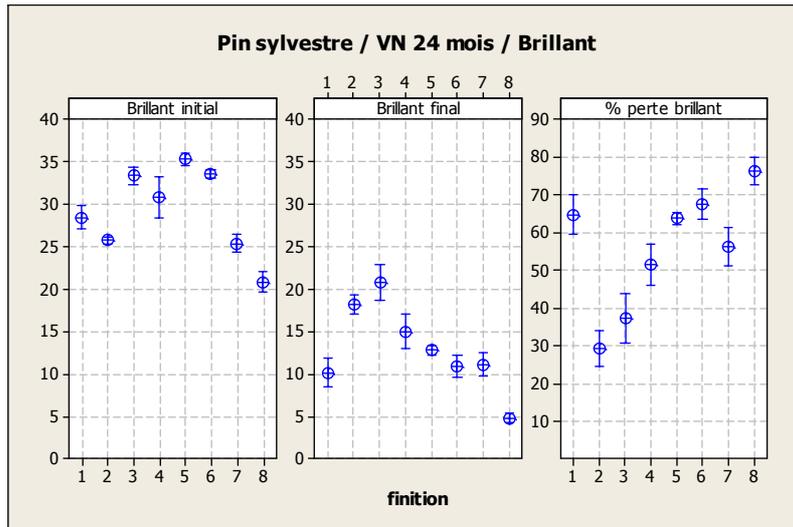


Figure 45: Variations de brillant sur pin après 24 mois de vieillissement naturel

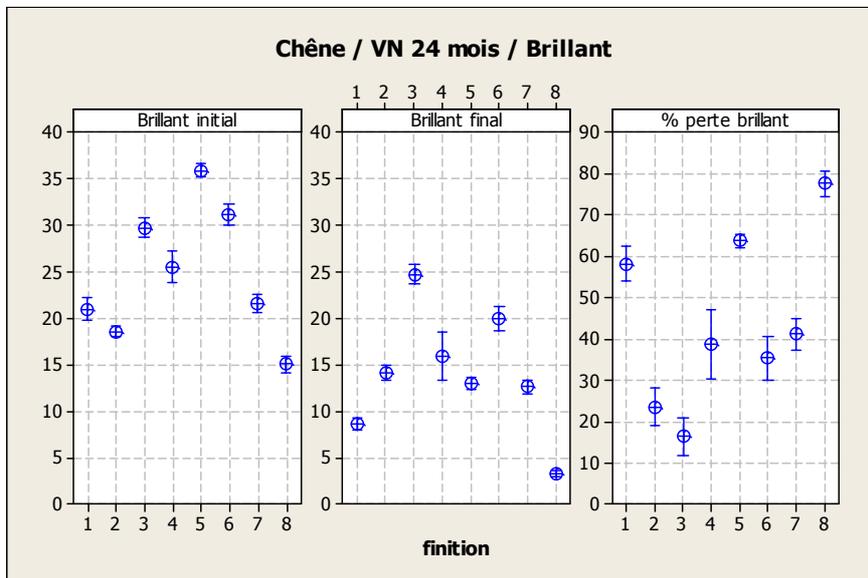


Figure 46: Variations de brillant sur chêne après 24 mois de vieillissement naturel

Système 1 après 24 mois de vieillissement naturel
4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)

Pin



Pin traité



Chêne



Moabi



Système 2 après 24 mois de vieillissement naturel
4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)

Pin



Pin traité

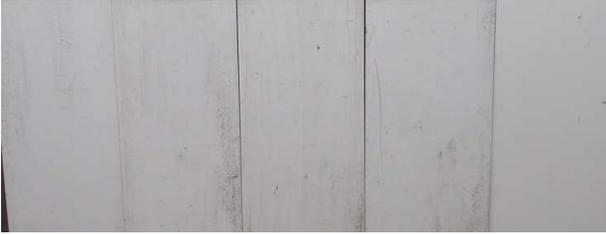


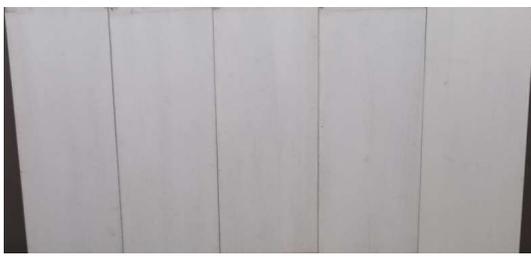
Chêne

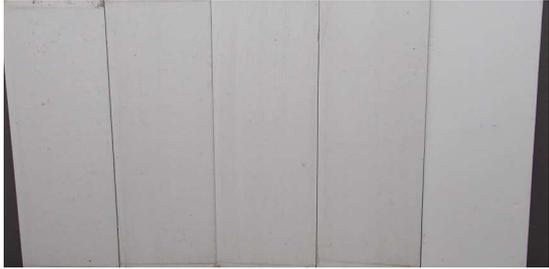


Moabi



<p>Système 3 après 24 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 4 après 24 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 5 après 24 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 6 après 24 mois de vieillissement naturel</p> <p>4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 7 après 24 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

<p>Système 8 après 24 mois de vieillissement naturel 4 éprouvettes vieilles (à gauche) + 1 témoin non vieilli (à droite)</p>	
<p>Pin</p> 	<p>Pin traité</p> 
<p>Chêne</p> 	<p>Moabi</p> 

3.2.2 Résultats sur éléments profilés

Pour cette phase, seuls les systèmes 3, 5 et 8 ont été appliqués sur les 3 sortes de profilés. Les profilés ont été exposés face au sud durant 1 an de mars 2014 à mars 2015 et placés verticalement (comme ils l'auraient été dans une menuiserie). Au terme de l'année de vieillissement, seuls les défauts de type craquelage, écaillage, cloquage, farinage ont été relevés. Il n'a pas été procédé à des mesures de couleur, brillant ou adhérence.

Pour chaque profilé, différentes zones de cotation ont été définies et sont répertoriées dans le Tableau 15.

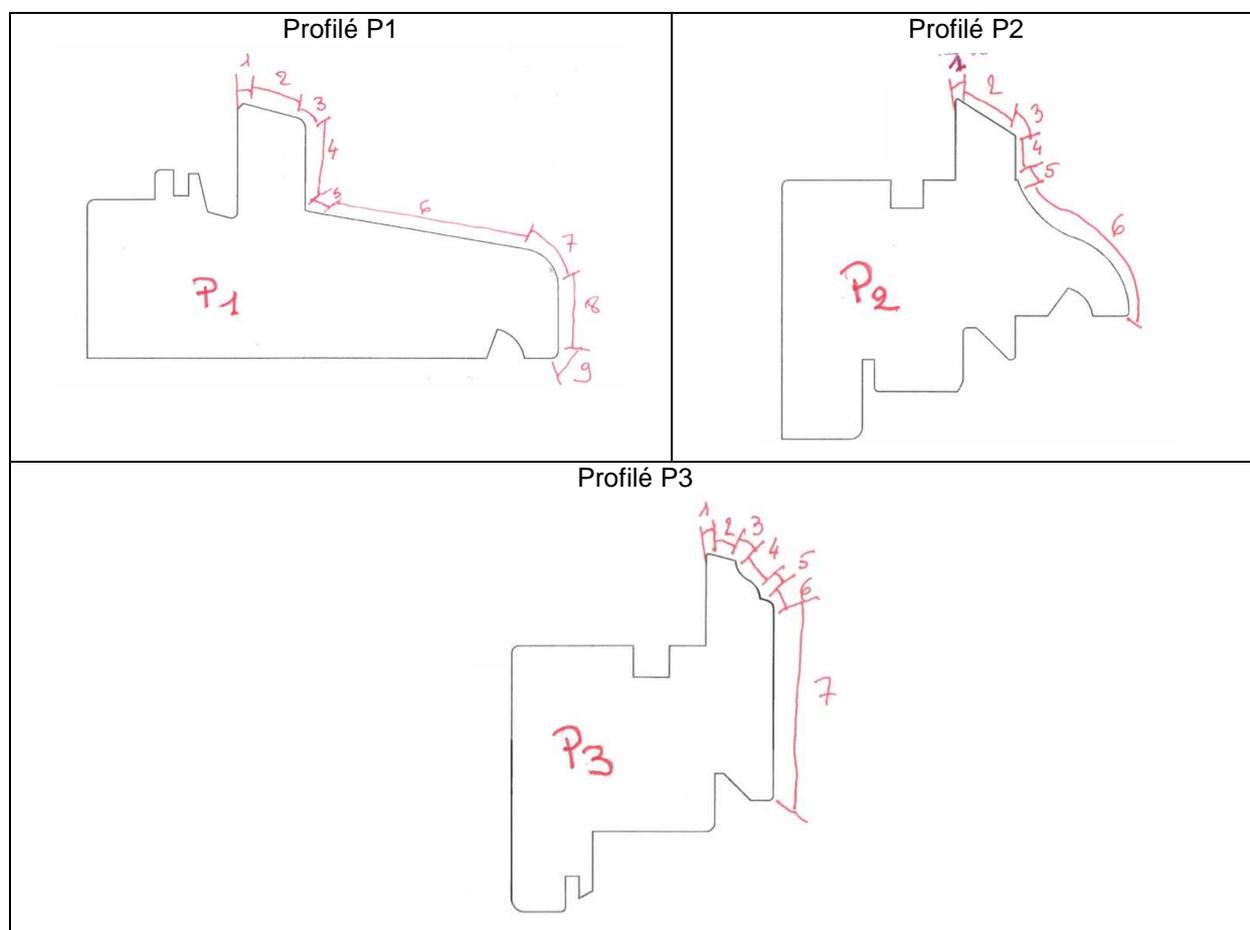


Tableau 15: Définition des zones de cotation des éléments profilés

Pour les 3 systèmes exposés, aucun cloquage, écaillage ou farinage n'a été relevé après 1 an de vieillissement des éléments profilés.

Les résultats concernant le profil 1 sont répertoriés dans la Figure 47.

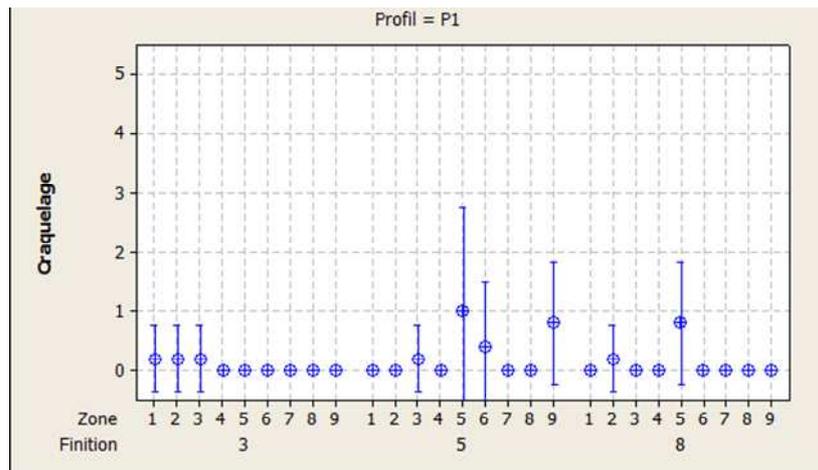


Figure 47: Résultats de craquelage sur profilés 1

Rappelons que sur éprouvettes planes de pin sylvestre, les systèmes 3, 5 et 8 n'avaient pas présenté de craquelage après 12 mois de vieillissement à 45° face au sud. Le système 8 présentait du craquelage sur pin après 24 mois à 45°.

Les trois systèmes montrent un peu de craquelage sur certaines zones du profilé 1, qui ne sont d'ailleurs pas forcément les mêmes d'un système de finition à l'autre. C'est le système 3 qui présente malgré tout le craquelage le plus faible. Pour les systèmes 5 et 8, c'est surtout la zone 5 qui se révèle la plus fragile car elle conduit vraisemblablement à une épaisseur de la finition moindre. De même, la zone 9 est également source de craquelage et pourrait être plus arrondie.

Seules les zones 4, 7 et 8 ne présentent aucun craquelage quel que soit le système de finition. La zone 7 présente l'avantage d'avoir un large rayon de courbure et constitue ainsi une transition plus douce pour la finition qui favorise certainement sa régularité.

Le craquelage relevé sur les profilés 2 est reporté dans la Figure 48. Tous les systèmes présentent un peu de craquelage sur certaines zones qui ne sont pas les mêmes d'un système à l'autre. Seule la zone 4 n'est pas affectée quel que soit le système.

La zone 1 bien qu'un peu arrondie conduit à un très léger craquelage pour les systèmes 3 et 5. Il est difficile de dire si c'est le rayon de courbure qui n'est pas suffisant ou si c'est la présence de cernes tangentiels à cette surface qui est source de développement de craquelage.

La zone 3 présente du craquelage quel que soit le système. Cette arrête n'est manifestement pas assez arrondie.

La zone 5 est celle dont s'accommode le moins bien le système 8 : le jet d'eau rapporté par collage crée un changement brutal d'orientations de cernes par rapport aux zones 1 à 4 du

reste de la traverse. Son affleurement n'est peut-être pas optimum et est source, lui aussi, d'irrégularités potentielles dans l'épaisseur du système de finition.

La zone 6 présente du craquelage pour les 3 systèmes. Ses deux rayons de courbures opposés ne permettent vraisemblablement pas un écoulement de l'eau optimisé.

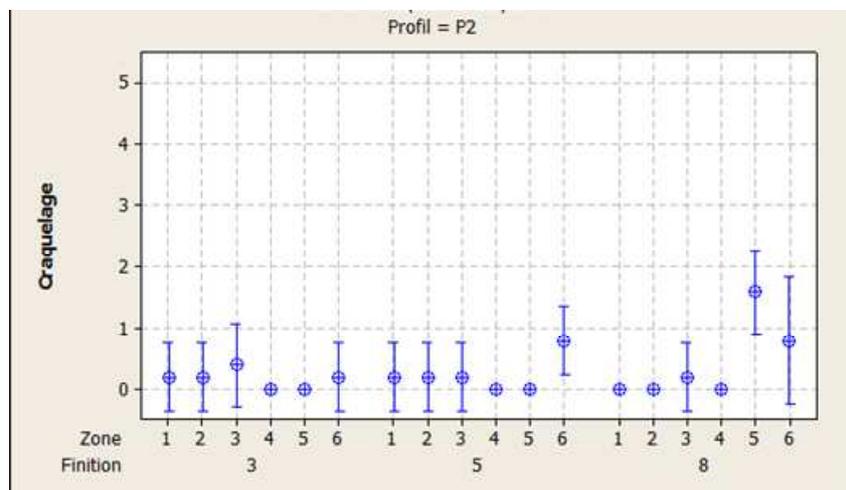


Figure 48: Résultats de craquelage sur profilés 2

La Figure 49 rassemble les craquelages relevés sur les profilés 3. C'est clairement le type de profilé qui montre un nombre restreint de zones affectées par le craquelage. La zone 7 est commune à deux systèmes. Ses arêtes inférieures et supérieures pourraient être plus arrondies pour moins solliciter la finition. La zone 3 présente un faible craquelage pour un des systèmes qui s'explique par le fait que cette arête n'est pas arrondie. Pour un système, un faible craquelage est observé en zone 4 dont la forme rappelle celle du jet d'eau du profilé 2. Il est par contre étonnant de ne pas observer de craquelage en zone 5, zone de potentielle irrégularité dans l'épaisseur de la finition. Un vieillissement plus long permettrait de mieux mesurer son impact.

Si ce profilé est, après 12 mois de vieillissement, le moins impacté par le craquelage, des modifications de sa conception pourraient être encore plus favorable à la durée de vie des finitions, notamment au niveau de la doucine.

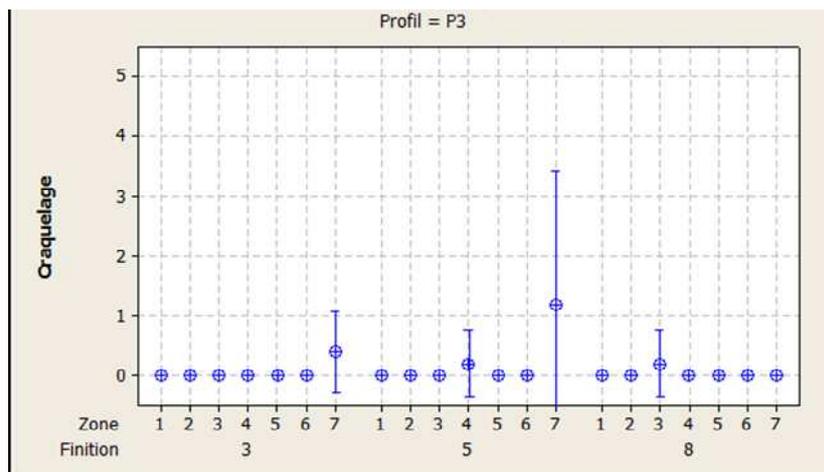


Figure 49: Résultats de craquelage sur profilés 3

3.3 Conclusions

Huit fabricants de finition ont fourni chacun un système de finition pour cette étude. Au total six systèmes opaques (blancs) et deux semi-transparents ont été étudiés sur pin sylvestre, pin sylvestre traité (produit de préservation CTB-P+), duramen de chêne, et moabi. Certains systèmes (5, 6 et 7) ont fait l'objet d'une adaptation de leur composition à l'essence.

Des tests de vieillissement naturel (NF EN 927-3) sur une durée de 12 mois ont été réalisés sur le site de FCBA à Bordeaux. En parallèle des tests de vieillissement à la roue (6 semaines) ont été entrepris ainsi que des tests au QUV selon le cycle de NF EN 927-6 durant 12 semaines.

Pour chaque type de vieillissement, les durées de cycle habituelles ont été doublées afin d'avoir une vision des performances à plus long terme. Ainsi le vieillissement naturel a été conduit sur un total de 24 mois, tandis que la durée de vieillissement à la roue a été portée à 12 semaines et celle au QUV à 24 semaines. Au terme de chaque type et durée de vieillissement, un relevé complet des propriétés a été réalisé. Ainsi l'aspect général, le craquelage, le cloquage, l'écaillage, le farinage ont été évalués selon les normes s'y rapportant. L'adhérence a été déterminée. Les changements de couleur et de brillant ont été mesurés. En vieillissement naturel, l'évaluation du développement de champignons de bleuissement et de moisissures a été réalisée.

Les systèmes de finition proposés ont montré des épaisseurs sèches très différentes qui n'ont pas été en lien direct avec les performances obtenues : les systèmes avec les plus faibles épaisseurs n'ont pas été pénalisés par rapport à ceux présentant les plus fortes épaisseurs.

Quels que soient le mode et la durée de vieillissement considérés, aucun cloquage ni écaillage n'a été visualisé.

Après 12 mois de vieillissement naturel, seules 6 des 32 configurations étudiées ne sont pas conformes aux exigences de NF EN 927-2 sur la base des seuils limites de craquelage et adhérence.

Les combinaisons respectant les critères NF EN 927-2 (craquelage et adhérence pour emploi stable) sont les suivantes :

- ✓ Système 1 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 2 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 4 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 5 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 6 (pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 7 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 8 (pin, pin traité, moabi)

Au terme des 24 mois de vieillissement naturel, seules 6 des 32 configurations (système-essence) testées présentaient du craquelage supérieur à l'exigence. L'analyse combinée des facteurs craquelage et adhérence a montré que les systèmes 2 et 5 étaient conformes aux valeurs limites émises par la norme NF EN 927-2 pour les deux essences (chêne et pin) où cette analyse a pu être réalisée (les éprouvettes en moabi et pin traité n'ayant pas subi le test d'adhérence pour pouvoir être réexposés une troisième année). D'autres combinaisons particulières (système/essence) ont respecté les valeurs limites.

Les combinaisons respectant les critères NF EN 927-2 (craquelage et adhérence emploi stable) sont les suivantes :

- ✓ Système 1 (chêne)
- ✓ Système 2 (pin, chêne)
- ✓ Système 4 (chêne)
- ✓ Système 5 (pin, chêne)
- ✓ Système 7 (chêne)

Si ces combinaisons respectent ces critères, elles sont cependant pour beaucoup affectées par un développement de champignons de bleuissement. Ce type de dommages ne fait actuellement pas partie des critères de performances des finitions (selon NF EN 927-2) mais il conduit à la présence de micro-perforations de la surface revêtue. Celles-ci sont sources de potentielles entrées d'eau et donc de dégradations ultérieures. Même si le produit de préservation ne revendiquait pas une action anti-bleu, l'étude montre que son utilisation a

tout de même limité le phénomène comparativement à l'essence non traitée, comme l'illustrent les photos présentées dans ce rapport.

Au terme des essais, l'aspect des finitions est globalement meilleur sur moabi et pin sylvestre traité que sur pin sylvestre et chêne.

L'utilisation de la roue de vieillissement sur une durée de 6 et 12 semaines n'a pas permis de mettre en évidence un quelconque craquelage des systèmes. Cet appareil s'est donc montré peu discriminant pour des systèmes de finitions complètes sur éléments plans. Comparativement, le QUV 12 semaines s'est révélé plus contraignant en révélant globalement plus de craquelage que celui obtenu après 12 mois de vieillissement naturel. Il permet donc de mieux discriminer les produits testés.

L'influence de la conception des profilés sur les performances des finitions a été étudiée sur pin sylvestre. Pour cette phase, les systèmes 3 et 5 (opaques) et le système 8 (semi-transparent) ont été retenus et ont été appliqués sur :

- pièce d'appui élargie
- traverse basse avec jet d'eau
- traverse basse sans jet d'eau.

Après 1 an d'exposition, alors que ces trois systèmes ne présentaient aucun craquelage sur éprouvettes planes de pin sylvestre, un faible craquelage est observable sur certaines parties des trois conceptions étudiées. La traverse basse sans jet d'eau semble être plus favorable à la finition.

Si, après 12 mois de vieillissement, ce profilé est le moins impacté par le craquelage, des modifications de sa conception pourraient être apportées pour être encore plus favorable à la durée de vie des finitions, notamment au niveau de la doucine.

4 Qualification et contrôle de systèmes de finition pour menuiserie bois

4.1 Objectifs

Il s'agit ici de proposer une base d'évaluation de systèmes de finition pour les menuiseries extérieures bois.

Le but est de décrire :

- le système de finition
- les paramètres d'autocontrôle qui doivent être définis pour les fournitures et matières premières des produits de menuiserie, pour les installations, et pour les produits finis.

Le CPU proposé ici comprend trois types de contrôle, matériau, process et produits finis.

Il s'agit de vérifier la tenue au support du système complet, ainsi que la tenue du film de finition aux conditions d'exposition, dans la limite de ce qui est revendiqué.

Les supports bois doivent être de qualité, aptes à une utilisation en menuiserie bois, tels que définis dans La norme NF P 23-305 : Menuiseries en bois - Spécifications techniques des fenêtres, porte- et châssis fixes en bois ²³ ainsi que dans la norme XP P 20 650-2 : Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés - Pose de vitrage minéral en atelier — Partie 2 : Exigences et méthodes d'essais spécifiques au bois ²⁴ (paragraphe 4 et annexes A, B et C).

4.2 Description du système de menuiserie finie

Le système de menuiserie finie doit être défini par :

4.2.1 Support : bois et fiche technique matériau (essence, carrelet ou panneau de remplissage)

Essence de bois utilisée ou carrelet ou panneaux à base de bois respectivement conforme aux exigences de NF P 23-305 respectivement :

- pour le bois massif : au Paragraphe 4 : Exigences d'aptitude du bois
- pour le LCA : au Paragraphe 4 : Exigences d'aptitude du bois, et cas spécifique du LCA
- pour les panneaux utilisés en élément de remplissage et de soubassement, les panneaux à base de bois doivent être conformes au paragraphe 5.1 de NF P 23-305

4.2.2 Type de conception et de fabrication des menuiseries

Par exemple

1. Soit les Menuiseries sont fabriquées à partir d'éléments séparés traités individuellement en préservation et en finition, avant assemblage mécanique

2. Soit les ouvrants sont pré-cadrés avant passage dans le flow-coat égalisateur de teinte, ils passent pré-cadrés en 1ère et/ou en 2ème couche de finition.

Les pièces de dormant sont finies individuellement ou finies cadrées

La préservation s'effectue par trempage 3 minutes dans un bac fermé.

Produit de préservation XXX concentré à xx % - Egouttage sur un plan incliné sur zone à côté du bac

Accrochage des pièces avant passage dans tunnel pour séchage de la préservation.

Température du Tunnel xx °C. Hygrométrie non régulée.

Puis dans une phase de refroidisseur xx °C Hygrométrie xx %.

4.2.3 Système de peinture

Degré de finition

Deux degrés de finition (menuiserie Finie ou à Finir) sont possibles à la livraison de la fenêtre sur le chantier, celui qui est mis en œuvre doit être précisé selon NF P 23-305 paragraphe 6.3 et annexe D.

Dans le cadre de la présente étude seul le degré de finition « Menuiserie Finie » a été évalué par les divers essais de vieillissement.

Beaucoup de menuiseries en France sont cependant livrées « A finir ». Dans le cadre de la présente étude, il est choisi de détailler les méthodes de qualification et contrôle de système de finition pour menuiserie bois pour chacun des deux degrés de finition « A finir » et « Finie ».

Finition - système de peinture

Humidité du bois – Etat de surface (poncé, raboté ?)

Exemple :

Type de Finition	Essence	Préservation	Finition 1ere Couche	Finition 2eme Couche
Transparente	Tauari	Produit X Dilution x %	W405xxx	W425xxx
Opaque	Tauari	Produit X Dilution y%	W425xxx Finition 2	Ral 9010 W425xxx

Fournir :

- Fiches techniques de chaque produit de finition.
- Rapport d'essais avec preuves de performance du système de finition.

4.2.4 Système d'application des peintures, travaux préparatoires, séchage

Exemple 1 :

L'application est faite au Flow Coat. La chaîne dispose de deux Flow-Coat : l'un pour 1ère couche transparente, l'autre pour 1ère couche opaque.

Aspersion par Flow Coat fonctionnant avec une filtration continue.

Exemple 2

Application de type électrostatique, dans une cabine humide, épaisseur déposée xxx microns humides (xxx microns \pm 20 microns est la consigne en transparent, xxx microns \pm 20 microns est la cible pour les pièces en opaque.)

but = obtenir xx microns secs (tolérance à préciser). L'épaisseur est mesurée au moins en un point de la pièce en bois de fil et non en bois de bout.

Exemple 3: Séchage dans un tunnel de séchage à une température de xx°C

Humidité relative de l'air voisine de xx %.

Décrochage. Empilement sur chariot avec cale pour aller vers la chaîne de finition

Ou vers l'opération de cadrage pour les menuiseries à finir.

Séchage :

Séchage dans un tunnel 1 à température xx °C durant xx minutes.

Séchage dans un tunnel 2 à température xx°C durant xx minutes.

Décrochage et mise en stabilisation en vertical sur palette avec protection pour les ouvrants pré-cadrés, empilage sur chariot avec cales intermédiaires pour les pièces de dormant.

Refroidissement (éventuel)

Egrenage des faces

Egrenage manuel à l'abrasif nylon. Examen visuel avant accrochage sur la chaîne de Finition. Deuxième Application : deuxième couche

4.2.5 Conditionnement et emballage

Descriptions à adapter selon la typologie de fabrication (éléments cadrés, éléments non cadrés) et selon le mode d'emballage.

4.3 Contrôle sur produit fini

Les méthodes d'essai décrites ci-dessous sont utilisées pour le contrôle des produits finis et/ou l'agrément des peintures.

Les méthodes d'évaluation des critères de qualification sont réalisées sur la base des méthodes d'essai normalisées décrites dans la norme NF P 23-305, les exigences sont également déterminées dans cette norme. Certaines de ces évaluations sont effectuées par comparaison entre les éprouvettes exposées et non exposées.

4.3.1 Méthodes d'essais et exigences pour les menuiseries «à finir » (protection provisoire appliquées en atelier)

Rappelons que la protection provisoire appliquée en atelier fait l'objet du paragraphe 6.3.2 de NF P 23305.

4.3.1.1 Spécifications techniques des produits

Les produits de protection provisoire sont conformes à la définition et doivent être classés selon la norme NF EN 927-1, notamment le classement d'aspect (épaisseur, pouvoir masquant et brillant). En complément les produits à fonction anti-bleuissement doivent être également conformes à la norme NF T 34-202²⁵.

NOTE : Les produits de finition pour application de type industriel sous certification FCBA ou sous Dossier Technique FCBA bénéficiant d'un classement tel que défini ci-dessus satisfont à cette exigence.

4.3.1.2 Fonction de protection hydrofuge en bois de fil

La valeur hydrofuge d'une protection provisoire se définit à partir de la perméabilité à l'eau liquide sur une face selon la norme NF EN 927-5²⁶ en mesurant la sorption d'eau sur des

échantillons bruts et échantillons revêtus de finition simple après une durée de trempage de 72h.

Le mode opératoire de l'essai est défini dans la norme NF EN 927-5 en utilisant des échantillons appariés.

La valeur d'efficacité hydrofuge WPE (cf § 6.3.2.3 de NF P 23-305) d'un système de finition mesuré sur une essence de bois vaut pour l'ensemble des essences de bois.

4.3.1.3 Fonction de protection temporaire contre les agressions climatiques

La performance de protection temporaire contre les agressions climatiques du système de finition provisoire doit être déterminée selon l'essai d'adhérence sans quadrillage qui est réalisé à l'état initial et après vieillissement sur l'essence de référence de la famille de bois considérée.

Le vieillissement est réalisé selon l'une des deux méthodes suivantes :

- soit un essai de vieillissement naturel selon NF EN 927-3 ;
- soit un essai de vieillissement accéléré avec la roue RDA selon l'annexe G de la norme. NF P23-305

La durée des cycles de vieillissement en fonction du niveau de la protection provisoire et de la méthode de vieillissement choisie est indiquée dans le tableau 9 de la norme NF P 23-305, comme suit :

Type de système	Niveau	Vieillissement accéléré roue RDA	Vieillissement naturel EN 927-3
Transparent	1	1 semaine	2 mois
Opaque et transparent	2	2 semaines	3 mois
Opaque	3	3 semaines	6 mois

Durée des cycles de vieillissement – Protection provisoire (Tableau 9 de NF P 23-305)

Dans tous les cas, l'adhérence est classée selon la cotation figurant dans l'annexe G de NF P 23-305.

4.3.1.4 Fonction de compatibilité avec un système de finition usuel

Les systèmes de finition provisoire doivent permettre l'application sur chantier d'au moins un système de finition bâtiment courant selon NF DTU 59.1.

La compatibilité du système de finition provisoire avec un système de finition doit être déterminée par vérification de l'adhérence avec quadrillage selon la norme ISO 2409 après vieillissement sur l'essence de référence de la famille de bois.

Ce vieillissement s'applique à la protection provisoire uniquement selon l'une des deux méthodes suivantes :

-soit un essai de vieillissement naturel selon NF EN 927-3 ;

-soit un essai de vieillissement accéléré avec la roue RDA (selon annexe G de NF P 23-305)

La durée des cycles de vieillissement en fonction du niveau de la protection provisoire et de la méthode de vieillissement choisie est indiquée dans le tableau ci-dessus (tableau 9 de NF P 23-305).

Dans tous les cas, l'adhérence est classée selon la cotation figurant dans la norme ISO 2409.

4.3.1.5 Fonction de maintien de la pérennité d'aspect face aux champignons de bleuissement

Pour les éléments en bois sensibles aux champignons de bleuissement et n'ayant pas été traités au préalable par un produit de préservation anti-bleuissement des bois en service, les produits de protection provisoire transparents appliqués doivent présenter une fonction anti-bleuissement préventive.

La fonction de protection contre les champignons de bleuissement peut être assurée par certains produits de finition classés selon NF EN 927-1 pour leur action préventive anti-bleuissement fongique testés selon NF EN 152²⁷ et évalués selon les exigences de spécifications décrites dans NF EN 599-1²⁸.

4.3.2 Méthodes d'essais et exigences pour les finitions des menuiseries « Finies » appliquées en atelier

Rappelons que le procédé de finition complète fait l'objet du paragraphe 6.3.3 de NF P 23-305.

4.3.2.1 Généralités

Pour ce degré de finition, la fenêtre extérieure est livrée avec toutes les couches de finition appliquées en usine ou en atelier. L'application du produit peut être réalisée sur éléments cadrés ou éléments séparés, qu'il s'agisse des ouvrants ou des dormants. Le procédé de finition complète doit répondre aux fonctions suivantes:

- fonction de protection d'aspect contre les agressions climatiques;
- fonction de protection hydrofuge en bois de fil ;
- fonction de perméabilité à la vapeur d'eau ;

et dans certains cas, fonction préventive anti-bleuissement et ou anti-moisissure préventive.

4.3.2.2 Spécifications techniques des produits

Les produits de peinture et systèmes de peinture (peintures et lasures) sont conformes à la définition et doivent être classés selon la norme NF EN 927-1, notamment le classement d'aspect (épaisseur, pouvoir masquant et brillant) et respecter les spécifications de performances de NF EN 927-2 définies pour les usages « stables ».

NOTE : Les produits de finition pour application de type industriel sous certification FCBA ou sous Dossier Technique FCBA bénéficiant d'un classement tel que défini ci-dessus satisfont à cette exigence.

La couleur de la finition a un impact sur la température du bois et ses variations dimensionnelles induites. Des retraits importants peuvent être provoqués par des finitions sombres. Il n'est pas recommandé d'utiliser des couleurs sombres ayant un coefficient d'absorption supérieure à 70% ($\alpha > 0,7$).

4.3.2.3 Fonction de protection hydrofuge en bois de fil

La valeur hydrofuge d'un système de finition complet se définit à partir de la perméabilité à l'eau liquide sur une face selon la norme NF EN 927-5 en mesurant l'absorption d'eau sur des éprouvette brutes et éprouvettes revêtues de finition complète après une durée de trempage de 72h.

Le mode opératoire de l'essai est défini dans la norme NF EN 927-5 en utilisant des éprouvettes appariées.

4.3.2.4 Fonction de protection d'aspect contre les agressions climatiques eau et UV

La performance de protection contre les agressions climatiques du système complet doit être déterminée après vieillissement naturel selon NF EN 927-3, sur l'essence de référence de la famille.

NOTE Pour les niveaux 6, 7 et 8 il convient de réaliser le vieillissement au niveau de points singuliers tels qu'éléments horizontaux et assemblages.

Il est possible de réaliser une pré-évaluation par vieillissement accéléré par essais selon la norme NF EN 927-6 (méthode QUV).

En fonction du niveau de la finition complète, la durée du vieillissement est indiquée dans le tableau ci-dessous:

Type de système	Niveau	Vieillissement naturel NF EN 927-3	Vieillissement accéléré (QUV) NF EN 927-6
Transparent ou opaque	4	12 mois	12 semaines
Transparent ou opaque	5	24 mois	24 semaines
Transparent ou opaque	6	36 mois	36 semaines
Opaque	7	48 mois	48 semaines
Opaque	8	60 mois	60 semaines

Durée des cycles de vieillissement – Protection complète (Tableau 10 de NF P 23-305)

4.3.2.5 Perméabilité à la vapeur d'eau du système de finition

Pour éviter l'apparition de condensation dans le bois, la finition appliquée sur la face extérieure ne doit pas être plus imperméable à la vapeur d'eau que la finition appliquée sur la face intérieure.

Cette caractéristique doit être assurée dans le temps lors des phases d'entretien.

NOTE : La finition des faces extérieures ne pourra être considérée indépendamment de la finition des faces intérieures. Il est impératif pour des fenêtres soit de mettre le même produit et le même nombre de couches en extérieur et en intérieur, soit de mettre en extérieur un produit ou système qui ne doit pas être plus imperméable à la vapeur d'eau que celui appliqué à l'intérieur.

Si besoin, dans le cas où les finitions extérieure et intérieure sont différentes, on peut vérifier la perméabilité à la vapeur d'eau selon la méthode définie dans la norme NF EN 927-4²⁹ ou selon EN ISO 7783³⁰.

Cependant, il pourra être parfois nécessaire de mettre le système le plus imperméable à la vapeur d'eau sur la face extérieure, par exemple en climat tropical.

4.3.2.6 Fonction complémentaire de protection contre les champignons de bleuissement et de type moisissures

Ces fonctions de protection contre les champignons de bleuissement et de type moisissures sont assurées par certains systèmes de finition classés selon NF EN 927 et certains produits de traitement du bois, évalués pour leur action de protection du bois :

- pour leur action préventive anti-bleuissement fongique les produits sont testés selon NF EN 152 et évalués selon les exigences de spécifications décrites dans NF EN 599-1 ;
- pour leur action de protection contre le développement de moisissures, les produits sont testés selon une adaptation des normes NF EN 152 ou NF X 41-547 et évalués selon les exigences de spécifications décrites dans NF EN 599-1.

NOTE : La fonction de protection anti-bleuissement est généralement apportée par la ou les premières couches de finition du système.

4.3.2.7 Entretien de la finition

Faire figurer sur la fiche technique : *L'entretien du système de finition contribue à assurer la pérennité de ses fonctions.*

De plus, cet entretien permet de conserver l'efficacité d'éventuels produits de préservation appliqués par traitement de surface sur le bois.

Les produits de peinture et systèmes de peinture de type bâtiment pour rénovation de fenêtres extérieures en bois (peintures et lasures) doivent être classés selon NF EN 927-1. Ces derniers doivent au minimum respecter les spécifications de performances définies pour les emplois « stables » dans NF EN 927-2.

La finition devra être appliquée selon les prescriptions :

- des fiches techniques du système classé ;
- du NF DTU 59-1.

NOTE : Les produits de finition de type bâtiment sous certification FCBA ou sous Dossier Technique FCBA bénéficiant d'un classement tel que défini ci-dessus satisfont à cette exigence.

La fréquence de l'entretien des finitions doit être adaptée à la qualité des produits utilisés, au degré d'exposition climatique (pluie, UV, variations de température), aux variations dimensionnelles, à l'état de surface du support en bois, à l'importance accordée à l'aspect et à la longévité de la fenêtre. Pour les finitions complètes appliquées en atelier le délai estimé de surveillance pour le premier entretien est indiqué dans le tableau 7 de la norme NF P 23 305, rappelé ci-dessous (cas de la finition complète).

Degré de finition	Type de système	Niveau	Délai maximum de recouvrement	Délai de surveillance pour le premier entretien
Finition complète Finie (FI) Appliquée en atelier	Opaque ou transparent	4	Non pertinent	2 ans
	Opaque ou transparent	5	Non pertinent	4 ans
	Opaque ou transparent	6	Non pertinent	6 ans
	Opaque	7	Non pertinent	8 ans
	Opaque	8	Non pertinent	10 ans

4.4 Contrôle sur process

4.4.1 Auto-contrôle de réception du produit

Réceptionner le produit et vérifier l'adéquation des informations par rapport à la commande. Contrôle de réception des produits de préservation et de finition uniquement par vérification de l'étiquetage des conditionnements.

Contrôle de réception de la teneur en extrait sec (facultatif)

Contrôle de réception de la viscosité

Contrôle de réception de la teinte (contrôle des nuances par rapport au cahier des charges d'origine ou par rapport à un témoin).

4.4.2 Auto-contrôle du stockage

Conditions de stockage, enregistrement des données, ...

4.4.3 Auto-contrôles sur chaîne de fabrication

4.4.3.1 Contrôles à l'application

Contrôle sur chaîne de la viscosité du produit de finition (étiquetage)

Mise en place des contrôles en 1ère couche de Finition :

Mise en place des contrôles en 2ème couche de Finition :

Type de Finition	Préservation	Contrôle Préservation	Finition 1ère Couche	Contrôle Finition 1ère Couche	Finition 2ème Couche	Contrôle Finition 2ème couche	Contrôle Finition après séchage
Transparente	Produit ABC Dilution x%		W405xxx	Contrôle Viscosité avant mise en route Flowcoat, et à chaque remplissage	W425xxx	Contrôle Viscosité avant mise en route Flowcoat, et à chaque remplissage	Contrôle teinte produit fini à la mise en route
Opaque			W425xxx		Ral 9010 W425xxx		

Contrôle sur chaîne de la teinte de finition

-Contrôle de la teinte sur la chaîne de finition (sur support bois) : nuance, compatibilité, ...

-Contrôle de la teinte (dans bac ou réservoir) : nuance, viscosité, ...

Epaisseur de produit de finition déposé (mesurée au moyen d'un peigne en sortie de la cabine de finition après la deuxième couche).

L'objectif est d'atteindre xx microns en finition transparente, xx microns en finition opaque.

4.4.3.2 Contrôles au séchage

Séchage du traitement : les contrôles de température du tunnel 1 et de température et d'humidité du refroidisseur sont portés sur la feuille.

Séchage de la 1ère couche Finition : indiquer les conditions de séchage.

Séchage de la 2ème couche de finition : indiquer les conditions de séchage.

Préciser les moyens de contrôle du temps de séchage ou vitesse d'avancée.

5 Conclusions générales

L'objectif de l'étude était une aide à la mise au point de systèmes profils de menuiserie-finitions permettant de maintenir pendant dix années la pérennité d'aspect des menuiseries bois.

Une étude bibliographique a rappelé les différents paramètres influençant les performances des finitions.

Les principaux acteurs de la finition ont ensuite été contactés et invités à se joindre à l'étude en fournissant des systèmes de finition répondant à l'objectif d'une durée de vie la plus longue possible et pouvant facilement être approvisionnés sur le marché français. La pigmentation était laissée au libre choix du fabricant. Au total 32 systèmes de finitions ont été proposés par neuf fabricants conduisant les organisations professionnelles à sélectionner huit systèmes pour rester dans le budget de l'étude. Ainsi se sont jointes à l'étude les sociétés : Akzo Nobel, Blanchon, ICA, Materis Peintures (Tollens), Obbia, Renaulac, Sherwin Williams, Zolpan.

Pour chacune, un système de finition a été retenu. Huit systèmes numérotés de 1 à 8 ont donc été étudiés, les systèmes 1 à 6 étant opaques (blancs) et les systèmes 7 et 8 étant semi-transparents.

Certains fabricants ont opté pour une composition du système différente selon l'essence testée (pin sylvestre, pin sylvestre traité par un produit de préservation CTB-P+, duramen de chêne, moabi). Ainsi les systèmes 5, 6 et 7 ont des compositions variables selon l'essence (primaire et/ou couche intermédiaire différents).

Une vaste campagne expérimentale a été lancée, comprenant un peu plus de 750 éprouvettes préparées par FCBA selon les recommandations des fabricants de produits pour les applications de produits.

Les systèmes de finition proposés ont présenté des épaisseurs sèches très différentes qui n'ont pas eu de répercussions directes sur les performances obtenues. Les systèmes avec les plus faibles épaisseurs n'ont donc pas été pénalisés par rapport à ceux présentant les plus fortes.

Les performances des systèmes de finition ont été étudiées via les tests de vieillissement normalisés et leurs durées respectives : un an de vieillissement naturel selon NF EN 927-3 mené sur le site de FCBA (Bordeaux) et 12 semaines de vieillissement artificiel selon NF EN

927-6. Des vieillissements artificiels à la roue ont été également entrepris sur une durée de 6 semaines, comme actuellement pratiqué en autocontrôle chez certains menuisiers.

Afin d'appréhender la durée de vie des systèmes de finition à plus long terme, les cycles de vieillissement ont été doublés. Ainsi les éprouvettes ont été exposées une deuxième année en vieillissement naturel et les cycles de vieillissement artificiel ont été poussés jusqu'à 24 semaines pour le QUV (NF EN 927-6) et 12 semaines pour la roue.

Au terme des vieillissements, un relevé détaillé de performances a été entrepris afin de noter l'aspect général des éprouvettes, et les éventuels dommages présents : cloquage, écaillage, craquelage, farinage, présence de champignons de bleuissement ou de moisissures. Les variations de couleur et brillant ont été mesurées. L'adhérence a été évaluée. Des photos ont complété ces divers relevés.

L'analyse des résultats a tenu compte des spécifications de performances des finitions extérieures (NF EN 927-2) portant sur les critères cloquage, craquelage, écaillage, adhérence. Comme aucun des systèmes de finition n'a présenté de cloquage ou d'écaillage quels que soient le mode et la durée de vieillissement, l'analyse s'est donc focalisée sur le respect des valeurs limite de craquelage et d'adhérence pour la catégorie stable (emploi de type menuiserie).

Après 12 mois de vieillissement naturel, seules 6 des 32 configurations étudiées ne respectent pas les exigences de NF EN 927-2 en termes de craquelage et adhérence.

Les combinaisons système-essence respectant les critères NF EN 927-2 (craquelage et adhérence pour emploi stable) ont été les suivantes :

- ✓ Système 1 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 2 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 4 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 5 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 6 (pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 7 (chêne, pin, pin traité, moabi)
- ✓ Système 8 (pin, pin traité, moabi)

Après 24 mois de vieillissement naturel, l'analyse combinée des facteurs craquelage et adhérence n'a été possible que sur chêne et pin car les éprouvettes de moabi et pin sylvestre traité n'ont pas subi le test destructif de l'adhérence pour pouvoir être ré-exposées une troisième année en vieillissement naturel. Cette analyse a montré que les systèmes 2 et 5 étaient conformes aux valeurs limites émises par la norme NF EN 927-2 pour les deux

essences (chêne et pin). D'autres combinaisons particulières système-essence ont respecté les valeurs limites. Au final, les exigences craquelage et adhérence de NF EN 927-2 pour la catégorie stable (menuiserie) sont satisfaites pour :

- ✓ Système 1 (chêne)
- ✓ Système 2 (pin, chêne)
- ✓ Système 4 (chêne)
- ✓ Système 5 (pin, chêne)
- ✓ Système 7 (chêne)

La 2ème année de vieillissement naturel assigne donc quelques systèmes aux catégories semi-stable et non stable selon NF EN 927-2.

Si les combinaisons ci-dessus respectent les spécifications de performances (craquelage, adhérence), hormis des variations de couleur et brillant, elles sont aussi affectées par un développement de champignons de bleuissement. Ce type de dommages ne fait actuellement pas partie des critères de performances des finitions (selon NF EN 927-2) mais il conduit à la présence de micro-perforations de la surface revêtue, qui à long terme, peuvent induire des dégradations ultérieures. C'est ce que montrera ou non la troisième année de vieillissement, décidée au terme de l'étude.

Même si le produit de préservation ne revendiquait pas une action anti-bleu, l'étude montre que son utilisation a tout de même limité le développement de champignon de bleuissement comparativement à l'essence non traitée.

Au terme des essais, l'aspect des finitions est globalement meilleur sur moabi et pin sylvestre traité que sur pin sylvestre et chêne.

L'étude montre que l'utilisation de la roue de vieillissement comme moyen d'évaluation chez les menuisiers est questionnable. En effet sur une durée de 6 semaines comme de 12 semaines, cet appareil n'a pas mis en évidence un quelconque craquelage des systèmes. Il s'est donc montré peu discriminant pour des systèmes de finitions complètes sur éléments plans. Comparativement, le cycle mené au QUV sur 12 semaines s'est révélé plus sévère et a généré globalement plus de craquelage que celui obtenu après 12 mois de vieillissement naturel. Il permet donc de mieux discriminer les produits testés. Pour autant, la roue de dégradation ne doit pas être considérée comme un appareil obsolète de vieillissement artificiel car elle présente un avantage majeur par rapport au QUV : elle permet de tester facilement des pièces profilées ou des assemblages alors que le QUV ne le permet pas. Des modifications de la roue sont certainement possibles pour la rendre plus discriminantes vis-à-vis de systèmes complets de finition (voir aussi Etude CODIFAB Etat des lieux Finition des bois en menuiserie extérieure).

L'influence de la conception des profilés sur les performances des finitions a été étudiée sur pin sylvestre. Trois des huit systèmes (deux opaques et un semi-transparent) ont été appliqués sur pièces d'appui élargies, traverses basses avec jet d'eau, traverses basses sans jet d'eau.

Après une année d'exposition, un faible craquelage est observable sur certaines parties des trois conceptions étudiées, alors que les trois systèmes n'avaient présenté aucun craquelage sur éprouvettes planes de pin sylvestre. La traverse basse sans jet d'eau s'est montrée la plus favorable à la finition en étant moins impactée par le craquelage. L'étude montre que des modifications de sa conception pourraient être apportées pour être encore plus favorable à la durée de vie des finitions, notamment au niveau de la doucine. L'utilisation d'un système de finition particulièrement performant pourrait être aussi imaginée pour protéger les parties les plus exigeantes des menuiseries. Au terme de l'étude il a été décidé de ré-exposer les profilés durant une année supplémentaire.

Sur la base de l'expérience acquise par FCBA au travers des essais de vieillissement, des Dossiers Techniques Finition, d'expertises, on peut extrapoler les délais de surveillance du premier entretien à 4 à 5 ans en situation exposée, et 8 à 10 ans en situation protégée, pour les systèmes respectant les critères de performances au terme de 2 ans de vieillissement naturel à 45°. Ces extrapolations sont relatives aux parties courantes de la menuiserie (hors points singuliers).

Le programme expérimental a été complété par une proposition de Contrôle de Production en Usine (CPU) pour les menuiseries finies. Il décrit les contrôles aux différents stades (matériau, produits, process et produit fini).

6 Remerciements

Nous remercions vivement le CODIFAB (Comité professionnel de développement des industries françaises de l'ameublement et du bois) pour le financement de cette étude, ainsi que les organisations professionnelles qui se sont impliquées activement dans ce travail : CAPEB, FFB, UFME. L'étude n'aurait pas pu être menée sans la participation des fabricants de peinture que nous remercions : Akzo Nobel, Blanchon, ICA France, Obbia, Renaulac, Sherwin Williams, Tollens, Zolpan. Un certain nombre de collaborateurs FCBA se sont impliqués dans cette étude et nous remercions plus particulièrement : Fanny Casamajor,

Thierry Delorme, Christiane Deval, Martine Gabillé, Pascal Lenoir, Mathilde Montibus, Marc Sigrist, Frédéric Wielezynski.

Laurence Podgorski

7 Références

- ¹ Williams R. Sam. Finishing of Wood. Chapter 16. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Forest Product Laboratory. US, 2010.
- ² Roux M.L. & Anquetil F. Finition des ouvrages en bois dans le bâtiment. CTBA, 121p. 1994.
- ³ Sylla M. Rôle des molécules phénoliques dans la photopolymérisation : application à des résines de finition pour le bois. Thèse Sciences et technologies Industrielles. Nancy : LERMAB, 196p. 2001.
- ⁴ Outahyon A. Influences de paramètres et de stockage sur les propriétés fonctionnelles des surfaces de bois et de Douglas. Thèse en génie mécanique-Procédés de fabrication". Cluny : Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, 2008, 286p. 2008.
- ⁵ Glass S.V., Zelinka S.L. Moisture relations and physical properties of wood. Chapter 4. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Forest Product Laboratory. US. 2010.
- ⁶ Vollmer S. & Evans P. D. Performance of clear coatings on modified wood exposed to the weather for 2 years in Australia. *International Wood Products Journal*, 4(3),177-182. 2013
- ⁷ Podgorski L. (2004). Analysis of the wood coating ageing and prediction of the durability through calorimetric investigations. Cost E18 : Final workshop, Paris, 26-27 avril 2004.
- ⁸ Malassenet L., Podgorski L., George B., Merlin A. Variations in surface hardness of exterior wood coatings after artificial and natural weathering. 9th International Woodcoatings Congress, Amsterdam (NL), 13-15 Octobre 2014.
- ⁹ Malassenet L., Podgorski L., George B., Merlin A. La dureté Persoz: une nouvelle voie d'étude des performances des finitions extérieures pour bois? GDR 3544 sciences du bois, Nancy, 12-14 novembre 2014.
- ¹⁰ Malassenet L., George B., Merlin A., Podgorski L. Persoz hardness: a useful property to study performance of exterior wood coatings. *International Wood Products Journal*, Accepté 27 Août 2015.
- ¹¹ Dawson B. S., Göttgens A. & Hora G. A comparative weathering study on Pine Species in Germany and New Zealand. 4th International Woodcoatings Congress, The Hague (NL), October 2004.
- ¹² NF EN 927-3 : 2012. Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur. Partie 3 : essais de vieillissement naturel.
- ¹³ NF EN 927-6 : 2006. Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur. Partie 6 : Vieillissement artificiel des revêtements pour bois par exposition à des lampes UV fluorescentes et de l'eau.
- ¹⁴ NF EN ISO 4628-2 : 2004. Peintures et vernis. Évaluation de la dégradation des revêtements. Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect. Partie 2: Évaluation du degré de cloquage.

¹⁵ NF EN ISO 4628-4 : 2004. Peinture et vernis. Évaluation de la dégradation des revêtements. Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect. Partie 4 : évaluation du degré de craquelage.

¹⁶ NF EN ISO 4628-5 : 2004. Peinture et vernis. Évaluation de la dégradation des revêtements. Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect. Partie 5 : évaluation du degré d'écaillage.

¹⁷ NF EN ISO 4628-6 : 2011. Peintures et vernis. Évaluation de la dégradation des revêtements. Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect. Partie 6 : évaluation du degré de farinage par la méthode du ruban adhésif.

¹⁸ NF EN ISO 4628-1 : 2004. Peintures et vernis. Évaluation de la dégradation des revêtements. Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect. Partie 1 : introduction générale et système de désignation.

¹⁹ NF EN ISO 2409 : 2013. Peintures et vernis-Essai de quadrillage.

²⁰ NF EN 152 : 2012. Produits de préservation du bois. Détermination de l'efficacité préventive d'un traitement de protection du bois mis en œuvre contre le bleuissement fongique.

²¹ NF EN 927-1 : 2013. Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur. Partie 1 : Classification et sélection.

²² NF EN 927-2 : 2014. Peintures et vernis — Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur — Partie 2 : Spécifications de performance.

²³ NF P 23-305 : 2014. Menuiserie en bois- Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres, portes extérieures et ensembles menuisés en bois.

²⁴ XP P 20-650-2 : 2012. Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – Pose de vitrage minéral en atelier – Partie 2 : Exigences et méthodes d'essais spécifiques au bois.

²⁵ NF T 34-202 de février 1996 : Peintures et vernis - Systèmes de peinture pour la protection de la surface du bois - Lasures – Spécifications.

²⁶ NF EN 927-5 : 2007. Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur. Partie 5 : Détermination de la perméabilité à l'eau liquide.

²⁷ NF EN 152 : 2012. Produits de préservation du bois. Détermination de l'efficacité préventive d'un traitement de protection du bois mis en œuvre contre le bleuissement fongique.

²⁸ NF EN 599-1 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Efficacité des produits préventifs de préservation du bois établie par des essais biologiques - Partie 1: Spécification par classe d'emploi.

²⁹ NF EN 927-4 : 2001. Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur - Partie 4: Détermination de la perméabilité à la vapeur d'eau

³⁰ NF EN ISO 7783 : 2011. Peintures et vernis. Détermination des propriétés de transmission à la vapeur d'eau –méthode de la coupelle.