

Conceptions drainantes des feuillures à verre

Menuiseries extérieures

Benoit GILLIOT

Août 2017

Siège social
10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Avec le soutien

CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
1.1 Enjeux	3
1.2 Objectifs de l'étude	3
1.3 Essais.....	3
2. PHASE 1 – ESSAIS SUR VANTAUX	4
2.1 Protocoles d'essais.....	4
2.2 Prototypes	6
2.3 Résultats	7
2.4 Variabilités des résultats.....	8
2.5 Conclusions.....	8
2.6 Discrimination des solutions	8
2.7 Evolutions à prévoir	9
3. PHASE 2 – ESSAIS SUR TRAVERSES BASSES	9
3.1 Prototypes	9
3.2 Protocole	10
3.3 Résultats	10
3.4 Conclusions.....	12
4. CONCLUSIONS	13
4.1 Acquis	13
4.2 Incertitude	13
4.3 Propositions.....	13
5. ANNEXES	14
5.1 Résultats d'essais phase 1	14
5.2 Résultats d'essais phase 2	14
5.3 Proposition de protocole d'essai - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide	14

1. INTRODUCTION

1.1 Enjeux

La normalisation française prévoit deux grandes familles de drainages : les drainages « classiques » et les drainages « rapides ». La faible sinistralité impliquant ses deux solutions correctement mises en œuvre prouve leurs pertinences techniques, mais de nombreux fabricants proposent des solutions qui sortent du champ normatif. Ces solutions sont associées à des avantages (constructifs, techniques) qui ont rarement fait l'objet de comparatifs ou de preuves par les essais.

De plus, la mise en œuvre de certains produits de calfeutrement de vitrage des menuiseries extérieures implique selon la norme XP P 20-650-2 la mise en place d'un drainage rapide. Ce drainage rapide est défini dans la norme de façon très précise quant aux dimensions, ou validé par essai selon l'annexe C2.

Il existe une demande récurrente de la part des professionnels de la menuiserie extérieure pour qu'existe d'autres solutions de drainages que celles prévues par la norme :

- ✓ Le drainage « Classique » est perçu comme simple à mettre en œuvre mais trop restreint dans les choix des calfeuttements compatibles,
- ✓ Le drainage « rapide » est perçu comme compliqué à mettre en œuvre mais compatible avec tous les systèmes de calfeutrement.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est premièrement de développer une nouvelle méthode d'évaluation des solutions de drainage.

1.3 Essais

Deux campagnes d'essais sont réalisées :

- ✓ Une première campagne d'essai a été menée sur des vantaux complets et 6 solutions de drainages, avec un protocole basé sur l'essai « d'équivalence drainage rapide » de la norme XP P 20-650-2, et met en avant la difficulté de discrimination des solutions de drainage selon ce protocole,
- ✓ La deuxième campagne d'essai a été menée sur un ensemble de traverse basse pour différentes solutions de drainages et selon un protocole d'essai plus discriminant, prenant mieux en compte les effets de ventilation.

2. PHASE 1 – ESSAIS SUR VANTAUX

2.1 Protocoles d'essais

2.1.1 Protocole prévu par la norme

Selon la méthode de calfeutrement bois/vitrage choisi par le menuisier, la norme peut exiger la mise en œuvre d'un drainage dit « rapide ». Si le menuisier ne souhaite pas mettre en œuvre la solution décrit par la norme, il peut valider sa solution par essais :

Extraits de l'annexe C2 de la norme XP P 20-650-2 :

Principe de base

La salubrité est évaluée par la mesure du taux d'humidité du bois en fond de feuillure au moyen de sondes d'un humidimètre électrique disposées à demeure, dans des positions définies, dans le bois constituant le fond de la feuillure.

Principe opératoire

On arrose avec de l'eau, de manière cyclique, des échantillons représentant le système de référence et un système proposé.

On mesure le taux d'humidité du bois constituant le fond de la feuillure à l'état initial et à la fin de la phase d'arrosage puis ensuite, pendant la phase de séchage, à intervalles réguliers.

Si la différence entre les reprises ou pertes d'humidité n'est pas significativement différente avec le système de référence, on conclut à l'équivalence des systèmes de drainage sur le plan fonctionnel.

L'essai consiste donc à comparer le système évalué au système de référence. Les échantillons sont composés uniquement de traverse basse. On arrose les maquettes en continue pendant 1 semaine puis on mesure les humidités pendant le séchage (plusieurs semaines)

2.1.2 Protocole d'essais phase 1

L'essai prévu par la norme ne permet pas de mesurer l'influence d'autres paramètres comme la ventilation de la feuillure à verre en traverse haute, ou le drainage par les montants.

Le protocole suivant est donc défini :

Principe opératoire

On arrose des échantillons de cadres ouvrants jusqu'à saturation en humidité des traverses basses, puis on évalue ensuite la capacité des différents drainages à évacuer l'humidité en mesurant régulièrement par sonde l'humidité à différents endroits et différentes profondeurs.

Mode opératoire

Arrosage

Il s'agit de celui défini par la NF EN 1027, il est constitué :

- De busettes à jet conique plein avec les caractéristiques nominales suivantes :
 - o Angles de 120°,
 - o Débit de 2l/min.
- De rampes pour recevoir les busettes ci-dessus,
- D'un débitmètre pour contrôler le débit d'eau à ± 10 % près.

Local d'essai

L'essai de comparaison se déroule sous abri dans un local ayant une température ambiante de 12°C au moins et une humidité relative ne dépassant pas 80%.

Echantillonnage

Nombre	2 par profils
Profil	Cadre ouvrant, feuillure intérieure
Dimensions	800 x 600 (L x H)
Essence	Epicéa, Pin purgé d'aubier, aubier de pin (surtout TB)
Remplissage	Verre ou panneau filmé Sans calfeutrement en TB Espacement remplissage/joue de feuillure : 0,5 mm
Finition	Aucune

Dispositif de mesure d'humidité :

Sur chacune des traverses basses, on monte à demeure le long de l'axe longitudinal des pièces, quatre paires de sonde d'un humidimètre électrique, à une profondeur telle que la pointe soit à 5 mm (± 1 mm) du plan d'écoulement ou de la stagnation (le plus proche si il y en a plusieurs) provenant du fond de feuillure.

Toutes les mesures sont faites avec le même appareil.

Mesure d'humidité à l'issue de la phase d'arrosage

Une mesure est faite à l'initial avant arrosage, puis les mesures sont faites toutes les 48 h à 72 h. Arrêt de l'arrosage à la stabilisation de l'humidité mesuré (Δ moyen $< 0,5\%$ entre 2 mesures) ou 7 jours maximums.

Calfeutrement des jeux remplissage/traverse

Afin de ne caractériser que la ventilation apportée par le drainage, le jeu entre remplissage et traverse (0,5 mm) est comblé par un solin de mastic à l'issue de la phase d'arrosage.

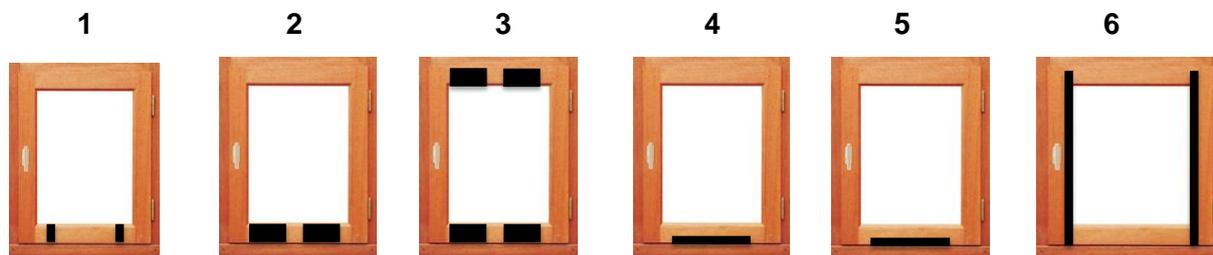
Mesure d'humidité en phase de séchage

Les mesures sont faites tous les 7 jours.

Pour chaque système : arrêt des mesures à la stabilisation de l'humidité mesuré (Δ moyen $< 0,5\%$ entre 2 mesures).

2.2 Prototypes

6 configurations sont identifiées comme représentatives des solutions techniques en usages (conforme ou non) ou intéressantes :



Les traits noirs représentent les drainages.

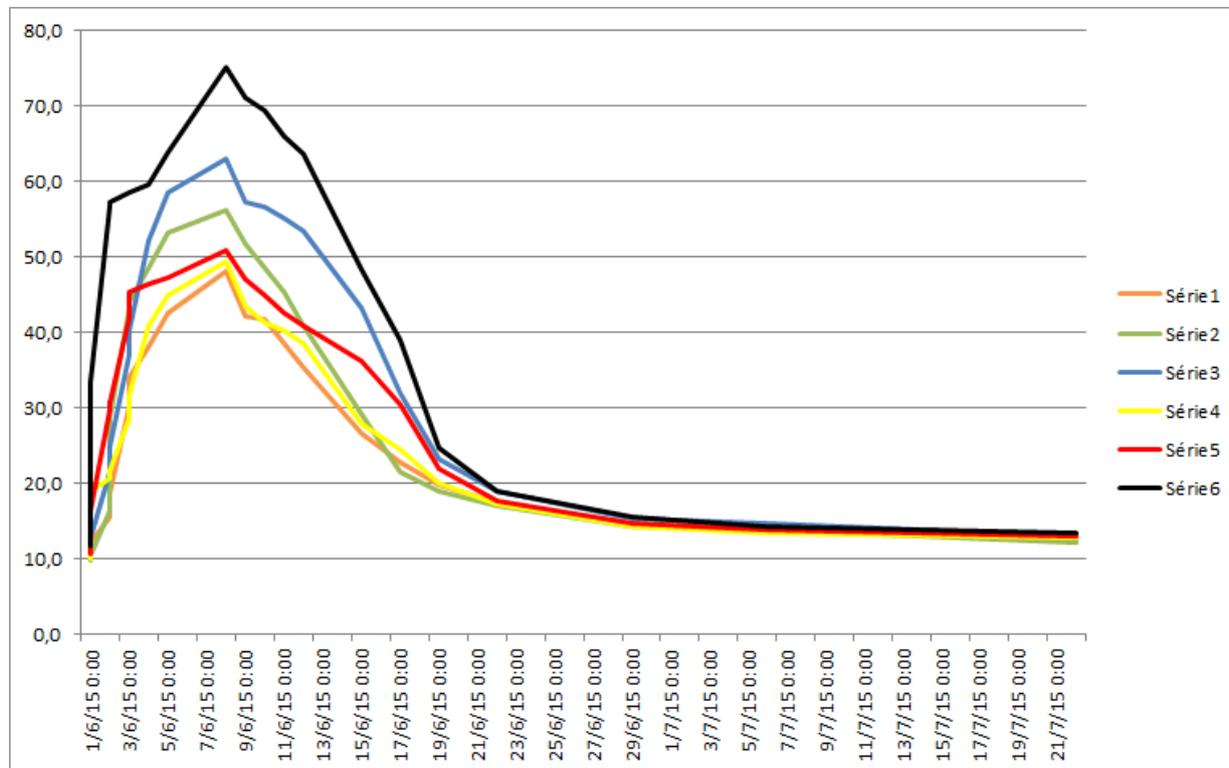
	Fond de feuillure	Drainage	Intérêts
1	Rainure 6 x 6	2 perçages de 8 mm	Drainage « classique » prévu par la norme
2	Rainure 6 x 6	2 mortaises de 5 x 30 mm	Solution intermédiaire aux 2 solutions de drainages actuelles
3	Rainure 6 x 6	2 mortaises de 5 x 30 mm	Ventilation en traverse haute par 2 mortaises de 5 x 30 mm
4	Feuillure en pente	Drainage rapide selon XP P 20-650-2	Drainage « rapide » prévu par la norme
5	Rainure 6 x 6	Mortaise de 5 mm, 60 % de la largeur du vitrage	Drainage rapide sans la feuillure en pente, plus simple à usiner
6	Rainure 6 x 6	Drainage « en bout » des traverses	Solution utilisée dans certains pays européens (notamment Allemagne)



2.3 Résultats

Les résultats complets sont en annexe.

Les valeurs sont moyennées pour les 2 cadres d'une même configuration.



Pendant la phase d'arrosage, tous les cadres montrent une humidification importante et rapide de la feuillure à verre. Les valeurs d'humidités mesurées dépassent rapidement le point de saturation des fibres (~30%).

A la fin de la période d'arrosage (7 jours), la répartition des humidités max ne correspond pas complètement à ce qui est attendu (hormis pour la solution 6, considérée comme la moins drainante), notamment pour la solution de drainage « classique » (N°1) qui obtient une valeur identique aux drainages rapides.

La phase de séchage des différents cadres montrent une vitesse de séchage relativement homogène selon les différentes solutions.

15 jours après l'arrêt de l'arrosage toutes les solutions ont atteint le même niveau d'humidité (à 2% près) et continue le séchage sur une courbe commune.

2.4 Variabilités des résultats

Les résultats mesurés affichant une forte variabilité, les prototypes ont été vérifiés pour toutes les sources d'écart potentiels.

Source potentielle	Contrôle	Impact
Bois (densité, aubier, etc...)	Variation de densité, couleurs et fils	Plausible
Position sondes	$\pm 0,5 \text{ mm} \pm 5^\circ$	Faible
Jeu vitrage/feuillure	Différences relevées mais en opposition avec les mesures	Nul
Géométrie usinage	$\pm 0,1 \text{ mm}$	Nul
Etat de surface usinage	Différences relevées mais en opposition avec les mesures	Nul
Paramètres expériences	Couples système arrosés en même temps – Ambiance climatique régulée	Nul
Autres sources de séchages	Calfeutrement du jeu bois/vitrage	Plausible
Autres sources d'évacuation de l'eau	Non déterminée	Faible

2.5 Conclusions

2.5.1 Essais sur vantaux complets

Les résultats des essais ne permettent pas de discriminer la solution utilisant une ventilation en traverse haute des autres solutions. Il semble difficile de savoir si cette solution est inefficace ou si le protocole d'essai n'est pas adapté.

2.6 Discrimination des solutions

La méthode d'essai prévue dans l'annexe C2 de la norme XP P 20-650-2, ne semble pas suffisamment discriminante entre les différentes solutions de drainages :

- ✓ La prise d'humidité en phase d'arrosage est trop rapide et sature rapidement les fibres,
- ✓ La rapidité de séchage semble indépendante de la solution de drainage.

2.7 Evolutions à prévoir

Un autre protocole d'essais est à mettre en place pour discriminer les différents systèmes de drainage :

- ✓ Augmentation de l'échantillonnage pour éviter les problèmes dus à la variabilité,
- ✓ Utilisation d'une essence de bois homogène et imprégnable,
- ✓ Test sur des traverses basses uniquement,
- ✓ Phase d'arrosage beaucoup plus courte pour éviter de saturer trop rapidement le bois et se rapprocher d'une exposition à l'eau plus réaliste,
- ✓ Alternance de phase d'arrosage et de séchage pour évaluer simultanément la capacité des systèmes :
 - A évacuer l'eau efficacement pour limiter la reprise d'humidité,
 - A sécher efficacement la feuillure à verre.

3. PHASE 2 – ESSAIS SUR TRAVERSES BASSES

3.1 Prototypes

Profil bois 55 mm, carretet 3 plis Sapelli, sans jet d'eau.

Empilage de 20 traverses basses, alternant 4 systèmes de drainage :

Série	Fond de feuillure	Drainage	% de la traverse basse
1	Rainure 6 x 6	2 mortaises de 5 x 240 mm	60
2		2 mortaises de 5 x 160 mm	30
3		2 mortaises de 5 x 120 mm	20
4		3 perçages de 8 mm	3



3.2 Protocole

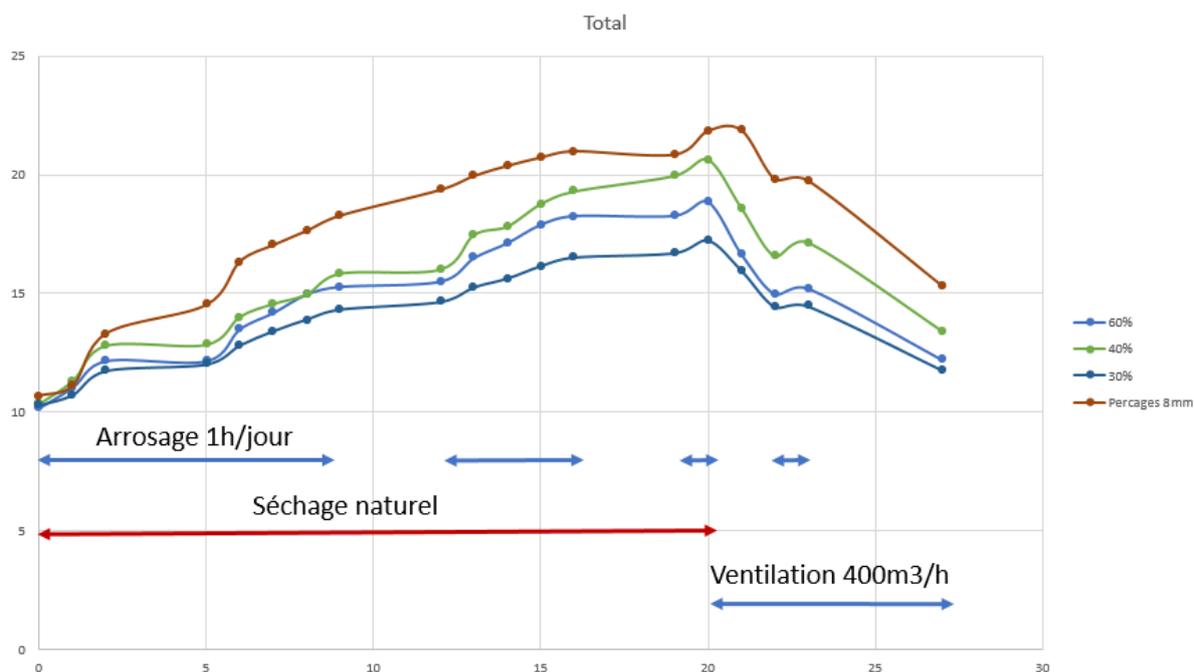
Le protocole est le suivant :

- ✓ Arrosage avec un débit de 2 litres / minute pendant 1 h,
- ✓ Séchage à l'air libre en ambiance régulé (20 °C / %HR<80) pendant 23 h,
- ✓ 4 paires de sondes par traverse,
- ✓ 1 relevé d'humidité par jour,
- ✓ Après 20 jours mise en place d'une ventilation forcée (400 m³/h).

3.3 Résultats

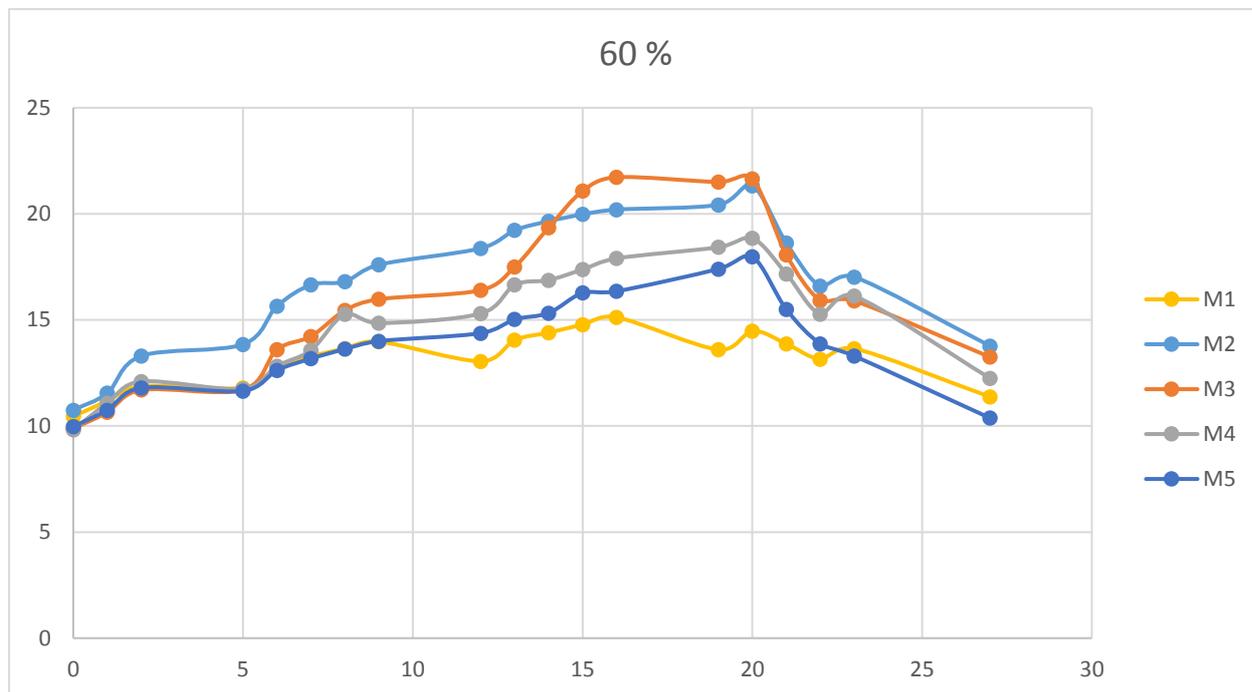
Les résultats complets sont en annexes.

3.3.1 Résultats synthétiques des mesures (moyenne des 20 mesures par traverse)

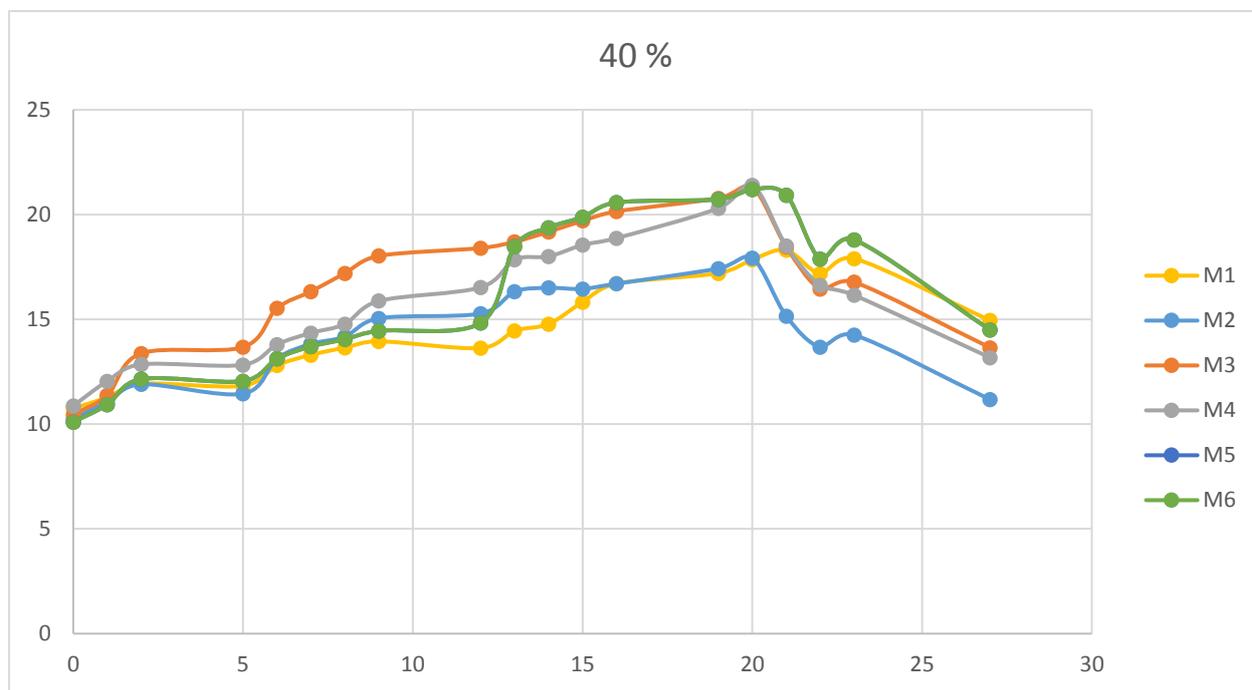


Après 20 jours d'essais, certains points de mesures dépassaient le point de saturation du bois (29%), et les courbes ne semblaient pas se stabiliser, il a donc été testé l'impact d'une ventilation forcée qui équivaldrait à une ambiance extérieure avec un peu de vent.

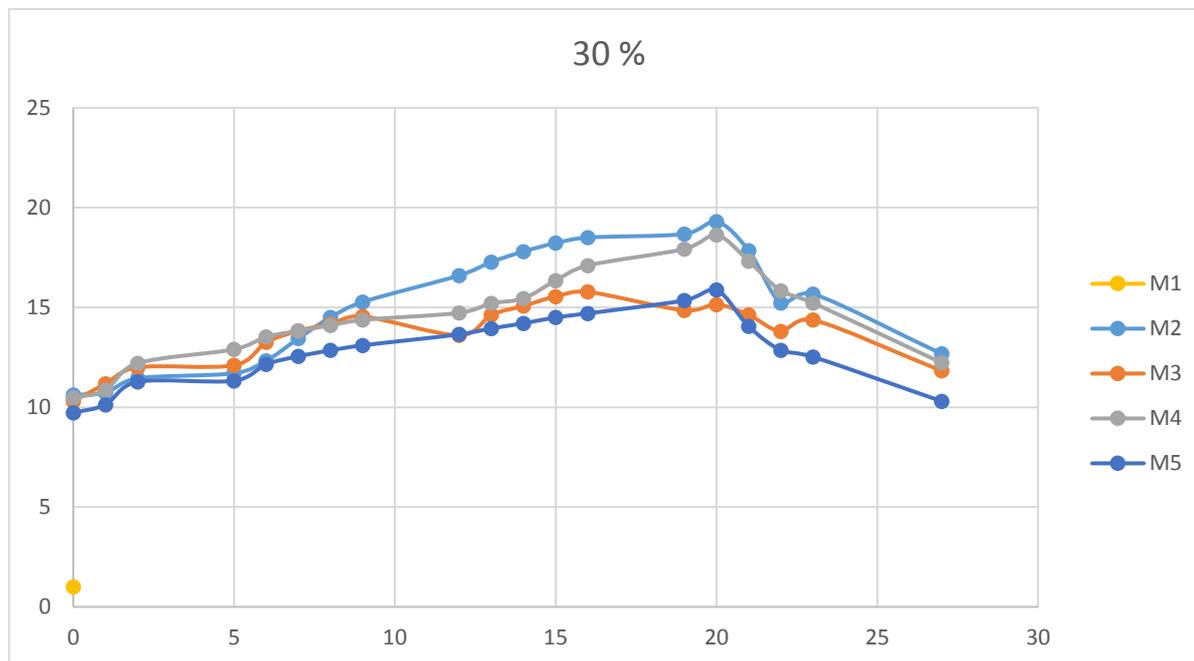
3.3.2 Résultats détaillés - Série 1



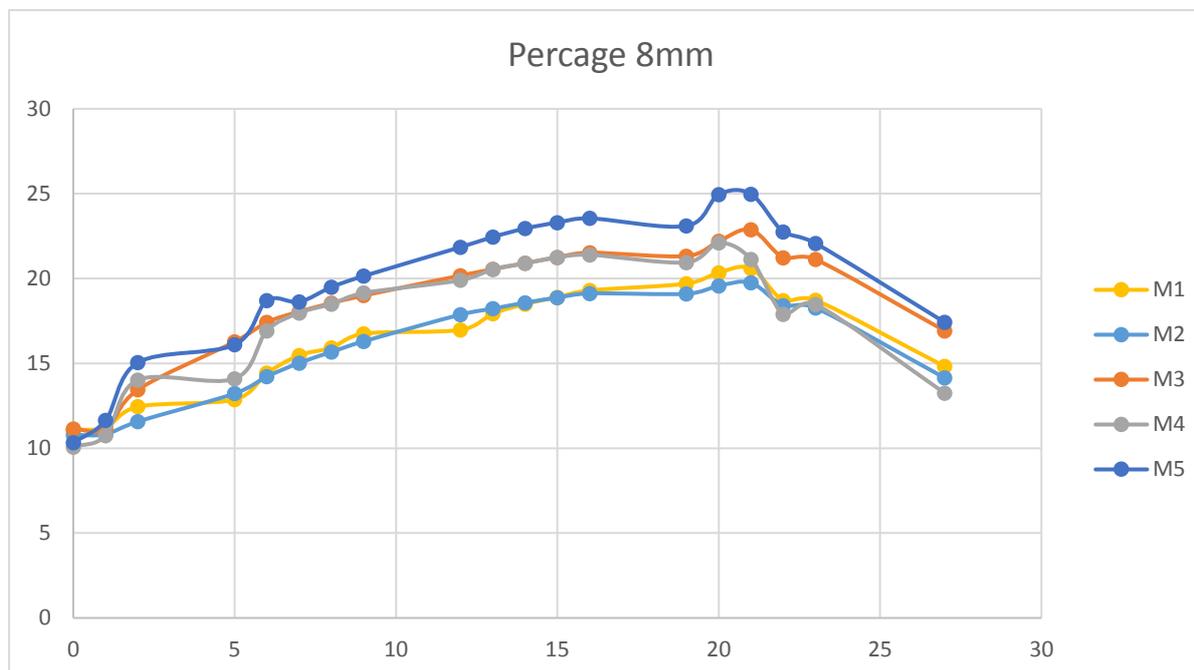
3.3.3 Résultats détaillés - Série 2



3.3.4 Résultats détaillés - Série 3



3.3.5 Résultats détaillés - Série 4



3.4 Conclusions

- ✓ Avec ce protocole le drainage « classique » se comporte moins bien que les solutions de drainage à fente,
- ✓ L'augmentation de la largeur des fentes de drainages n'est pas corrélée avec une plus faible reprise d'humidité de la feuillure à verre,
- ✓ La mise en œuvre d'une ventilation forcée modifie très fortement l'humidité relative présente dans les feuillures à verre.

4. CONCLUSIONS

4.1 Acquis

- ✓ La phase 1 a permis de remettre en cause la pertinence de l'essai actuel d'équivalence drainage rapide prévu dans la norme XP P 20-650-2. Une évaluation par saturation d'eau et mesure de la capacité à sécher n'est pas réellement discriminante entre toutes les solutions,
- ✓ Il existe une forte variabilité des résultats pour toutes les solutions,
- ✓ Avec des cycles arrosage/séchage approchant des conditions « réelles » (1 h d'arrosage, 23 h de séchage), il est possible de discriminer un drainage « classique » d'un drainage « rapide »,
- ✓ Un protocole d'évaluation utilisant une ventilation forcée sera discriminant.

4.2 Incertitude

- ✓ Nous n'avons pas acquis de connaissance sur l'impact d'une ventilation de la feuillure en traverse haute,
- ✓ Les différences observées entre les différents drainages à fentes restent inexplicables,
- ✓ Les paramètres exacts du protocole ne sont pas connus.

4.3 Propositions

La faible sinistralité des solutions actuelles de drainages a prouvé leurs pertinences techniques et ne sont pas à remettre en cause.

Cette étude a montré qu'il existe une forte variabilité des reprises d'humidité dans les feuillures à verre, même pour des conceptions dites « drainantes ». Un drainage dit « rapide » ne doit donc pas être vu comme une réponse technique systématiquement suffisante à un calfeutrement bois/vitrage à faible durée de vie.

En vue de la révision de la norme XP P 20-650-2, il est envisageable de développer un nouveau protocole d'équivalence au drainage rapide sur la base du protocole utilisé en phase 2. Certains paramètres restent néanmoins à déterminer (essence de bois, durée totale du test, valeurs d'écart max par rapport au système de référence).

Paramètres principaux :

- ✓ Traverses basses empilées,
- ✓ Essence imprégnable homogène,
- ✓ Arrosage avec un débit de 2 litres / minute pendant 1 h,
- ✓ Séchage à l'air libre en ambiance régulé (20 °C / %HR<80) pendant 23 h,
- ✓ 4 paires de sondes par traverse,
- ✓ 1 relevé d'humidité par jour,
- ✓ Ventilation forcée (400 m³/h),
- ✓ Durée de l'essai 5 jours (compatible avec un montage sur banc d'essai AEV).

En annexe figure une proposition complète d'un protocole d'essai.

5. ANNEXES

5.1 Résultats d'essais phase 1

Voir document « Résultats labo phase 1.pdf »

5.2 Résultats d'essais phase 2

Voir document « Résultats labo phase 2.pdf »

5.3 Proposition de protocole d'essai - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide

5.3.1 Généralités

La technique du drainage rapide de la feuillure à verre étant susceptible d'être mise en œuvre sous de multiples formes, il est impossible de procéder, de manière simple, à une normalisation descriptive.

La présente méthode consiste donc à définir les moyens expérimentaux pour établir l'éventuelle salubrité équivalente à un système de référence.

NOTE : Par salubrité, on désigne des conditions ne permettant pas le développement de champignons lignivores.

5.3.2 Principe

✓ **Principe de base**

La salubrité est évaluée par la mesure du taux d'humidité du bois en fond de feuillure au moyen de sondes d'un humidimètre électrique disposées à demeure, dans des positions définies, dans le bois constituant le fond de la feuillure.

✓ **Principe opératoire**

On arrose avec de l'eau, de manière cyclique, des échantillons représentant le système de référence et un système proposé.

On mesure le taux d'humidité du bois constituant le fond de la feuillure à l'état initial et avant chaque phase d'arrosage.

Si la différence entre les reprises ou pertes d'humidité n'est pas significative avec le système de référence, on conclut à l'équivalence des systèmes de drainage sur le plan fonctionnel.

5.3.3 Méthode d'essais

✓ **Matériel d'essai**

Mesure de l'humidité des pièces

Humidimètre électrique étalonné pour l'essence mise en œuvre dans les pièces ; jeu de sondes restant à demeure dans les pièces pour la mesure avec humidimètre.

Les lectures se font au pourcentage près.

Dispositif d'arrosage

Il s'agit de celui défini par la NF EN 1027, il est constitué :

- De busettes à jet conique plein avec les caractéristiques nominales suivantes :
 - ✓ Angle de 120°,
 - ✓ Débit de 2 l/min,
 - ✓ De rampe(s) pour recevoir les busettes ci-dessus,
 - ✓ D'un débitmètre pour contrôler le débit d'eau à ± 10 % près.

Local d'essai

L'essai de comparaison se déroule sous abri dans un local ayant une température ambiante de 12 °C au moins et une humidité relative ne dépassant pas 80 %.

5.3.4 Échantillonnage

✓ **Nombre**

10 traverses, d'une longueur d'environ 800 mm pour le système de référence et pour le système à évaluer.

✓ **Exigences qualitatives**

- Essence imprégnable (classe 1 à 2), masse volumique et débit identique pour les deux systèmes à comparer,
- Même système d'assemblage des éprouvettes pour les deux systèmes,
- Aucune finition n'est à appliquer sur les deux systèmes de drainage à comparer,
- Le système de référence correspond à celui défini, dans le corps du texte pour les feuillures extérieures (voir XP P 20-650-2).

5.3.5 Montage

✓ **Mise en place du corps d'épreuve**

Installation du dispositif de mesure d'humidité (voir Figure C.1)

Sur chacune des 10 pièces d'un système, on monte à demeure, le long d'une ligne parallèle à l'axe longitudinal des pièces, quatre paires de sondes d'un humidimètre électrique le long de chaque traverse, à une profondeur telle que la pointe soit à (5 ± 1) mm du plan d'écoulement ou de stagnation (le plus proche s'il y en a plusieurs) provenant du fond de feuillure.

Chaque sonde d'extrémité est disposée au droit d'une discontinuité du drainage (si le système en comporte), à environ 50 mm de l'arasement le plus profond de la pièce.

Les deux paires médianes sont disposées symétriquement par rapport à la mi-longueur au droit d'orifices de drainage (sensiblement au milieu de leur longueur).

Assemblage des traverses drainées

Superposition des 10 traverses, avec un élément de remplissage simulant le verre (jour d'environ 100 mm entre deux traverses voisines) :

- ✓ Pour les feuillures (ou rainures) comportant le dispositif de drainage, le calfeutrement de la liaison des éléments de remplissage avec les profilés bois est limité à la seule barrière intérieure,
- ✓ Le joint extérieur de la partie basse avec le vitrage doit présenter un jeu compris entre 0,5 mm et 1 mm,
- ✓ Pour les feuillures (ou rainures) du reste du périmètre de l'élément de remplissage, un calfeutrement est prévu en barrière intérieure,
- ✓ Afin de ne pas perturber les mesures par une non-étanchéité des assemblages, les montants assurant la tenue de l'ensemble, sont montés de manière étanche avec les traverses, grâce à un calfeutrement continu. De plus, trois couches de peinture (au moins 100 μ m) sont appliquées sur les arasements des traverses.

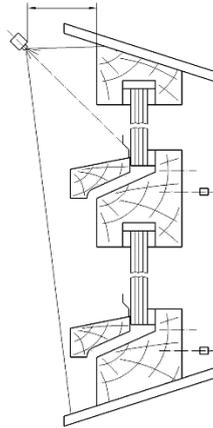


Figure C.1— Maquette avec arrosage
 $d = (5 \pm 1) \quad j = [0,5 - 1] \text{ mm}$

Légende
1 Sonde
2 Capteur de la sonde

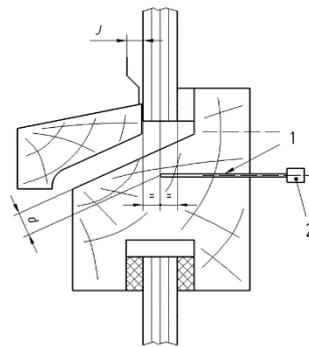


Figure C.2— Élévation sur sondes

Mise en place du dispositif d'arrosage

Par système de drainage, deux busettes à jet conique plein sont espacées de (400 ± 10) mm, et situées à (250 ± 10) mm du plan du nu extérieur de l'élément de remplissage des traverses avec une inclinaison de l'axe des busettes de (22 ± 2) par rapport à l'horizontal. Le débitmètre doit être réglé de telle sorte que chaque busette débite 2 l/min.

✓ **Mode opératoire**

Phase d'arrosage

- ✓ Mesures d'humidité initiale avant le premier arrosage,
- ✓ Mesure 2h après la fin de l'arrosage,
- ✓ 1 h d'arrosage continu,
- ✓ Toutes les mesures doivent être faites avec le même humidimètre électrique.

Phase de séchage

La maquette est montée sur un banc d'essai avec mesure du débit d'air. La maquette est ouverte en haut et en bas d'au moins 12 000 mm², le débit d'air est de 400 m³/h (± 50).

Durée

Le cycle est répété 5 jours consécutifs.

✓ **Exploitation des résultats**

Variation d'humidité par point

Pour chaque point et chaque relevé i , on calcule : $dhi = h_{fi} - h_{oi}$

- L'écart d'humidité dhi entre l'humidité finale h_{fi} et l'humidité initiale h_{oi} ,
- L'écart d'humidité dhi entre l'humidité finale h_{fi} (fin d'arrosage) et l'humidité en fin de période de séchage h_{si} .

$$dhi = h_{fi} - h_{si}$$

Calcul des moyennes et dispersions

Pour l'ensemble des 40 points de mesure de chaque système pour le dernier cycle d'arrosage et le dernier relevé en fin de séchage, on calcule pour les dhi :

- La moyenne R_g de chaque relevé pris en référence avec la formule (A.1),
- Et leur écart type s_g de chaque relevé pris en référence avec la formule (A.2).

Facteur de comparaison des moyennes

On suppose une distribution normale des n_x et n_{ref} résultats de chaque série.

Pour la reprise d'humidité ainsi que pour la perte d'humidité lors de la phase séchage, on calcule la quantité :

$$E = \frac{|R_{gx} - R_{gref}|}{\sqrt{\frac{s_{gref}^2}{n_{ref}} + \frac{s_{gx}^2}{n_x}}}$$