



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Etat des lieux

Finition des bois en menuiserie extérieure



Le 12 octobre 2015

Institut Technologique FCBA

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84

Bordeaux

Allée de Boutaut - BP 227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00
Fax +33 (0)5 56 43 64 80

www.fcba.fr

Avec le soutien du :

CODIFAB

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

DOMAINE D'APPLICATION

Ce document traite des systèmes de finitions peintures et lasures appliquées sur les éléments en bois de menuiseries extérieures : fenêtres et portes conformes aux spécifications techniques de la norme NF P 23 305 en France métropolitaine.

CONTEXTE

Le développement de l'utilisation du bois en menuiserie extérieure passe par une connaissance de la durée de vie de ces parties d'ouvrages. Celle-ci nécessite une mise en œuvre et optimisation des méthodes d'essai de vieillissement artificiel et de vieillissement naturel afin de fiabiliser la prédiction du délai de recouvrement de la finition en fonction des conditions d'exposition (climat, orientation, ...). Des études françaises et européennes ont été réalisées ou sont en cours sur le sujet (étude CODIFAB Finitions 10ans, étude CODIFAB Durée de service Menuiserie, étude européenne ARWOOD, étude européenne SERVOWOOD...).

En 2013, lors de la révision de la norme NF P 23 305 de spécifications techniques des menuiseries extérieures, trois points étaient restés en suspens :

- L'interprétation des conditions d'exposition définies par la norme EN 927-1 ainsi que leur adaptation en France métropolitaine.
- La correspondance entre le vieillissement naturel selon EN-937-3 et la durée de service des systèmes de finition en fonction des conditions d'exposition,
- la pertinence de l'utilisation de l'essai de vieillissement accéléré « à la roue » (RDA) et de ses éventuelles évolutions/adaptations comme protocole d'essai de vieillissement en qualification initiale (ETI) et/ou en contrôle de production (CPU).

OBJECTIF

L'objectif de ce document est de réaliser un état des lieux dans le domaine de la finition en synthétisant et analysant les différentes informations présentes en normalisation, étude & recherche, certification & labellisation de produits au niveau français et européens. Cet état des lieux a pour finalité d'apporter des éléments de réponse aux trois points évoqués ci-dessus.

SOMMAIRE

1	Protocoles d'évaluation en vieillissement des systèmes de finitions vis-à-vis des agressions climatiques.....	7
1.1.	Etat des lieux au niveau Européen.....	7
1.1.1.	Protocole de Vieillissement Naturel VN	7
1.1.2.	Protocole de Vieillissement Artificiel QUV	8
1.1.3.	Complémentarité entre QUV et VN	10
1.2.	Etat des lieux au niveau Français	10
1.2.1.	Le marché français de la fenêtre bois	10
1.2.2.	Spécificités des évaluations de système de finition de la fenêtre bois	12
1.2.3.	Les systèmes de finition complète (FI): Adaptation du protocole Français NF P 23 305 avec les protocoles d'évaluations QUV et VN selon EN 927	14
1.2.4.	Les systèmes de finition à Finir (AF) : utilisation des protocoles d'évaluations VN ou RDA15	16
1.2.5.	Les essences de bois utilisables en support de référence dans la NF P 23 305	16
1.3.	Comparatif entre les protocoles RDA et QUV et VN	17
1.4.	Adaptation de la RDA pour évaluer des systèmes FI.....	19
1.5.	Autres protocoles de vieillissement accéléré.....	20
1.6.	Moyens de prédiction des performances au vieillissement par un étude approfondie des caractéristiques du film de finition	21
2.	Classification des systèmes de finition selon les conditions d'exposition	23
2.1.	Etat des lieux au niveau européen	23
2.1.1.	Méthode de classement selon la EN 927-1 de décembre 1996 : version obsolète	24
2.1.2.	Méthode de classement selon la EN 927-1 de Avril 2013 : version en vigueur.....	25
2.2.	Proposition de classification des conditions climatiques	26
2.3.	Proposition de classification des conditions d'exposition.....	31
3.	Etat des lieux sur des études en cours.....	32
4.	Prédiction de la durée de service des systèmes de finition.....	35
4.1.	Correspondance entre vieillissement naturel et la durée de service en condition d'exposition réelle	35
4.2.	Les systèmes de certification et/ou de garantie fabricant	36
5.	Proposition de démarche d'évaluation de la finition	37
6.	Conclusion	38
	ANNEXES	40
	Annexe 1 : Protocole de la Roue de Dégradation Artificielle (RDA)	41
	Annexe 2 : Détermination du facteur de protection apporté par la construction	43
	Annexe 3 : Programme ARWOOD (1996-2000)	44
	Annexe 4 : Etude ignifugation (1998-2002)	51
	Annexe 5: Etude perméabilité à l'eau liquide des finitions (2010-2012)	52
	Annexe 6: Etude Autrichienne de comparaison VN et QUV	55

LEXIQUE

Produit de peinture : produit liquide ou en pâte ou en poudre, qui appliqué sur un support, forme un film mince adhérent, protecteur et/ou décoratif.

Peinture : produit de peinture pigmenté qui, appliqué sur un support, forme un film mince opaque adhérent, protecteur et/ou décoratif ; ne laissant pas visible l'aspect et la structure du support.

Lasure : produit de peinture, en phase solvant ou aqueuse, contenant notamment de petites quantités d'un pigment approprié et/ou de matière de charge, utilisé comme un film transparent, semi transparent ou opaque pour la décoration et/ou la protection du support.

Système de finition : ensemble de couches de produits de peinture compatibles, de nature et de fonctions différentes et complémentaires (protection, texture, couleur,...) qui ont été appliquées, ou vont être appliquées, sur un support.

Viellissement Naturel ou VN : Essai de vieillissement naturel des systèmes de peintures pour le bois en extérieur selon protocole défini dans la norme NF EN 927-3

Viellissement Artificiel ou VA : Essai de vieillissement artificiel des systèmes de peintures pour le bois en extérieur selon un protocole défini par une norme ou un référentiel.

QUV : Enceinte d'essai permettant le vieillissement artificiel des systèmes de peintures pour le bois en extérieur selon le protocole européen défini dans la norme NF EN 927-6.

RDA ou Roue de Dégradation Accéléré : Equipement d'essai permettant le vieillissement artificiel des systèmes de peintures pour le bois en extérieur selon le protocole français défini en 2000 dans le cahier CTBA L161- *tests et spécifications pour menuiseries extérieures* puis en 2014 dans la norme NF P 23 305.

Fenêtre avec une finition provisoire ou A finir ou AF : la fenêtre est livrée avec une protection provisoire devant recevoir obligatoirement un système de finition bâtiment sur chantier dans le délai maximum de recouvrement lié au niveau revendiqué.

Fenêtre avec une finition complète ou Finie ou FI : la fenêtre est livrée avec toutes les couches de finition appliquées en usine ou atelier. Le délai de surveillance pour le premier entretien lié au niveau revendiqué, correspond au temps estimé à partir duquel il convient de surveiller l'état de la finition et d'entreprendre la rénovation de la finition si besoin.

ETI ou Evaluation de Type Initial : Un essai de type initial est l'ensemble complet des essais ou autres modes opératoires en rapport avec les caractéristiques à évaluer, qui permet de déterminer les performances des échantillons de produits représentatifs du type de produit.

CPU ou Contrôle de Production Usine : le système CPU consiste en des procédures écrites, des contrôles réguliers, des essais et/ou vérifications et l'utilisation des résultats pour contrôler les composants de base, le procédé de production et le produit.

REFERENCES NORMATIVES

NF EN 927-1, *Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 1 : classification et sélection* (indice de classement T34-201-1)

NF EN 927-2, *Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 2: spécifications de performance* (indice de classement T34-201-2)

NF EN 927-3, *Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur - Partie 3 : essai de vieillissement naturel* (indice de classement T34-201-3)

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 liquide* (indice de classement T34-201-5)

NF EN 927-6, *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 à de l'eau* (indice de classement T34-201-6)

NF P 23-305, *Menuiserie en Bois – Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres, portes extérieures et ensemble menuisés en bois* (indice de classement P23-305)

1 Protocoles d'évaluation en vieillissement des systèmes de finitions vis-à-vis des agressions climatiques

1.1. Etat des lieux au niveau Européen

1.1.1. Protocole de Vieillissement Naturel VN

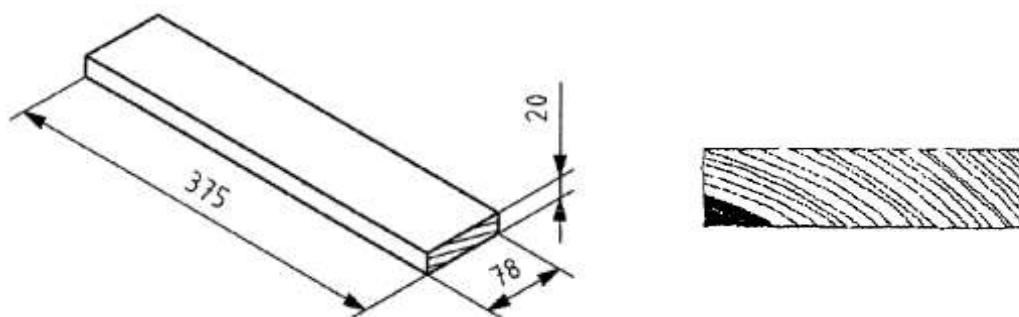
Le protocole d'évaluation européen est aujourd'hui celui défini dans la norme NF EN 927-3 de Vieillissement naturel. Le protocole date de 2001 puis a été révisé en 2007. Cette norme développée par le CEN/TC139/WG2 a été reprise par l'ISO sous la référence ISO 16053 :2010 (Paint and varnishes-Coating materials and coating systems for exterior wood-Natural weathering test).

Protocole d'évaluation :



Support d'exposition VN :

Echantillons horizontaux, inclinés à 45° orientés face à l'équateur.



Echantillon standard : plaquette d'aubier de pin raboté et poncée (dimensions en mm) non revêtue de finition en sous face

Les conditions d'essai dépendent des conditions climatiques régnant sur le site de l'essai proprement dit pour une durée de cycle d'exposition qui est de 12 mois. Bien que ce cycle long soit contraignant lors du développement d'un nouveau système de peinture, il n'apparaît pas envisageable de le réduire. Au contraire, face à l'amélioration des produits de peinture, une durée de 12 mois est parfois insuffisante pour discriminer les produits les plus performants.

Les conditions d'essais du protocole d'évaluation VN selon NF EN 927-3 sont réputées défavorables vis-à-vis des conditions d'exposition réelles les plus sévères dans une partie d'ouvrages en terme :

- D'orientation cardinale,

- D'exposition directe,
- D'inclinaison par rapport au sol,
- De surface de bois protégée par le système de finition.

Le VN selon NF EN 927-3 est le protocole de référence pour qualifier en ETI la performance (selon la norme NF EN 927-2) d'un système de finition pour bois extérieur.

Note : La durabilité du système de finition sur les profilés de fenêtres n'a pas été retenue dans la Norme NF EN 14 351-1+A1 de Mai 2010 comme une caractéristique de performances des fenêtres. A fortiori, elle n'est pas une caractéristique mandatée du marquage CE des fenêtres.

Axes de progrès :

- Etudier un outil de transposition de l'essai de vieillissement naturel à la durée de service attendue de la finition dans l'ouvrage.
- Déterminer un protocole (mode opératoire et échantillonnage) adapté à l'évaluation de la finition pour une fenêtre bois en prenant en compte les spécificités de conception : assemblage, profil, perçage, arête d'usinage...
- Etudier l'impact des conditions climatiques du site de l'essai sur les performances obtenues en VN : étude européenne Servowood en cours.
- Etudier la faisabilité de déterminer un protocole de vieillissement artificiel (plus rapide que le VN) comme le protocole de référence pour qualifier en ETI la performance d'un système de finition selon la norme NF EN 927-2.

1.1.2. Protocole de Vieillissement Artificiel QUV

Le protocole d'évaluation européen est aujourd'hui celui défini dans la norme NF EN 927-6 de Octobre 2006 :

- Vieillissement artificiel dans une enceinte à lampes UV fluorescentes et pulvérisation : enceinte d'essai de type QUV.



Equipement de type QUV

Le choix du protocole de vieillissement artificiel QUV a été établi lors du programme européen ARWOOD mené en 1996-2000 et coordonné par FCBA (voir synthèse du programme en annexe 3) :

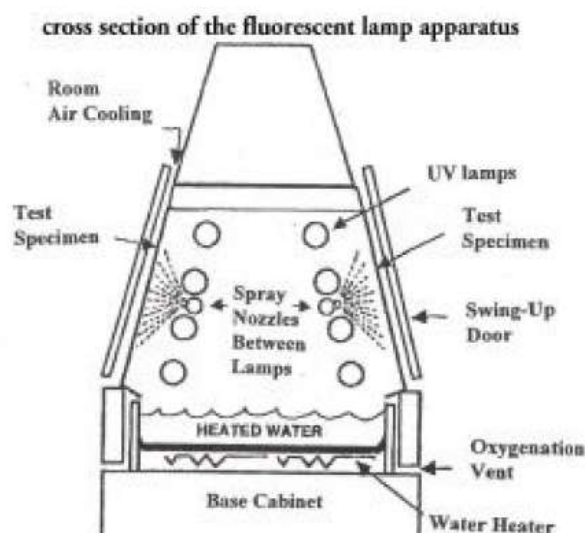
- Parmi les partenaires du projet, seul FCBA était équipé de roues RDA (en plus d'un QUV). Les autres partenaires possédaient des appareils à lampes Xénon et/ou des QUV,

- Une phase du projet a comparé le vieillissement produit par la roue RDA avec différents cycles de vieillissement produits sur des appareils à lampes Xénon (méthode ISO 11341 avec variantes). Les résultats montrent qu'à même durée, le vieillissement produit par la RDA (lampe à vapeur de mercure) n'est pas aussi sévère que celui produit par les appareils à lampes Xénon. De plus, les cycles de ces appareils Xénon s'ils ne contiennent pas suffisamment de périodes humides, affectaient la surface exposée en la brûlant plutôt qu'en la faisant vieillir,
- Le prix d'achat des appareils à lampes Xénon étant élevé, le consortium d'ARWOOD a travaillé sur le développement d'un cycle de vieillissement réalisé sur un appareil de type QUV (moins cher) équipé de lampes fluorescentes afin que la méthode retenue soit accessible à un plus grand nombre,
- Le QUV, utilisé en particulier dans le domaine de la peinture pour carrosserie automobile, avait déjà fait par le passé l'objet d'une modification pour le rendre plus adapté aux finitions pour bois. Des travaux menés à l'EMPA (centre de recherche suisse partenaire d'ARWOOD) avait en effet conduit le fabricant à inclure des buses de pulvérisation dans l'appareil qui jusque là ne permettait pas de faire de la pulvérisation d'eau, mais uniquement de la condensation.

Le projet ARWOOD a testé 7 cycles QUV développés par le consortium.

- **Le cycle de test du QUV retenu à la fin du programme ARWOOD est :**

Step	Function	Temperature	Duration	Remark
1	Condensation	45°C	24 h	
2	Subcycle step 3+4		48x	
3	UV	60°	2.5 h	UVA-340nm
4	Spray		0.5 h	6-7 liters/min, UV light off
5	Go to step 1			
total (1 cycle)			168 h	
repetition of cycle = 12 x (i.e.12 weeks)				
duration exposure UV = 120h / week				
total duration exposure = 2016 h				



Vue et représentation schématique d'un équipement de type QUV

Vis-à-vis des facteurs d'exposition UV, humidité (condensation et pulvérisation), l'essai QUV selon NF EN 927-6 est représentatif de conditions d'exposition réelles.

Note : Il a cependant été montré lors du projet ARWOOD que le taux d'humidité des échantillons exposés dans le QUV est bien inférieur à celui des échantillons exposés en VN, et ce malgré un allongement de la période de condensation destinée à accroître le taux d'humidité du bois.

Comme pour tout appareil de vieillissement artificiel, cet essai ne permet pas de révéler des moisissures de surface ou du bleuissement fongique fréquemment rencontrés en VN lorsque les conditions climatiques leur sont favorables.

Le cycle QUV selon la EN 927-6 est actuellement largement utilisé en Europe pour réaliser une **PRE EVALUATION** de la performance en vieillissement des finitions extérieures pour bois et accélérer le développement de formulations.

Le VA en QUV reste **FACULTATIF** pour **qualifier en ETI la performance d'un système de finition selon la norme NF EN 927-2.**

1.1.3. Complémentarité entre QUV et VN

Différents programmes européens (ARWOOD, étude Autrichienne 2012 présenté en Annexe 6,...) ont permis de valider que le QUV est adapté pour obtenir une pré évaluation avant obtention et validation finale par le résultat d'essai du VN.

La pré-évaluation via l'essai de VA en QUV permet d'identifier plus rapidement les systèmes défaillants sans attendre le temps d'une évaluation complète.

De plus à la différence du QUV, le VN selon EN 927-3 permet de discriminer les systèmes de finition vis-à-vis d'autres facteurs tels que les moisissures de surfaces, le bleuissement fongique.

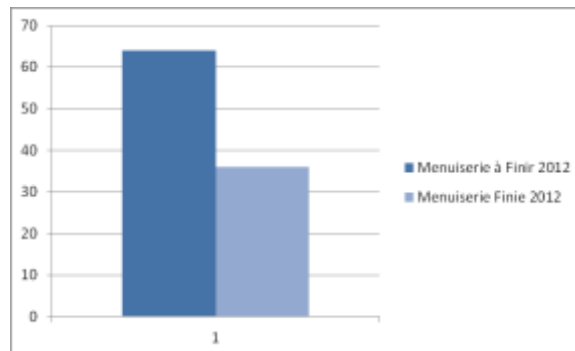
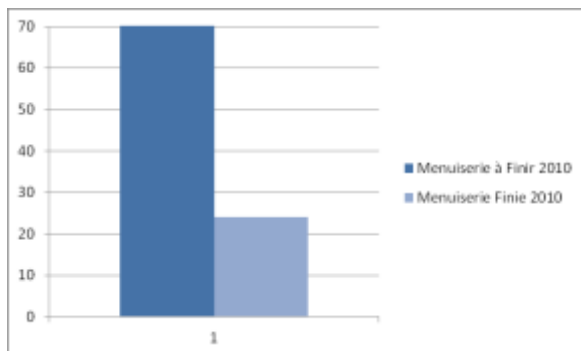
1.2. Etat des lieux au niveau Français

1.2.1. Le marché français de la fenêtre bois

Deux degrés de finition sont possibles à la livraison de la fenêtre sur le chantier :

- **Degré de finition provisoire ou « A finir » ayant pour abréviation AF** : la fenêtre est livrée avec une protection provisoire devant recevoir obligatoirement un système de finition bâtiment sur chantier dans le délai maximum de recouvrement lié au niveau revendiqué,
- **Degré de finition complète ou « Finie » ayant pour abréviation FI** : la fenêtre est livrée avec toutes les couches de finition appliquées en usine ou atelier. Le délai de surveillance pour le premier entretien lié au niveau revendiqué, correspond au temps estimé à partir duquel il convient de surveiller l'état de la finition et d'entreprendre sa rénovation si besoin.

L'étude de marché BATIETUDE2012 indique la commercialisation par les fabricants Français de :



Part de marché (en %) entre menuiserie « Finie » et « A Finir » des fabricants français

Aujourd'hui, lors de leur commercialisation, la majorité des fenêtres bois fabriquées en France sont revêtues d'un système de finition provisoire « A Finir » sur chantier. Ce n'est pas le cas dans la majorité des autres pays Européens où les fenêtres sont commercialisées avec le système de finition complet appliqué en atelier.

Depuis 2010 : il est constaté une tendance nette des menuisiers Français à investir pour commercialiser de plus en plus de fenêtres « Finies ».

En 2013, la commission technique de révision de la norme NF P 23 305 a décidé de distinguer les niveaux de finition suivant :

Degré de finition	Type de système	Niveau	Délai maximum de recouvrement	Délai de surveillance pour le premier entretien
Finition provisoire : A Finir (AF) Protection provisoire appliquée en atelier	Transparent	1	3 mois	Non pertinent
	Opaque ou transparent	2	6 mois	Non pertinent
	Opaque	3	12 mois	Non pertinent
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

Tableau d'identification des degrés et niveaux de finition appliqué en atelier sur des éléments de fenêtre en bois

Le menuisier informe le niveau de la finition de la fenêtre livrée. Ce niveau est déterminé après essais de vieillissement présenté au §1.2.3 ou §1.2.4

1.2.2. Spécificités des évaluations de système de finition de la fenêtre bois

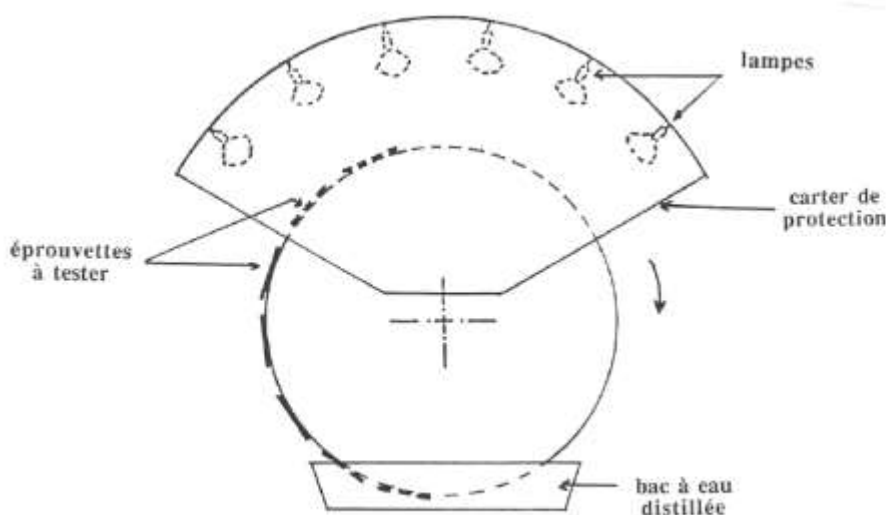
Avant la publication des normes EN 927, les protocoles d'évaluation en vieillissement utilisés en France par les laboratoires pour la qualification des produits de peintures étaient définis dans le cahier CTBA L161 « tests et spécifications pour menuiseries extérieures » :

- Vieillissement accéléré sur Roue de Dégradation Artificielle RDA.
- Vieillissement naturel VN avec échantillonnage adapté à la menuiserie,

La majorité des fabricants industriels de fenêtres bois ou mixte bois sont équipés de RDA du fait des évaluations à réaliser dans le cadre de la marque de certification NF Fenêtre bois et Portes Extérieures dont le référentiel s'appuie sur :

- ✓ Qualification initiale en VA sur RDA,
- ✓ Surveillance initiale en VN adapté à la menuiserie,
- ✓ Autocontrôle en VA sur RDA.

Le protocole de VA en RDA (voir détails en annexe 1).



Roue de Dégradation Accélérée RDA

Cycle

Le cycle de base de 90 minutes correspond à 1 tour de RDA :

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

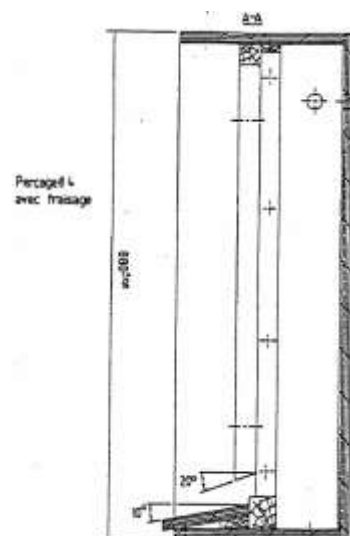
Le nombre de cycle d'essai à la RDA est donné par un nombre de semaine (3semaines, 6semaines, ..) à réaliser en fonction du niveau de la finition à évaluer (cf §1.2.4).

- 1 semaine de cycle correspond à 62h d'irradiation UV-visible-IR

Depuis la sortie des normes NF EN 927, certains laboratoires français, dont FCBA, se sont équipés de « QUV ». Mais bons nombres de fabricants de peintures, laboratoires et menuisiers continuent à évaluer les produits en RDA.

Une harmonisation des pratiques apparaît nécessaire.

Le protocole de VN adapté à la menuiserie selon le cahier L161 de FCBA :



Viellissement naturel sur châssis de fenêtre selon le cahier L161

Cahier L161 de octobre 2000 de FCBA : tests et spécifications pour menuiseries extérieures

2 Châssis de fenêtre OF1 vitré (70x65cm) mis en œuvre dans un caisson (pour simuler une fenêtre intégrée dans une façade), exposés verticalement et face au sud sur le site du FCBA à Bordeaux pour un période de 2 ans minimum.

Protocole de VN selon cahier L161	
Avantages	Inconvénients
<p>Qualification de l'ensemble des paramètres influents sur la tenue de la finition :</p> <ul style="list-style-type: none">- système de finition- process d'application- concept de la fenêtre- essence de bois <p>Evaluation de la performance du traitement et/ou du système de finition vis-à-vis du bleuissement et des moisissures</p> <p>Les conditions climatiques du site d'essai (bordeaux) sont définies comme « extrêmes » et les conditions d'exposition sont « sévères » (voir §2) donc les plus rapidement discriminantes.</p> <p>Evaluation possible des solutions de rénovation.</p> <p>Protocole le plus fiable pour la prédiction de la durée de service de la finition <u>dans les conditions de l'essai.</u></p> <p>Coût de l'essai</p>	<ul style="list-style-type: none">- Délai de l'évaluation-

Axe de Progrès :

- Déterminer au sein de la commission française de normalisation « fenêtre bois » un protocole de VN adapté à la menuiserie. Le protocole existant du cahier L161 est certainement une bonne base de travail.

1.2.3. Les systèmes de finition complète (FI): Adaptation du protocole Français NF P 23 305 avec les protocoles d'évaluations QUV et VN selon EN 927

Extrait de NF P 23 305 - Déc. 2014 :

« 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.

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 ci-dessous:

Type de système	Niveau	Vieillissement naturel NF EN 927-3	Vieillissement accéléré QUV (facultatif) 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

La performance est classée selon la norme NF EN 927-2, et le système doit répondre au classement "stable" qui correspond aux critères suivants :

- Cloquage $\leq 0,3$,
- Craquelage $\leq 0,7$,
- Ecaillage $\leq 0,3$,
- Adhérence $\leq 1,0$ ».

Les durées de vieillissement de VN et de QUV pour les niveaux 4 et 5 se sont basés sur les connaissances tirées de différents programmes Européens réalisés (ARWOOD,...), d'évaluations réalisées lors des Dossiers Techniques FCBA ainsi que les récents programmes CODIFAB (DS menuiserie et Finit 10).

Pour les niveaux 6, 7 et 8, il s'agit d'une décision d'experts de la commission française de normalisation « fenêtre bois », par extension des niveaux 4 et 5. A noter l'étude Autrichienne, présentée en annexe 6, qui réalise des cycles de QUV allant jusqu'à 60 semaines pour les finitions opaques.

Observation : Dans le cadre des Dossiers Techniques délivrés par FCBA , en cas de résultats de pré évaluation « très positifs », le fabricant du produit peut se baser sur la pré évaluation et l'avis de l'expert FCBA pour commercialiser de façon anticipée le produit, avant la confirmation finale du classement à l'issue de l'essai VN EN 927-.

Axe de Progrès :

- **Besoin d'affiner, par une étude expérimentale, la cohérence des durées de vieillissement de QUV et VN pour les niveaux 6,7 et 8.**
- **Besoin d'affiner l'étude de correspondance entre QUV et VN afin de réduire les délais de pré évaluation.** En effet, on a déjà vu des 10sem QUV plus discriminant que 1 an VN. Cela nécessiterait une étude spécifique d'optimisation du QUV : voir étude SERVWOOD,

1.2.4. Les systèmes de finition à Finir (AF) : utilisation des protocoles d'évaluations VN ou RDA

Extrait de NF P 23 305 - Déc. 2014 :

« La performance de protection temporaire contre les agressions climatiques du produit 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.

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

Durée des cycles de vieillissement en fonction du niveau de la protection provisoire et de la méthode de vieillissement choisie.

Type de système	Niveau	Vieillissement accéléré Roue RDA	Vieillissement naturel EN 927-3 (*)
Transparent	1	1 semaine	2 mois
Opaque	2	2 semaines	3 mois
Transparent	2	3 semaines	6 mois
Opaque	3	3 Semaines	6 mois

(*) une pré évaluation par QUV selon EN 927-6 est facultative.

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

Pour chacun des niveaux de protection provisoire, l'exigence est au minimum la suivante :

- note ≤ 2 pour les systèmes transparents ;
- note $\leq 1,5$ pour les systèmes opaques. »

La commission française de normalisation « fenêtre bois » a décidé que la RDA continue à être un moyen d'évaluation des systèmes AF vis-à-vis de leur fonction de protection temporaire contre les agressions climatiques du fait :

- RDA est un protocole suffisamment discriminant pour évaluer l'adhérence de la 1ère couche de produit de peinture sur support bois.
- Aucune sinistralité avérée ne remet en cause l'utilisation de ce protocole.

Note : La caractéristique essentielle de performance de la protection provisoire reste la performance de protection hydrofuge WPE déterminé après essai selon NF EN 927-5.

1.2.5. Les essences de bois utilisables en support de référence dans la NF P 23 305

Dans le but de simplifier les méthodes d'évaluation des systèmes de finition (support bois, produit de finition et mode d'application), il est retenu les familles d'essences de bois suivantes avec les supports de référence associés. Un essai de type initial réalisé sur le support de référence vaut pour l'ensemble des essences de la famille considérée.

Famille d'essences	Support de référence	Liste des essences
Feuillu à grain grossier (indication de classement sous tropix)	Chêne	Frêne, méranti yellow et light red, dabéma, bintangor, iatantdza, lotofa, tali
Feuillu dense > 800 kg/m ³	Moabi	Nalau red, wacapou, niové , tali, bubinga, lotofa, limbali,
Feuillu imprégnable	Tauari	Essence d'imprégnabilité classe 1 selon NF EN 350-2
Autres essences spécifiques, avec extractibles et/ou acide	pas de support de référence l'évaluation doit être réalisée sur l'essence	Chêne, châtaignier, robinier, douglas, western red cedar, doussié, iroko, makoré, merbau, niangon, teck, padouk
Résineux traité ou non, et autres feuillus (Différents des familles 1 à 4)	Pin sylvestre (avec aubier possible) traité avec un produit de traitement CTB P+ aqueux pour classe d'emploi 3.1	

Liste des essences et support de référence.

1.3. Comparatif entre les protocoles RDA et QUV et VN

	RDA	QUV	VN
Équipement	Fournisseur : Métallerie du Sud Lorrain Cout : <5k€ Entretien : oui (lampe, eau) Étalonnage : non	Fournisseur : Q-Panel, Atlas Cout : < 20k€ Entretien : oui (buses, lampes, filtres) Étalonnage : oui (radiomètre pour contrôle de l'irradiance)	Pas d'équipement spécifique hormis rack d'exposition Terrain extérieur Attention aux conditions d'expositions du terrain à identifier et de leur représentativité ou correspondance par rapport aux climats de « commercialisation » du produit
Présence actuelle des équipements	En France essentiellement Centres techniques Français Fabricants de finition Français Menuisiers industriels (certifié NF Fenêtre)	Mondial	Mondial Centre technique Europe et France Les principaux fabricants de finition Quelques menuisiers industriels
Type de vieillissement	Immersion Irradiation UV- visible – IR 62h d'irradiation /semaine	Condensation Irradiation UV sous T°C haute 120h d'irradiation /semaine	Conditions climatiques du site d'essai
Echantillon	Plaquette normalisée NF Ou possibilité d'adaptation de l'éprouvette par exemple : Profilé de fenêtre (pièce d'appui) Pertinence de mettre des points singuliers type assemblage d'angle ? de façon non normalisée, possibilité de suivre l'évolution de la dégradation (adhérence principalement) à des points singuliers de la conception du produit.	Plaquette normalisée EN Très peu de possibilité d'adaptation des plaquettes (limite d'épaisseur 25mm)	Echantillon normalisé EN ou Echantillon de protocole spécifique : Profilé de fenêtre (pièce d'appui) ou Point singulier type assemblage Châssis de fenêtre (certification NF fenêtre bois) Possibilité de suivre l'évolution de la dégradation à des points singuliers de la conception du produit et très proches des conditions réelles.
Défectuosités du film pouvant être mises en évidence lors du vieillissement	Adhérence, perte de brillant, variations de couleur. Craquelage, écaillage, farinage, cloquage, dans une moindre mesure. Moisissure et bleuissement et remontées de tanins sont non révélés	Craquelage, écaillage, farinage, cloquage, perte de brillant, variations de couleur Adhérence et remontées de tanins Moisissure et bleuissement non révélés	Adhérence, Craquelage, écaillage, farinage, cloquage, perte de brillant, variations de couleur, moisissures, bleuissement, grêle et remontées de tanins. tous les défauts des conditions réelles sont observables
ETI du système de finition sur support bois de référence (ou famille d'essence)	Pas reconnue au niveau EN pour les finitions FI Reconnue uniquement pour les finitions AF en France Evaluation peu discriminante sur les durées actuellement pratiquées (6semaines)	NF EN 927-6 et NF P 23 305 pré évaluation facultative	NF EN 927-3 et NF P 23 305 Evaluation requise sur le référent de la famille d'essence
ETI du système de finition sur support et	Adapté pour finition AF: vérifier si support testé est au moins aussi performant	Adapté en pré évaluation Fi. Envisageable qu'elle permette le classement final sans	Evaluation actuellement requise Mais évaluation apparaît peu

process du menuisier (le produit a déjà été évalué en ETI sur support de référence du menuisier)	que sur le support de référence.	besoin de VN ? vérifier si support testé est au moins aussi performant que le support de référence.	pertinente et longue si ETI sur support de référence a déjà été réalisé.
ETI sur le concept de fenêtre du menuisier et les points singuliers (à partir du moment où le produit a déjà été évalué sur support et process du menuisier)	Protocole envisageable uniquement pour pièce d'appui et éventuellement assemblage d'angle Vérifier si support testé est au moins aussi performant que le support de référence Le complément « assemblage » de l'Etude FINIT 10 va permettre de tester des assemblages d'angles en RDA (6 sem) et VN (12 mois).	Impossible	Adapté en termes de « pertinence technique » mais peu adapté en terme validation initiale car délai de 1 an trop long. Adapté en surveillance initiale du système
CPU : Contrôle à réception des produits de peinture chez le menuisier	Essai de vieillissement non adapté car délai trop long Apparait plus pertinent de réaliser un contrôle de l'extrait sec, viscosité et teinte Les éléments de contrôle sont détaillés dans l'étude FINIT 10		
CPU : contrôle process	Essai de vieillissement non adapté car délai trop long Apparait plus pertinent de réaliser un contrôle de l'extrait sec, viscosité et teinte sur la finition et épaisseur film humide et grammage déposé sur système de finition appliqué. Les éléments de contrôle sont détaillés dans l'étude FINIT 10		
CPU Contrôle produits finis (en fin de process)	Doute sur l'efficacité de l'évaluation au bout de 6 semaines ? Délai de 6 semaines générant un encours de produits finis déjà conséquent. Autres moyens de contrôle qualité sur produit fini à développer ?	Non adapté car délai trop long	Non adapté car délai trop long
Evolution produit de finition ou autres support bois ou autres modes application : Règle d'extension ?	pas adapté actuellement (hormis pour finition AF)	Peu adapté pour obtenir une pré évaluation (sauf si niveau 3 mois) au moins aussi performante que sur le support de référence. Envisageable qu'elle permette le classement final sans besoin de VN ?	Evaluation actuellement requise Mais certainement dis nécessaire si ETI sur support de référence a été réalisé.
Evolution concept fenêtre Règle d'extension ? définir des règles de moyens	pas adapté actuellement (hormis pour finition AF)	Impossible	Adapté en terme de « pertinence technique » mais peu adapté en terme validation initiale car délai de 1 an trop long. Envisageable en surveillance.

Conclusion sur l'usage de la RDA :

- Les inconvénients RDA :
 - Protocole d'essai typiquement français, non reconnu au niveau européen
 - Les essais réalisés lors des études ARWOOD (annexe 3), Etude perméabilité eau liquide (annexe 5), FINIT 10 et dans le cadre de la marque NF Fenêtre montrent que la RDA est un vieillissement peu discriminant (et moins discriminant que le QUV) pour l'évaluation des critères de craquelage et écaillage d'un système Fi (soit après 6 semaines ou 12 semaines de vieillissement).
 - Les moisissures, bleuissement et remontées de tanins ne sont pas révélés,
 - L'essai est long pour être utilisé en suivi de production (il faut privilégier le contrôle des paramètres de process tels que définis dans l'étude FINIT 10).
- les avantages RDA :
 - Evaluation en ETI de l'adhérence et compatibilité des systèmes de finition AF (protection provisoire),
 - Possibilité de réaliser une pré évaluation de l'adhérence après vieillissement du système de finition appliqué sur des géométries de profilé spécifiques et singulières (pièce d'appui, assemblage,..) mais pas forcément représentatif des conditions réelles (pas de phénomène de rétention d'eau dans les angles mais uniquement immersion),
 - Equipement présents chez les menuisiers et d'un cout abordable,
 - Utilisation de la RDA pour contrôler, via la cotation de l'adhérence après vieillissement, la qualité de l'application du système de finition Fi ou AF sur les fenêtres, faute d'existence d'autres moyens plus rapides.
 - La roue RDA est également utilisé pour l'évaluation de composants de menuiseries (mastic et profilé à sec de vitrage de la liaison ouvrant dormant selon la norme *XP P 20 650-2 : Fenêtres, portes fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – Pose de vitrage minéral en atelier – exigences et méthodes d'essai spécifiques au bois*).

Axe de Progrès :

- Etude sur la faisabilité de modifier la RDA (protocole et/ou équipement) pour la rendre aussi discriminante que le QUV pour évaluer des systèmes FI,
- Développer d'autres protocoles de VA plus rapide que le VN,
- Entériner que le QUV permet de valider le classement stable en ETI sur support et process du menuisier dans le cas où préalablement le système de finition a été classé stable sur le support de référence après VN.
- Caractériser la performance au vieillissement du système de finition grâce aux propriétés initiales physico chimique du film de finition (élasticité, souplesse,...).

1.4. Adaptation de la RDA pour évaluer des systèmes FI

Comparatif Irradiation entre RDA et QUV	
RDA	QUV
Irradiation UV – visible - IR	Irradiation UV sous T°C haute (60°C)
62h d'irradiation /semaine	120h d'irradiation /semaine
Vieillissement 6 semaines = 372 h	Vieillissement 12 semaines (pré évaluation NF EN 927-6) = 1440h
Il faudrait un vieillissement de 24 semaines de RDA pour avoir le même niveau d'irradiation que le vieillissement 12 semaines en QUV selon NF EN 927-6	
<i>A noter que pour l'évaluation des joints et mastic, la norme XP P 20 650 -2 établit la correspondance entre un vieillissement 3 semaines RDA et 10 jours en QUV.</i>	

Le fait d'allonger le cycle de 6 semaines à 12 semaines lors de l'étude FINIT 10 n'a pas permis de discriminer les produits (100% des notes de craquelage à 0) alors que le VN a obtenu des notes de craquelage supérieures à 0.7.

- ⇒ L'augmentation du temps de vieillissement de la RDA n'apparaît pas être une piste de travail pertinente, d'autant plus que le temps de vieillissement en QUV serait plus au moins aussi « rapide ».

Au final, les moyens envisageables d'adapter l'équipement sont :

- Changer le type de lampe (spectre UV, IR...),
- Ajouter de la pulvérisation (mais sans phénomène de condensation),
- Modifier la vitesse de rotation de la RDA sans changer le diamètre
- Modifier la durée des différentes étapes (trempage, irradiation, etc.)

Pour autant, il apparaît très peu probable que les changements proposés ci-dessus parviennent à mettre en évidence les moisissures, bleuissement.

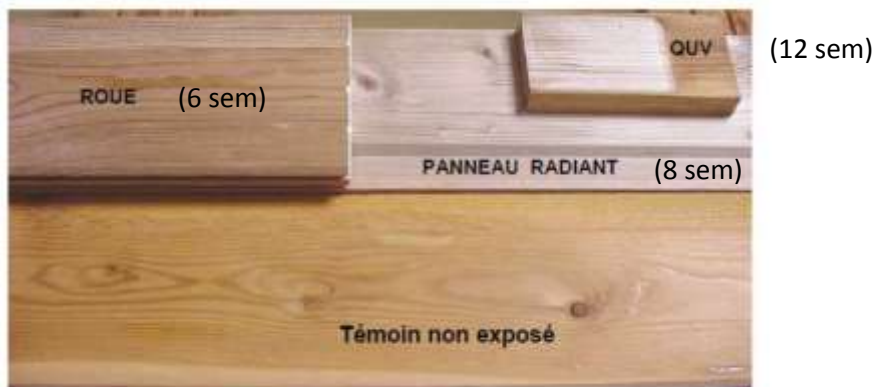
Axe de Progrès :

- Etude de faisabilité de modification de la roue RDA.

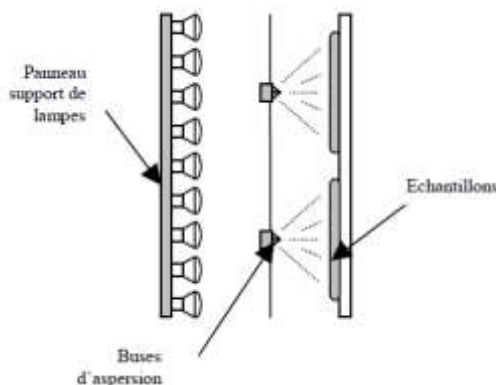
1.5. Autres protocoles de vieillissement accéléré

Pour des châssis de fenêtre, il pourrait être envisagé assez facilement un protocole de vieillissement avec un cycle comprenant du rayonnement UV ou mixte UV-IR puis de la pulvérisation d'eau mais sans phase phénomène de condensation.

L'étude Ignifugation réalisée par le CSTB & FCBA (en annexe 4) a fait ressortir que les cycles et durées associés au panneau radiant mixte IR-UV et au QUV conduisent à un grisaillement prononcé que 6 semaines de roue ne reproduisent pas. Il conviendrait de réaliser des essais complémentaires sur systèmes de finition transparents et opaques.



Le vieillissement combine alors de la chaleur (80°C sur corps noir environ), de l'aspersion d'eau ainsi que des rayons UV-IR.



Axe de Progrès :

- Etude comparative entre QUV et un vieillissement du type « radiant mixte IR-UV + pulvérisation » sur des produits de lasure et peinture déjà connus.

1.6. Moyens de prédiction des performances au vieillissement par une étude approfondie des caractéristiques du film de finition

L'objectif serait de pouvoir prédire la performance au vieillissement du système de finition grâce aux propriétés initiales (mécaniques ou autres) du film de finition.

Des évaluations permettent de mesurer des paramètres physico chimiques des films de finition tels que leur élasticité, rigidité ou dureté via :

- o La température de transition vitreuse Tg,
- o La dureté Persoz,
- o La résistance au poinçonnement selon la norme XP CEN/TS 16700,
- o L'élasticité via des tests de traction sur films de peinture

Température de transition vitreuse Tg :

L'analyse calorimétrique différentielle (DSC) est une technique d'analyse thermique qui consiste à mesurer la différence d'enthalpie de réaction (flux de chaleur) entre un échantillon et une référence soumis à un programme de température contrôlée. L'essai permet d'obtenir un thermogramme représentant les variations du flux de chaleur en fonction de la température. Le point d'inflexion du thermogramme correspond à la transition vitreuse de l'échantillon.

De précédents travaux menés à FCBA avaient montré que la température de transition vitreuse (Tg) des finitions était un indicateur de performances. Pour des finitions alkydes en phase solvant, une valeur de 25°C avait été établie comme limite à ne pas dépasser pour obtenir de bonnes performances en extérieur. Cependant, même si le Tg reste un paramètre important, la mesurer n'est pas facile car les finitions sur le marché sont bien souvent constituées d'un mélange de résines. Les travaux réalisés par FCBA sur des alkydes ne sont donc pas directement transposables aux finitions actuelles.

La dureté Persoz :

Plus récemment FCBA s'est intéressé à une autre grandeur : la dureté Persoz. Habituellement réservé à l'étude du séchage des finitions en laboratoire, la dureté Persoz des finitions a été étudiée dans le cadre de la thèse de Lise Malassenet, encadré par FCBA. Les travaux ont montré que cette dureté variait sous l'influence du vieillissement : le revêtement devient plus dur, donc plus cassant. L'augmentation de dureté est plus importante pour un revêtement transparent que pour un revêtement opaque. Une dureté initiale faible et évoluant peu durant le vieillissement semble être une condition pour obtenir des revêtements performants¹. De plus ces travaux ont montré un lien intéressant entre dureté Persoz et module d'Young de la finition.

D'autres moyens d'essai sont certainement envisageables afin de mieux comprendre les paramètres d'influence :

- o Utilisation de la spectrophotométrie UV-visible pour étudier la perméabilité UV-visible des finitions et son influence sur le vieillissement

¹ Malassenet L; George B., Merlin A., Podgorski L. Persoz hardness: a useful property to study performance of exterior wood coatings. International Wood Products Journal, Accepted on 27 August 2015.

- Analyse des finitions vieilles par microscopie électronique à balayage.

Axe de Progrès :

- Approfondir les connaissances sur les propriétés du film de finition pour bois extérieur
- Amplifier les études sur la dureté des finitions et les paramètres l'influençant.
- Envisager des études permettant de corréler ces propriétés avec les performances au vieillissement.

2. Classification des systèmes de finition selon les conditions d'exposition

2.1. Etat des lieux au niveau européen

La performance de tenue d'un système de finition est fortement liée aux conditions d'exposition de l'ouvrage.

Depuis les premières publications de la norme EN 927-1 en 1996, outre la classification selon l'aspect (pouvoir masquant, brillant, garnissant) et selon l'usage (stable, semi-stable, non stable), les produits de peinture sont aussi classés selon les trois types de conditions d'exposition suivantes :

- Clémentes,
- Moyennes,
- Sévères.

Ces conditions d'exposition combinent les facteurs climatiques (condition climatique tempérée, dure, extrême) et les facteurs de la construction (abritée, partiellement abritée, non abritée).

La classification des systèmes de finition selon les conditions d'exposition est un outil d'aide à la prescription des produits. Cela permet d'affiner la connaissance des performances attendues et du délai de surveillance avant le 1^{er} entretien en fonction des conditions d'exposition dans l'ouvrage. Pour cela, il est nécessaire d'établir une correspondance entre les performances obtenues par les moyens d'évaluation normatif (QUV, VN,...) et celle obtenues dans l'ouvrage « réel ».

Par exemple : La performance de tenue d'un système de finition obtenue en VN selon EN 927-3 réalisé sur un site de condition climatique tempérée permet elle d'avoir la connaissance de la performance en niveau d'un site classé « sévère » ?

Il est déterminant de mieux comprendre l'influence des paramètres « climat » et de « protection de la construction » sur la performance du système de finition dans l'ouvrage.

La détermination de chacun de ces niveaux en fonction des paramètres retenus comme impactant a évolué en fonction des révisions du document.

- NF EN 927-1 de décembre 1996
- NF EN 927-1 de Avril 2013 remplace la norme de décembre 1996.

2.1.1. Méthode de classement selon la EN 927-1 de décembre 1996 : version obsolète

Extrait norme EN 927-1 de Dec 1996

A.4 Conditions d'exposition

Lors du choix d'un système de peinture, il importe de tenir compte des facteurs suivants :

- a) **Orientation** : En Europe, les expositions ouest et sud sont généralement plus sévères pour la dégradation du film que pour les autres orientations. Le risque de développement des moisissures et des algues est généralement plus élevé en exposition nord.
- b) **Inclinaison** : Une diminution de l'angle d'exposition du vertical à l'horizontal augmente fortement l'intensité des dégradations.
- c) **Climat local** : Les niveaux de radiations solaires, d'humidité, de température et de précipitations varient considérablement et auront une grande influence sur le comportement du système de peinture.

En pratique, les conditions d'exposition ne dépendent pas seulement du climat mais aussi du degré de protection offert par la construction. Pour des raisons pratiques, les conditions d'exposition sont classées selon trois types : clément, moyen et sévère qui combinent les facteurs climatiques et la construction et qui ont une importance principale. Pour des expositions plus rigoureuses, des périodes plus courtes d'entretien doivent être acceptées et un système de peinture avec une plus grande durabilité peut être préférée.

Il est recommandé d'utiliser un système de peinture dont les performances de résistance climatiques sont similaires aux conditions du climat dans lequel le produit sera utilisé.

Tableau 2 : Classification selon les conditions d'exposition

Construction	Conditions climatiques		
	Tempérée	Dure	Extrême
Abritée	Clément	Clément	Moyen
Partiellement abritée	Clément	Moyen	Sévère
Non abritée	Moyen	Sévère	Sévère

Commentaires :

- Les 4 facteurs climat, orientation, inclinaison et construction ne sont pas suffisamment définis. Il manquait un outil pour déterminer le niveau des conditions d'exposition d'un ouvrage.

2.1.2. Méthode de classement selon la EN 927-1 de Avril 2013 : version en vigueur

Extrait EN 927-1 de Avril 2013

Le climat varie d'un endroit à un autre en fonction de l'altitude, du rayonnement solaire, de la pluviosité, de l'humidité ainsi que de nombreux autres facteurs. A l'heure actuelle, ces facteurs sont pour la plupart difficiles à quantifier. En conséquence, dans la présente norme, les conditions d'exposition ne sont décrites que par trois facteurs. La classification selon les conditions d'exposition doit tenir compte de trois facteurs distincts, le premier se rapportant aux influences climatiques globales (macroclimatiques), les deux autres se rapportant au microclimat, c'est-à-dire aux conditions prévalant sur et autour du site :

Macroclimatiques : orientation à la boussole.

Microclimatiques : niveau d'abri, inclinaison.

Sur la base des conditions énumérées ci-dessus, les conditions d'exposition sont classées en :

- a) clémentes ;
- b) moyennes ;
- c) sévères.

L'interaction entre les différents facteurs macroclimatiques et microclimatiques est complexe et la procédure proposée ci-après, qui combine les trois facteurs en trois conditions d'exposition, constitue une approche pratique, mais pas scientifique. Chaque facteur est considéré à trois niveaux différents et un score de 1, 2 ou 3 est attribué à chaque niveau. Plus la valeur est élevée, plus l'impact sur l'exposition est important. Le score individuel est choisi pour les trois facteurs, puis les trois valeurs obtenues sont additionnées pour obtenir le score total. Se reporter au Tableau 2 pour plus de détails.

Tableau 2 — Détermination des conditions d'exposition relatives à partir de certains facteurs climatiques

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 ».

NOTE Les constructions présenteront normalement plus d'un niveau de facteur, par exemple une fenêtre en bois dont les traverses basses sont inclinées d'environ 45° alors que le châssis et le dormant sont verticaux. Les traverses basses se dégraderont en premier, déterminant ainsi le temps de maintenance.

Commentaires :

- Les 3 niveaux orientation, abri et inclinaison sont définis en annexe A de EN 927-1,
- Les 3 niveaux de classement du facteur abri étant encore sujet à interprétation, on pourrait le rapprocher du facteur similaire « protection apportée par la construction déjà défini au niveau de la norme NF P 23 305 pour les fenêtres bois (voir rappel en annexe),
- Le niveau climatique (précipitations, ensoleillement, taux d'humidité et variation de température quotidienne) a été écarté par la commission de révision, faute de

pouvoir le déterminer. Il est évoqué des « différences mineures de performance entre des lieux géographiquement différents (exposition UV, précipitations, T°C) : **Cette explication n'est pas complètement satisfaisante, même si l'étude WOODEXTER (voir §3) montrait peu de différences de performances entre les sites de Bordeaux (France), Gand (Belgique), Vienne (Autriche). Un climat plus humide (Hampton, Royaume-Uni) conduisait cependant à des dégradations différentes.** Depuis, l'étude européenne SERVOOOD (voir §3) s'attache à mieux étudier l'impact du climat sur les dégradations (relation doses reçues-effets produits) puisque les sites de vieillissement des partenaires ont tous été équipés des mêmes enregistreurs de diverses données climatiques. Ces travaux **montrent l'importance de pouvoir déterminer un outil de classement des conditions climatiques impactant sur le vieillissement des systèmes de finition.**

2.2. Proposition de classification des conditions climatiques

Identification des facteurs climatiques impactant sur la performance d'un système de finition sur bois extérieur :

- **Par critère du niveau « stable » selon EN 927-2**
 - Craquelage : rayonnement solaire (UV essentiellement) et amplitudes de température importante et mouvement du support (variation d'humidité du bois)
 - Ecaillage : rayonnement solaire, reprise d'humidité du bois
 - Cloquage : poche d'humidité du bois
 - Adhérence : UV et delta T°C, humidité

- **Hors critère EN 927-2**
 - Farinage = UV - visible
 - Décoloration = UV - visible

Les paramètres impactant sont :

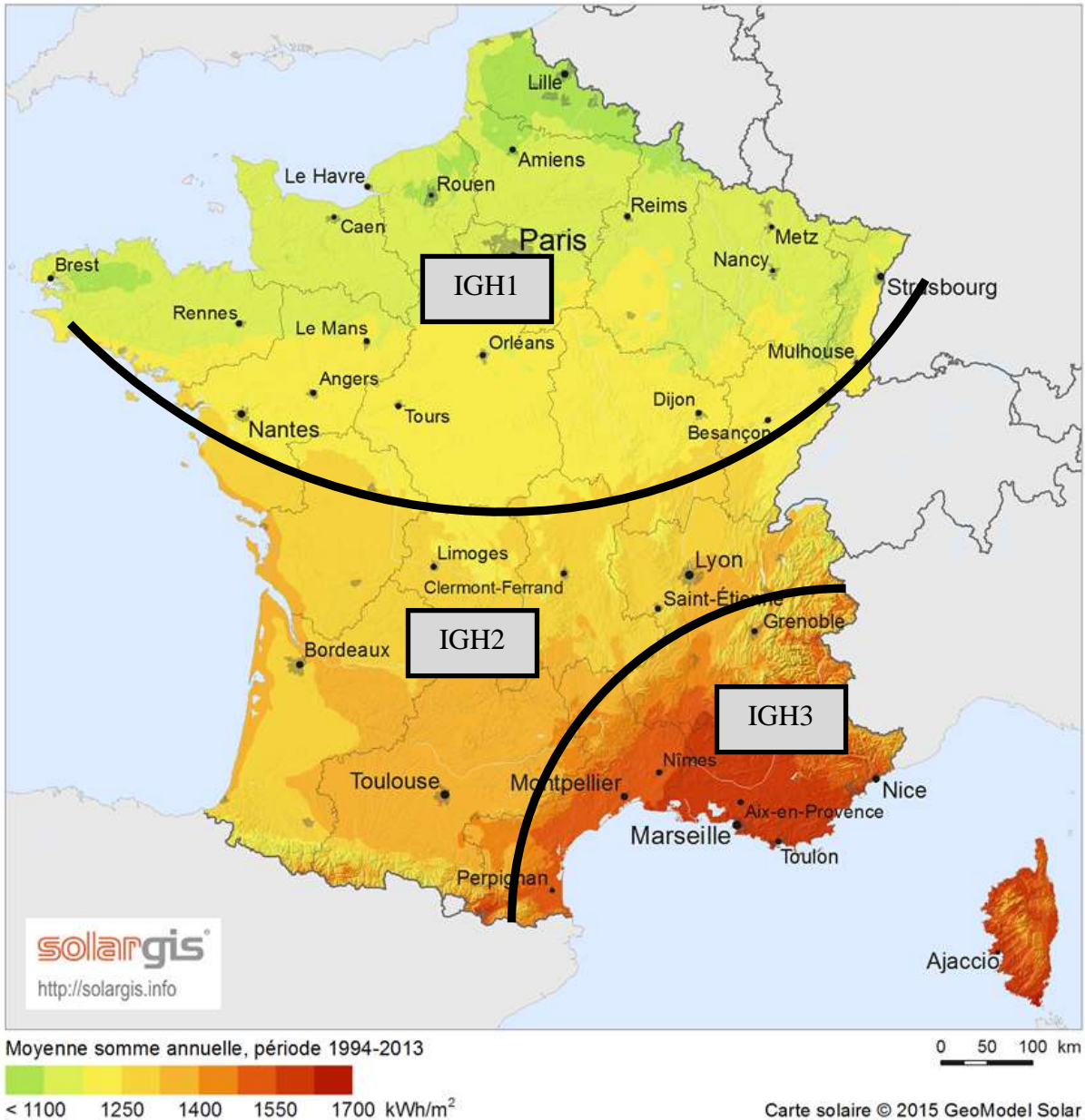
- Le mouvement du bois dû à la cinétique d'humidification du bois.
- L'état du support avant application de la peinture : éléments qui doivent être maîtrisés lors du process,
- UV ou de façon plus générale l'ensoleillement
- Amplitude thermique.

Dans le cadre de cette étude, une 1ère approche a été faite pour cartographier la France en retenant les paramètres climatiques suivants :

- Irradiation globale horizontale en 3 zones (IGH1, IGH2 et IGH3),
- précipitation : nombre moyen annuel de jour de précipitations supérieures à 1mm selon la figure 1 du FD P 20 651 : durabilité des bois en 3 zones (SECHE – MODEREE et HUMIDE).
- Amplitude thermique saisonnière : 2 zones (EST et OUEST),

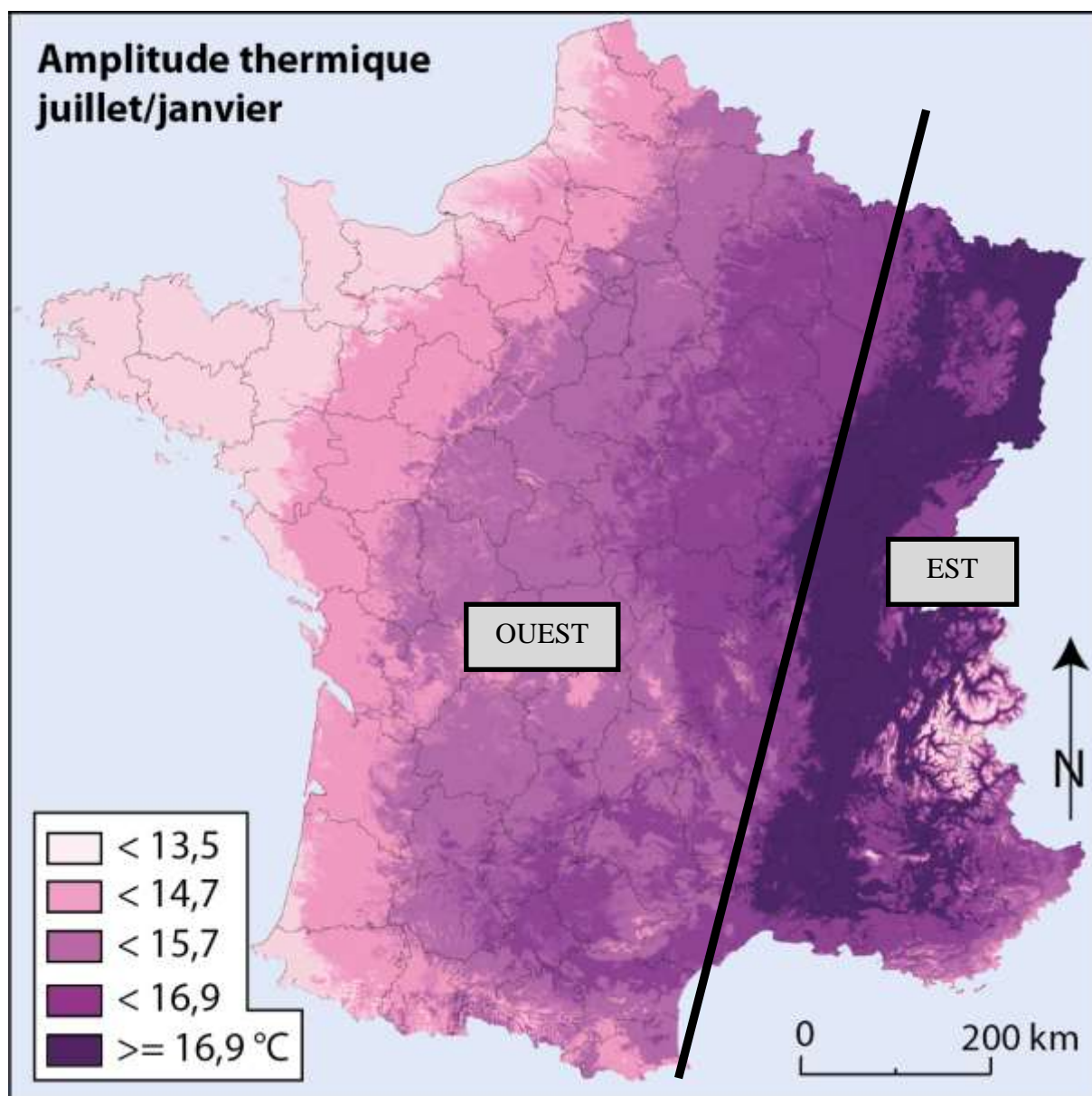
Irradiation Global Horizontale IGH : Valeur donnée. C'est l'énergie lumineuse réelle reçue du soleil à la surface de la terre, durant une journée (ou un mois) en tenant compte des phénomènes météorologiques. Cette valeur peut être mesurée ou estimée à partir de la fraction solaire. Elle inclue notamment les UV et IR.

Irradiation Globale Horizontale France



- 3 zones définies par une 1^{ère} approche ainsi :
- IGH1 $\leq 1250 \text{ kWh/m}^2$
 - $1250 \text{ kWh/m}^2 < \text{IGH2} \leq 1475 \text{ kWh/m}^2$
 - IGH3 $> 1475 \text{ kWh/m}^2$

Amplitude thermique juillet / janvier : Valeur donnée. C'est l'écart entre la température minimale et maximale en un même lieu entre juillet et janvier.



Source : Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky, « Les types de climats en France, une construction spatiale », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 501, mis en ligne le 18 juin 2010,

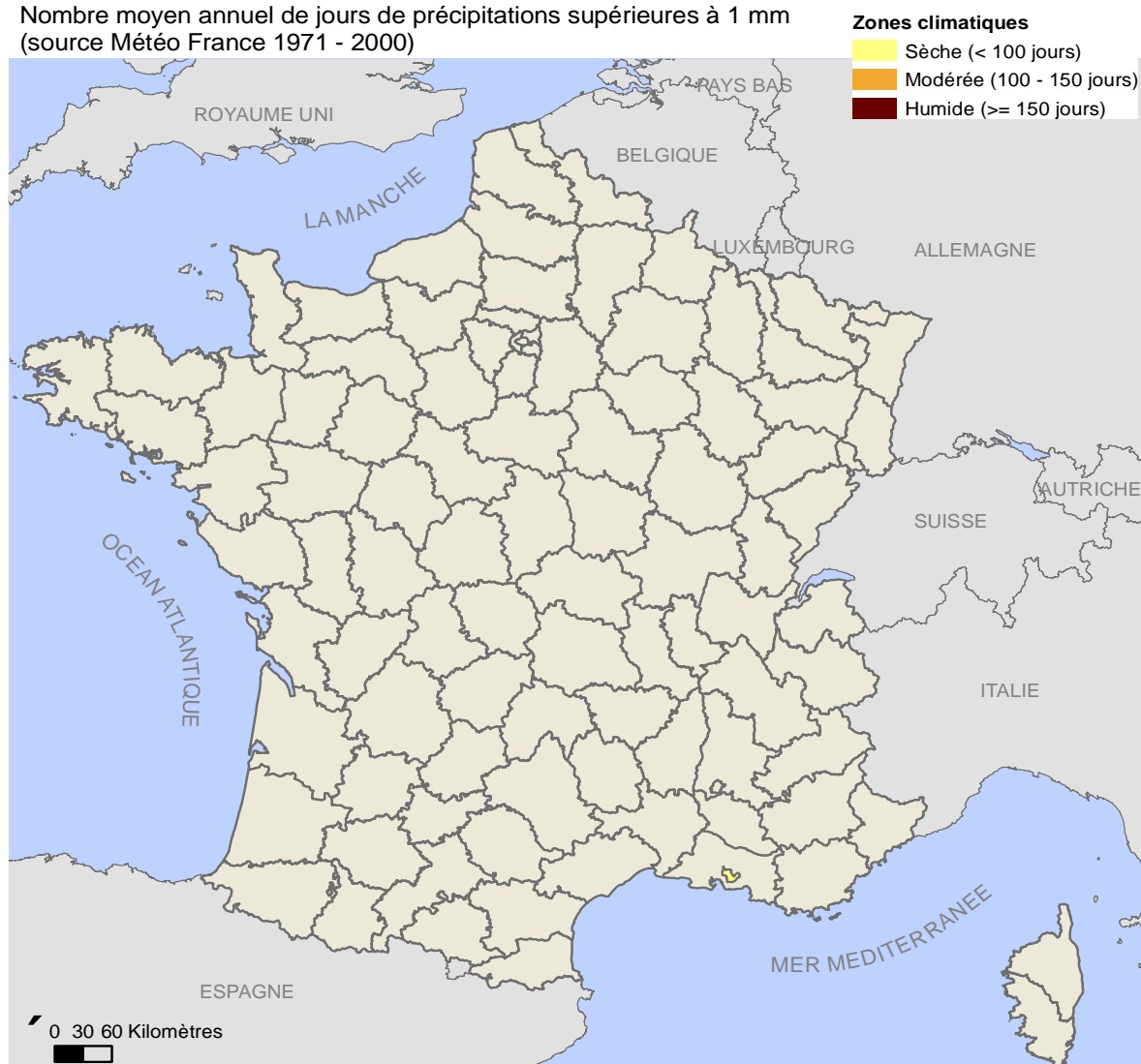
2 zones définies par une 1^{ère} approche ainsi :

- Est : $\Delta T^{\circ}\text{C} < 15,7$ °C
- Ouest : $\Delta T^{\circ}\text{C} > 15,7$ °C

Précipitation :

Source : Figure 1 du FD P 20 651 : durabilité des éléments et ouvrages en bois

Nombre moyen annuel de jours de précipitations supérieures à 1 mm
(source Météo France 1971 - 2000)

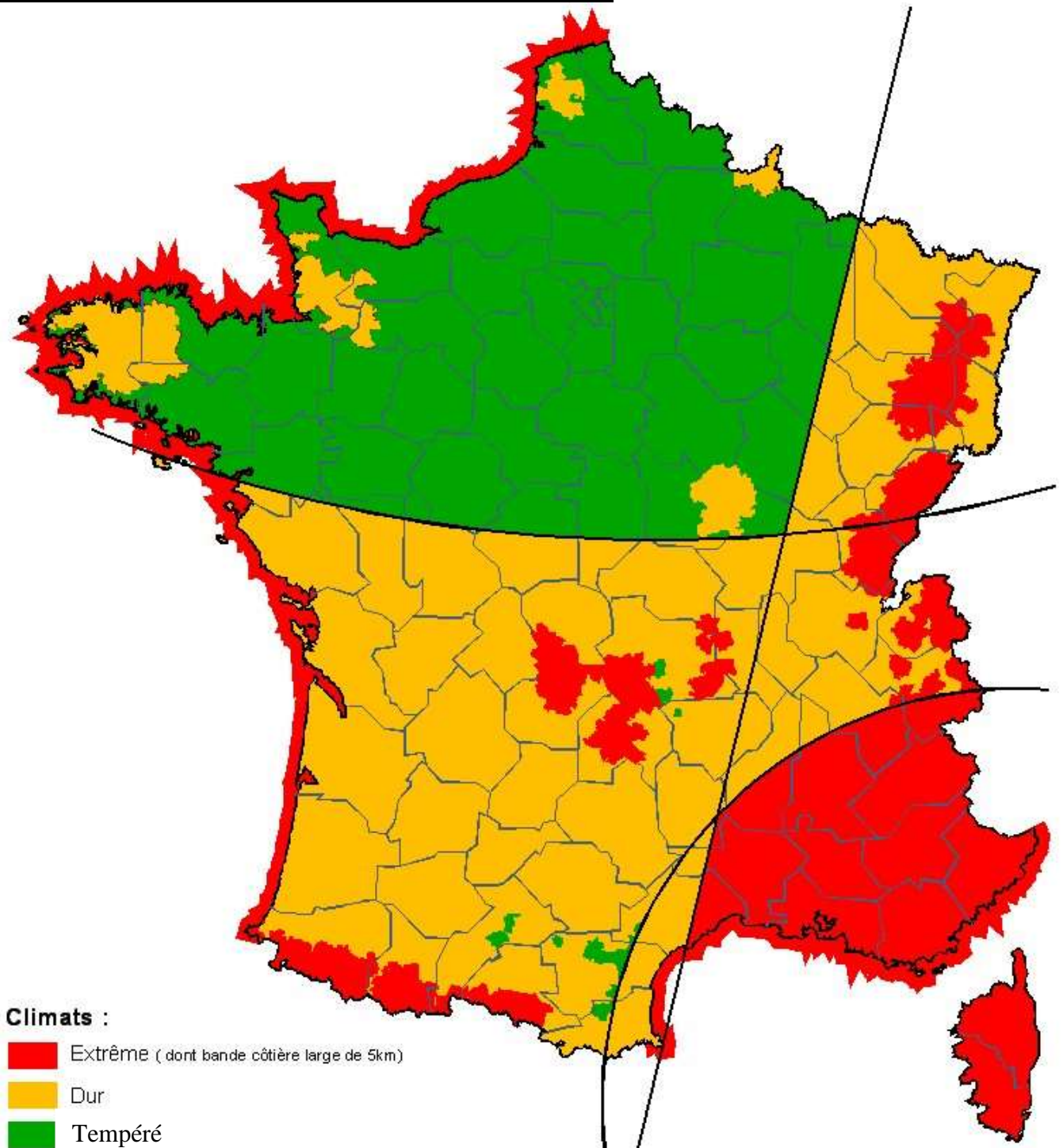


Une proposition de relations entre les facteurs influents et les conditions climatiques pourrait prendre la forme suivante :

Conditions climatiques en zone Est	Irradiation globale horizontale		
Précipitations : climat	IGH 1	IGH 2	IGH 3
Sec	Tempéré	Dur	Extrême
Modérée	Dur	Dur	Extrême
Humide	Extrême	Extrême	Extrême

Conditions climatiques en zone Ouest	Irradiation globale horizontale		
Précipitations : climat	IGH 1	IGH 2	IGH 3
Sec	Tempéré	Tempéré	Dur
Modérée	Tempéré	Dur	Extrême
Humide	Dur	Extrême	Extrême

Proposition de classification des conditions climatiques



Les zones localisées à des altitudes >800m peuvent être également assimilées à un climat extrême.

Proposition d'étude :

- Essai d'inter comparaison de VN selon EN 927-3 entre différents sites français équipés des mêmes enregistreurs de données météorologiques afin de :
 - Corroborer la proposition de carte ci-dessus,
 - Caractériser un ou des sites « de référence » en VN (à l'instar de Bandol pour les profilés PVC et de la Floride pour les profilés aluminium thermo laqué notamment de fenêtre)
 - Etablir des correspondances de durée de vie des systèmes de finition en fonction du niveau de climat.

2.3. Proposition de classification des conditions d'exposition

En définissant le facteur « climat » tel que proposé ci avant, le tableau actuellement présent sous EN 927-1 pourrait être :

Facteur	Score		
	1	2	3
Orientation	Nord Ouest à Nord Est	Nord Est à Sud Est et Ouest Nord Ouest à Nord Ouest	Sud Est à Nord Ouest
Abri	Abrité	Partiellement abrité	Non abrité
Inclinaison	Verticale	Environ 45°	horizontale
climat	Tempéré	Dur	Extrême

Score total (somme)	Condition d'exposition relative
4 à 6	Clémente
7 à 9	Moyenne
10 à 12	Sévère

Exemple :

Fenêtre en applique intérieur d'une façade orientée au nord d'une habitation située en région parisienne

- Orientation nord score 1
- Abri : Traverse Basse non abritée score 3
- Inclinaison : verticale (car TB sans nez d'appui) score 1
- Climat en région parisienne : Tempéré score 1

Score total est de $1 + 3 + 1 + 1 = 6$ correspondant à une condition d'exposition Clémente

Proposition de travail :

- Rédaction d'un guide de recommandation au niveau français, sous forme d'un Fascicule de Documentation par exemple, définissant les facteurs influents (dont la conception de la fenêtre et prise en compte des points singuliers) avec sur la performance d'un système de finition sur la base des premières propositions présentés dans ce document.

3. Etat des lieux sur des études en cours

SERVOWOOD :

Projet européen : Improved Service Life Prediction and Test Capability for Wood Coatings

L'objectif de SERVOWOOD est donc d'établir des normes européennes facilitant la prédiction de durée de vie des finitions extérieures pour bois en intégrant des zones climatiques différentes et en améliorant la capacité de prédiction des appareils de vieillissement disponibles sur le marché (QUV essentiellement). Les modèles développés permettront aux entreprises de fournir des informations sur la durée de vie de leurs produits. Le projet reçoit un fort appui du CEN/TC 139/WG2 (exterior wood coatings) qui l'a initié. Coordonné par le Conseil européen de l'industrie des Peintures, des Encres d'imprimerie et des couleurs d'art (CEPE), le projet rassemble diverses organisations professionnelles en Europe qui ont fait appel à cinq organismes de recherche (dont FCBA) pour réaliser les travaux expérimentaux.

La durée du projet est de 3 ans (2014-2016)

Partenaires :

CEPE (Belgique) : coordinateur

Associations professionnelles et entreprises: Danish coatings and adhesives association (Danemark), Federation of the European Building and Joinery Associations (Allemagne), Sustainable Building Cluster (Espagne), British Coatings Federation (Royaume-Uni), British Woodworking Federation (Royaume-Uni), George Barnsdale and Sons Ltd (Royaume-Uni), Drywood Coatings (Pays-Bas), Pausch Messtechnik (Allemagne), Overfladeteknik Maleteknisk Rådgivning (Danemark)

Partenaires R&D: FCBA (France), Holzforschung Austria

L'étude consiste notamment à réaliser

- une campagne d'essai en VN selon EN 927-3 comparative entre différents sites européens.
- modification du protocole de QUV en vue de l'optimiser (réduction du cycle ?)

WoodExter :

L'étude européenne WoodExter s'est terminée en 2011. Coordonnée par SP en Suède, le consortium comprenait 10 partenaires de recherche dont FCBA. S'inscrivant dans le cadre du réseau WoodWisdom-Net, les travaux français ont été financés par le Ministère de l'Agriculture.

Dédié aux bardages et platelages, le projet avait pour objectif global d'établir les bases du développement d'un modèle pour l'estimation de la durée de service en combinant les différents facteurs ayant une influence sur la durabilité et la durée de service : climat environnant, risque de dégradation biologique, design des composants, présence ou non de finition. Il s'agissait de préparer outils et documents pour faciliter la conception d'ouvrages performants, mais aussi de générer plus de connaissances sur la performance du bois en extérieur. L'étude comprenait un volet sur les finitions et leur comportement. Il étudiait notamment l'influence de l'épaisseur de la finition, de l'état de surface du bois, de la nature du support bois, du type de préservation. Plusieurs bois ont été approvisionnés : le pin sylvestre (EN 927-3), l'épicéa (EN 927-5), le pin sylvestre traité thermiquement, le pin sylvestre furfurylé, et le bois acétylé (pin radiata). Le vieillissement naturel conduit sur six sites d'Europe durant 24 mois montre que le taux d'humidité du bois est fortement influencé par la perméabilité de la finition et par son épaisseur. Les traitements thermique, acétylation, furfurylation permettent de réduire les reprises en eau du bois revêtus. Les tests montrent cependant qu'aucun de ces traitements n'améliore l'adhérence des finitions, certains pouvant

la diminuer. Les résultats révèlent qu'il existe un optimum de l'adhérence selon le nombre de couches, optimum qui dépend de la finition. L'adhérence sur dosse est inférieure à celle sur quartier ou faux quartier. Le bois acétylé a particulièrement bien résisté aux impacts artificiels simulant la grêle produits dans le projet alors que ceux-ci conduisent à des micro-fissures des revêtements appliqués sur les autres supports.

De nombreux résultats de WoodExter alimentent la normalisation européenne : CEN/TC 38 (durabilité) et CEN/TC 139/WG2 (finitions extérieures pour bois)

DS MENUISERIE :

Projet français financé par le CODIFAB concernant la Durée de service en œuvre pour les menuiseries en bois traité et non traité, revêtues d'une couche de finition. Cette étude prend en compte l'orientation géographique (4 points cardinaux, sur le site de Bordeaux) des produits exposés. Les produits de finition utilisés font partie des finitions testées dans le cadre de l'étude Finit 10.

L'étude consiste notamment à travailler pour :

- Confirmer le comportement (la durée de service) des bois revêtus en classe d'emploi liées à la menuiserie extérieure
- Proposer une méthodologie de diagnostic in situ, avec la notion de seuil limite d'efficacité des produits de préservation (mais aussi seuil limite pour les aspects esthétiques, y compris dégâts mycologiques, dans le cadre de FINIT10),
- Proposer des méthodes de vieillissements artificiels pour faire de la prédiction de durée de service en situation de classes d'emploi correspondant à des usages en menuiserie extérieure

Les premiers résultats ont donné :

La partie évaluation de la durée de service a permis de détecter une migration (dans le bois ou vers l'extérieur) des produits de préservation, variable suivant les essences et l'orientation des éprouvettes, et ce malgré une couche de finition non détériorée en apparence. Les examens au microscope électronique ont permis de détecter des singularités de la couche externe qui donne des pistes d'explication.

La mise au point d'une méthode d'évaluation en laboratoire a donné également des pistes de solution mais une configuration d'éprouvette manque pour expliquer tous les phénomènes.

Des actions complémentaires sont donc demandées au niveau du programme d'actions collectives géré par le CODIFAB.

Finition 10ans (FINIT 10)

Projet français réalisé par FCBA et financé par le CODIFAB sur 2012 - 2015

L'étude consiste en une aide à la mise au point de systèmes Profils de Menuiserie/ finition permettant de maintenir pendant 10 années la pérennité d'aspect des menuiseries bois en :

- Caractérisation au VN, RDA et QUV des produits de finitions déjà commercialisés et proposés comme prometteuses par les 8 fabricants de finition participant à l'étude
- Influence de la conception (profilés de fenêtre avec arête et saillie) sur la performance des systèmes.
- Proposition de CPU pour les 3 types de contrôle : matériau, process et produits fini

FINIT 10 Complément d'étude sur assemblage menuiserie : caractérisation (résistance au vieillissement) au niveau des assemblages de menuiserie. Les assemblages pris en compte et comparés seront les assemblages traditionnels collés, les assemblages mécaniques, les assemblages traditionnels avec gel de finition (bouche pore hydrofuge) sur le joint de colle. Un produit de finition opaque et un transparent seront testés, exposition en VN sur deux points cardinaux

Etude Blocage des tannins

Projet français mené par FCBA et financé par FBF et le CODIFAB

Essences riches en extractibles qui contribuent à leur durabilité, chêne et châtaignier peuvent présenter des migrations de tannins qui tachent les surfaces qu'elles soient brutes ou revêtues de finition. L'étude vise à mettre au point une méthode reproduisant l'exsudation de tannins afin de pouvoir tester objectivement des bloqueurs de tannins du marché qui seront évalués dans un deuxième temps. L'étude s'intéresse également aux méthodes de nettoyage des tannins.

Enfin l'impact de l'exsudation de tannins sur la durabilité naturelle du chêne et du châtaignier sera étudié

Etat de l'art sur la PERMEABILITE A LA VAPEUR D'EAU des peintures et vernis :

Financé par le CODIFAB, cet état de l'art vise à recenser les méthodes permettant d'évaluer la perméabilité à la vapeur d'eau des peintures et vernis et à répertorier les paramètres l'influençant.

La performance de perméabilité à la vapeur d'eau d'un système de finition influe sur :

- Transfert d'eau vapeur au travers des profilés bois de fenêtre (de l'intérieur vers l'extérieur quand l'ambiance intérieure est ponctuellement « insalubre »)
- Le séchage du bois vers l'extérieur après absorption d'eau liquide ponctuelle (précipitation).

4. Prédiction de la durée de service des systèmes de finition

4.1. Correspondance entre vieillissement naturel et la durée de service en condition d'exposition réelle

A ce jour, il n'existe pas de référentiel établissant des correspondances avérées entre les temps de cycles en VN (impact des conditions climatiques de la localisation du site d'essai) et la durée en service du système de finition dans l'ouvrage.

Sur la base de l'expertise acquise lors de :

- l'élaboration des Dossiers Techniques d'évaluation de certains systèmes de finition,
- du suivi de la certification NF Fenêtre Bois,
- et d'étude de chantier en expertise

FCBA estime que 1 cycle de 1 an de VN selon EN 927-3 réalisé en climat « extrême », tel que le site d'essai de FCBA Bordeaux, correspond à au moins 2 ans de vieillissement sur une fenêtre mise en œuvre dans une habitation localisée en condition d'exposition « sévère ».

Remarque : l'exposition est plus contraignante en VN que pour un ouvrage intégré dans une façade car l'échantillon VN normalisé, non protégé par le système de finition en sous face, est en pleine exposition.

Proposition d'études :

L'objectif à atteindre, suite à des études expérimentales et des suivis de chantier, serait la validation du tableau ci-dessous.

Identification du niveau de finition selon NF P 23 305	Temps du cycle de VN (EN 927-3) réalisé sur un site en climat extrême et pour lequel le résultat permet un classement « stable » selon EN 927-2	Délai de rénovation du système de finition en fonction des conditions d'exposition (*)		
		Sévère	moyen	clément
4	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
5	2 ans	4 ans	6 ans	8 ans
6	3 ans	(6 ans)	(8 ans)	(10ans)
7	4 ans	(8 ans)	(10 ans)	(12 ans)
8	5 ans	(10 ans)	(12ans)	(15 ans)

Appréciation du délai de rénovation du système de finition

(*) rénovation est nécessaire avant l'apparition de dégradations de la finition de type cloquage, farinage, adhérence, craquelage (hors aspects esthétique du type perte de brillance / teinte) et hors prise en compte des points singuliers des profilés de fenêtre (assemblage, arête,...).

() peu d'essai en VN 927-3 de temps de cycle 3 ans ont été réalisé, il convient de valider les valeurs via des études expérimentales.

4.2. Les systèmes de certification et/ou de garantie fabricant

Chaque label et/ou concept de finition, indépendamment les uns des autres, apporte une qualification de la finition.

Il s'agit de labels définis individuellement, tels que :

- Le concept Naboco (www.naboco.fr)
- Le label Remmers System Garantie (www.remmers.de)
- Le concept Longlife de Sikkens (<http://www.sikkens-wood-coatings.fr/fr/longlife.html>)
- Certification conjointe entre les 2 laboratoires Italien et Allemand CATAS-WKI basée sur les normes EN 927 (<http://www.catas.com/en/certifications/catas-wki-premium-plus>)

Ces concepts ou labels se basent sur un respect de spécifications portant sur les produits de finition, la conception de la fenêtre et des modes de fabrication et d'application, une formation des opérateurs du menuisier, un contrôle de CPU, des exigences d'entretien de la finition par le client final.

Hormis les tests EN 927 utilisés pour la certification CATAS WKI, FCBA ne réalise pas d'évaluation dans le cadre de ces labels ou concepts et n'est donc pas en mesure d'émettre d'avis sur les performances des systèmes proposés.

Dans le cadre de la Certification NF fenêtre bois et porte extérieures, la performance des systèmes de finition « finis » appliqué sur fenêtre bois correspond à un niveau 4 minimum selon NF P 23 305 (niveau garantie biennale). Des essais de qualification et surveillance initiales ainsi que les autocontrôles en cours de fabrication sont réalisés conformément au référentiel de certification et suivis par l'organisme certificateur FCBA.

5. Proposition de démarche d'évaluation de la finition

Ci après, une proposition d'une démarche de qualification d'un système de finition de fenêtre bois.

<p>Fabricant de peinture</p> <p>Phase R&D</p> <p>formulation de la peinture</p>	<p>Etape 1 :</p> <p style="text-align: center;">Système de finition + support bois référent</p> <p>Qualification initiale</p> <ul style="list-style-type: none">en VN selon EN 927-3 (site d'essai de conditions climatiques bien définies) sur l'échantillon normalisé dans l'essence de bois de référence selon NF P 23 305. Exigence : stable selon EN 927-2 Qualification en VA par QUV reste facultativedes propriétés mécaniques des finitions <p><i>Les éventuels aspects biologiques (bleu, moisissures) doivent être qualifiés en ETI séparément ou non selon NF EN 152.</i></p> <p><i>Mode d'évaluation possible : Dossier Technique Finition de FCBA</i></p>
<p>Menuisier</p> <p>Phase développement de la fenêtre</p>	<p>Etape 2 :</p> <p style="text-align: center;">Système de finition + support bois du menuisier + process du menuisier</p> <p>Qualification initiale en QUV selon EN 927-6 sur l'échantillon normalisé dans l'essence de bois du menuisier et avec le process du menuisier. Exigence : stable selon EN 927-2</p> <p><i>Mode d'évaluation possible : Dossier Technique Finition de FCBA</i></p>
<p>Menuisier</p> <p>Phase fabrication et commercialisation de la fenêtre</p>	<p>Etape 3 :</p> <p style="text-align: center;">Système de finition sur le concept de fenêtre du menuisier</p> <p>Surveillance initiale en VN selon cahier L161 sur un site d'essai de référence sur châssis représentatif du concept de fenêtre et des points singuliers. Exigence : stable selon EN 927-2 + constat sur bleu, moisissures, tanins</p> <p>Qualification des points singuliers en RDA envisageable en pré évaluation ?</p> <p>Etape 4 :</p> <p style="text-align: center;">Fenêtre bois Finie en production</p> <p>Contrôle Production Usine :</p> <ul style="list-style-type: none">Contrôle à réception et des conditions stockage des produits de peinture (viscosité, nuance, extrait sec..)Contrôle process : ép.film humide et grammage, teinte, T° séchage...Contrôle de qualité sur produit fini :<ul style="list-style-type: none">existence solution pertinente et rapide du type mesure physico chimique du film ?sinon la RDA peut être une solution pour vérifier la qualité de l'adhérence du système de finition sur le bois.

6. Conclusion

A l'instar des 2 autres matériaux utilisés en profilés de fenêtre, l'aluminium et le PVC, la fenêtre bois a besoin de développer et fiabiliser ses méthodes en matière d'évaluation des performances et prédiction de durée de vie des finitions.

Ce document est à la fois un état des lieux comportant des orientations et propositions restant à valider et des axes de progrès à mener via de nouvelles études.

La RDA, équipement essentiellement utilisé en France, est un outil suffisant pour l'évaluation de l'adhérence après vieillissement en ETI des menuiseries « à finir » mais qui sont de moins en moins commercialisées, à l'inverse des fenêtres bois « finies ».

La RDA reste un moyen de contrôle en CPU de la qualité de l'application du système de finition avec un temps de réponse d'au moins 6 semaines qui limite son efficacité pour des ateliers à forte production. Le contrôle des paramètres tels que extrait sec, viscosité, épaisseur film humide (définis dans l'étude FINIT 10) reste le moyen le plus réactif à l'heure actuelle.

La RDA est assurément moins performante pour évaluer les performances de résistance au craquelage et à l'écaillage qui sont les principaux critères de classification du niveau de protection du bois apportés par le système de finition.

Le complément d'étude Assemblages de FINIT 10 nous indiquera si une pré-évaluation de points singuliers de fenêtre via RDA est pertinent.

Proposition d'étude :

- Etude de faisabilité de modification de la roue RDA (modification équipement et/ou du cycle) dans le but de la rendre pertinente pour pré-évaluer la performance en vieillissement de système de finition pour fenêtre « finies » au même titre que le QUV.

Le VA en QUV donne une bonne indication des performances à long terme, exceptés pour les aspects biologiques (bleu et moisissures). Mais c'est un procédé qui nécessite encore un temps d'expérimentation long (≥ 12 semaines). L'étude Servowood en cours s'intéresse, entre autres, à l'étude de cycles modifiés par rapport au cycle actuel du QUV (NF EN 927-6).

Proposition d'étude :

- Valider le fait que le QUV puisse être considéré comme un outil d'évaluation en ETI pour le menuisier à partir du moment où un VN a été évalué préalablement (voir §5)
- Approfondir les connaissances sur les propriétés physico-chimique du film de finition pour bois extérieur et envisager des études permettant de corréliser les propriétés avec les performances au vieillissement.
- Etude comparative entre VN et un autre procédé de VA du type « radiant + pulvérisation »

Le VN reste le protocole de vieillissement de référence qui permet de révéler les aspects biologiques (moisissures, tanins, bleu,..) en plus des critères de tenue de la finition (écaillage, adhérence,..). L'étude Servowood en cours a pour objectif d'évaluer l'impact du climat du site d'essai sur la performance du système de finition qui apparaît importante au vu de notre expérience. De plus, il convient d'adapter cet outil aux particularités des fenêtres.

Proposition :

- Valider au niveau de la commission française de normalisation « fenêtre bois » le protocole de VN selon cahier L161 (présenté au §1.2.2) et ainsi alimenter une démarche d'évaluation de la finition comme présenté au §5.
- Besoin d'affiner, par une étude expérimentale, la cohérence des durées de vieillissement de QUV et VN pour les niveaux 6,7 et 8 de finition complété définis par la NF P 23 305.

La classification des systèmes de finition selon les conditions d'exposition est un outil d'aide à la prescription des produits. Cela permet d'affiner la connaissance des performances attendues et du délai de surveillance avant le 1^{er} entretien en fonction des conditions d'exposition dans l'ouvrage. Pour cela, il est nécessaire d'établir une correspondance entre les performances obtenues par les moyens d'évaluation normatif (QUV, VN,...) et celle obtenues dans l'ouvrage « réel ».

Proposition d'étude :

- Une campagne d'essais de VN EN 927-3 en inter comparaison entre différents sites maillant la France permettrait :
 - o d'alimenter la proposition de classement des conditions climatiques et d'exposition tel que présenté au §2 et ainsi alimenter la rédaction d'un guide (sous forme de Fascicule de Documentation par exemple) définissant les facteurs influents sur la performance et la durée de service associée dans l'objectif de prescription d'un système de finition.
 - o Répertorier et identifier des sites « de référence » en VN.

A ce jour, en France comme ailleurs, il n'existe pas de référentiel établissant des correspondances avérées entre les temps de cycles en VN (impact de la localisation du site d'essai à prendre en compte) et la durée de service dans l'ouvrage.

Proposition d'étude :

- Etude expérimentale afin d'établir des correspondances de durée de service en fonction du niveau de climat et du temps de vieillissement en VN (voir proposition de tableau au §4.1).

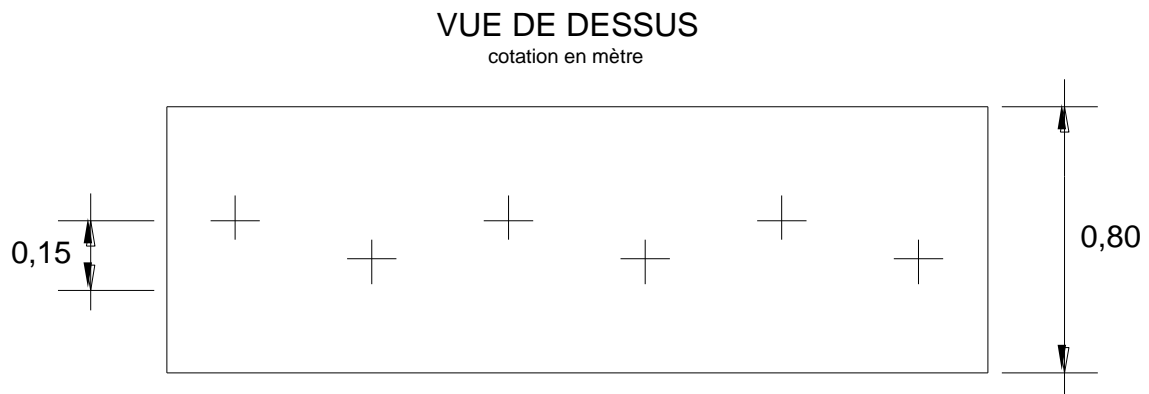
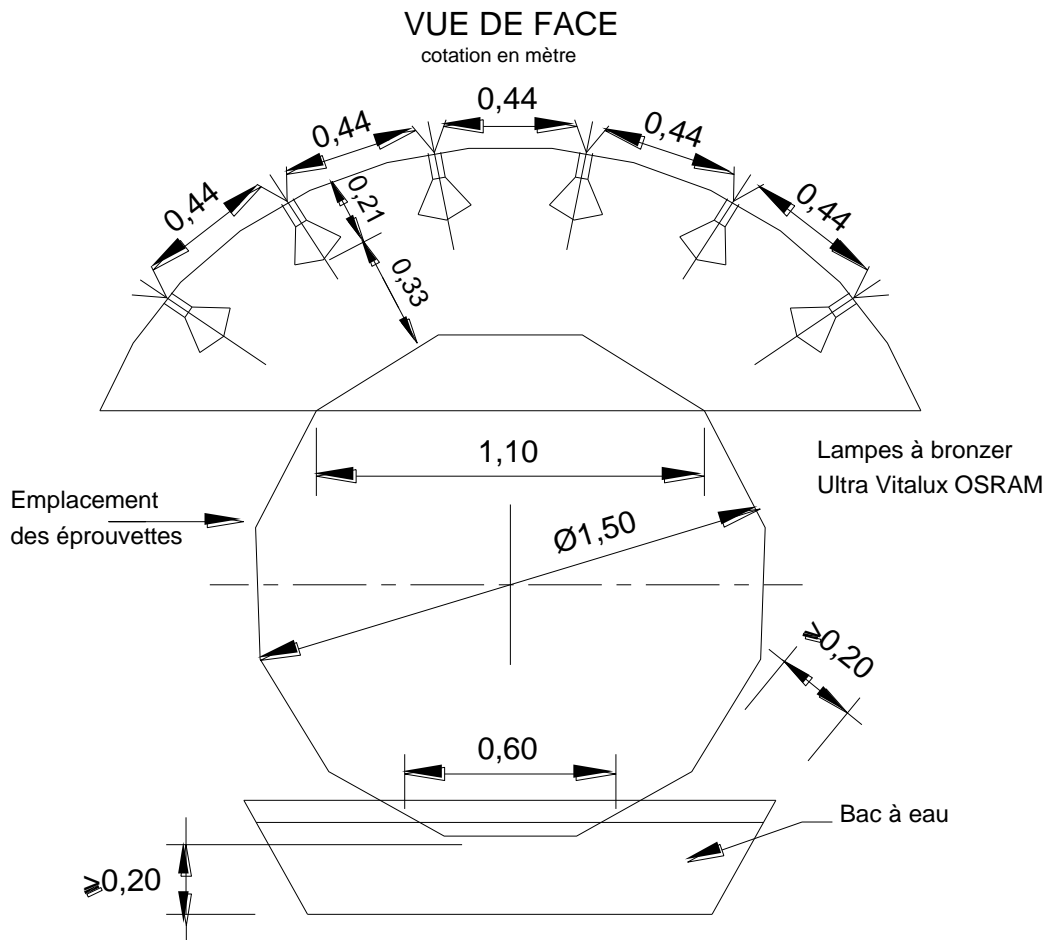
ANNEXES

Annexe 1 : Protocole de la Roue de Dégradation Artificielle (RDA)

Le protocole présent dans le cahier CTBA L 161 a été repris en Annexe G de la norme NF P 23-305 de décembre 2014.

Equipement

Il s'agit d'une roue motorisée, d'un diamètre de 1,50 m.



Les lampes UV-IR sont de type ULTRA-VITALUX OSRAM de 300 W de puissance, et sont changées toutes les 1000h de manière à avoir un rayonnement aussi constant que possible.

L'eau est changée dans un délai de 3 semaines de cycles maximum.

NOTE Sur trois semaines, la durée d'irradiation est de 185 h environ

Echantillonnage

Une éprouvette est un élément en bois revêtu du système de finition à qualifier ; de longueur 300mm, largeur 60 mm minimum, épaisseur supérieure à 10 mm (par exemple traverse de châssis ouvrant)

Les éprouvettes à essayer sont fixées à l'aide de deux vis sur la circonférence d'une roue animée d'un mouvement de rotation continu. Elles sont exposées successivement aux différentes sollicitations qu'elles rencontrent durant une rotation complète.

Cycle

Le cycle de base de 90 minutes correspond à 1 tour de RDA :

- ✓ 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 condition du laboratoire.

Le nombre de cycle d'essai à la RDA est donné par nombre de semaine à réaliser en fonction du niveau de la finition à évaluer.

A l'issue de cette exposition, les éprouvettes sont stabilisées 1 semaine dans une ambiance de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $65\% \pm 5\%$ d'humidité relative.

Annexe 2 : Détermination du facteur de protection apporté par la construction

Le texte ci après, extrait de la NF P 23 305, permet de compléter le niveau « abri » défini par EN 927-1 et de l'harmoniser avec les pratiques françaises.

Il est pris pour hypothèse que toutes les façades d'une construction sont pleinement exposées aux vents de pluie dominants.

Le facteur de protection est destiné à définir une zone supérieure de la façade pour laquelle les éléments en bois sont abrités.

La présence d'un débord de toiture ou d'une protection rapportée de largeur D permet de protéger la partie supérieure d'une façade sur une hauteur H prise depuis le niveau du débord.

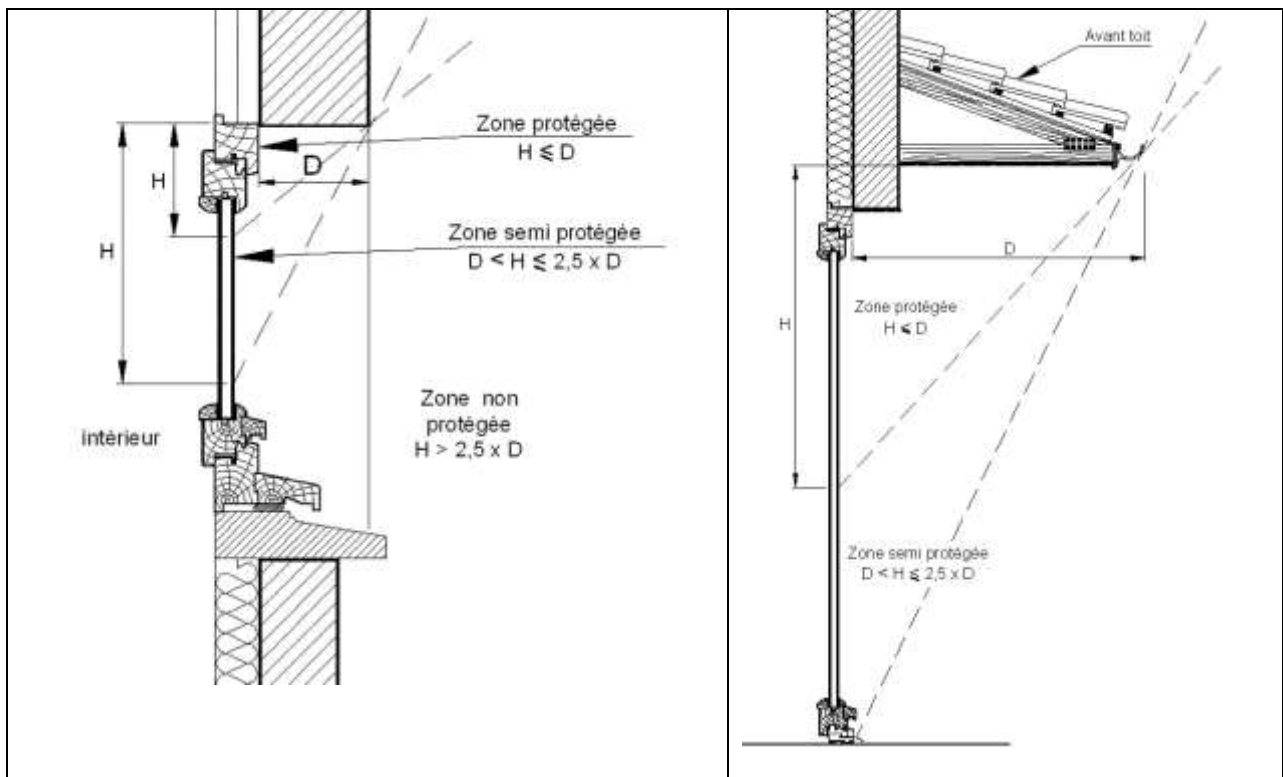
- lorsque les façades sont exposées aux vents de pluie dominants, la valeur H est :

$$H = 2,5 D \quad \text{SEMI PROTEGE}$$

ou

$$H = D \quad \text{PROTEGE}$$

D = protection apportée par un débord de toiture, une coursive, ou par l'épaisseur du mur dans le cas de fenêtres posées au nu intérieur.



Protection apportée par la construction

Annexe 3 : Programme ARWOOD (1996-2000)

Synthèse

Le programme européen Arwood (1996-200) avait pour objectif la mise au point d'un cycle de vieillissement artificiel des finitions extérieures pour bois.

Parmi les partenaires du projet, seul FCBA était équipé de roues RDA (et d'un QUV). Les autres partenaires possédaient des appareils à lampes Xénon et/ou des QUV.

Une phase du projet a comparé le vieillissement produit par la **roue RDA** avec différents cycles de vieillissement produits sur des appareils à lampes Xénon (méthode ISO 11341 avec variantes). Les résultats montrent qu'à même durée, le vieillissement produit par la roue (lampe à vapeur de mercure) n'est pas aussi sévère que celui produit par les appareils à lampes Xénon. De plus, les cycles de ces appareils, s'ils ne contiennent pas suffisamment de périodes humides, affectent la surface exposée en la brûlant plutôt qu'en la faisant vieillir.

Le prix d'achat des appareils à lampes Xénon étant élevé, le consortium d'Arwood a travaillé sur le développement d'un cycle de vieillissement réalisé sur un appareil de type **QUV** (moins cher) équipé de lampes fluorescentes afin que la méthode retenue soit accessible à un plus grand nombre.

Le QUV, utilisé en particulier dans le domaine de la peinture pour carrosserie automobile, avait déjà fait par le passé l'objet d'une modification pour le rendre plus adapté aux finitions pour bois. Des travaux menés à l'EMPA (partenaire d'Arwood) ont en effet conduit le fabricant à inclure des buses de pulvérisation dans l'appareil qui jusque là ne permettait pas de faire de la pulvérisation d'eau, mais uniquement de la condensation.

Le projet Arwood a testé 7 cycles QUV développés par le consortium et rassemblés dans le **Tableau 1**. Ces cycles émanent de procédures normalisées et/ou de l'expérience des partenaires.

Les cycles 1 à 3 étaient des variations de cycles de développement précédent sur les QUV de certains partenaires, incluant à la fois de la condensation et de la pulvérisation. Les différences portent sur la durée des différentes options.

Les cycles 4 et 5 étaient basés sur des recommandations dans des normes existantes et utilisaient uniquement de la condensation et de l'irradiation. Seul le type de lampes variait.

Les cycles 6 et 7 incluaient des options supplémentaires (congélation, trempage) dans le but d'accroître la sévérité du test.

Tableau 1: les cycles testés en QUV dans l'étude ARWOOD

Partner	cycle	Exposure cycle	Duration of 1 cycle	Total exposure time
WKI	1	[-24h condensation (45°C)] ¹ -(3h UV-340nm then 1h Spray) during 120h -48h stored outside device (ambient conditions)	7 days	1860 hours
EMPA	2	-24h condensation (45°C) -(5h UV-340nm then 1h Spray) during 96h	5 days	2033 hours
GORI	3	-24h condensation (45°C) -(5h UV-340nm then 1h Spray) during 144h	7 days	2016 hours
BRE	4	-4h condensation (40°C) -4h UV-351nm	8 hours	2000 hours
Tikkurila and VTT	5	-4h condensation (40°C) -4h UV-340nm	8 hours	1500 hours
CTBA	6	-48h freezing (-20°C) -24h condensation (45°C) -(3h UV-340nm then 1h Spray) during 96h	7 days	2016 hours
Traetek	7	-24h freezing/soaking in water ² -(4h condensation (40°C) then UV-340nm) during 72 hours -72h Soaking in water	7 days	2016 hours

Notes :

¹ 24h condensation only once at start of exposure

² 2h freezing + 2h Soaking + 2h freezing + 18 h Soaking



Figure 1: Réponse des 7 cycles sur une lasure alkyde d'imprégnation (témoin non vieilli à gauche)



Figure 2: Réponse des 7 cycles sur le bois nu - pin sylvestre- (témoin non vieilli à gauche)

Les figures ci-dessus montrent clairement que des cycles de vieillissement basés uniquement sur de la condensation et de l'irradiation ne sont pas adaptés pour reproduire le vieillissement du bois avec et sans finition. Les cycles reproduisant au mieux le vieillissement naturel incluent à la fois de la condensation et de la pulvérisation²

Les options congélations et trempage n'améliorent pas la sévérité du test.

Il a été montré que le taux d'humidité des échantillons augmentait durant la phase condensation et que la phase de spray favorisait l'érosion.

Le groupe a alors élaboré le cycle « optimisé » ci-dessous et en a testé sa répétabilité et reproductibilité qui ont été jugées bonnes.

Tableau 2: cycle de test amélioré

step	function	temperature	duration	remark
1	condensation	45°C	24 h	
2	subcycle step 3+4		48x	
3	UV	60°	2.5 h	UVA-340nm
4	spray		0.5 h	6-7 liters/min, UV light off
5	Go to step 1			
total (1 cycle)			168 h	
repetition of cycle = 12 x (i.e. 12 weeks)				
total duration exposure = 2016 h				

C'est ce cycle qui depuis a été introduit dans la norme EN 927-6 parue pour la première fois en 2006.

Ce cycle est actuellement largement utilisé en Europe pour tester les performances des finitions extérieures pour bois.

² L. Podgorski, M. Arnold, G. Hora. A reliable artificial weathering test for wood coatings. Coatings World, 39-48, February 2003.

Comparaison des variations du taux d'humidité du bois durant le vieillissement artificiel au QUV et le vieillissement naturel:

L'étude Arwood (1996-2000) a étudié les variations du taux d'humidité de bois revêtus de finitions durant les deux premières semaines de QUV.

Des échantillons de pin sylvestre recouverts de différentes finitions :

A = peinture acrylique

B = peinture alkyde

C = Produit de Comparaison interne **PCI** (lasure alkyde)

D = lasure acrylique

La **Figure 3** montre les variations du taux d'humidité en fonction du temps de vieillissement pour les échantillons recouverts des finitions A, B, C et D.

La figure du haut (cycle = 1) montre les résultats obtenus durant les 168 premières heures dans le QUV (semaine 1).

La figure du bas (cycle = 2) montre les résultats obtenus durant les 168 heures suivantes (semaine 2).

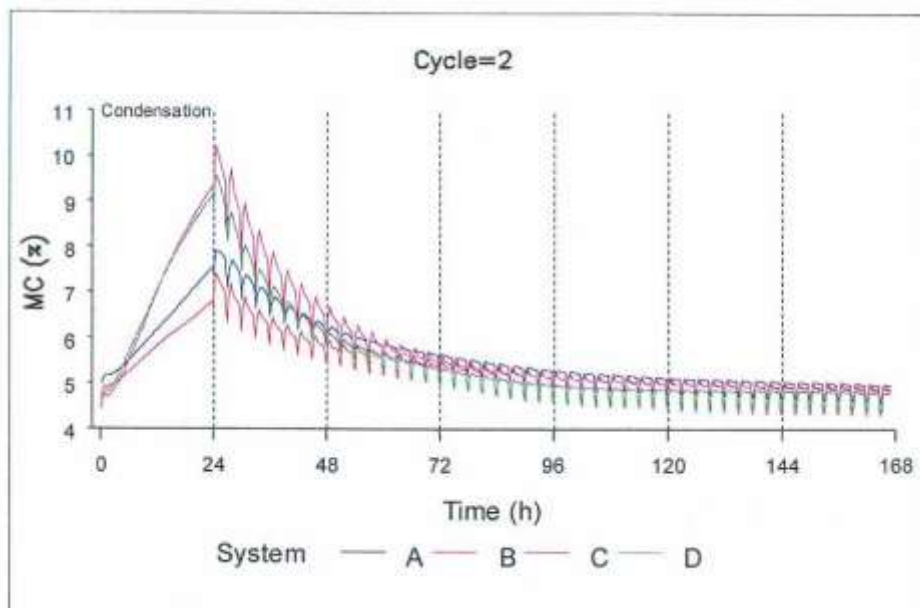
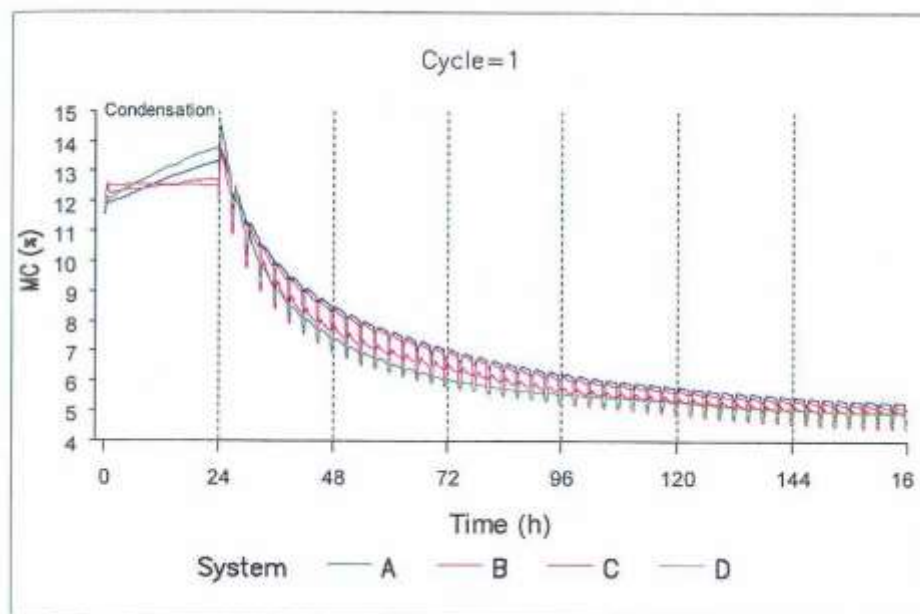


Figure 3: Variations du taux d'humidité du bois recouvert de différentes finitions durant la première (cycle 1) et la deuxième (cycle2) semaine de vieillissement artificiel dans le QUV

Durant les 24 premières heures de condensation (cycle 1), le taux d'humidité du bois augmente. Ensuite les échantillons commencent à sécher avec les alternances d'UV (+ température) et pulvérisation. Le taux d'humidité le plus haut (15%) est atteint à la fin de la phase de condensation dans le premier cycle. Le point le plus sec (environ 5%) est obtenu après 4 jours supplémentaires et se maintient à ce niveau durant les 2 jours restants.

Durant le premier cycle (commençant avec des échantillons conditionnés à 12% d'humidité), la condensation initiale a peu d'effet sur le taux d'humidité. La plus grande perméabilité des finitions acryliques (A, D) comparées aux finitions alkydes (B, C) est visible.

Le point le plus humide (environ 10%) est atteint à la fin de la phase de condensation.

Dans les cycles suivants, la condensation initiale apporte une plus grande augmentation du taux d'humidité puisque le cycle commence avec un taux plus bas d'humidité des échantillons. L'augmentation du taux d'humidité avec les lasures (C, D) est plus rapide et termine à un niveau plus élevé que celui des peintures (A, B). Durant le séchage les différences entre les finitions sont faibles et on atteint un point final similaire (environ 5%) à la fin du cycle, dès lors que les finitions ne présentent pas de craquelage.

Etudier les variations du taux d'humidité de ces mêmes bois revêtus n'avait pas été possible durant le projet Arwood.

Cependant plus récemment, l'étude WoodExter (1997-2011) s'est intéressée aux variations du taux d'humidité d'échantillons de pin sylvestre recouvert de différentes finitions dont le **PCI** (aussi étudié dans Arwood) et exposés sur différents sites d'Europe : Vienne (Autriche), Gand (Belgique), Göttingen (Allemagne), Bordeaux (France), Watford (Royaume-Uni).

La **Figure 4** montre les résultats obtenus sur une période de deux années³.

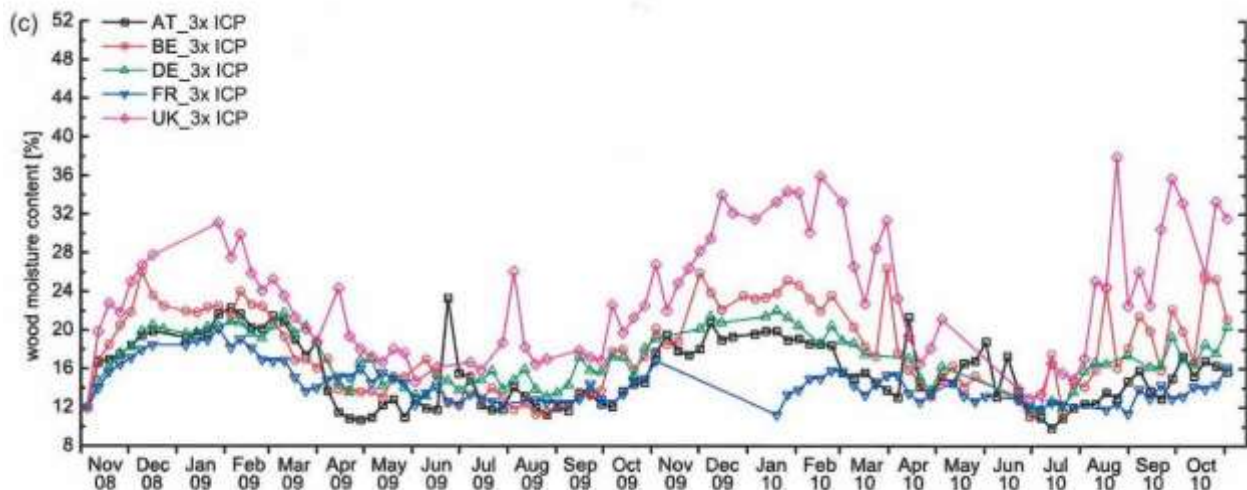


Figure 4: variations du taux d'humidité des échantillons de pin sylvestre recouvert de PCI (3 couches) durant deux ans d'exposition sur 5 sites d'Europe

³ G. Grüll, M. Truskaller, L. Podgorski, S. Bollmus, I de Windt, E. Suttie. Moisture conditions in coated wood panels during 24 months natural weathering at five site in Europe. Wood Material Science and Engineering, 2013.

Comparativement à la Figure 3, le taux d'humidité du bois peint est plus important durant le vieillissement naturel que celui mesuré dans le QUV. Le site d'exposition influence les variations et les plus forts taux d'humidité sont obtenus sur le site anglais en particulier durant l'hiver. Entre les autres sites les différences dans le taux d'humidité du bois sont plus faibles durant le premier hiver, et plus larges durant l'été et le second hiver

Pour ces 5 sites, les variations du taux d'humidité du bois nu (sans finition) est visible dans la Figure 5.

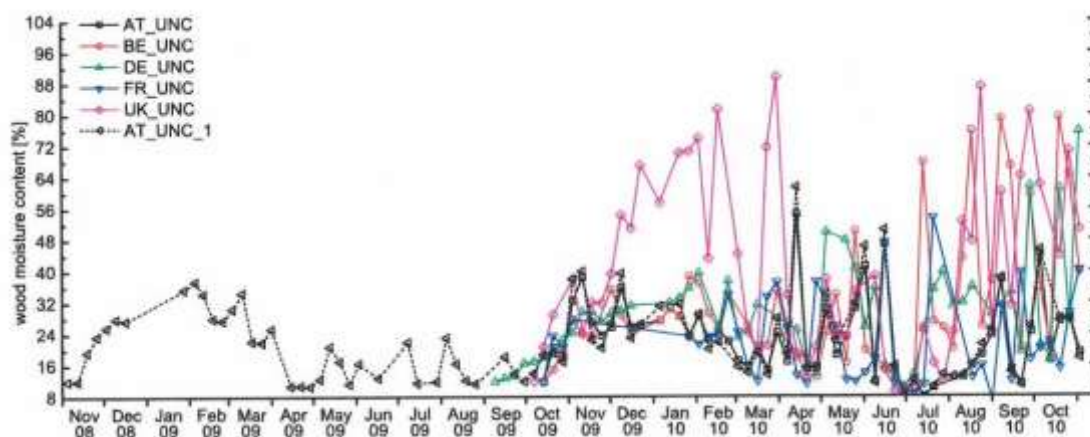


Figure 5: Variation du taux d'humidité du bois nu durant le vieillissement naturel sur 5 sites d'Europe

Les données météorologiques concernant le site de Bordeaux et le site anglais sont résumées dans la

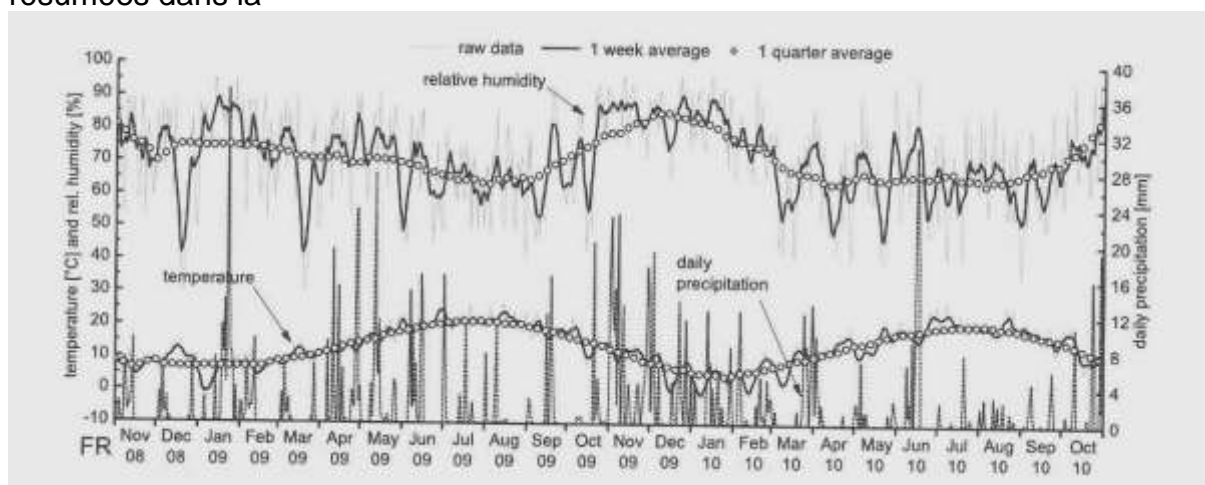


Figure 6: Données météorologiques (Température, humidité relative, précipitation) pour le site de Bordeaux

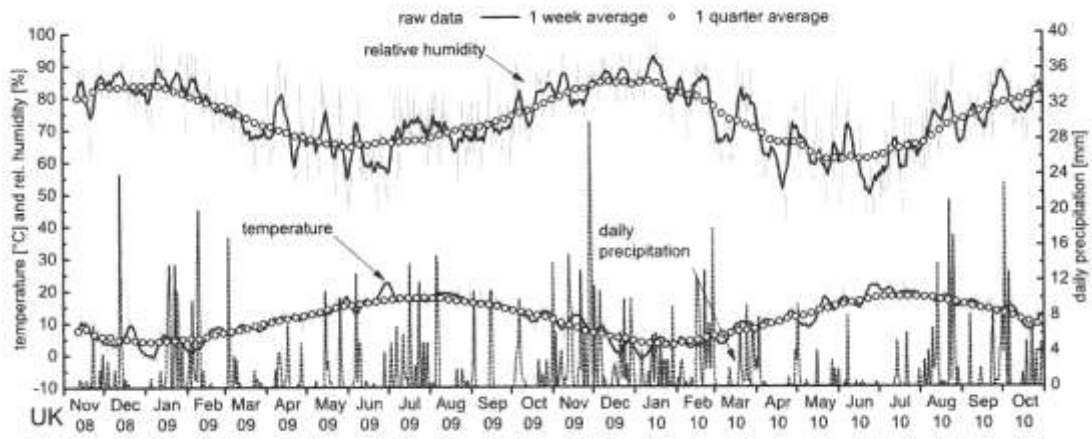


Figure 7: Données météorologiques (Température, humidité relative, précipitation) pour le site de Watford (UK)

Annexe 4 : Etude ignifugation (1998-2002)

Etude réalisée par le CSTB et FCBA.

Cette étude ayant nécessité de faire vieillir de grandes surfaces, l'utilisation de la roue ou du QUV était inadaptée. Il a donc été décidé d'opter pour le panneau radiant (Figure 3). Cet appareil est essentiellement utilisé pour réaliser des essais de sollicitations en variations dimensionnelles des menuiseries (portes, fenêtres). Il permet de réaliser des cycles d'humidité-séchage, à base d'aspersion et d'irradiation IR. Dans l'étude Ignifugation, on a donc adapté cet appareillage en remplaçant les lampes IR par des lampes à rayonnement mixte UV-IR (lampes de la roue de dégradation).

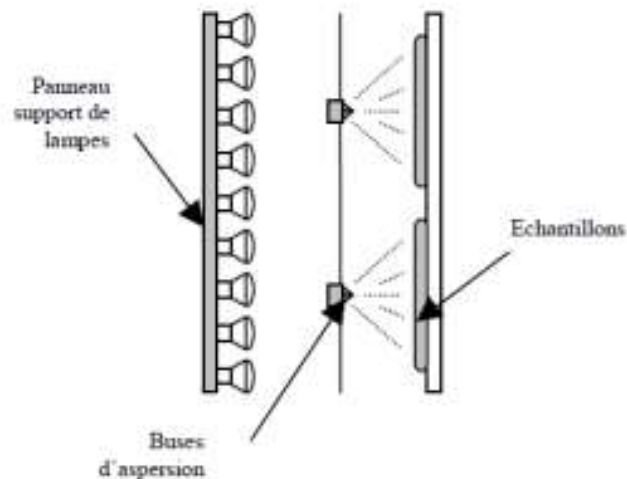


Figure 3: Représentation schématique du panneau radiant

Des échantillons de pin sylvestre sans aucun revêtement ont été exposés en vieillissement artificiel à la roue pendant 6 semaines. Un deuxième lot similaire a été exposé au QUV pendant 12 semaines selon EN 927-6. Enfin, un troisième lot a été exposé au panneau radiant en utilisant un cycle de 4 heures d'aspersion suivies de 4 heures d'irradiation (UV-IR). Ce cycle a été répété sur une durée totale de 8 semaines soit 1344 heures. La **Figure 4** compare l'aspect des éprouvettes.

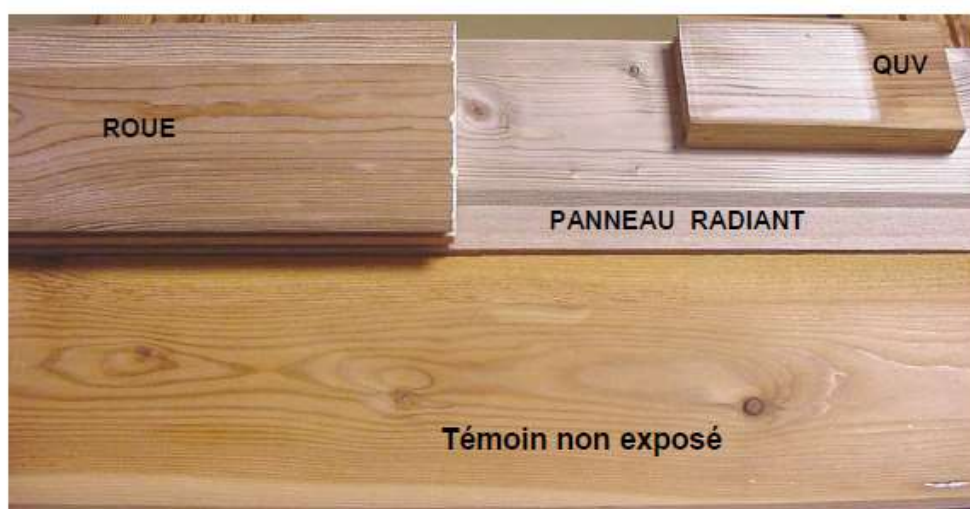


Figure 4 : Comparaison d'états de surface de Pin sylvestre brut vieilli à la roue (6 semaines), au QUV (12 semaines) et au Panneau radiant comparativement à un témoin non exposé.

Cette figure montre que les cycles et durées associées au panneau radiant et au QUV conduisent à un grisaillement prononcé que 6 semaines de roue ne reproduisent pas.

Annexe 5: Etude perméabilité à l'eau liquide des finitions (2010-2012)

Etude financé par le CODIFAB menuiserie

Dans cette étude, le vieillissement produit par la **roue** (6 semaines), le **QUV** (cycle EN 927-6 durant 6, 8 et 11 semaines) et le **vieillissement naturel** (1 an à 45° face sud, à Bordeaux) ont été comparés quant à leur influence sur la perméabilité à l'eau liquide de finitions. Les expérimentations ont également inclus des mesures d'absorption d'eau des surfaces non revêtues de finition.

D'une façon globale, sur bois nu, les deux vieillissements artificiels (roue et QUV) reproduisent les tendances observées en vieillissement naturel : les surfaces de bois nus absorbent plus d'eau du fait du vieillissement ⁴. Cependant on constate que 1000 heures de roue (6 semaines) aboutissent à des surfaces de bois nus absorbant moins d'eau que celles exposées un an en vieillissement naturel, elles-mêmes absorbant moins d'eau que les surfaces nues exposées 1000 heures au QUV et plus.

Le Tableau 3 montre le pourcentage d'augmentation de l'absorption d'eau des bois nus (sans finition) produit par les différents vieillissements.

Tableau 3: pourcentage d'augmentation de l'absorption d'eau de bois nu produit par les vieillissements

	Roue 1000 h	VN (1 an)	QUV 1000 h	QUV 1500 h	QUV 1850h
chêne	≈ 25%	54%	86%	Non testé	102%
épicéa	25%	59%	106%	73%	71%
sapelli	0%	12%	28%	Non testé	60%

Le tableau montre des résultats différents selon les essences.

Pour chêne et épicéa, le pourcentage d'augmentation de l'absorption d'eau produit par la roue est environ égal à la moitié de celui produit par 1 an de VN. Celui produit par le QUV est grossièrement le triple de celui produit par la roue.

Sur bois finis, du point de vue de l'aspect des éprouvettes, on constate également que le vieillissement à la roue (6 semaines) est moins sévère que le vieillissement au QUV (11 semaines étudiées ici), lui-même plus sévère qu'un an de vieillissement naturel.

Les photos ci-dessous extraites de cette étude comparent les vieillissements sur bois nus et sur bois finis.

⁴ L. Podgorski, S. Collignan, J.D. Lanvin. Influence of artificial and natural weathering on water uptake of wood surfaces with and without coating. 8th International Woodcoatings congress, Paper 23, 14 pages, October 2012.

	Témoin	Roue	VN	QUV 6	QUV11
Chêne					
Epicea					
Sapelli					

Figure 5: Vieillissement des bois nus

	0	Roue	VN	QUV6	QUV11
Chêne					
Epicéa					

Figure 6: Vieillissement d'une lasure transparente en phase solvant
















	Témoin	Roue	VN	QUV6	QUV11
Chêne					
Epicéa					
Sapelli					

Figure 7: Vieillissement d'une lasure transparente en phase aqueuse






	Témoin	Roue	VN	QUV6	QUV11
Sapelli					

Figure 8: Lasure industrielle transparente

Ces photos montrent que la sévérité du vieillissement dépend de l'essence et du produit testé. Dans le cas de la lasure en phase aqueuse sur chêne (Figure 7), 6 semaines de QUV sont plus sévères que 6 semaines de roue.

Par contre dans le cas de la lasure industrielle transparente (Figure 8), 6 semaines de QUV ne mettent pas en évidence les dégradations constatées après 1 an de vieillissement. Il faut attendre des durées plus longues (1850 heures) au QUV pour les constater.

Annexe 6: Etude Autrichienne de comparaison VN et QUV

Une étude autrichienne comparant le vieillissement naturel et le vieillissement artificiel réalisé au QUV a récemment été publiée ⁵. Les auteurs étudient le vieillissement de 30 finitions commerciales couvrant à la fois des alkydes, des acryliques, des produits transparents, des produits opaques. L'essence utilisée est le pin sylvestre. Selon les produits, l'épaisseur sèche variait de 7 à 86 µm.

Dans cette étude le vieillissement naturel est réalisé selon la norme EN 927-3 et les éprouvettes sont exposées à Vienne en Autriche. Le vieillissement a commencé en mai 2010 et est toujours en cours. Le vieillissement artificiel est réalisé selon la procédure de la norme EN 927-6, mais la durée d'exposition a été prolongée au-delà des 12 semaines préconisées par la norme. Dans cette étude les produits les plus performants ont été vieillis sur une durée totale de 60 semaines soit 10 080 heures.

Dans cette étude, pour comparer les vieillissements, les auteurs ont noté la durée d'exposition (artificielle et naturelle) pour laquelle la finition atteignait un état limite nécessitant un entretien du revêtement (re-garnissage de la surface sans nécessité de remise à nu du bois). Dans une majorité des cas, cette limite correspondait à un craquelage d'une intensité 3 et de taille 2 (cotation EN ISO 4628-4).

Le Tableau 4 montre les résultats de vieillissement artificiel et présente les durées d'exposition pour lesquelles l'état limite de la finition est atteint.

Les systèmes opaques 27, 29 et 30 étaient très durables puisqu'au terme des 60 semaines de vieillissement ils n'avaient toujours pas atteint l'état limite. La finition de faible pouvoir garnissant (système 2) est celle présentant la plus faible durée de vie (1 semaine de QUV). La plupart des finitions de faible épaisseur ont duré entre 4 et 9 semaines.

La plupart des finitions de garnissant moyen et d'épaisseur supérieure à 30 µm ont duré de 9 à 18 semaines, à l'exception du système 7 qui a montré une forte durabilité.

Tableau 4: Résultats de vieillissement artificiel (QUV)

system	binding agent	colour	dry film thickness [µm]	artificial weathering [weeks]
1	acrylate	palsander	7	9
2	alkyd	hemlock	11	1
3	alkyd	palsander	18	6
4	alkyd	palsander	19	4
5	PUR-acrylate	spruce	22	2
6	acrylate	hemlock	26	4
7	PUR-acrylate	afromposia	34	30
8	PUR-acrylate	spruce	36	9
9	acrylate	oak light	38	15
10	acrylate	teak	38	12
11	PUR-acrylate	oak light	40	18
12	alkyd	pine	40	4
13	PUR-acrylate	palsander	43	18
14	acrylate	palsander	43	18
15	PUR-acrylate	spruce	49	12
16	acrylate	walnut	50	18
17	PUR-acrylate	spruce	51	12
18	acrylate	larch	52	9
19	acrylate	pine	58	15
20	PUR-acrylate	spruce	67	18
21	PUR-acrylate	transparent/clear	77	15
22	acrylate	transparent/clear	81	24
23	acrylate	hemlock	82	15
24	acrylate	palsander	86	36
25	alkyd	white RAL 9010	50	24
26	alkyd	dark green RAL 6005	61	33
27	PUR-acrylate	dark green RAL 6005	75	>60
28	PUR-acrylate	white RAL 9010	78	57
29	acrylate	white RAL 9010	86	>60
30	acrylate	dark green RAL 6005	86	>60

⁵ G. Gröll, B. Forsthuber, I Spitaler, F. Tscherne. Comparison of wood coating durability in natural weathering and artificial weathering using fluorescent UV lamps and water. 8th International Woodcoatings congress, Paper 21, 13 pages, October 2012.