



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

# **Perméabilité à la vapeur d'eau des finitions extérieures pour bois**

## **Etude bibliographique**

**Novembre 2016**

**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](mailto:laurence.podgorski@fcba.fr)

## Table des matières

1. Contexte.....	3
2. Objectifs de l'étude.....	3
3. La perméabilité à la vapeur d'eau et les facteurs l'influençant.....	3
3.1 Transport d'eau dans le bois et à travers un film de finition.....	3
3.2 Influence de la composition d'un produit de peinture sur ses propriétés de perméabilité .....	4
3.3 Influence du vieillissement sur la perméabilité à la vapeur d'eau .....	6
4. Méthodes d'évaluation de la perméabilité à la vapeur d'eau des produits de peinture.....	7
4.1 Films libres et films sur bois .....	7
4.2 La méthode de la norme EN 927-4.....	7
4.3 La méthode de la coupelle EN ISO 7783 .....	9
5. Quels niveaux de perméabilité à la vapeur d'eau pour les finitions pour bois ? .	12
5.1 Introduction.....	12
5.2 Sd et peintures sur autres supports.....	12
5.3 Sd et finitions sur bois .....	14
6. Conclusion .....	22
7. Références.....	23

## 1. Contexte

Faire barrière à l'eau est une fonction essentielle des finitions extérieures (lasures, peintures). Les produits de finition doivent empêcher l'eau liquide de pénétrer dans le bois tout en ayant un certain niveau de perméabilité à la vapeur d'eau afin de libérer l'eau qui pourrait s'infiltrer entre le bois et le revêtement.

Actuellement la perméabilité à l'eau liquide des finitions pour bois est bien contrôlée d'une part via une méthode d'essai normalisée (Norme NF EN 927-5 <sup>1</sup>) et d'autre part via des spécifications associées décrites dans la norme NF EN 927-2 <sup>2</sup>. Une étude financée par le CODIFAB sur la période 2010-2012 a également permis d'investiguer l'influence d'un certain nombre de paramètres (essence, vieillissement, type de finition, etc.) sur la perméabilité à l'eau liquide des finitions <sup>3</sup>.

Par contre de nombreuses interrogations subsistent quant à la perméabilité à la vapeur d'eau des finitions d'autant qu'aucune spécification de performances n'est établie. Quel niveau de perméabilité à la vapeur d'eau un film de finition doit-il posséder pour protéger efficacement le bois des intempéries ? La réponse n'est pas connue.

## 2. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude bibliographique est de faire un état de l'art sur la perméabilité à la vapeur d'eau des finitions extérieures pour bois. Il s'agit également de recenser les méthodes de mesure disponibles en précisant leurs avantages et inconvénients.

Cette étude a aussi pour objectif de proposer des pistes d'études à mener ultérieurement afin de mieux comprendre les échanges d'humidité entre le bois fini et son environnement.

## 3. La perméabilité à la vapeur d'eau et les facteurs l'influençant

### *3.1 Transport d'eau dans le bois et à travers un film de finition*

Le bois est un matériau hydrophile qui par conséquent présente des changements de taux d'humidité dépendant du climat qui l'environne. Ces variations conduisent à des

changements de ses propriétés physiques et à une plus forte susceptibilité aux attaques de microorganismes.

Le transport d'eau vapeur dans le bois est gouverné par la diffusion c'est-à-dire par un mouvement aléatoire des molécules d'eau tendant à stabiliser les gradients de concentration. Si une accumulation locale de substances hydrophiles se passe dans le bois, ce mouvement aléatoire de l'eau sera perturbé et de fortes concentrations d'eau ou d'humidité peuvent se développer localement.

Plus un revêtement absorbe de l'eau, plus l'eau s'accumule à la surface sous le revêtement<sup>4</sup>. L'eau qui entre dans une structure doit donc pouvoir s'évaporer dès que possible en particulier pour les matériaux absorbant comme le bois

Les mouvements de l'eau à travers les finitions peuvent se produire selon différents mécanismes<sup>5</sup>:

- transport d'eau liquide à travers le revêtement vers le bois (absorption d'eau)
- transport d'eau vapeur à travers le revêtement vers le bois (absorption d'eau vapeur)
- transport d'eau vapeur à travers le revêtement depuis le bois (désorption d'eau vapeur).

Côté<sup>6</sup> a montré que des substances pouvaient migrer dans le bois à partir d'un film de revêtement et s'accumuler dans différentes zones en raison d'une séparation chromatographique dépendant de leur caractère hydrophile / hydrophobe. Elles peuvent donc modifier les caractéristiques de sorption de l'humidité du substrat de bois. Ekstedt<sup>7</sup> a établi que la présence de deux émulsifiants différents présents dans certaines émulsions alkydes changeait les caractéristiques de sorption d'humidité du bois.

### ***3.2 Influence de la composition d'un produit de peinture sur ses propriétés de perméabilité***

Un produit de peinture (vernis, peinture, lasure) est principalement constitué de liant (ou mélange de liants), de pigments, de charges, de solvant et de divers additifs. Ces ingrédients déterminent la couleur mais avant tout les propriétés du produit.

La concentration pigmentaire volumique (CPV) a une grande influence sur les performances des peintures. Elle se définit comme le pourcentage du volume des matières pulvérulentes (pigments et charges) par rapport au volume de l'ensemble du film sec.

La concentration pigmentaire volumique critique (CPVC) est une valeur particulière de la CPV pour laquelle il y a juste assez de liant pour enrober les matières pulvérulentes.

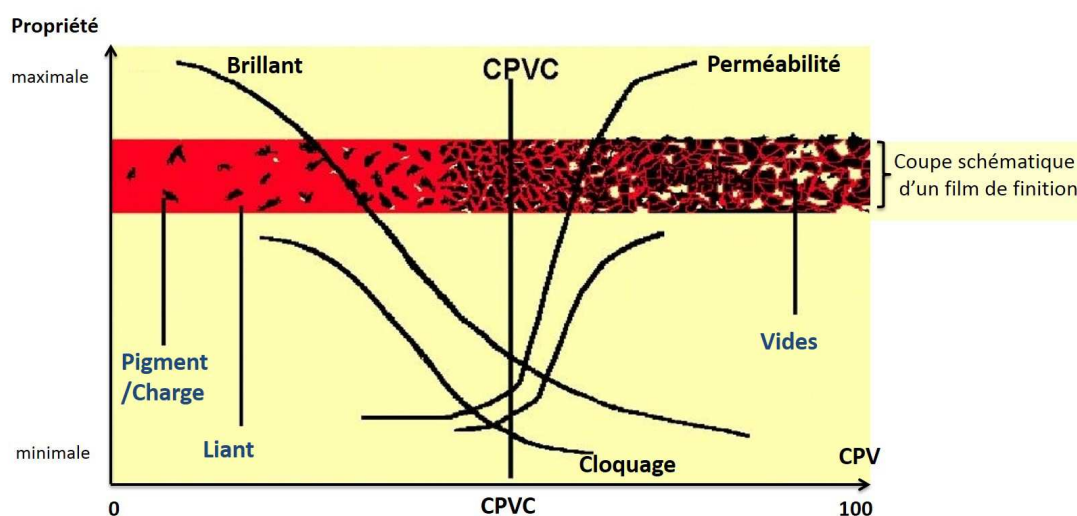
En-dessous de la CPVC, il y a un excès de liant. Le film présente alors une couche continue de liant en surface donnant un certain effet de brillant, d'autant plus marqué que la CPV est plus basse <sup>8</sup>. Au-delà de la CPVC, le liant est en défaut et le film comporte des inclusions d'air supplémentaires que le liant ne peut combler.

La Figure 1 schématise l'influence de la CPV sur les propriétés finales du produit de peinture.

Elle montre que lorsque la CPV est supérieure à la CPVC, la quantité de liant est insuffisante pour remplir la totalité des vides existants entre les particules de matières pulvérulentes. Dès lors, on obtient un feuil hétérogène contenant des agglomérats qui favorisent la porosité <sup>9</sup>.

Plus les pigments et charges seront nombreux dans le film de peinture, plus la vapeur d'eau pourra migrer à travers le revêtement.

La valeur de la CPVC varie en fonction du liant mais aussi de la structure et finesse du pulvérulent.



**Figure 1: Variations des propriétés finales en fonction de la CPV** (Adapté de Polymer Science Learning Center)

Pour autant il ne faut pas conclure qu'il est préférable de fortement pigmenter ou charger un film de finition de façon à favoriser une plus grande perméabilité à la vapeur d'eau et donc un séchage plus rapide des menuiseries après période d'humidification. En effet de récents travaux menés à FCBA dans le cadre du projet européen SERVOWOOD ont montré qu'ajouter une trop forte quantité de pigments et charges dégradait les propriétés

mécaniques des finitions, favorisant ainsi l'apparition de craquelage du revêtement lors du vieillissement <sup>10,11</sup>. Un juste compromis dans la pigmentation doit donc être trouvé par le formulateur entre perméabilité à la vapeur et propriétés mécaniques de la finition équilibrées.

Les performances globales des produits de peinture sont aussi fortement dépendantes de la température de transition vitreuse Tg. Celle-ci est la température pour laquelle un polymère passe de l'état vitreux à une structure plus amorphe. Ce changement d'état a un grand impact sur les propriétés barrières du polymère. Souvent Tg augmente lentement au cours de la vie du produit mise en œuvre. L'absorption d'eau réduit Tg du fait d'une plastification du polymère. L'exposition au soleil peut induire des réactions chimiques au niveau du polymère conduisant à une augmentation ou diminution de Tg et donc à des modifications de perméabilité.

Dans les revêtements ayant à la fois des zones amorphes et cristallines, la solubilité de l'eau se produira uniquement dans les zones amorphes.

Les polymères avec des groupes hydrophiles auront une plus forte affinité avec l'eau que les polymères avec des groupements hydrophobes. Cependant des zones avec des structures polaires peuvent réduire les taux de diffusion d'eau du fait d'une plus faible mobilité due aux liaisons hydrogène. Mills et Mayne <sup>12</sup> ont montré que la plupart des films polymériques réticulés avaient des zones de plus forte et de plus faible densité de réticulation. Le substrat sous des zones de faible densité de réticulation était plus affecté par l'eau que des zones de forte réticulation.

D'autres facteurs de la formulation comme l'utilisation de plastifiants peuvent modifier la perméabilité.

### ***3.3 Influence du vieillissement sur la perméabilité à la vapeur d'eau***

Une étude menée à l'EMPA en Suisse dans les années 70 montre que la perméabilité à la vapeur d'eau augmente fortement au cours de l'exposition aux intempéries, toutefois certains produits présentaient tout d'abord une baisse sensible de la perméabilité <sup>13</sup>. Les finitions de type imprégnation, surtout celles à faible résistance initiale à la diffusion, perdirent pratiquement la totalité de leur action protectrice pendant la période d'essai de 32 mois d'exposition, alors qu'un vernis pigmenté à base de résine alkyde était relativement peu perméable à la vapeur d'eau même à la fin de l'essai.

## **4. Méthodes d'évaluation de la perméabilité à la vapeur d'eau des produits de peinture**

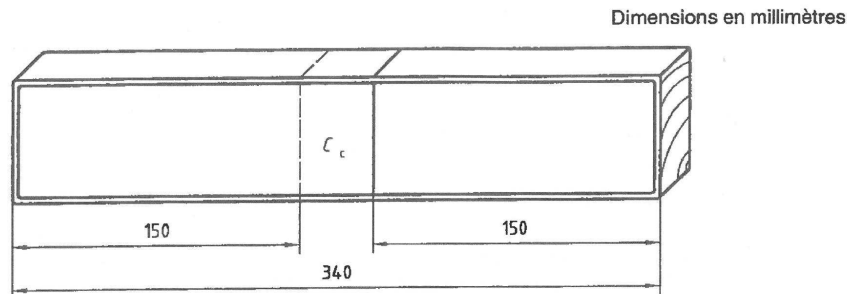
### **4.1 Films libres et films sur bois**

Certaines études s'intéressent à la perméabilité à l'eau de films libres de peinture. Une approche plus réaliste consiste à mesurer cette propriété de la peinture directement sur bois. Nguyen *et al.*<sup>14</sup> examinent la littérature concernant les perméabilités à l'eau des revêtements appliqués sur un support et les perméabilités des films libres. Ils concluent que plusieurs articles rapportent de plus grande absorption d'eau pour les revêtements appliqués sur support comparativement à des films libres, bien que l'opposé soit parfois aussi reporté. Une des raisons est qu'à même quantité de peinture déposée, l'épaisseur effective est différente selon la nature du support. Sur bois, une partie du produit de peinture peut pénétrer dans le support diminuant ainsi l'épaisseur finale, ce qui ne sera pas le cas sur un support inerte (type verre ou téflon) utilisé pour préparer des films libres. Une étude menée par des chercheurs de Sikkens<sup>15</sup> dans les années 70 incite également à tester les revêtements appliqués sur bois (et pas uniquement sous forme de films libres) : elle montre qu'à même quantité de matière, les revêtements sur bois ont un moins bon effet barrière à l'eau qu'un film libre du fait de la quantité de matière qui pénètre dans le bois. Les chercheurs expliquent que lorsque la finition est appliquée sur bois, la finition est plus lisse sur la face extérieure uniquement. La surface de finition en contact avec le bois reproduit la rugosité du support poreux. Les chercheurs en déduisent que la perméabilité à la vapeur d'eau est fonction du sens de passage étant donné que les deux surfaces limites du film sont de nature tout à fait différente. La campagne d'essais qu'ils mènent montre que dans la plupart des cas la perméabilité est plus grande lors de la désorption à la vapeur d'eau que lors de l'absorption. Le bois peint dégage donc l'humidité plus facilement qu'il ne l'absorbe (lorsque la couche n'est pas endommagée par le vieillissement).

### **4.2 La méthode de la norme EN 927-4**

Cette norme<sup>16</sup> préconise l'utilisation d'épicéa dans lequel sont découpées des échantillons de 340 mm de longueur par 70 mm de largeur et 20 mm d'épaisseur avec une inclinaison des cernes par rapport à la face d'essai de  $(45 \pm 10)^\circ$ , comme illustré dans la Figure 2. La finition est appliquée sur la face d'essai (face convexe par rapport aux cernes annuels).

Après séchage sont prélevés deux éprouvettes de 150 mm de long, la chute centrale de 40 mm de long sert ultérieurement à la mesure de l'épaisseur sèche de la finition. Cinq éprouvettes peintes (150 mm de long) sont nécessaires ainsi que 3 éprouvettes non peintes.



**Figure 2: Eprouvettes d'essai EN 927-4**

Les 5 autres faces des éprouvettes peintes, ainsi que les 5 faces équivalentes des éprouvettes non peintes sont scellées par au moins deux couches d'une peinture souple aussi étanche que possible, par exemple, précise la norme, une peinture époxy à base de polyuréthane sans solvant. Les éprouvettes sont ensuite stockées 28 jours à  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative de  $(65\pm 5)\%$ .

Les éprouvettes subissent ensuite un lessivage en laissant tremper 24h la face d'essai dans de l'eau ; après un séchage décrit dans la norme, le lessivage est répété une deuxième fois, suivi du même cycle de séchage. Les éprouvettes sont ensuite conditionnées jusqu'à masse constante à  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative de  $(65\pm 5)\%$ .

Les éprouvettes sont pesées et leur masse  $m_0$  est notée. Les éprouvettes sont ensuite introduites dans un récipient de dimensions appropriées et muni d'un couvercle amovible. Le récipient est équipé de grilles horizontales pour soutenir les éprouvettes de manière à ce que le dos des éprouvettes soit à 40 mm au moins au-dessus du fond de l'enceinte. Les parois de l'enceinte sont recouvertes sur toute leur hauteur de papier filtre. De l'eau désionisée est introduite dans l'enceinte pour couvrir le fond jusqu'à une hauteur de 10 mm. Le couvercle est ensuite refermé. L'enceinte est alors placée dans une chambre climatisée à  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative de  $(65\pm 5)\%$ . Les éprouvettes sont posées sur la grille avec la face revêtue de la finition à tester vers le haut durant 14 jours (cycle d'absorption). Elles sont ensuite retirées de l'enceinte et aussitôt pesées pour noter leur masse ( $m_{14}$ ). Puis elles sont laissées durant 14 jours (cycle de désorption) dans la chambre climatisée à  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative de  $(65\pm 5)\%$ . Après ces 14 jours leur masse ( $m_{28}$ ) est notée.



La moyenne de l'absorption d'eau WA14 des cinq éprouvettes peintes est calculée ( $m_{14}-m_0$ ) ainsi que la moyenne pour la désorption d'eau WD14 ( $m_{14}-m_{28}$ ). Le même calcul est réalisé pour les éprouvettes non peintes. Le rapport d'essai doit spécifier la moyenne et l'écart type pour WA et WD du bois peint et non peint.

Une annexe informative de la norme EN 927-4 propose différents calculs tels qu'un taux de transmission de la vapeur d'eau par unité d'aire de peinture, calculé en divisant WA14 par la surface peinte en m<sup>2</sup>.

Au début des années 2000, un essai circulaire, non pas relatif à la méthode EN 927-4 mais à la méthode EN 927-5 a semé le trouble chez certains membres du groupe de normalisation européen CEN/TC 139/WG2 en charge de ces normes. En effet le test EN 927-5<sup>17</sup> préconisait l'utilisation du même produit de scellement que celui utilisé dans EN 927-4 pour boucher les autres faces d'essai que celle recouverte du produit à tester. Lors de l'essai circulaire mené pour EN 927-5, les résultats ont montré des résultats de perméabilité très variables selon les laboratoires pratiquant l'essai. L'explication de cette forte variabilité résidait dans le fait que chaque laboratoire utilisait son propre produit de scellement dont la perméabilité à l'eau liquide était parfois plus grande que le produit de finition soumis à l'essai. La norme EN 927-5 a donc été révisée pour introduire une spécification précise quant à la perméabilité à l'eau liquide du produit de scellement.

Cet épisode a été le prétexte pour certains membres du CEN/TC 139/WG2 de s'opposer à la norme EN 927-4 lors de sa révision. Celle-ci a été suspendue au profit de la méthode de la coupelle (ISO 7783).

### **4.3 La méthode de la coupelle EN ISO 7783**

La mesure de perméabilité à la vapeur d'eau peut être évaluée par la méthode de la coupelle selon la norme NF EN ISO 12572<sup>18</sup>. La norme NF EN ISO 7783<sup>19</sup> décrit plus précisément cette méthode pour les peintures et vernis. Cette dernière norme détaille l'humidité maintenue selon la méthode choisie : une humidité de 93 % pour la méthode de la coupelle humide et une humidité de 3% pour la coupelle sèche. Pour des finitions utilisées en extérieur, la méthode de la coupelle humide est recommandée puisqu'elle rend compte des indications de performances de matériaux en conditions humides. Du fait de la différence entre la pression partielle de vapeur d'eau dans la coupelle test et la pression partielle de vapeur d'eau dans la salle conditionnée, la vapeur d'eau va diffuser à travers le revêtement testé. En pesant la coupelle à des intervalles de temps différents, le changement de masse

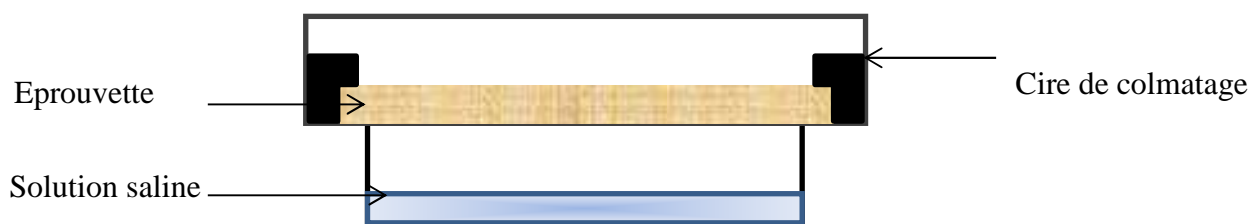
est suivi ce qui permet de calculer l'épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de vapeur d'eau ( $S_d$ ).

Pour ce test, les éprouvettes en forme de disque de 92 mm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur sont découpées, revêtues du produit à tester puis conditionnées à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $(50 \pm 5) \%$ . Les éprouvettes sont ensuite déposées dans les coupelles de test avec la finition vers le haut (voir Figure 3).



**Figure 3 : Eprouvettes de bois revêtues de finition dans les coupelles de test**

La partie inférieure de la coupelle (voir Figure 4) contient une solution saline de dihydrogénophosphate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  pour maintenir une humidité relative constante de 93 %. Les coupelles sont conditionnées à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $(50 \pm 5) \%$ .



**Figure 4 : schéma d'une coupelle**

L'appareil (voir Figure 5) disponible à FCBA permet de peser la masse à intervalle de temps régulier et de faire son suivi jusqu'à stabilisation. Il est aussi possible de faire ce test « manuellement » en pesant la coupelle à intervalle de temps régulier.



**Figure 5: Appareil de mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau (GraviTest, Seitter GmbH)**

L'épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau ( $S_d$ ) est calculée par :

$$S_d = \delta_a \times \Delta P_v / V$$

- Avec  $\delta_a$ , la perméabilité de l'air qui est 0.0169 g/m.d.Pa (en gramme par mètre par jour par Pascal)
- $\Delta P_v$  la différence entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans la coupelle et dans la salle conditionnée soit 1207 Pa pour le test de la coupelle humide.
- $V$  représente le taux de transmission de vapeur d'eau en gramme par mètre carré par jour et il est calculé grâce à la formule

$$V = 24 \times \frac{p + G}{p_0 + A} \text{ avec } p = p_0 = 1013 \text{ hPa soit } V = 24 \times \frac{G}{A}$$

$G$  représente le flux de vapeur d'eau en gramme par heure soit  $G = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1}$  avec  $m_2$  et  $m_1$  respectivement les masses en grammes aux temps  $t_2$  et  $t_1$  en heures.

$A$  représente l'aire de l'éprouvette soit  $\pi R^2$  (avec  $R$  le rayon de l'éprouvette) en mètre carré.

Ainsi pour chaque test, le  $S_d$  du système (bois + finition) est calculé et comparé au  $S_d$  du bois nu sans finition. Plus le  $S_d$  est grand, plus le revêtement est imperméable à la vapeur d'eau.

La valeur  $\mu$  ou coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau est le quotient de la valeur  $S_d$  divisé par l'épaisseur du revêtement :  $\mu = S_d / e$ .

## **5. Quels niveaux de perméabilité à la vapeur d'eau pour les finitions pour bois ?**

### **5.1 Introduction**

La norme EN 927-2 concernant les spécifications de performances des finitions extérieures pour bois ne fait aujourd'hui mention d'aucune spécification quant à la perméabilité à la vapeur d'eau. Une spécification précise existe par contre pour la perméabilité à l'eau liquide, mais personne aujourd'hui ne sait définir quel niveau de perméabilité à la vapeur d'eau, exprimé en terme de  $S_d$ , une finition doit posséder. Ce manque de spécification résulte d'un manque d'études sur le sujet et d'un manque d'essais répertoriés de mesure de  $S_d$  sur des finitions extérieures pour bois.

### **5.2 $S_d$ et peintures sur autres supports**

A titre d'exemple le Tableau 1 montre les paramètres de diffusion de vapeur d'eau de différents liants utilisés dans les revêtements <sup>4</sup>. Il montre que le  $S_d$  mesuré sur des revêtements à base de polymères en émulsion varie de 0.1 à 2 m alors qu'il est inférieur à 0.1 m pour des revêtements à base de silicone.

Le Tableau 2 montre les recommandations existantes dans le cas des systèmes composites d'isolation thermique extérieure (ETICS). Les liants de ces peintures sont le plus souvent des résines acryliques ou siloxanes. Des exigences en matière de perméabilité à la vapeur d'eau y sont exprimées : deux classes de perméabilité sont définies (V1 et V2) pour lesquelles des exigences de  $S_d$  sont définies. La classe V1 correspond aux peintures de grande perméabilité ( $S_d < 0,14$  m) et la classe V2 aux peintures de perméabilité moyenne ( $0,14 \leq S_d < 1.4$  m) L'application d'une peinture en surface de l'ETICS conduira toujours à augmenter l'imperméabilité globale du système d'enduit et à diminuer sa perméabilité à la vapeur d'eau.

	Binders	Solidification/ hardening	Water absorption coefficient w in kg/m <sup>2</sup> h <sup>0.5</sup>	Resistance to the dif- fusion of water vapour μH <sub>2</sub> O	Water vapour permeability s <sub>v</sub> in m	CO <sub>2</sub> permeability s <sub>g</sub> in m
Calcimine	Hydraulic lime	Chemical hardening/ carbonation	> 1.0 permeable by water	< 10	< 0.1 m (0.02) permeable by water vapour	< 0.5 m
Silicate paint	Potassium water glass	Physical drying/ chemical hardening, silification	> 1.0 permeable by water	< 10	< 0.1 m (0.04-0.08) permeable by water vapour	< 0.5 m
Emulsion-type silicate paint	Potassium water glass/ polymer emulsion	Physical drying/ chemical hardening, silification	0.1-2.0 water resistant	100-1000	0.1-0.5 m (0.08-0.6) permeable by water vapour	< 0.5 m
			0.1-0.5 water repellent	100-1000	0.1-2.0 m permeable by water vapour	< 0.5 m
Polymer emulsion paint	Polymer emulsion	Physical drying/ coalescence	0.1-2.0 water resistant	1000	0.1-1.5 m permeable by water vapour	1-5 m to > 50 m
			0.1-0.5 water repellent	1000	0.1-2.0 m permeable by water vapour	
Silicone resin emulsion paint	Silicone resin emulsion polymer emulsion	Physical drying/ coalescence	< 0.1 watertight	100-1000	< 0.1 m permeable by water vapour	< 0.5 m
Polymerisable resin paint	Synthetic resin	Physical drying/ coalescence	0.1-2.0 water repellent	1000-10000	0.5-1.0 m water vapour retarding	> 50 m
			0.1-2.0 water repellent	1000-10000	0.1-2.0 m water vapour retarding	
Hydrophobing agent	Silicone resin	Physical drying/ coalescence	< 0.1 watertight		< 0.1 m permeable by water vapour	> 50 m

**Tableau 1: Propriétés de différents revêtements vis-à-vis de la vapeur d'eau selon le type de liant utilisé <sup>4</sup>.**

Caractéristique	Norme d'essai	Classe	Exigence	
Épaisseur de la couche	EN 1062-1	E3	> 100 et ≤ 200 μm	
		E4	> 200 et ≤ 400 μm	
Perméabilité à la vapeur d'eau	ISO 7783	V1 (grande)	< 0,14 m <sup>(1)</sup>	> 150 g/(m <sup>2</sup> .j)
		V2 (moyenne)	≥ 0,14 et < 1,4 m <sup>(1)</sup>	≤ 150 et > 15 g/(m <sup>2</sup> .j)
Résistance à la fissuration <sup>(2)</sup>	EN 1062-7	A0	Aucune exigence	
		A1	> 0,100 mm	
		A2	> 0,250 mm	
		A3	> 0,500 mm	
		A4	> 1,250 mm	
		A5	> 2,500 mm	
<sup>(1)</sup> Résistance à la diffusion de vapeur d'eau (S <sub>v</sub> ). <sup>(2)</sup> Ces valeurs correspondent à l'ouverture de fissure maximale du support pouvant être supportée par la couche de peinture avant sa rupture.				

**Tableau 2 : Principales caractéristiques techniques des peintures appliquées sur ETICS en fonction des différentes classes distinguées par la norme EN 1062-1 <sup>20</sup>.**

### 5.3 Sd et finitions sur bois

Très peu de valeurs de Sd pour les finitions extérieures pour bois sont disponibles dans la littérature.

Dans le programme européen WoodExter (2007-2010) <sup>21</sup>, la perméabilité à la vapeur d'eau de quelques finitions a pu être évaluée (détermination de Sd). Les revêtements testés sont détaillés dans le Tableau 3.

Cinq répliques de chaque finition sur des échantillons de bois de 1.7 mm d'épaisseur ont été testées durant l'étude WOODEXTER. Deux échantillons non revêtus prélevés dans le même bois ont été utilisés comme référence dans les calculs de Sd. Les échantillons ont été mesurés selon la méthode EN ISO 12572 (méthode de la coupelle sèche). Avant essai, les échantillons ont été conditionnés à 23 °C et 50 % d'humidité relative. Du gel de silice a été placé dans des coupelles d'aluminium sur lesquelles les échantillons à tester ont été placés et scellés au moyen d'un joint en caoutchouc. Il a été supposé que le gel de silice permettait de créer des conditions sèches (0% d'humidité relative) au sein des coupes stockées à 23°C et 50% d'humidité relative.

L'augmentation de la masse des coupes a été mesurée jusqu'à atteinte d'une masse constante. Les valeurs de Sd ont ensuite été calculées.

Référence	Nature	Aspect	Epaisseur sèche moyenne visée
R50	dispersion acrylique en phase aqueuse, haut pouvoir garnissant,	opaque, brun-rouge,	50 µm
W50	dispersion acrylique en phase aqueuse	opaque, blanc	50 µm
W100	Idem W50	opaque, blanche	100 µm
P20	dispersion acrylique en phase aqueuse, faible pouvoir garnissant	semi-transparent, marron clair	20 µm
P50	Idem P20	semi-transparent, marron clair	50 µm
P80	Idem P20	semi-transparent, marron clair	80 µm

**Tableau 3: Finitions testées dans le projet européen WoodExter <sup>22</sup>**

La Figure 6 montre les épaisseurs moyennes finalement obtenues pour les différentes finitions.

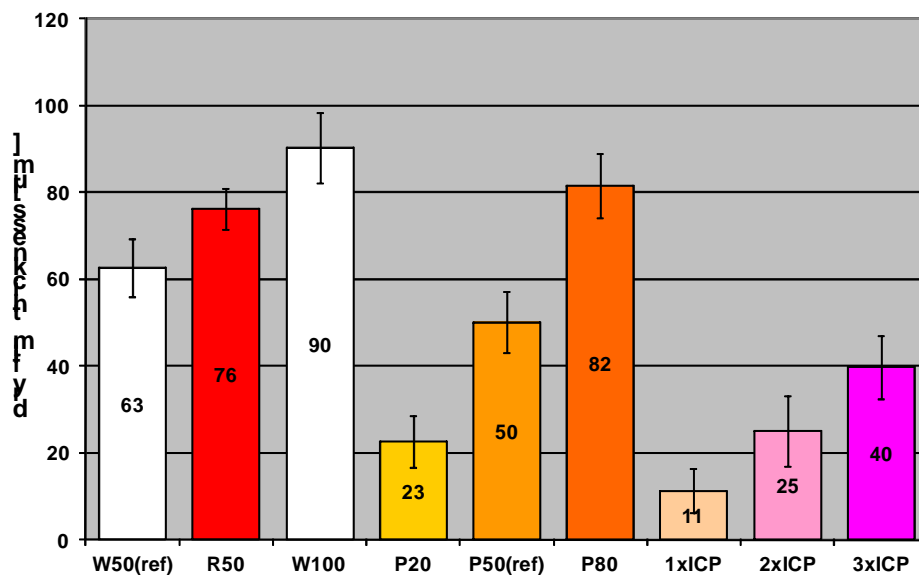


Figure 6: Epaisseur sèche des finitions testées

Les valeurs de Sd sont rassemblées dans la Figure 7 .

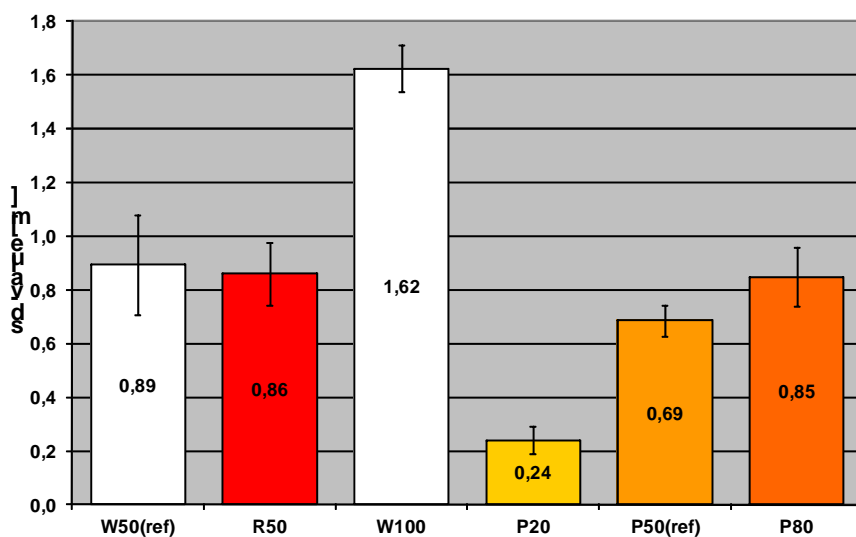
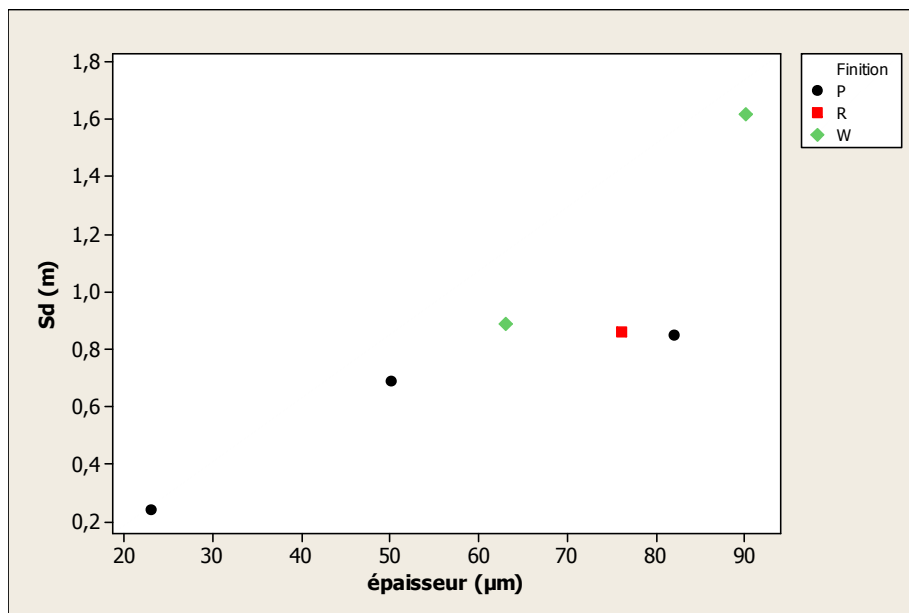


Figure 7: Valeurs de Sd des finitions en phase aqueuse testées dans le projet européen WoodExter

Les résultats de perméabilité à la vapeur d'eau des revêtements ont montré l'influence de l'épaisseur du film de revêtement pour la finition semi-transparente (P20, P50, P80) et la peinture blanche (W50, W100).

Lorsqu'appliquée en faible épaisseur (cas de P20), la finition semi-transparente a présenté une valeur de  $S_d$  de 0,24 m. La valeur de  $S_d$  augmente ensuite de 0,69 m et 0,85 m lorsque l'épaisseur augmente. La Figure 8 résume l'influence de l'épaisseur sèche sur la valeur de  $S_d$  pour les finitions testées.



**Figure 8: Influence de l'épaisseur sèche sur la valeur moyenne de  $S_d$  des bois revêtus**

Dans le cas de la lasure P, l'augmentation de  $S_d$  avec l'épaisseur semble se stabiliser aux alentours de 0.8. Dans le cas de la peinture W, l'augmentation d'épaisseur conduit également à un revêtement moins perméable à la vapeur d'eau ( $S_d$  plus grand). La lasure appliquée avec la plus forte épaisseur a un  $S_d$  voisin de la peinture appliquée avec la plus faible épaisseur. Dans le cas de la peinture blanche,  $S_d$  est doublé lorsque l'épaisseur est quasiment doublée

A titre informatif les absorptions d'eau liquide mesurées selon EN 927-5 pour ces mêmes finitions sont reportées dans la Figure 9 comparativement au bois nu (UNTR)

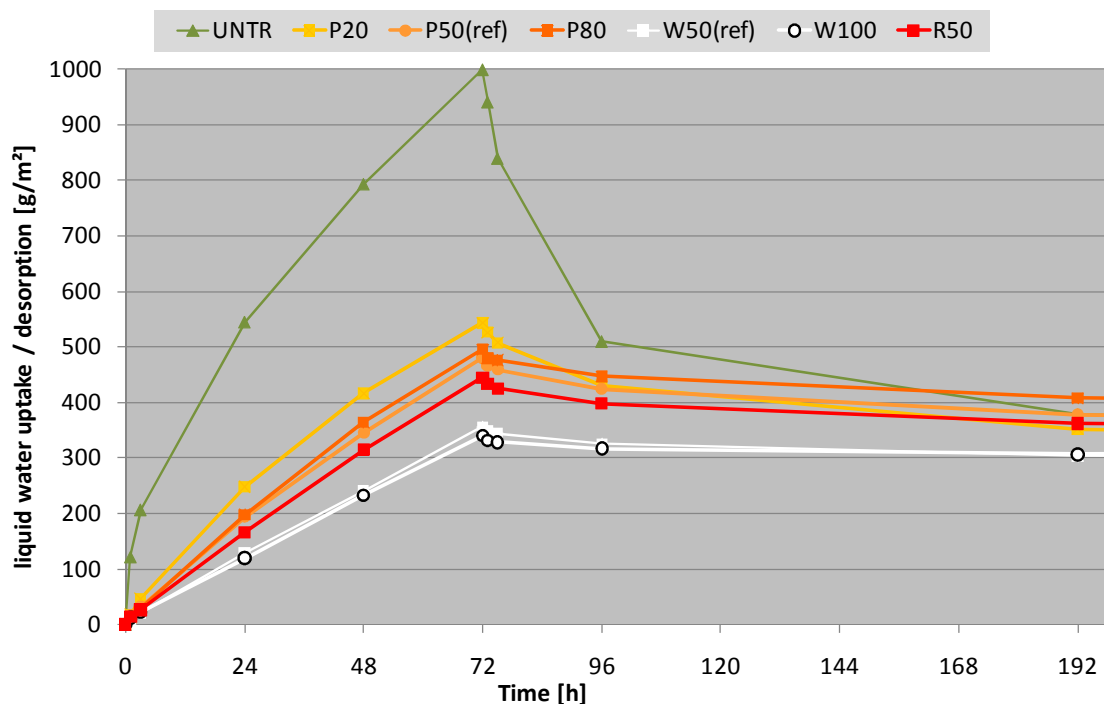
L'influence de la finition est clairement visible. Le bois nu absorbe jusqu'à 998 g/m<sup>2</sup> d'eau en 3 jours, alors que les échantillons revêtus de la lasure même appliquée en faible épaisseur (P20) absorbe 543 g/m<sup>2</sup>. Les échantillons recouverts des peintures blanche et rouge



absorbent le moins d'eau. Peu de différence est noté pour la peinture blanche lorsqu'appliquée avec l'épaisseur cible de 50  $\mu\text{m}$  sec et de 100  $\mu\text{m}$  sec. Les absorptions d'eau liquide sont équivalentes pour W50 et W100, mais leur perméabilité à la vapeur d'eau est très différente (Figure 8) et après trois jours de désorption, les éprouvettes atteignent une masse équivalente (Figure 9). Bien qu'absorbant beaucoup d'eau, le bois nu

On peut remarquer que les échantillons de bois non revêtus, bien qu'ayant absorbé environ deux fois la quantité d'eau absorbée par les échantillons recouverts de la finition P50, sèchent plus vite que les échantillons revêtus et atteignent le même niveau que P50 après 5 jours de stockage à 20°C et 50% d'humidité relative. Les échantillons recouverts de P20 sont ceux absorbant le plus d'eau parmi les échantillons revêtus, mais sèchent relativement vite du fait de leur forte perméabilité à la vapeur d'eau.

Les échantillons recouverts de peinture absorbent moins d'eau mais sèchent lentement (plus forte imperméabilité à la vapeur d'eau).



**Figure 9: Absorption d'eau liquide durant trois jours selon EN 927-5 et désorption durant 5 jours à 20°C et 65% RH / Epicéa**

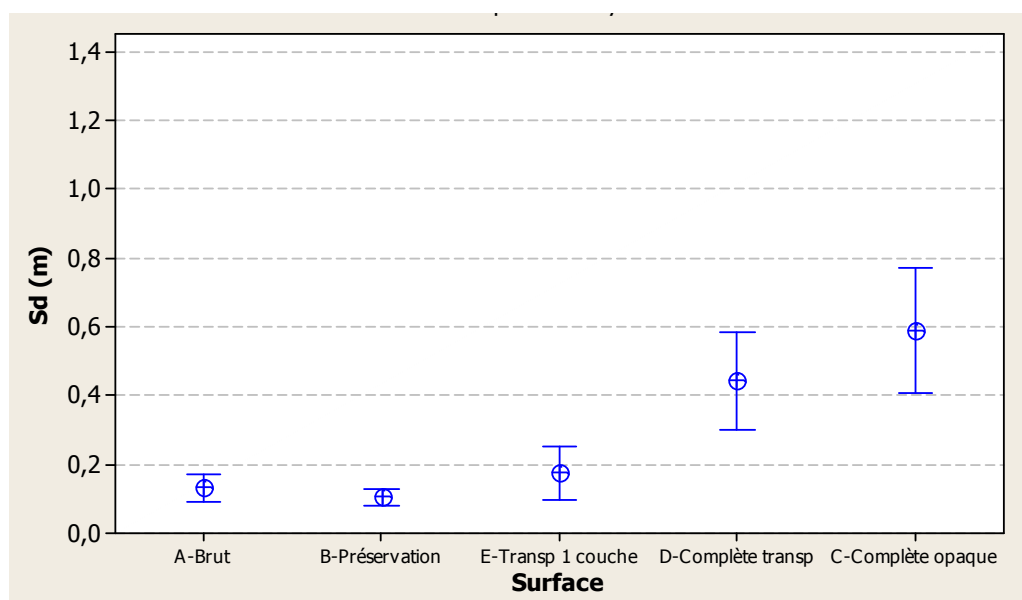
D'autres valeurs de Sd de bois finis sont disponibles via l'étude CODIFAB Effet barrière des finitions utilisées en menuiserie aux émissions de COV <sup>23</sup>.

Dans cette étude, différents types de carrelets ont été fabriqués par deux menuisiers partenaires. Les échantillons fournis par le Menuisier 1 sont listés dans le Tableau 4.

Support N°	Support Lamellé collé
A	Pin maritime nu
B	Pin maritime traité (préservation)
C	Pin maritime traité et fini opaque ( finition complète)
D	Pin maritime traité et fini transparent ( finition complète)
E	Pin maritime traité et fini transparent (1 seule couche de finition)

**Tableau 4: échantillons fournis par le Menuisier 1**

Les Sd mesurés sur ces échantillons selon la méthode ISO 7783 (coupelle humide) sont reportés dans la Figure 10. Cette figure montre que le Sd moyen de bois recouverts d'un système complet de finition se situe aux alentours de 0,4 à 0,6 m selon la nature de la finition.

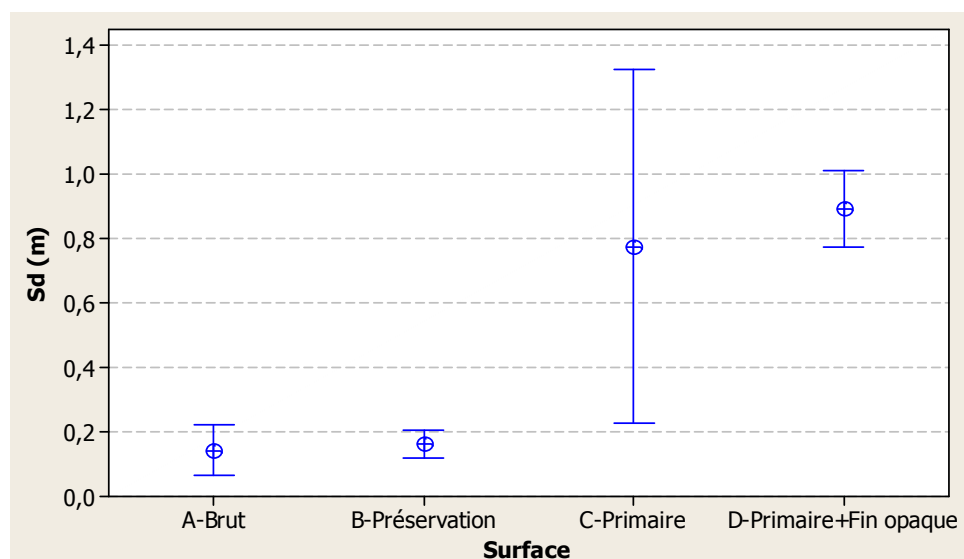


**Figure 10: Epaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau (Sd) des différents échantillons de pin maritime testés (moyenne et intervalle de confiance 95%)**

Les échantillons sélectionnés chez le Menuisier 2 sont résumés dans le Tableau 2. Les Sd correspondants sont visibles dans la Figure 11 qui montre que le Sd moyen du bois recouvert d'un système complet de finition est de l'ordre de 0,9 m, plus élevé que celui des systèmes de finition utilisés chez le Menuisier 1.

Support N°	Support Lamellé collé
A	Pin sylvestre nu (sans aucun traitement ni finition)
B	Pin sylvestre traité (préservation)
C	Pin sylvestre traité et recouvert d'un primaire opaque de finition
D	Pin sylvestre traité et recouvert d'un primaire opaque de finition + finition opaque

**Tableau 5: échantillons fournis par le Menuisier 2**



**Figure 11 : Epaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau (Sd) des différents échantillons de pin sylvestre testés (moyenne et intervalle de confiance 95%)**

Dans cette précédente étude CODIFAB, il a pu être mis en évidence un lien entre la valeur de Sd et l'effet barrière au formaldéhyde de la finition : plus Sd est grand, plus l'effet barrière au formaldéhyde de la finition est important. Connaître Sd présente donc un double intérêt quant aux propriétés barrières des finitions.

Quel niveau de Sd une finition résistante au vieillissement doit-elle posséder ? La réponse n'est aujourd'hui pas disponible dans la littérature.

Dans son manuel de juin 2015 sur le lamibois KERTO®, MetsäWood donne des recommandations en matière de Sd de finitions comme suit <sup>24</sup>:

Composants dimensionnellement stables	$Sd \geq 1,2 \text{ m}$
Composants dimensionnellement stables sous condition	$0,5 \leq Sd \leq 1,0 \text{ m}$
Composants non stables dimensionnellement	$Sd < 0,5 \text{ m}$

La documentation de MetsäWood ne définit pas précisément les trois types de composants mentionnés mais fait penser aux catégories d'usage final stables, semi-stable, et non stable définies dans la norme EN 927-1 <sup>25</sup> et rappelées dans le Tableau 6.

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
NOTE Ces exemples sont donnés uniquement à titre d'illustration. Certaines constructions en bois relèveront de plusieurs catégories		

**Tableau 6 : Classification des systèmes de peinture selon l'usage final (EN 927-1)**

Si l'on s'inspire de ces recommandations pour les transférer aux menuiseries bois (composants dimensionnellement stables), les finitions utilisées en menuiseries devraient avoir un  $Sd \geq 1,2 \text{ m}$ , ce qui est bien supérieur aux valeurs de Sd de systèmes complets de finitions mesurées dans l'étude CODIFAB « Effet barrière des finitions utilisées en menuiserie aux émissions de COV ». Aussi une campagne plus vaste de mesures de Sd de

systèmes complets de finition utilisés en menuiserie serait nécessaire afin d'établir des recommandations plus précises en matière de perméabilité à la vapeur d'eau des finitions. Idéalement il faudrait connaître aussi la résistance au vieillissement de ces systèmes (résultats d'essai de vieillissement naturel) afin de mettre en regard les valeurs de  $S_d$  et les performances des finitions.

## 6. Conclusion

Faire barrière à l'eau est une fonction essentielle des finitions extérieures pour bois et en particulier pour les menuiseries bois dont la stabilité dimensionnelle dépend d'échange hydriques contrôlés entre le bois fini et l'environnement dans lequel il est placé. Tout en limitant la pénétration d'eau liquide dans le bois, la finition doit avoir un certain niveau de perméabilité à la vapeur afin de libérer l'eau qui malgré tout peut s'infiltrer, une finition n'étant jamais complètement imperméable.

Sur le plan théorique, la perméabilité à la vapeur d'eau des peintures dépend de sa composition et en particulier de sa pigmentation. Plus les pigments et charges seront nombreux dans le film de peinture, plus la vapeur d'eau pourra migrer à travers le revêtement. Cependant plus les pigments et charges sont nombreux, plus les propriétés mécaniques du film de finition sont affaiblies et moins résistant est ce film. Une optimisation de la formulation doit donc être faite pour assurer à la fois une bonne perméabilité à la vapeur d'eau et de bonnes propriétés mécaniques. Il est aussi important de vérifier que les systèmes de bicoloration utilisés en menuiserie permettent au revêtement face extérieure d'avoir une perméabilité plus grande que celui côté intérieur.

Les propriétés de transmission de la vapeur d'eau des matériaux et produits pour le bâtiment (y compris les peintures) sont communément évaluées à travers la détermination de la valeur  $S_d$  (exprimée en mètre) qui désigne l'épaisseur de la couche d'air équivalente à la diffusion. Plus  $S_d$  est grand, plus le matériau est imperméable à la vapeur d'eau. La mesure de  $S_d$  est réalisée par la méthode de la coupelle selon la norme NF EN ISO 12572. La norme NF EN ISO 7783 décrit plus précisément cette même méthode pour les peintures et vernis.

Cette étude bibliographique a montré que très peu de données de  $S_d$  sont disponibles dans la littérature pour des systèmes complets de finitions extérieures pour bois. Les quelques données publiées font état de valeurs de  $S_d$  inférieures à 1 m. Si la perméabilité à l'eau liquide de la finition fait déjà l'objet de spécification précise pour la menuiserie (NF P 23 305, NF EN 927-2), aucune recommandation chiffrée n'est faite sur le niveau de perméabilité à la vapeur d'eau qu'elle doit posséder. Une campagne de mesures de  $S_d$  sur des systèmes de finition utilisés en menuiserie permettrait de poser les bases de recommandations chiffrées. Une mise en regard des valeurs de  $S_d$  avec la résistance au vieillissement des finitions permettrait d'affiner ces recommandations et de mieux comprendre l'influence de la perméabilité à la vapeur d'eau sur les performances des finitions pour bois.

## 7. Références

---

- <sup>1</sup> NF EN 927-5. Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 5 : Détermination de la perméabilité à l'eau.
- <sup>2</sup> NF EN 927-2. Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 2 : Spécifications de performance.
- <sup>3</sup> Podgorski L., Collignan S., Georges V., Lanvin J.D., Wielezyski W. Etude CODIFAB, Perméabilité des finitions extérieures pour bois, rapport final, juin 2012.
- <sup>4</sup> Reichel A., Hochberg A., Köpke C. Plaster, render, Paint and Coatings: Details, products, case studies. Ed Nicola Kollmann, Andrea Wiekermann, 2004.
- <sup>5</sup> Siau J.F. Transport processes in wood. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1984.
- <sup>6</sup> Côté W.A. Wood as a substrate for coatings, Journal of coatings technology 55, vol 699, 25-35, 1983.
- <sup>7</sup> Ekstedt J. Moisture accumulation in wood – the influence of surfactants. Coated exterior wood paneling. Nordic seminar, Ed. S. Hjort, Publ P 93 :2, Div. of Building materials, Chalmers University of Technology, Sweden, pp69-74, April 1993.
- <sup>8</sup> Schmid E.V. Durabilité des peintures extérieures-Incidences des facteurs climatiques et écologiques sur la tenue des peintures. Galvano Organo, Librairie des Traitements de Surface, 1988.
- <sup>9</sup> Laout J.-C. Formulation des peintures – Physico-chimie et matières pulvérulentes. Techniques de l'Ingénieur, J2 270, 2005.
- <sup>10</sup> Podgorski L., De Meijer M. Lanvin J.D. Influence of coating formulation on mechanical properties and weathering performance. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International woodcoatings congress, Paper 7.1, Amsterdam (NL), 25-26 October 2016.
- <sup>11</sup> Podgorski L., De Meijer M. Lanvin J.D. Influence de la formulation des finitions pour bois sur leurs propriétés mécaniques et leur résistance au vieillissement. 5<sup>èmes</sup> journées du GDR 3544 « Sciences du bois » - Bordeaux, Papier A19, 8-10 novembre 2016.
- <sup>12</sup> Mills D.J., Mayne J.E.O. The inhomogenous nature of polymer films and its effect on resistance inhibition. Corrosion control by coatings. Leidheiser H (Ed.). Houston, TX, USA, NACE, 1981
- <sup>13</sup> Sell J. Zeitliche änderung der Wasserdampfdurchlässigkeit von wetterbeanspruchten Holzaußenanstrichen. Farbe und Lack, N°10, 902-905, 1976.
- <sup>14</sup> Nguyen T., Bentz D., Byrd E. Method for measuring water diffusion in a coating applied to a substrate. Journal of Coatings technology, 67, N°844, 37-46, 1995.
- <sup>15</sup> Vermeulen J.R., Eikenaar J.J., Van der Leeuw F. Zur Wasserdampfdurchlässigkeit transparenter Anstrichmittel auf Holz in Fassaden. Holz-Zentralblatt, 116, p1753-1756, 1973.

- 
- <sup>16</sup> EN 927-4 (2000). 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.
- <sup>17</sup> EN 927-5 (2006). Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour bois en extérieur - Partie 5 : détermination de la perméabilité à l'eau liquide.
- <sup>18</sup> NF EN ISO 12572. (2001). Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau.
- <sup>19</sup> NF EN ISO 7783. (2011). Peintures et vernis. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau. Méthode de la coupelle.
- <sup>20</sup> Cailleux E., Dirx I. Peintures pour ETICS. CSTC-Contact 2013/2 pages 16-17.
- <sup>21</sup> [http://www.woodwisdom.net/wp-content/uploads/2014/08/WoodExter\\_final\\_report.pdf](http://www.woodwisdom.net/wp-content/uploads/2014/08/WoodExter_final_report.pdf)
- <sup>22</sup> G. Grüll, M. Truskaller, L. Podgorski, V. Georges, S. Bollmus, S. Jämsä, H. Viitanen, J. Jermer . WOODEXTER – Work Package 3: Interaction of wood and coatings – effect on the performance of wood products. Report on Laboratory Results, 146 pages, June 2010.
- <sup>23</sup> Podgorski L., Yrieix C., Labat G. Rapport final de l'étude CODIFAB « Effet barrière des finitions utilisées en menuiserie aux émissions de COV », juin 2016 ([www.codifab.fr](http://www.codifab.fr))
- <sup>24</sup> Surface Treatment / KERTO MANUAL, June 2015.  
[www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/kerto-manual-surface-treatment.pdf](http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/kerto-manual-surface-treatment.pdf)
- <sup>25</sup> NF EN 927-1. Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 1 : Classification et sélection.