

CONSTRUCTION BOIS ET GESTION DE L'HUMIDITE EN PHASE CHANTIER

GUIDE A L'ATTENTION DE L'ENSEMBLE DES ACTEURS D'UN PROGRAMME DE CONSTRUCTION BOIS



© G. Mermet / AOCDF / UMB

Réalisation :



A l'initiative de :



avec le soutien du

CODIFAB

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

AVERTISSEMENTS

AVERTISSEMENT

Le présent document est la version étendue, une version condensée – Mémo Chantier reprenant les éléments les plus saillants en lien avec le volet plus particulièrement opérationnel du sujet à également été éditée.

Les arguments et méthodes développées dans ce document sont proposés en toute bonne foi et croisent des informations et des études identifiées comme pertinentes, structurantes et disponibles au jour de la rédaction.

Les éventuelles simplifications employées ont pour seul but de faciliter la compréhension dans un format contenu.

CODIFAB et INGENECO ne sauraient donc être tenus pour responsables des omissions, inexactitudes ou erreurs que pourrait contenir cette publication et qui résulteraient de la retranscription de ces études et référentiels, réalisés sous la responsabilité de leurs auteurs respectifs, et auxquelles le lecteur est invité à se référer directement.

CODIFAB et INGENECO soulignent également que les éléments et recommandations retranscrites dans le présent ouvrage présentent un caractère informatif et ne sauraient en aucun cas se substituer, même pour partie, aux études techniques et juridiques, tant au stade de la conception que de l'exécution, qui incombent à chaque acteur de la construction dans le cadre des projets auxquels il pourra être amené à participer.

Droits d'auteur - copyright ©

L'ensemble de ce document relève de la législation française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction sont réservés, y compris pour les documents téléchargeables et les représentations iconographiques et photographiques.

La reproduction de tout ou partie de ce document, y compris sur un support électronique quel qu'il soit est formellement interdite sauf autorisation expresse, de CODIFAB et d'INGENECO.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	5
PORTEE DU GUIDE	6
INTRODUCTION	7
PARTIE I CONNAISSANCES GENERALES SUR LE MATERIAU BOIS.....	8
I.1. LE BOIS, UN MATERIAU HYGROSCOPIQUE	9
I.1.1. <i>Le comportement hygroscopique du bois</i>	9
I.1.2. <i>Les paramètres influant sur la variation hygroscopique</i>	10
I.2. L'HUMIDITE EXCESSIVE ET SES INCIDENCES	15
PARTIE II DISPOSITIONS GENERALES	17
II.1. PRISE EN COMPTE DES VARIATIONS HYGROSCOPIQUES.....	18
II.2. LES VALEURS D'HUMIDITE LIMITEES ESCOMPTEES	21
II.3. MESURE DE L'HUMIDITE.....	24
II.3.1. <i>Mesure via méthode électrique par résistance</i>	24
II.3.2. <i>Mesure de l'humidité pour des panneaux dérivés du bois</i>	27
PARTIE III LA PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE	28
III.1. INTEGRATION ET PRISE EN COMPTE DANS LE DEROULE D'UN PROJET TYPE	29
III.2. CAS PARTICULIER : LES ELEMENTS DE PROTECTION GENERALE (TYPE CHAPITEAU, PARAPLUIE ETC.)	33
III.2.1. <i>Les technologies</i>	34
III.2.2. <i>Pistes de points à intégrer à l'étude de la solution</i>	37
III.3. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE EN CONCEPTION	38
III.3.1. <i>Conception pour limiter les variations dimensionnelles</i>	38
III.3.2. <i>Traitement des variations dimensionnelles différentielles</i>	38
III.3.3. <i>Identification des points singuliers</i>	38
III.3.4. <i>Limitation des reprises d'humidité directe</i>	39
III.4. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE AVANT LE CHANTIER	40
III.4.1. <i>Lors des opérations avant sortie du site de l'atelier</i>	40
III.4.2. <i>Sortie d'atelier et transport</i>	40
III.4.3. <i>Lors du transport</i>	42
III.4.4. <i>Lors du stockage sur chantier / Abords du chantier</i>	42
III.5. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE PENDANT LE MONTAGE	47
III.5.1. <i>Protection locale de type écran souple rapporté</i>	47
III.5.2. <i>Plan de mesures de l'humidité des éléments</i>	59
III.5.3. <i>Actions correctives</i>	71
III.6. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE ENTRE LA FIN DU MONTAGE ET LA MISE HORS-D'EAU DU BATIMENT.....	73
III.7. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE LORS DU SECOND ŒUVRE	74
III.7.1. <i>Contrôles et dispositifs avant intervention du second œuvre</i>	74
III.7.2. <i>Prévention contre les augmentations excessives d'humidité lors du second œuvre</i>	74
BIBLIOGRAPHIE	76
ANNEXE A. THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ET MISSIONS DE MAITRISE D'ŒUVRE	79
ANNEXE B. FICHES D'AUTOCONTROLES TYPE	89
FICHE D'AUTOCONTROLE N°1 : A L'EXPEDITION DES ELEMENTS BOIS	89
FICHE D'AUTOCONTROLE N°2 : RECEPTION DES ELEMENTS BOIS SUR LE CHANTIER.....	91

FICHE D'AUTOCONTROLE N°3 : AU MONTAGE ET AVANT MISE HORS-D'EAU / HORS-D'AIR	94
ANNEXE C. FICHES DE PROTECTION.....	97
FICHE PROTECTION EN NEZ DE DALLE	97
FICHE PROTECTION ENTRE ELEMENTS DE PLANCHER.....	98
FICHE PROTECTION JONCTION ENTRE PLANCHERS ET ELEMENTS MURS	99
FICHE PROTECTION AU NIVEAU DES RESERVATIONS	100
EVACUATION DES EAUX DE PLUIE OU DE NEIGE FONDUE.....	101
ANNEXE D. EXEMPLE DE BON A FERMER	103

REMERCIEMENTS

Sont remerciés, l'ensemble des participants à la commission technique ainsi que les professionnels ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce guide :

AGENCE QUALITE CONTRSRUCTION : Madame Mariangel SANCHEZ

ALLIANZ : Monsieur Francis TEA

ALTIBOIS : Messieurs Joël BLANC et Xavier BOIDRON

ARBONIS : Monsieur Jean-Marc PROVOT

AXA : Monsieur Freddy DARRIGO

BOUYGUES CONSTRUCTION : Monsieur Roland PRIN

CAPEB : Monsieur Gilles MARMORET

ELIOTH : Monsieur Francois CONSIGNY

FCBA : Messieurs Julien LAMOULIE et Florian LARET

FFA ASSURANCE : Monsieur Rémi DUBOIS

GA SMART BUILDING : Monsieur David ELBEL

Association IBC : Monsieur Sylvain ROCHET

INGENIERIE BOIS : Monsieur Thomas STEUERWALD

LIGNATEC : Monsieur Michel DIDIER

MATHIS : Messieurs Eric DE TADDEO et Pascal TOUSSAINT

MEHA : Monsieur Julien MEHA

OSSABOIS : Monsieur Jean-Philippe HAUTCOEUR

PERRIN BOIS CONSEIL : Monsieur Michel PERRIN

PIVETEAU : Monsieur Simon LESEUX

PYRENEES CHARPENTES : Monsieur Sylvain LARROUY

STORA ENSO : Monsieur Julien LAPERE

UICB : Monsieur Clément QUINEAU

UMB FFB : Monsieur Rodolphe MAUFRONT

WOODEUM & CIE : Monsieur Renaud BLONDEAU-PATISSIER

PORTEE DU GUIDE

Le présent document a pour objectif de fournir une base de réflexion et de dialogue entre tous les différents acteurs d'un programme de construction bois (Programmation, Maîtrise d'Ouvrage, Contrôle Technique, Maîtrise d'œuvre, Entreprises, etc.) pour le sujet de la bonne gestion de l'humidité en phase chantier.

Il propose des prescriptions sur les pratiques identifiées comme favorables, à appliquer pour limiter les risques liés à une montée incontrôlée d'humidité en phase chantier. Ce guide peut ainsi s'appliquer aux éléments en bois de structure, de mur, de plancher, de toiture, etc., pour des projets dont les caractéristiques (techniques, géographiques, organisationnelles, etc.) peuvent nécessiter l'utilisation des prescriptions décrites par la suite. Il peut par exemple s'exploiter de façon complémentaire aux référentiels ci-dessous :

- ❖ Structure bois conforme au NF DTU 31.1 ;
- ❖ Mur à ossature bois porteur conforme au NF DTU 31.2 ;
- ❖ Façade à ossature bois non porteuse conforme aux Recommandations Professionnelles RAGE « *Façades ossatures bois non porteuses* » ou au PrNF DTU 31.4. ;
- ❖ Plancher porteur en panneau dérivé du bois sur solivage conforme au NF DTU 51.3 ;
- ❖ Toiture conforme au NF DTU 43.4 ;
- ❖ Recommandations Professionnelles RAGE « *toitures-terrasses accessibles aux piétons avec éléments porteur en bois et panneaux à base de bois avec revêtement d'étanchéité* »
- ❖ Bois lamellé croisé (CLT) sous Avis Technique ou Document Technique d'Application ;
- ❖ Procédés de mur, plancher ou toiture sous Appréciation Technique d'Expérimentation, Avis Technique ou Document Technique d'Application ;

NOTE 1

Chaque projet ayant ses particularités propres, il incombera auxdits acteurs d'évaluer si ces prescriptions s'appliquent et de les adapter en conséquence.

Le suivi de l'humidité tout au long de la vie de l'ouvrage faisant, quant à lui, l'objet d'études et de livrables par ailleurs (Transferts d'humidité par les parois et traitement des pièces humides), celui-ci ne sera pas développé dans le présent document.

Pour les Départements d'Outre-Mer, si des dispositions particulières sont nécessaires, celles-ci ne sont pas traitées dans ce document.

INTRODUCTION

Du fait de leur nécessaire meilleure étanchéité aux infiltrations parasites d'air, la gestion de l'humidité en phase chantier dans les bâtiments thermiquement performants, a été identifiée comme capitale dans de nombreux rapports de retours d'expériences.

Avec la généralisation de l'application de la RT2012 et bientôt l'entrée en vigueur de la RE2020, la notion de bâtiments performants va nécessairement encore s'étendre.

Pour un principe constructif utilisant majoritairement le matériaux bois, le caractère intrinsèquement hygroscopique du matériau, doit être pris en compte, d'autant qu'il s'accompagne proportionnellement de variations dimensionnelles, parfois appelées retraits-gonflements, essentiellement dans les sens radiaux et tangentiels aux fibres.

Il convient donc, de bien anticiper la gestion des variations hygrométriques de tous les ouvrages qui en sont composés, entre leur état en sortie d'atelier, leur état transitoire en phase chantier et enfin leur état stabilisé en service.

Les paramètres influant sur ces variations hygrométriques sont de différentes natures.

D'une part sous la forme d'eau liquide, due par exemple avant la mise en service à des intempéries, et d'autre part sous forme de vapeur d'eau, du fait d'une ambiance présentant une hygrométrie élevée due par exemple à l'évaporation de l'eau incluse dans les matériaux de construction de la filière humide, souvent d'ailleurs conjuguée à une très faible ventilation des locaux et donc à un fort confinement.

En ce qu'elle a été réellement peu traitée en détail et qu'il existe ainsi peu de littérature sur le sujet, la gestion de cette thématique capitale peut influencer, sans pour autant forcément le complexifier, sur l'ordonnancement habituel des tâches.

Ce besoin d'anticipation concerne donc un panel étendu d'acteurs, allant bien au-delà de la « *simple préoccupation d'exécution* » associée habituellement de façon quelque peu réductrice à l'Entreprise, mais intéressant de toutes les façons la MOE (Architectes, Economistes, Ordonnancement Planification et Coordination, Ingénieurs Structures et Fluides, etc.), la Maîtrise d'Ouvrage, voire même au-delà, la programmation. Chaque acteur de cette chaîne détient en effet une part de la solution.

Le présent guide est ainsi structuré de la façon suivante :

- PARTIE I – Rappel / Présentation des connaissances générales sur le matériau bois : comportement hygroscopique du bois, les paramètres influents, incidences d'une humidité excessive ;
- PARTIE II - dispositions générales à prendre / connaître : prise en compte des variations hygroscopiques du bois, évaluation des risques de confinement, les valeurs d'humidité limites escomptées, mesure de l'humidité
- PARTIE III - La prévention contre les augmentations excessives d'humidité : en phase conception, avant le chantier (atelier, transport, stockage), pendant le montage, avant le second œuvre, pendant le second œuvre.

PARTIE I

CONNAISSANCES GENERALES SUR LE MATERIAU BOIS

I.1. LE BOIS, UN MATERIAU HYGROSCOPIQUE

I.1.1. Le comportement hygroscopique du bois

Le bois est un matériau hygroscopique qui a une capacité d'absorption de l'eau sous forme liquide ou de vapeur d'eau. La quantité d'eau contenue par le bois est appelée teneur en humidité et est exprimée en pourcents (ratio masse d'eau dans le bois sur masse du bois anhydre). Cette eau peut être présente sous deux formes :

- L'eau libre : elle est contenue dans les vides à l'intérieur des cellules lorsque la teneur en humidité est supérieure à 30% (valeur limite appelée point de saturation des fibres ou PSF) ;
- L'eau liée : elle est contenue dans les parois cellulaires du bois, la quantité d'eau liée diminue dès lors que la teneur en eau est inférieure à 30%

Les variations dimensionnelles du bois sont dues à un assèchement ou à une reprise en humidité des parois cellulaires engendrant respectivement un retrait ou un gonflement. Ainsi, les variations dimensionnelles sont directement associées à la quantité d'eau liée et donc à la teneur en eau du bois lorsqu'elle est inférieure au PSF. Pour des valeurs supérieures à 30% il n'y a pas de variation dimensionnelle. Il convient de préciser que le présent guide n'est pas concerné par ce cas de figure puisqu'il concerne des bois dont la teneur en eau est inférieure à 20%, sauf cas particuliers.

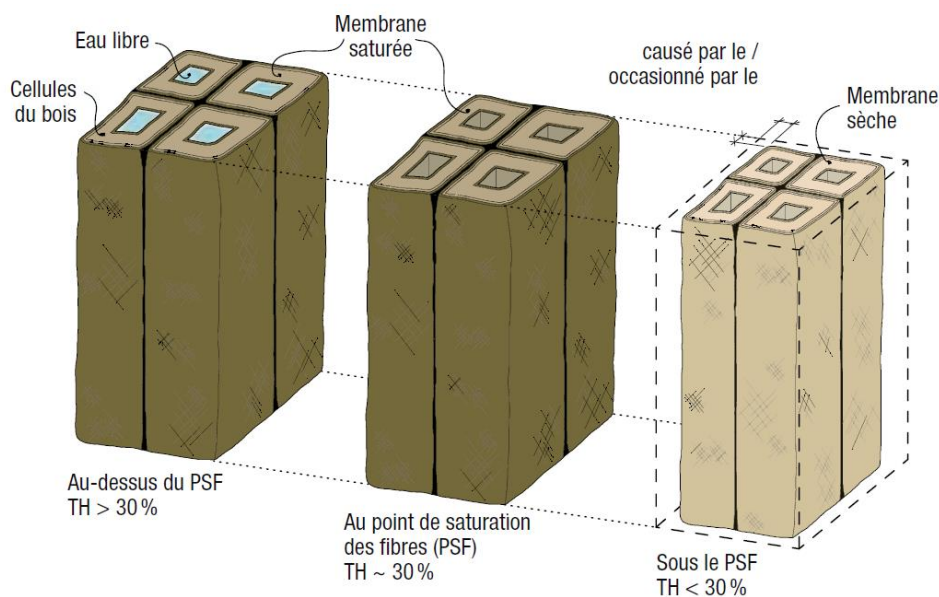


Figure 1 - Influence de la teneur en humidité sur les changements dimensionnels du bois (source « Guide de conception des assemblages pour les charpentes en bois » figure CECOBOIS)

Ces propriétés hygroscopiques sont anisotropes, ainsi les variations dimensionnelles dans le sens tangentiel, radial et longitudinal ne sont pas égales, les valeurs qui y sont associées sont décrites dans le II.1.

Enfin, on précise que le comportement hygroscopique intrinsèque du bois engendre des contraintes internes dans le matériau, celles-ci peuvent, lors du séchage, amener à des libérations contraintes prenant la forme de fentes appelées également fissures. Ces fentes ne sont pas nécessairement préjudiciables au bois, à conditions qu'elles respectent les limites bien identifiées et fixées par la filière. Pour approfondir le sujet, le lecteur est invité à consulter la note 1 de février 2016 du SNBL « STRUCTURES EN BOIS LAMELLÉ - Recommandations pour la réparation de bois lamellé structural présentant des fissures ou des fentes » [39].

I.1.2. Les paramètres influant sur la variation hygroscopique

I.1.2.1.1. Le contact direct avec l'eau liquide

Une cause évidente d'humidification du matériau bois est le contact direct avec l'eau liquide, conduisant à l'absorption par le bois de toute ou partie de l'eau en contact.

Ce phénomène d'absorption peut être relativement rapide en surface, en revanche, l'absorption plus à cœur des pièces de bois massif, lamellé collé ou CLT s'avère plus longue, cela est d'autant plus vrai pour des éléments de section ou de massivité importante.

Ainsi, dans le cas d'un chantier, les éléments à priori les plus soumis à une reprise en humidité par contact direct avec de l'eau, sont ceux pour lesquels il y a un risque de rétention d'eau et plus particulièrement les éléments horizontaux tels que les planchers.

Il convient aussi de préciser que les extrémités des pièces de bois absorbent plus rapidement l'eau, elles seront ainsi aussi susceptibles de subir des variations hygroscopiques par contact direct avec de l'eau.

I.1.2.1.2. L'équilibre hygroscopique du bois

Outre les causes évidentes d'humidification du matériau bois telles que le contact direct de celui-ci avec de l'eau liquide décrit précédemment, l'état hygroscopique du matériaux bois dépend essentiellement de l'état de l'ambiance de l'air dans lequel celui-ci se trouve, ou de façon plus précise, de l'humidité et de la température de cet air.

Bien qu'un certain temps soit nécessaire pour que le bois atteigne une humidité d'équilibre dans une ambiance donnée, il est important d'avoir connaissance de ce phénomène pour plusieurs raisons :

- les stockages prolongés ou une durée de chantier importante pourraient conduire, en fonction de la saison notamment, à une variation hygrométrique du bois même si ce dernier est protégé des intempéries. Il est aisément possible de prendre en compte ce phénomène via par exemple la Figure 2 ci-dessous, extraite du NF DTU 31.1 (partie 1-1 de juin 2017 [4]) et donnant l'équilibre hygroscopique du bois en France selon les saisons pour les charpentes abritées dans des locaux ventilés non chauffés.

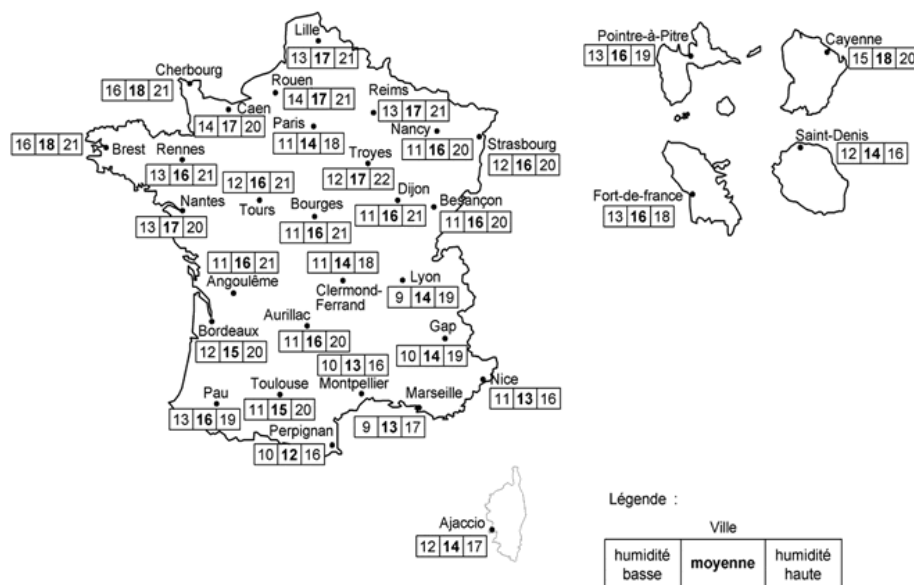


Figure 2 - Equilibre hygroscopique du bois en France selon les saisons pour les charpentes abritées dans des locaux ventilés non chauffés (Source : NF DTU 31.1 P1-1 [4])

- b) Ce phénomène peut permettre de sécher le bois en cas de dépassement de l'hygrométrie escomptée, cela simplement en régulant l'ambiance environnante. Pour ce faire il sera possible d'utiliser des graphiques tels que la figure 3 ci-dessous donnée dans l'annexe nationale de la partie 1 de l'Eurocode 5. A titre d'exemple, pour viser une humidité sur base sèche de 12% pour une température de 20°C, il faudra maintenir une ambiance de 20°C à 65% d'humidité relative.

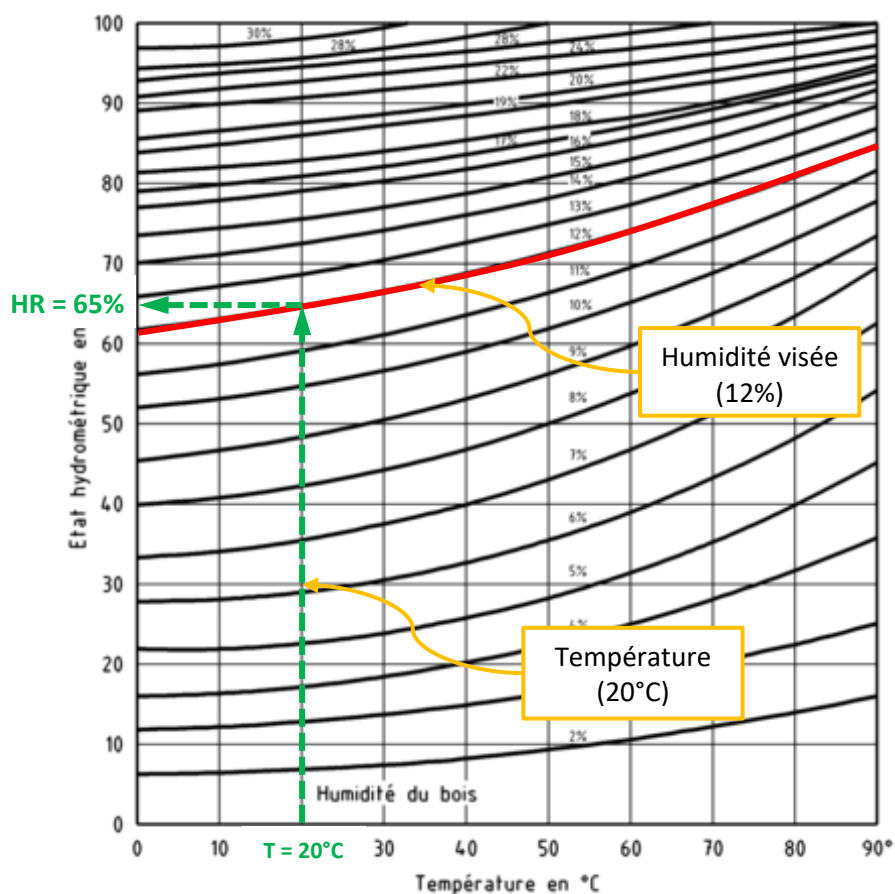


Figure 3 - Equilibre hygroscopique des bois mis en œuvre

Comme cela a été précisé, l'atteinte de l'équilibre hygroscopique demande un certain temps, plus particulièrement pour des sections de bois importantes ou éléments bois dits massifs. Pendant la période nécessaire à l'atteinte de cet équilibre, il est alors possible qu'il existe un gradient d'humidité entre le cœur de la pièce de bois et sa surface. Celui-ci peut en l'occurrence être accentué lorsque le bois est soumis à une reprise en humidité en surface par un contact direct avec de l'eau ou soumis à une ambiance chaude et très sèche. Si ce gradient n'est pas nuisible pour le bois, en avoir connaissance permet d'appréhender les moyens et dispositions à prendre notamment pour la mesure de l'humidité du bois. Effectivement, selon les données relevées sur chantier à des profondeurs de mesure 2,5 cm et 7,5 cm, on peut constater un gradient pouvant varier de quelques pourcents jusqu'à une dizaine de pourcents, d'où l'intérêt de connaître ce phénomène.

1.1.2.1.3. Pression de vapeur et transferts de vapeur d'eau

Le phénomène de transfert de vapeur d'eau, qui est identifié depuis longtemps dans le domaine de la construction, est possible dès lors qu'un gradient de pression de vapeur existe entre deux points.

La pression de vapeur d'eau permet de déterminer s'il y a des risques de condensation et d'analyser les transferts de vapeur d'eau au sein d'une paroi qui sépare deux ambiances (voir la Figure 4).

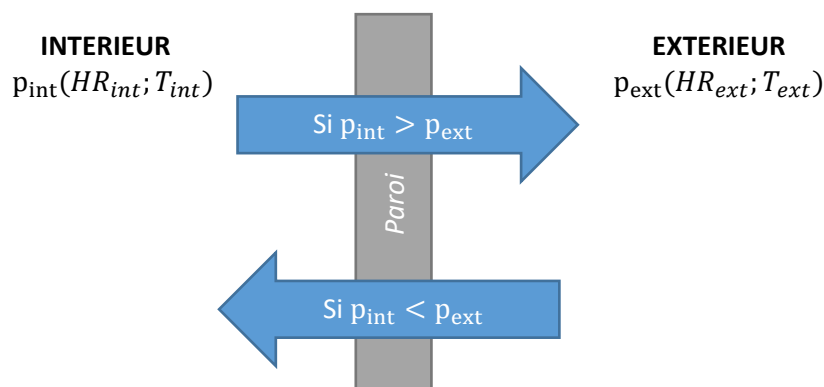


Figure 4 - Représentation gradient de vapeur entre une ambiance extérieure et intérieure

De façon concrète il est possible de déterminer la pression de vapeur d'eau à partir d'une mesure de la température et de l'humidité d'une ambiance.

Sur la base de ces données, il faut commencer par calculer la pression de vapeur saturante (pression limite au-delà de laquelle il y a condensation), par les formules suivantes (extraites de la NF EN ISO 13788) :

$$p_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \text{ pour } \theta \geq 0^\circ\text{C} \text{ et } p_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}} \text{ pour } \theta < 0^\circ\text{C}, \text{ où}$$

p_{sat} est la pression de vapeur saturante en Pa

θ est la température en $^\circ\text{C}$

Il est ensuite possible de calculer la pression partielle de vapeur d'eau via la formule :

$$p = p_{sat} * HR[\%] * 100$$

Le transfert de vapeur d'eau au sein d'une même paroi se fait ainsi par le biais d'une différence de pression de vapeur entre les deux ambiances qu'elle sépare. Il y a alors un flux de vapeur qui passe au travers de cette paroi depuis le point de pression partielle de vapeur d'eau le plus élevé vers le point de pression partielle le moins élevé. Ce transfert de vapeur peut d'ailleurs être justifié par plusieurs méthodes plus ou moins avancées, de façon statique ou dynamique, se basant toutes sur le fait qu'il y a condensation lorsque la pression de vapeur atteint la pression de vapeur saturante.

Selon les phases de chantier, les parois seront plus ou moins complètes, et pourront séparer temporairement des ambiances différentes bien qu'identiques lorsque l'ouvrage sera en phase service. Il pourrait alors sembler utile d'utiliser les méthodes de vérification les plus avancées, c'est-à-dire les méthodes de simulations hygrothermiques, sur chaque phase du chantier afin de s'assurer qu'il n'y ait pas de condensation excessive. Cependant, l'application de ces méthodes est coûteuse et suppose que les ambiances ou climats intérieurs au pas horaire sont connus, or, tant que le hors d'eau et le hors d'air ne sont pas réalisés, il semble difficile de connaître et contrôler parfaitement ces ambiances ou climats.

Il est alors intéressant de se pencher sur les conditions d'ambiances d'humidité définies dans le NF DTU 31.2 partie 1-1 (mai 2019).

Effectivement, l'ensemble des règles de moyens prescrites (par exemple la règle dite du « 1/3-2/3 » ou celle des facteurs S_d pour les pare-vapeurs à 18 et 90 m) dans ce DTU est conditionné par le fait que l'on se trouve bien dans des locaux classés à faible ou moyenne hygrométrie.

La définition de ce classement est donnée dans son Annexe B. Ainsi, les locaux sont définis en fonction de leur régime moyen pendant la saison froide par le rapport W/n exprimé en g/m^3 , où :

W/n correspond à l'excédent de vapeur d'eau présent dans l'air intérieur par rapport à l'air apporté ;

W est la quantité de vapeur produite à l'intérieur du local par heure, en grammes de vapeur d'eau par heure (g/h) ;

n est le taux horaire de renouvellement d'air, en mètres cubes par heure (m^3/h).

Les locaux sont ainsi classés selon quatre types :

- local à faible hygrométrie : $W/n \leq 2,5 g/m^3$
- local à hygrométrie moyenne : $2,5 g/m^3 < W/n \leq 5 g/m^3$
- local à forte hygrométrie : $5 g/m^3 < W/n \leq 7,5 g/m^3$
- local à très forte hygrométrie : $W/n > 7,5 g/m^3$

En faisant une analogie en phase chantier et en considérant qu'aucune disposition de renouvellement d'air spécifique n'a été prise en compte (pas d'aération ni de ventilation), on peut considérer que le taux de renouvellement d'air est quasiment nul.

Par ailleurs, la production d'une quantité de vapeur importante est possible, par exemple par l'évaporation de l'eau incluse par les matériaux de la filière humide (Ouvrages d'infrastructure et de superstructure en maçonnerie ou BA, chapes de mortier, etc.) et via l'évapotranspiration du personnel de chantier.

Dans ces conditions le rapport W/n tend mathématiquement vers l'infini, classant les locaux à des niveaux d'hygrométrie pour lesquels toutes les règles de moyens précitées sont inadaptées.

Il se peut en outre que des inversions de flux de vapeur puissent se produire du fait de changements brutaux de conditions climatiques, tout ceci impliquant des risques importants de condensations anarchiques à la fois en surface et dans la masse des parois et donc une augmentation de l'humidité des éléments bois avec possiblement un risque de confinement de cette humidité sans qu'elle ne puisse être évacuée par la suite.

Ainsi afin de conserver un rapport W/n correspondant le plus possible à des locaux à faible ou moyenne hygrométrie, il conviendra de bien s'assurer que :

- Les quantités de vapeur produites soient les plus faibles possibles
- Le renouvellement d'air soit suffisant
- L'on évite de créer ou d'accentuer un gradient de pression de vapeur entre deux locaux ou entre un local et l'extérieur par une mise en chauffe inappropriée de l'ouvrage, c'est-à-dire sans renouvellement d'air suffisant ou sans déshumidification adaptée.

Ainsi, pour conclure simplement en ce qui concerne les phénomènes décrits dans ce chapitre, il sera indispensable de prendre des dispositions de renouvellement d'air pour toute la phase chantier, tout en veillant à ne pas adopter de solution qui conduirait à ce que la température intérieure de la construction soit trop éloignée de la température extérieure.

Ceci est possible tout en évitant toute intrusion malveillante par exemple via l'emploi anticipé et l'exploitation d'ouvrants oscillo-battants de menuiseries.

Ceci limitera grandement aussi les phénomènes d'inversions de flux en périodes d'intersaisons.

La conception des compositions devra ainsi permettre d'évacuer les éventuels confinements d'humidité, via la prise en compte des propositions de ce guide. Le recours à l'emploi de certaines membranes hygrorégulantes visées par des procédés sous Avis Technique, DTA ou ATEx de « cas a » peut, de ce point de vue, présenter un intérêt.

I.2. L'HUMIDITE EXCESSIVE ET SES INCIDENCES

Quel que soit le principe constructif adopté, béton, métal, bois ou autre, la présence d'humidité excessive dans la construction peut engendrer à court ou long terme des désordres aussi bien esthétiques que structurels, tout dépendra évidemment de la quantité d'humidité, de la durée d'exposition et de la sensibilité du matériau vis-à-vis de celles-ci.

De façon à permettre au lecteur de comprendre l'origine des dispositions proposées dans le présent guide pour éviter l'apparition de phénomènes liés aux humidités excessives dans la construction bois, il est nécessaire de commencer par décrire ces phénomènes tout en précisant les conditions pouvant amener à leur apparition. On rappelle toutefois que le respect du référentiel technique (DTU, Règles Professionnelles, Recommandations Professionnelles, etc.) et le présent guide permettent d'éviter ces risques. Il est ainsi entendu que la notion d'humidité excessive correspond à une humidité qui serait supérieure à celles données dans le référentiel technique et celles définies dans le chapitre II.2 ci-dessous.

Dans le cas du bois, une humidité excessive peut, en fonction également de la température de l'air ambiant, conduire à un développement fongique. Les champignons peuvent être :

- Lignicoles, il s'agit de moisissure n'ayant pas d'impact sur la résistance mécanique du bois mais engendrant une coloration, bleuâtre par exemple (voir Figure 5 et Figure 6). Leur développement est possible sous certaines conditions : une température optimale entre 20°C et 30°C et une humidité minimale de 18%.



Figure 5 – Exemple de bleuissement à la jonction plancher CLT/Poutre suite à une humidité excessive en phase chantier



Figure 6 – Suite à des infiltrations d'eau, des traces d'efflorescences restent visible à la jonction plafond - linteau – poteau (Source AQC [34])

- Lignivores, il s'agit de pourriture brune ou cubique, pourriture blanche ou fibreuse, pourriture molle. Ces champignons engendrent des modifications profondes de la composition chimique du bois soit dans le bois sur pied, soit, au-dessus d'une certaine humidité, dans le bois en grume, débité ou mis en œuvre, se manifestant par un changement de consistance accompagné d'un changement de coloration, et entraînant une modification importante des propriétés. Globalement ces champignons peuvent se développer à une d'humidité comprise entre 22 et 60% (suivant l'espèce) et à une température comprise entre 18° et 35°C (en fonction du champignon) pendant quelques mois.

Même si les conditions d'un développement fongique n'étaient pas réunies, certaines humidifications peuvent générer des traces qui, selon les cas, peuvent conduire à un désordre esthétique pour les ouvrages bois laissés apparents dans le rendu final. Ce sujet doit aussi être explicitement pris en compte dans les réflexions les plus en amont et des solutions existent.

PARTIE II

DISPOSITIONS GENERALES

II.1. PRISE EN COMPTE DES VARIATIONS HYGROSCOPIQUES

Pour des éléments bois, comme cela a été vu précédemment, la principale conséquence d'une variation hygroscopique est le retrait-gonflement.

En effet, les dimensions du matériau bois sont directement liées à sa teneur en eau, ainsi un bois qui sera amené à sécher, se verra « rétrécir » et à l'inverse un bois qui sera humidifié « gonflera ». Ce phénomène se traduit par la formule :

$$h_{sd} = h * \left(1 - \beta * \frac{(X_{init} - X_{final})}{100} \right) \text{ où}$$

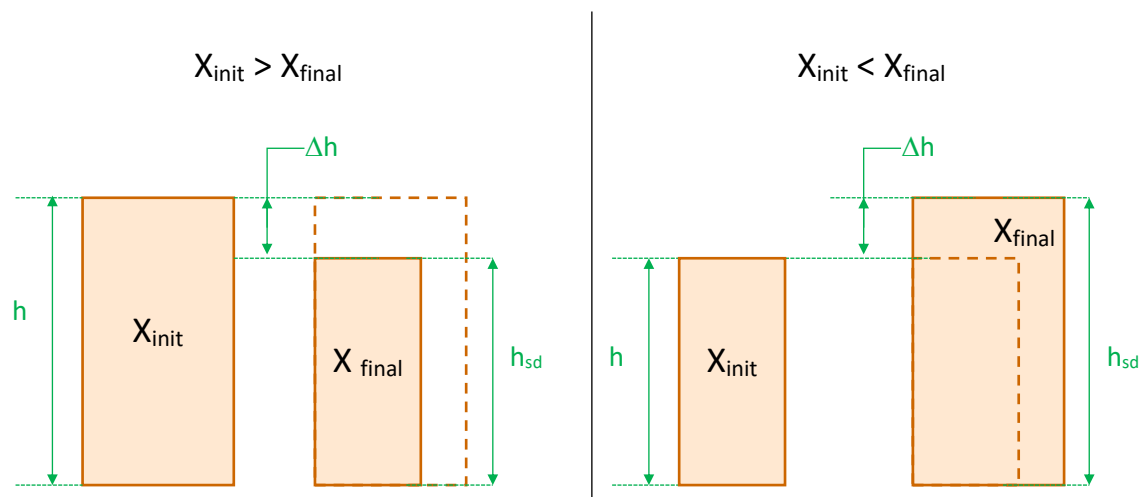
h_{sd} est la hauteur de l'élément bois à humidité stabilisée [mm]

h est la hauteur de l'élément bois à humidité initiale [mm]

β est le coefficient de retrait-gonflement

X_{init} est la teneur en eau initiale sur base sèche du bois [%]

X_{final} est la teneur en eau sur base sèche du bois une fois stabilisé [%]



Notes : ces dessins ne sont pas à l'échelle, les variations dimensionnelles sont volontairement accentuées de façon à ce qu'elles soient plus visibles.

Figure 7 - Représentation du retrait/gonflement

On précise que le coefficient de retrait-gonflement est déterminé pour un retrait-gonflement radial ou tangentiel ; il est plus marginal dans le sens longitudinal. Effectivement, pour un bois lamellé collé, par exemple, le coefficient dans le sens longitudinal est 25 fois plus faible que dans la direction radiale ou tangentielle.

Par exemple, pour les poutres en bois lamellé-collé en résineux, les variations dimensionnelles valent :

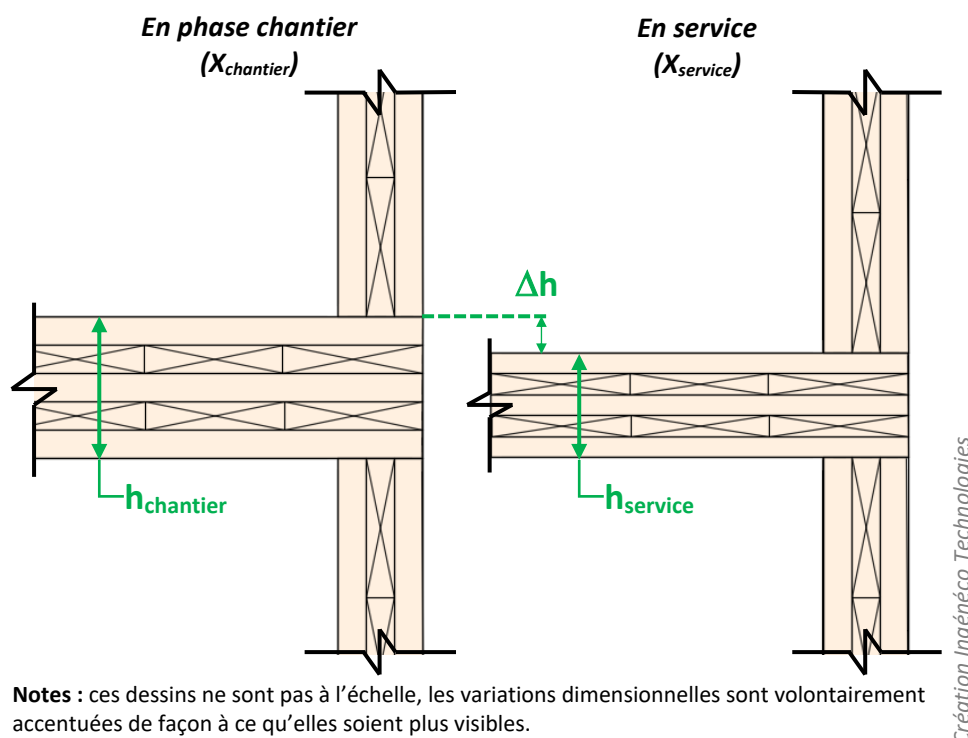
- Dans la direction radiale et tangentielle : 0.25% pour 1% de variation d'humidité du bois.
- Dans la direction longitudinale : 0.01% pour 1% de variation d'humidité du bois.

Par exemple, pour les panneaux de CLT en résineux, les variations dimensionnelles valent :

- Dans le plan du panneau : 0.02% pour 1% de variation d'humidité du bois.
- Perpendiculaire au plan du panneau : 0.24% pour 1% de variation d'humidité du bois.

Des différences peuvent alors, par exemple, apparaître entre les éléments de structures bois et ceux en béton armé voire avec des éléments de second-œuvre. L'étude du bâtiment devra donc prendre en compte des jeux qui permettront de pallier ce problème.

La figure ci-dessous illustre simplement ces propos, par ailleurs un exemple simplifié est donné en fin de chapitre.



Notes : ces dessins ne sont pas à l'échelle, les variations dimensionnelles sont volontairement accentuées de façon à ce qu'elles soient plus visibles.

Figure 8 - Illustration de la variation dimensionnelle verticale de la liaison plancher-façade d'un système plate-forme¹ en CLT

Ces variations dimensionnelles peuvent conduire aux phénomènes décrits ci-dessous qui malgré tout pourront être évités via des jeux par exemple :

- Incompatibilité des déformations au niveau des assemblages pouvant conduire à des fissurations du bois au niveau de ceux-ci ;
- Mise en compression des cloisons et contre-cloisons en plaque de plâtre cartonnée positionnée entre une poutre et le plancher, phénomène pouvant engendrer l'apparition de fissurations ou d'ouvertures.
-

Ces jeux sont à étudier sur l'ensemble des étages, car selon la conception (système plateforme ou comprenant de nombreux empilements versus des techniques en contenant peu telles que la technique de bois longs dite balloon-frame²), au regard de la hauteur du bâtiment, leur cumul peut avoir une incidence conséquente.

Pour les ouvrages de second œuvre, la prise en compte de ces variations dimensionnelles, pourra par exemple conduire à l'utilisation de systèmes de fixation et de joints spécifiques étudiés pour permettre ces variations. Par ailleurs, en complément de ce type dispositions, le présent guide propose de ne pas commencer les travaux de second œuvre tant que l'humidité escomptée pour le bois (définie dans le chapitre II.2) ne sera pas atteinte.

¹ Construction dont l'ossature est interrompue à chaque étage, cela se traduit généralement par la prise en sandwich du plancher par les murs supérieurs et inférieurs.

² Construction dont les montants de l'ossature sont continus sur au moins deux niveaux.

Exemple d'application pour une variation dimensionnelle verticale d'une solution type plate-forme en CLT

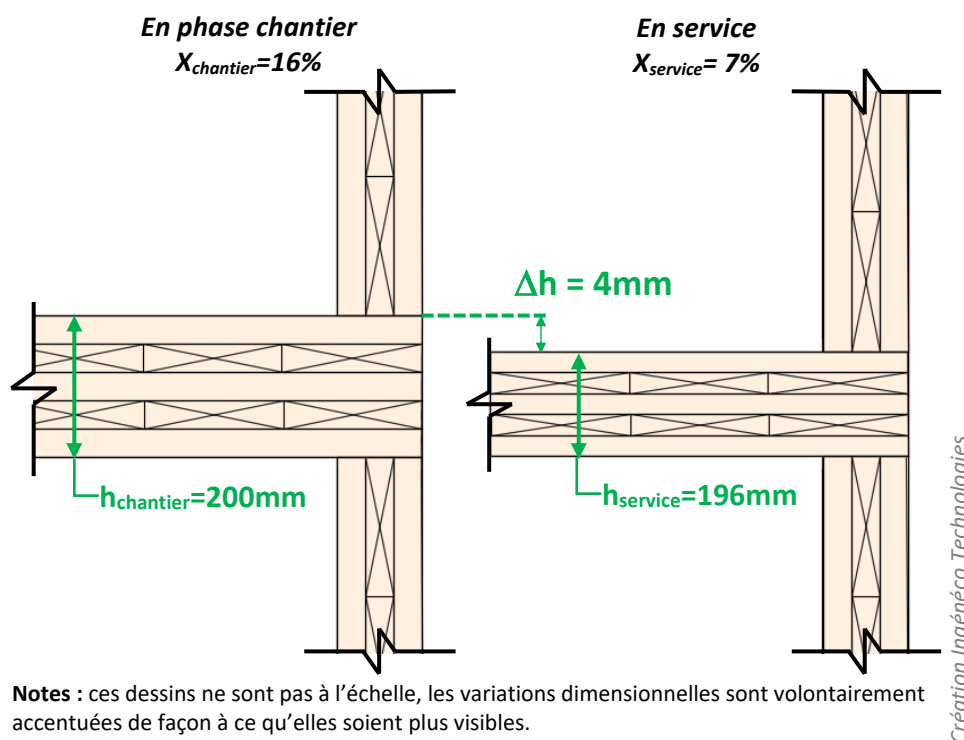
L'exemple ci-dessous a pour objectif d'illustrer plus précisément les informations données ci-dessous, il traite des variations dimensionnelles verticales dues à aux variations d'humidité du plancher pour une jonction mur/plancher en CLT.

Hypothèses :

- Plancher CLT de 200 mm d'épaisseur
- Humidité en phase chantier : 16%
- Humidité en phase service : 7% (valeur minimale de la classe de service 1)
- Seule la variation d'épaisseur du plancher est prise en compte dans cet exemple.

On retiendra que cet exemple se place dans une situation défavorable puisqu'il considère une valeur d'humidité en phase chantier relativement proche de la borne haute des valeurs limites escomptées et la valeur minimale de la classe de service en 1 pour l'humidité en service.

On a alors : $h_{sd} = 200 * \left(1 - 0.24 * \frac{(16-7)}{100}\right) \approx 196 \text{ mm}$ soit une variation dimensionnelle par étage d'environ 4 mm.



Notes : ces dessins ne sont pas à l'échelle, les variations dimensionnelles sont volontairement accentuées de façon à ce qu'elles soient plus visibles.

Figure 9 - Illustration de la variation de la variation dimensionnelle verticale de l'exemple

II.2. LES VALEURS D'HUMIDITE LIMITES ESCOMPTEES

Les valeurs limites escomptées ont pour objectif principal d'anticiper les écarts maximaux possibles et les conséquences induites pour guider la conception.

Le principe repose principalement sur le fait de limiter les variations entre la phase chantier et l'utilisation en service de l'ouvrage, ce qui, comme expliqué précédemment peut avoir des conséquences à la fois sur le gros-œuvre et sur le second œuvre.

De façon à définir ces valeurs limites il est nécessaire de prendre en compte :

- a) Les intervalles d'humidité acceptables par l'élément bois selon son aptitude à l'emploi, c'est-à-dire l'intervalle pour lequel ses propriétés ne sont pas altérées ;
- b) Les intervalles d'humidité à respecter lors de l'usinage et en sortie d'usine ou d'atelier. Par exemple, Le NF DTU 31.1 dans sa partie 1-1, indique que « L'humidité des éléments d'ossature en bois doit être inférieure ou égale à 18 % au moment de l'assemblage des éléments d'ossature, avec un écart entre deux éléments au maximum de 4 % » ;
- c) Les intervalles d'humidité acceptés par le référentiel de l'élément lors de son stockage sur chantier. Par exemple, le NF DTU 51.3 dans sa partie 1-1, indique que les dispositions de stockage des panneaux dérivés du bois constituant le plancher doivent permettre de maintenir l'humidité des panneaux entre 11 et 14% ;
- d) La localisation du chantier, ce paramètre peut effectivement influencer sur l'humidité du bois puisque, mêmes s'ils peuvent être protégés, les éléments bois sont soumis à l'air ambiant extérieur conduisant ainsi à des hygrométries d'équilibre variant selon les périodes de l'année et les événements météorologiques. Les DTUs 31.2, 41.2 et 51.4 donnent des valeurs minimales et maximales d'humidités d'équilibre du bois en fonction de la situation géographique de l'ouvrage, voir aussi en fonction de la saison.
- e) La destination de l'élément à contrôler (par exemple : Mur, plancher, toiture, etc.) les classes de services et les classes d'emploi associées.
- f) Les conditions d'acceptabilité pour toutes les autres parties d'ouvrages (revêtement extérieur, second œuvre, etc.) pour lesquelles des critères d'acceptabilité de l'humidité de leur support sont définis. Pour les ETICS, par exemple, l'humidité des panneaux support doit être comprise entre 8 et 12% selon les Avis techniques des procédés ou le cahier du CSTB 3729_V2.
- g) Le risque de développement fongique pouvant apparaître dès lors que l'humidité du bois dépasse 20% pendant une longue durée.

NOTE 2 :

L'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 en partie 1-1, donne les classes de service suivantes :

- Classe de service 1 : Structure intérieure en milieu sec : l'humidité moyenne est stabilisée de 7 % à 13 % d'humidité.
- Classe de service 2 : Charpente abritée soumise à variations hygrométriques, murs à ossature bois : l'humidité moyenne est stabilisée de 13 à 20% d'humidité.
- Classe de service 3 : Conditions climatiques amenant des humidités moyennes supérieures à celles de la classe de service 2.

Les valeurs limites d'humidité escomptées pour les éléments bois et les contrôles à effectuer ont pu être définies selon les différentes phases du chantier, les Tableau 1 et Tableau 2 ci-dessous reprennent les valeurs pouvant être retenues.

Tableau 1 : Humidités escomptées pour différents procédés bois en classe de service 1

CLASSE DE SERVICE	FAMILLE D'OUVRAGE	SOUS-FAMILLE	ELEMENTS	HUMIDITE A L'EXPEDITION		HUMIDITE EN PHASE CHANTIER		HUMIDITE AVANT SECOND ŒUVRE ⁽¹⁾	
				CIBLE	HAUTE	CIBLE	HAUTE	CIBLE	HAUTE
1	STRUCTURE	Poteau / Poutres	Poteaux / Poutres	12%	16%	12%	18%	10%	13% ⁽²⁾
	MURS	A OSSATURE BOIS (Porteuse ou non)	Ossature	12%	16%	12%	18%	10%	13% ⁽²⁾
			Voiles de contreventement ou voile travaillant	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2					
		CLT	Panneau CLT	12%	16%	12%	18%	10%	13% ⁽¹⁾
	PLANCHER	PANNEAU DERIVE DU BOIS SUR SOLIVAGE ⁽³⁾	Solives	12%	16%	12%	18%	10%	13% ⁽¹⁾
			Panneaux	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2					
		CLT	-	12%	16%	12%	18%	10%	13% ⁽¹⁾

- 1) En cas de nécessité de sécher le bois, les dispositions mises en place pour le séchage devront permettre d'assurer un taux de renouvellement d'air suffisant afin d'éviter d'éventuels phénomènes de condensation.
- 2) Il est possible que pour certains éléments de second œuvre, leur référentiel donne des valeurs d'humidité plus basses, dans ce cas retenir les valeurs données dans ces référentiels.
- 3) Planchers mis en œuvre à l'abri de l'eau au sens du NF DTU 51.3.

Note :

- a) Les humidités sont données sur base sèche.
- b) L'attention du lecteur est attirée sur la dessiccation excessive du bois, c'est-à-dire dont l'humidité est inférieure à 7%, une telle humidité engendre par exemple des phénomènes de fentes du bois pouvant ou non être préjudiciables (voir la note 1 de février 2016 du SNBL [39] pour plus de précisions). Ainsi il est recommandé de veiller à ne pas passer sous la barrière des 7%.

Tableau 2 : Humidités escomptées pour différents procédés bois en classe de service 2

CLASSE DE SERVICE	FAMILLE D'OUVRAGE	SOUS-FAMILLE	ELEMENTS	HUMIDITE A L'EXPEDITION		HUMIDITE EN PHASE CHANTIER		HUMIDITE AVANT SECOND ŒUVRE ⁽¹⁾	
				CIBLE	HAUTE	CIBLE	HAUTE	CIBLE	HAUTE
2	STRUCTURE	Poteau / Poutres	Poteaux / Poutres	12%	16%	12%	20% ⁽²⁾	12%	18% ⁽³⁾
	MURS	A OSSATURE BOIS (Porteuse ou non)	Ossature	12%	16%	12%	20% ⁽²⁾	12%	18% ⁽³⁾
			Voiles de contreventement ou voile travaillant	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2					
		CLT	Panneau CLT	12%	16%	12%	20% ⁽²⁾	12%	18% ⁽³⁾
	TOITURE	PANNEAU DERIVE DU BOIS SUR SOLIVAGE	Solives	12%	16%	12%	20% ⁽²⁾	12%	18% ⁽³⁾
			Panneaux	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2					
		CLT	-	12%	16%	12%	20% ⁽²⁾	12%	18% ⁽³⁾

1) En cas de nécessité de sécher le bois, les dispositions mises en place pour le séchage devront permettre d’assurer un taux de renouvellement d’air suffisant afin d’éviter d’éventuels phénomènes de condensation.

2) L’humidité sur base sèche du bois ne doit pas être supérieure à 20 % pendant plus de 8 semaines par an, en ne comptabilisant que les périodes supérieures à une semaine et en ne dépassant jamais 30%.

3) Il est possible que pour certains éléments de second œuvre, leur référentiel donne des valeurs d’humidité plus basses, dans ce cas retenir les valeurs données dans ces référentiels.

Note :

a) Les humidités sont données sur base sèche.

b) L’attention du lecteur est attirée sur la dessiccation excessive du bois, c’est-à-dire dont l’humidité est inférieure à 7%, une telle humidité engendre par exemple des phénomènes de fentes du bois pouvant ou non être préjudiciables (voir la note 1 de février 2016 du SNBL [39] pour plus de précisions). Ainsi il est recommandé de veiller à ne pas passer sous la barrière des 7%.

II.3. MESURE DE L'HUMIDITE

Ce chapitre reprend les différentes méthodes de mesure à employer pour contrôler l'humidité des éléments bois.

Quelle que soit la méthode utilisée, le personnel en charge des mesures aura dû être préalablement formé à l'application desdites méthodes.

Les positions des contrôles, leur nombre et les autres dispositions associées devront être définis pour chaque étape du chantier, des exemples sont donnés dans la suite de ce document.

II.3.1. Mesure via méthode électrique par résistance

La méthode de mesure d'humidité se fait selon les méthodes décrites par la norme NF EN 13183-2, elle pourra être utilisée pour :

- Du Bois Massif (BM)
- Du Bois Massif Reconstitué (BMR)
- Du Bois Lamellé Collé (BLC)
- Du Bois Massif Abouté (BMA)
- Du Bois lamellé croisé (CLT)

L'appareil de mesure sera du type humidimètre électrique utilisant la méthode d'estimation par résistance électrique. Il devra être étalonné et sera calibré en fonction de la pièce de bois à mesurer.

Pour ces appareils, il est recommandé d'utiliser un porte-électrodes à marteau de façon à enfoncer les électrodes profondément quelle que soit la section de la pièce de bois. La Figure 11 présente les principales prescriptions sur le positionnement et la profondeur des mesures.

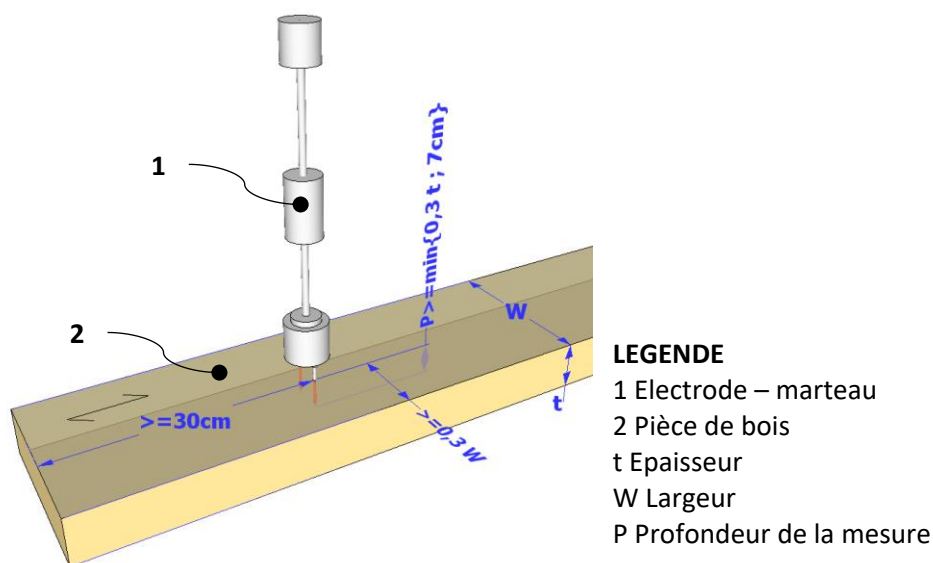
La mesure ne pourra en aucun cas être faite au droit de nœud ou autre singularité. Les électrodes ne devront pas non plus être replantées dans l'empreinte laissée par les électrodes d'une mesure précédente.

Par ailleurs, de façon à limiter le nombre de marques laissées par les mesures, il pourra être envisagé, pour les éléments verticaux, de laisser en place les électrodes pour effectuer des mesures ultérieures.

Pour une mesure de l'humidité d'un CLT, il faudra veiller à ce que la profondeur de mesure ne corresponde pas à celle du plan de collage entre deux plis.



Figure 10 - Exemple d'humidimètre à pointe



Création Ingénérco Technologies

Figure 11 - Conditions minimales sur l'emplacement des mesures pour un humidimètre à pointe (issue de la figure 1 de la NF EN 13183-2)

Pour les mesures, il est conseillé de prévoir une notice d'utilisation destinée à l'opérateur. Cette notice pourra reprendre notamment les informations concernant :

- Contrôle du matériel : précision sur les instructions de vérification et d'étalonnage de l'appareil, Il est important de vérifier l'état de la batterie de l'humidimètre avant son utilisation.
- Correction selon l'essence ;
- Correction selon la température ambiante ;
- Les prescriptions minimales à respecter sur la position de la prise de mesure, par exemple :
 - Distance minimale/maximale par rapport au bord ;
 - Profondeur minimale/maximale d'implantation des électrodes ;
 - Inclinaison de l'appareil ;
 - Orientation des électrodes par rapport au fil du bois.

Les électrodes des humidimètres décrits ci-dessus laissent des empreintes, en cas de contrôle répété sur une même pièce, cela peut poser des problèmes d'aspect visuel. Pour pallier à cette problématique il sera alors possibles de laisser les sondes en places (voir exemple en Figure 12), cela à conditions qu'elles ne se situent pas dans des zones présentant un risque de rétention d'eau ou des zones exposées aux intempéries. Il sera ainsi préférable de privilégier cette solution sur des poteaux ou poutres non exposés aux intempéries.



Figure 12 – Des sondes sont positionnées à différentes profondeurs d'une poutre en bois afin de contrôler l'évolution de son humidité (Source AQC [34])

NOTE 3

Pour répondre à la problématique des marques laissées par les humidimètres décrits dans ce chapitre, l'emploi d'appareils ne laissant pas d'empreintes peut aussi s'avérer nécessaire, il s'agit par exemple d'humidimètres à contact. Or, il faut porter une attention toute particulière à ces humidimètres et notamment à la technologie qu'ils emploient (résistive, capacitive, radiofréquence), car les résultats obtenus correspondront à priori plutôt à une humidité en surface, ce qui ne représente pas l'humidité réelle du bois en profondeur. De plus l'attention du lecteur est attirée sur le fait que selon la technologie employée, les résultats peuvent être exprimés en humidité relative et non sur base sèche. De façon à accompagner les utilisateurs de ce guide dans la résolution de cette problématique, il est proposé :

- D'utiliser uniquement des appareils ayant fait l'objet d'une étude comparative entre des mesures d'humidité faites avec ledit appareil et d'autres faites soit par la méthode de dessiccation (NF EN13183-1) soit avec un hygromètre à pointe tel que décrit précédemment (NF EN 13183-2).
- De ne jamais les utiliser sur des pièces de bois ayant des traces d'humidité apparente.

II.3.2. Mesure de l'humidité pour des panneaux dérivés du bois

La mesure de l'humidité d'un sujet tel qu'un panneau dérivé du bois (panneau de particule, OSB, etc.) ou un autre matériau composite bois/colle, peut s'avérer compliquée.

Afin de répondre à cette difficulté, le FCBA a développé une méthode simple dont le principe est de corrélérer l'aptitude à l'emploi du panneau par rapport à une variation d'épaisseur vis-à-vis d'une épaisseur nominale déclarée. Cela correspond à un contrôle de l'aptitude à l'usage, dont les principes sont repris dans le chapitre III.5.3.1.1

Cette méthode est en cours d'évolution et devrait faire l'objet d'une publication du CODIFAB, elle fait néanmoins appel à des principes reconnus comme robustes, il a donc été choisi de la présenter afin d'offrir une méthode de contrôle en attendant la publication de la nouvelle méthode.

Pour ce qui est des mesures, la méthode actuelle consiste à mesurer l'épaisseur des panneaux afin d'évaluer l'importance des variations d'humidité.

Les mesures pourront être effectuées avec des appareils du type micromètre, calibre à coulisse (pied à coulisse), ou de tout autre appareil précis à 0,1mm.

Ces mesures sont effectuées sur un carottage d'environ 6 cm de diamètre prélevé à l'axe d'un élément porteur (solive ou montant) afin d'en faciliter la repose par vissage.

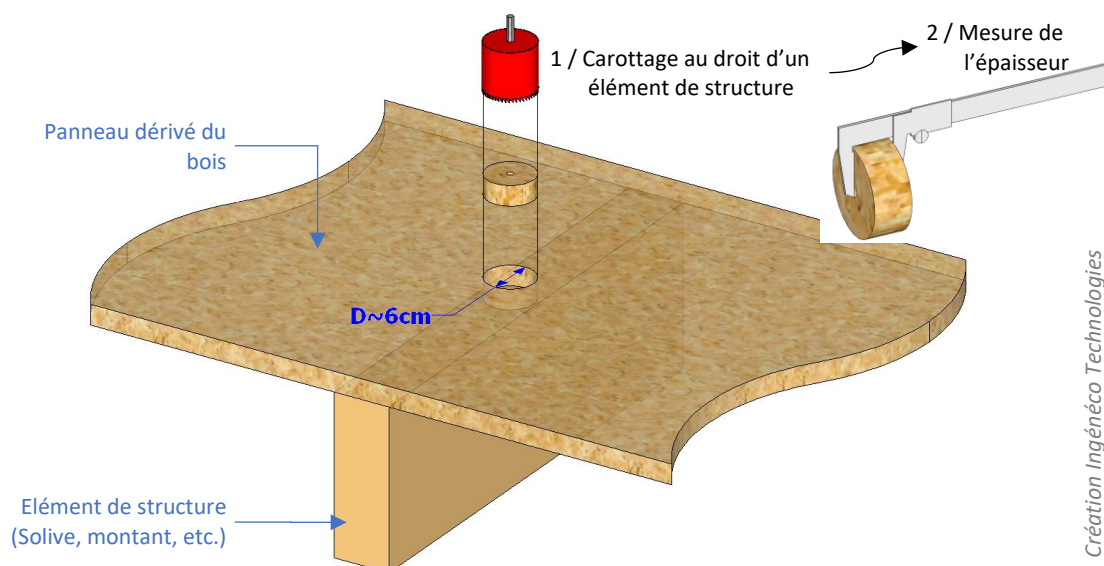


Figure 13 - Principe de mesure de l'épaisseur d'un panneau dérivé du bois pour contrôle de son humidité

NOTE 4

Il faudra veiller à ce que le carottage soit effectué uniquement sur le panneau et par conséquent veiller à ne pas endommager l'élément de structure en dessous.

NOTE 5

L'échantillonnage (nombre et position des mesures) est donné en fonction de l'ouvrage visé dans le chapitre III.5.2. **Le bureau d'étude bois devra valider cet échantillonnage** pour justifier le maintien de la fonction de diaphragme ou de voile de contreventement ou de voile de stabilité des panneaux.

PARTIE III

LA PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE

On rappelle ici qu'est entendue comme humidité excessive, toute humidité qui serait supérieure aux valeurs limites données dans le chapitre II.2 ou à défaut dans le référentiel technico réglementaire.

III.1. INTEGRATION ET PRISE EN COMPTE DANS LE DEROULE D'UN PROJET TYPE

L'acte de construire, s'il est certes la concrétisation et la matérialisation de toutes les phases de la programmation et de la conception qui le précèdent, pouvant être considérées comme plus abstraites, dispose dans les faits de marges de manœuvre très réduites malgré son caractère démonstratif.

En effet, les bases de la contractualisation entre la Maîtrise d'Ouvrage et l'Entreprise ont pour objectif quasi-exclusif, de construire l'objet prédéfini à prix, délais et qualité convenus sans aucune autre forme d'aléas.

Normalement, il n'y a donc au démarrage de la phase de préparation de chantier, plus de place pour l'improvisation, les attermoiements ni encore l'expérimentation si celle-ci n'a pas été prévue et cadrée avant. Le top départ ne constituerait normalement qu'un « simple » déroulé conforme aux pièces du marchés, purgées du maximum de contradictions et de manques.

La figure annotée ci-dessous, issue de la norme ISO 15686-5 reprise d'un guide édité par la Mission Intergouvernementale pour la Qualité de la Construction Publique et cadrant le calcul en coût global, illustre ce principe de façon relativement éloquente.

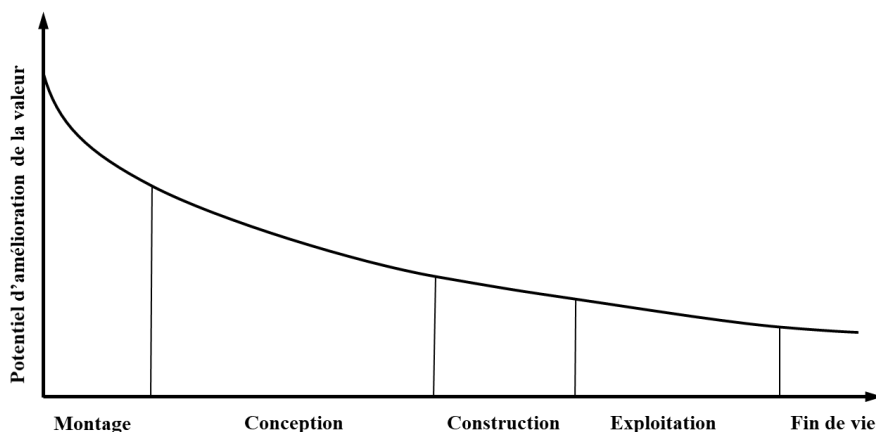


Figure 14 Gisement d'amélioration en fonction de l'avancement de projet (Source MIQCP)

Une approche, même grossière de proportionnalité, permet de donner les ordres de grandeurs des contributions et des marges de manœuvres de chaque famille d'acteurs.

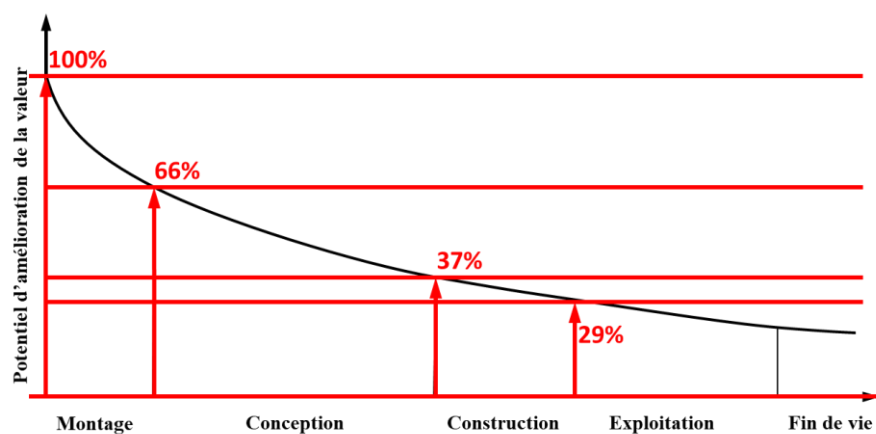


Figure 15 Gisement d'amélioration en fonction de l'avancement de projet annotée (Source MIQCP)

Comme bien d'autres sujets, la question de la gestion de l'humidité en phase chantier doit ainsi faire partie du spectre des préoccupations qui doivent être prises en compte dès les premières phases du montage d'opération.

Cette prise en considération peut passer par la formalisation d'actions qui s'enchainent selon la représentation de la Figure 16 ci-après.

NOTE 6 :

Pour plus de précisions sur la prise en compte de la thématique humidité en phase chantier dans les éléments de mission de la Maîtrise d'œuvre principalement, l'ANNEXE A donne des indications sur ceux à priori concernés.

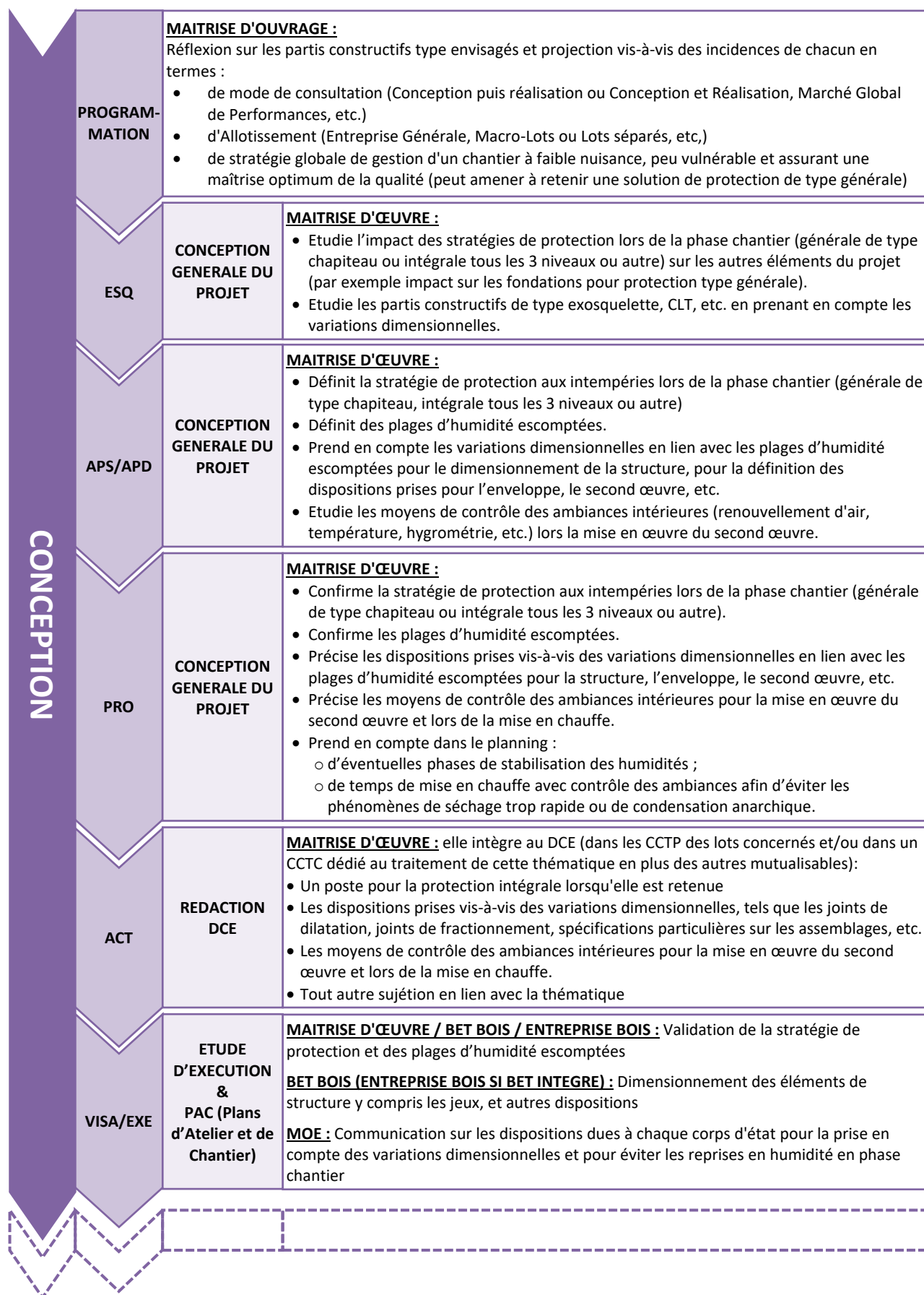


Figure 16 (1/2) - Prise en compte des variations hygrothermiques et des préventions contre les reprises excessives en humidité dans le déroulé type d'un projet

CHANTIER	EXE	USINAGE ET FABRICATION ELEMENTS	FABRICANT / ENTREPRISE BOIS : L'acteur concerné évalue et prend si nécessaire des dispositions particulières de protection vis-à-vis les reprises en humidité
		TRANSPORT ELEMENTS BOIS	TRANSPORTEUR / ENTREPRISE BOIS : Selon les conditions climatiques du trajet et les éléments transportés, l'acteur évalue la nécessité d'apporter ou non des protections ou dispositions particulières vis-à-vis d'éventuelles reprises en humidité.
		STOCKAGE SUR CHANTIER	ENTREPRISE BOIS : Evalue tout au long du chantier la nécessité d'apporter ou non des protections ou dispositions particulières vis-à-vis d'éventuelles reprises en humidité pour le stockage sur chantier, pour cela, elle peut considérer : la durée de stockage (long terme ou court terme), les conditions climatiques pour la durée de stockage, le mode de stockage, etc
		MONTAGE ELEMENTS BOIS	ENTREPRISE BOIS : évalue en fonction des éléments mis en œuvre, des événements climatiques et de leur durée, des valeurs d'humidités escomptées, la nécessité de mettre en place des protections et dispositions particulières
		TRAVAUX TOITURE / COUVERTURE	ENTREPRISE DE COUVERTURE/ETANCHEITE : Réception du support avec contrôle de l'humidité avant encapsulage ENTREPRISE DE FACADE : Réception du support avec contrôle de l'humidité avant encapsulage
		TRAVAUX SECOND OEUVRE	ENTREPRISE BOIS : émission d'un "bon à fermer" après contrôle de l'humidité ENTREPRISE DE SECOND OEUVRE : • Respect des dispositions de renouvellement d'air afin d'éviter les reprises en humidité ou phénomènes de condensation • Mise en œuvre des dispositions tels que les jeux et joints de dilatation pour les variations dimensionnelles

Création Ingénéco Technologies

Figure 16 (2/2) - Prise en compte des variations hygrothermiques et des préventions contre les reprises excessives en humidité dans le déroulé type d'un projet

III.2. CAS PARTICULIER : LES ELEMENTS DE PROTECTION GENERALE (TYPE CHAPITEAU, PARAPLUIE ETC.)

Du fait des conditions climatiques plus sévères qui limitent de facto les périodes propices à la réalisation de chantiers à ciel ouvert, comme c'est par ailleurs le cas en zone de montagne en France, l'emploi de protections générales de type chapiteau, est déjà largement répandu dans les pays nordiques, qu'il s'agisse de construction bois ou non.

En France cette technique est actuellement plutôt dédiée à des travaux de rénovations où l'objectif principal est la protection des existants et de leur contenu, lors de la réalisation du chantier. De ce fait, à date de cette étude, l'application d'une telle protection peut sembler coûteuse, mais n'en présente pas moins des avantages, puisqu'elle permet entre autres d'apporter des réponses aux problématiques liées aux intempéries et humidité en phase chantier.

En ce que ces solutions peuvent sembler coûteuses, il est conseillé, pour qu'elles soient anticipées et puissent potentiellement être appliquées, de les intégrer à la réflexion de la gestion de l'humidité en phase chantier le plus en amont possible, tout en prenant en compte les mutualisations de fonctions possibles (pont roulant, etc.). L'intégration dans la réflexion pourra se faire dans les temporalités décrites dans la Figure 16 et en ANNEXE A.

L'objectif du présent chapitre est ainsi de présenter à l'utilisateur de ce guide certaines des technologies existantes afin qu'il puisse, d'une part en avoir connaissance, et d'autre part en évaluer la possibilité ou non pour le chantier à réaliser.

L'étude de ces solutions devra par ailleurs intégrer la balance entre les éventuelles économies qu'elles peuvent représenter et le coût de leur mise en œuvre, pour cela le présent chapitre propose plusieurs pistes.

III.2.1. Les technologies

a) Protection de toute la zone de chantier par chapiteau

Cette technologie consiste en un chapiteau couvrant l'ensemble de la zone du chantier pendant toute la durée du clôt couvert, la Figure 17 illustre cette solution pour un projet bois. Il faut préciser que cette technologie, développée au Danemark, est applicable et utilisée pour tout type de projet.

Le chapiteau est réalisé en structure métallique, son enveloppe est réalisée avec des toiles, un pont roulant est installé en tête de chapiteau afin de faciliter la manutention des éléments lourds.

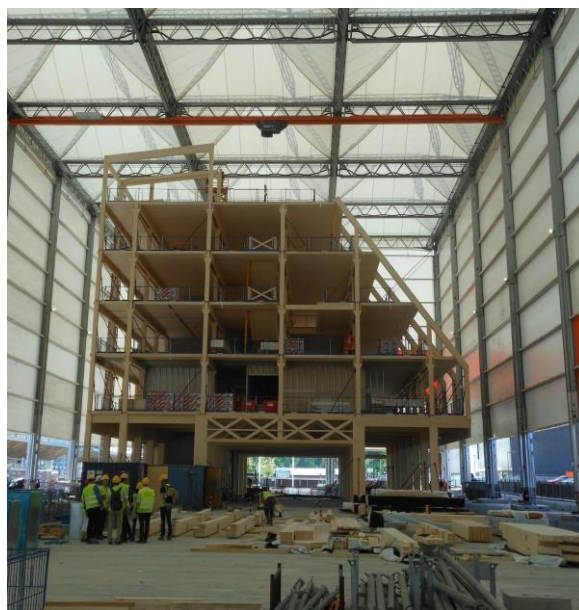


Figure 17 - Exemple de protection générale de type chapiteau (Source LERMAB)

Tableau 3 - Avantages et inconvénients pressentis pour une protection générale de type chapiteau

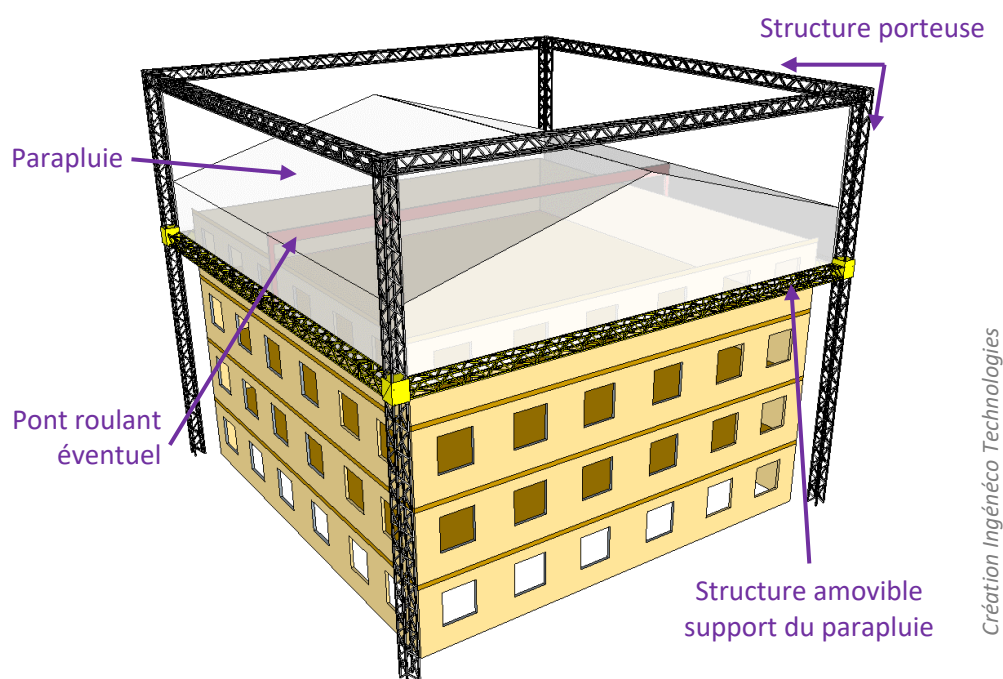
AVANTAGES	INCONVENIENTS
✓ Permet d'avoir un chantier, y compris la zone de stockage, à l'abri des intempéries avant même la mise hors-d'eau du bâtiment. ✓ Les abords de chantier sont plus facilement gardés au propre. ✓ La manutention est facilitée par le pont roulant en tête de chapiteau. ✓ A priori pas d'impact sur les risques liés à l'incendie en phase chantier.	✗ Les dispositions de mise en œuvre de cette technologie semblent conséquentes, puisque cela correspond à la réalisation d'un second ouvrage, qui lui est temporaire, mais pour lequel il peut par exemple être nécessaire de prévoir des fondations dédiées. ✗ Un échafaudage reste nécessaire pour la mise en œuvre des revêtement extérieurs. ✗ Exiguïté possible du site interdisant de déborder sur les environnants ✗ Disponibilité de cette technologie à date de rédaction du guide

b) Protection par parapluie

Le principe de ces solutions repose sur la protection du bâtiment en cours de construction par une enveloppe de toiture et de façade qui monte au fur et à mesure que les étages sont construits, à l'image d'une technique de coffrage glissant (type UpBrella ou équivalent).

Certaines technologies intègrent :

- Des plateformes permettant de réaliser la façade au fur et à mesure que les étages sont montés ;
- Des moyens de manutention tels que des ponts roulants permettant de faciliter la manutention des éléments lourds.



NOTE : figure de principes, les systèmes de stabilité et autres sujétions ne sont pas représentés

Figure 18 - Exemple de protection générale de type parapluie

Tableau 4 - Avantages et inconvénients pressentis pour une protection de type parapluie

AVANTAGES	INCONVENIENTS
✓ Permet de monter les étages à l'abri des intempéries ✓ Possibilité d'intégrer des éléments de manutention (pont roulant par exemple) ✓ Lorsqu'une plate-forme de travail est intégrée au système de parapluie : ○ Possibilité de réaliser la façade au fur et à mesure que les étages sont montés ○ Echafaudage non nécessaire ✓ A priori pas d'impact sur les risques liés à l'incendie en phase chantier	✗ Ne couvre pas la zone de stockage et les abords du chantier ✗ Exiguïté possible du site interdisant de déborder sur les environnants (Sauf possiblement pour des procédés du type Upbrella ou équivalent) ✗ Il faut toujours des fondations additionnelles (Sauf possiblement pour des procédés du type Upbrella ou équivalent) ✗ Disponibilité de cette technologie à date de rédaction du guide

c) Protection intégrale des planchers tous les 3 niveaux ou plus

Cette solution consiste en la mise en œuvre d'une protection intégrale (de type étanchéité bitumineuse par exemple) sur les planchers tous les 3 niveaux ou plus afin d'assurer un hors d'eau des étages inférieurs. On peut noter qu'elle ne correspond pas tout à fait une protection générale au regard des technologies présentées dans les chapitres précédents, elle a néanmoins un impact économique et doit donc être étudiée au plus tôt dans la conception du projet, ce pourquoi elle est présentée dans le présent chapitre.

La solution de protection intégrale tous les 3 niveaux ou plus s'avère déjà répandue pour les constructions préfabriquées en éléments modulaires 3D en bois. Pour lesquels, il est possible d'avoir des éléments de second œuvre déjà intégrés en sortie d'atelier, cela induit une sensibilité à l'humidité supérieure d'où l'intérêt de pouvoir assurer des mises hors d'eau intermédiaires.

Cette protection pourra être laissée en place définitivement ou retirée une fois le hors d'eau des étages supérieurs réalisé, le choix de l'une ou l'autre de ces façons de procéder dépendra principalement :

- du type de protection retenue et de la possibilité de la retirer ou non ;
- de l'impact d'une protection laissée en place en termes de transferts de vapeur d'eau, propriétés au feu, dégagement de COV des membranes...

La détermination du nombre d'étages montés avant mise en place d'une protection intégrale pourra être faite en prenant par exemple en compte :

- Phasage du chantier : Vitesse de montage des étages, durée totale avant mise hors d'eau / hors d'air, etc.
- La sensibilité des matériaux mis en œuvre vis-à-vis des reprises en humidité

Tableau 5 - Avantages et inconvénients pressentis pour une protection intégrale des planchers tous les 3 niveaux ou plus

AVANTAGES	INCONVENIENTS
✓ Permet d'avoir des hors d'eau voire hors d'air intermédiaires ✓ Les risques d'humidifications excessives sont plus limités ✓ Pas besoin de fondations additionnelles propres à la technique de protection ✓ Pas de limitation d'emploi de la technique en terrain exiguë ✓ Disponibilité de cette technologie à date de rédaction du guide	✗ La mutualisation de fonction (pont roulant etc.) avec cette seule solution n'est à priori pas possible ✗ Risques liés à l'incendie en phase chantier potentiellement accrus ✗ Nécessité d'étude d'impact d'une protection laissée en place en termes de transferts de vapeur d'eau, propriétés au feu, dégagement de COV des membranes, etc.

III.2.2. Pistes de points à intégrer à l'étude de la solution

Il est proposé ici différentes thématiques pouvant à priori être prises en compte pour mener l'étude comparative entre une solution de protection générale et une protection locale afin de statuer sur la solution à retenir pour le chantier.

- a) Les durées de chantier et leur impact sur l'économie du projet :
 - ❖ Les temps d'arrêt du chantier dus à des intempéries éventuelles :
 - Estimation des temps d'arrêt éventuels du chantier dus à des intempéries, cela peut être réalisé sur la base de données issues de fichiers météorologiques pour la localisation et la saison du chantier.
 - En fonction de ces durées, détermination de la réduction potentielle du temps de chantier par la solution de protection intégrale en comparaison à une protection locale avant mise hors d'eau du bâtiment.
 - ❖ Durée totale du chantier :
 - La mise hors-d'eau pouvant, selon la technologie retenue, être réalisée au fur et à mesure que les étages sont montés, les travaux de second œuvre pourront commencer plus tôt, il y a alors lieu d'estimer la réduction de la durée totale du chantier permise par la protection générale. A noter que le temps de montage de la protection générale doit bien être intégré à la durée totale du chantier.
 - Pour le promoteur, la réduction des frais d'immobilisation financière, pour l'investisseur ou le bailleur, la perception de loyers plus tôt
- b) Les échafaudages : pour des chantiers nécessitant un échafaudage, par exemple pour la mise en œuvre du revêtement de façade, estimation de l'économie faite lorsque la solution de protection générale permet de s'en abstenir.
- c) Moyens de levage : pour une solution de protection générale intégrant les moyens de levage, par exemple de type pont roulant, estimation de l'économie faite sur les moyens de levage.
- d) Coût direct de la protection : estimation du coût d'une protection générale et d'une protection locale

En résumé ces thématiques correspondent principalement à l'analyse des 2 critères suivants :

- ❖ la durée de chantier,
- ❖ l'économie du projet.

III.3. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE EN CONCEPTION

La conception du bâtiment, intégrera les dispositions décrites dans les chapitres suivants, pour limiter les désordres au niveau de la structure lors de la phase chantier.

III.3.1. Conception pour limiter les variations dimensionnelles

Des dispositifs constructifs de type jeux et joints de dilatation pourront être prévus lors de la conception.

Par défaut, leur dimensionnement pourra se baser sur le principe d'une reprise d'humidité défavorable en retenant comme valeur de calcul, la différence entre les valeurs minimale et maximale des intervalles d'humidités définis dans le chapitre II.2.

De façon plus optimisée, sous réserve de justifications reposant sur l'adoption de dispositions particulières, il est possible d'opter pour une reprise d'humidité moins défavorable. Des humidités hautes plus faibles que celles décrites dans le chapitre II.2 pourraient être alors envisagées.

III.3.1.1. Au niveau des jonctions entre éléments verticaux et planchers

Pour une construction de type plate-forme, les variations dimensionnelles peuvent, au niveau des jonctions entre éléments verticaux et planchers, une fois cumulées sur plusieurs étages, s'avérer conséquentes.

Ainsi, pour des constructions s'élevant sur plusieurs étages, il peut être nécessaire de privilégier des techniques limitant au maximum l'empilement de bois dans le sens transversal, par exemple en employant des solutions du type balloon frame.

III.3.1.2. Variations dimensionnelles entre éléments adjacents

Il est important que les éléments adjacents dans un même plan puissent avoir des variations dimensionnelles liées à une reprise éventuelle d'humidité sans que cela ne nuise au fonctionnement de la structure.

III.3.2. Traitement des variations dimensionnelles différentielles

Il faudra lors de la conception veiller à identifier et prendre en compte les variations dimensionnelles différentielles entre les différents éléments du bâtiment.

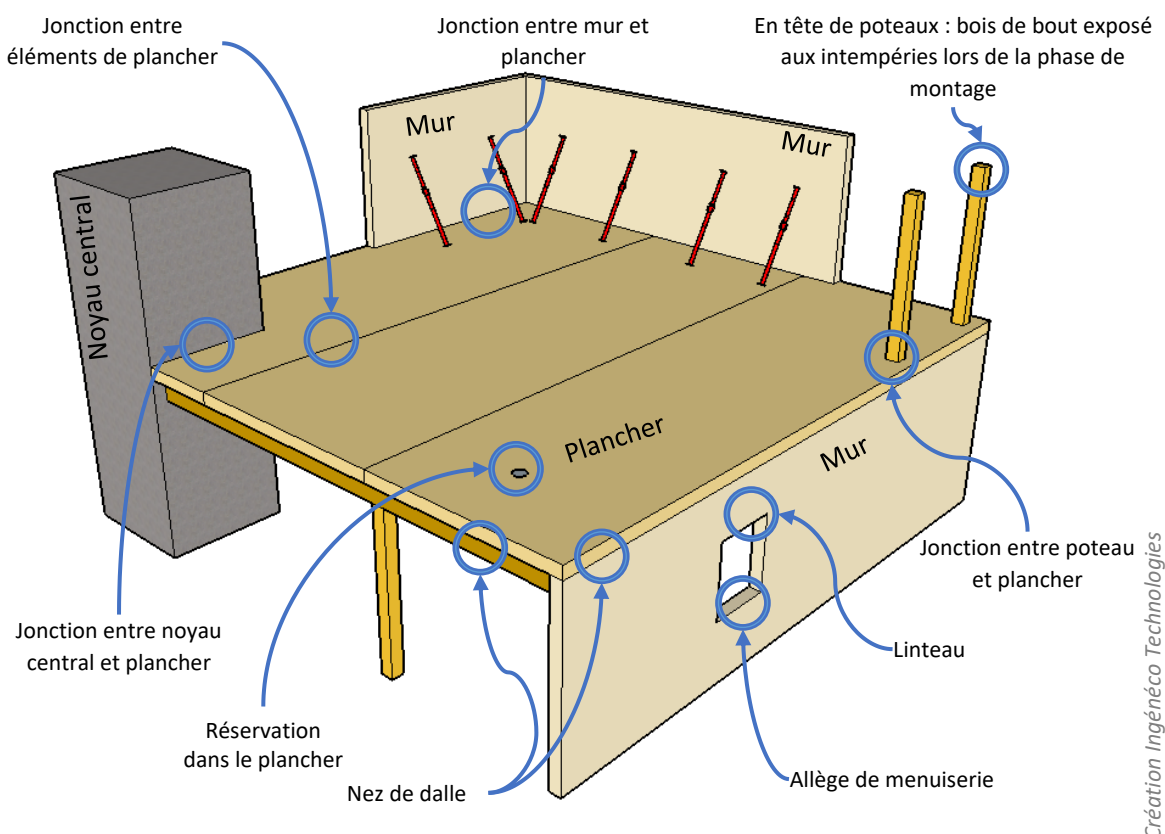
Notamment entre la construction bois et les points pouvant à priori être considérés comme « durs », par exemple : le noyau béton d'un bâtiment.

III.3.3. Identification des points singuliers

Il est important d'identifier lors de la conception et jusqu'aux plans EXE du projet, les points singuliers qui peuvent potentiellement retenir l'eau. Les puces ci-dessous donnent plusieurs exemples (représentés sur la Figure 19) :

- En tête de poteaux, il y a du bois de bout exposé aux intempéries lors de la phase de montage.
- A la jonction des planchers et de la structure porteuse ou des murs
- A la jonction des planchers et du noyau central éventuel
- A la jonction entre deux planchers
- Au niveau des linteaux et allèges des baies
- Au niveau des ferrures
- Au niveau des réservations

Chacun de ces points devra être protégé lors de la phase chantier (paragraphe III.5).



Création Ingénéco Technologies

Figure 19 - Représentation des points singuliers pouvant potentiellement retenir l'eau en phase chantier

III.3.4. Limitation des reprises d'humidité directe

Les pièces de bois sont isolées de tout contact direct avec les éléments en béton (fondation ou noyau central) par une barrière de protection conforme aux prescriptions du paragraphe 6.1 du NF DTU 31.2 partie 1-2 (CGM) visant les barrières d'étanchéité vis-à-vis des remontées capillaires (bande d'arase).

III.4. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE AVANT LE CHANTIER

III.4.1. Lors des opérations avant sortie du site de l'atelier

Les dispositions mises en place par l'entreprise pour éviter les éventuelles reprises en humidité pendant cette phase, dépendent de la durée de stockage (moyen ou long terme), du type de produits ou pièces usinés et de nombreux autres paramètres.

L'entreprise pourra par exemple prendre les dispositions suivantes :

- un stockage sous abris, dans des halles à ambiance régulée ou non ;
- une démarche de contrôle de l'humidité définie par un plan de contrôle donnant les fréquences des mesures et les plages dans lesquelles l'humidité doit se trouver.

III.4.2. Sortie d'atelier et transport

III.4.2.1. Protection

La prévention pour cette phase est principalement liée aux conditions climatiques en sortie d'usine et pendant le transport, par exemple en cas d'événements pluvieux ou neigeux.

Il est alors possible d'adopter soit une protection systématique, soit une protection raisonnée qui interviendra lorsque les conditions climatiques le nécessitent.

Si la protection est nécessaire, elle pourra être mise en place à la fin du chargement. Par exemple des CLT utilisés en plancher, pourront être chargés à plat et un film de protection sera appliqué dessus en fin de chargement.

Les photos ci-dessous illustrent plusieurs exemples de protection pour le transport.



Figure 20 - Photo d'un transport de poutre en bois lamellé collé protégée des intempéries (Source MATHIS)



Figure 21 : Photo d'un transport de panneaux CLT protégés des intempéries (Source Stora Enso)



Figure 22 – Photos d'un transport de murs à ossature bois protégés intrinsèquement des intempéries par le pare-pluie et le pare-vapeur du mur (Source Arbonis)



Figure 23 Photo d'un transport d'un module 3d protégé des intempéries (Source Arbonis)

Lorsque les produits sont déjà protégés avant le chargement, la manutention et le chargement seront réalisés avec précaution, dans le cas où la protection serait abîmée, une réparation ponctuelle sera réalisée, soit par empiècement avec le matériau d'origine, soit par bande adhésive en fonction de la taille de la zone concernée.

Une fiche d'autocontrôle est proposée pour cette étape en ANNEXE B, elle intègre notamment la façon dont peut être inscrite une éventuelle réparation de la protection.

NOTE 7

Du fait d'une plus grande sensibilité aux ambiances extérieures et reprises en humidité, les éléments préfabriqués intégrant une isolation, doivent nécessairement être protégés pour éviter toute humidification non maîtrisée.

III.4.2.2. Contrôle de l'humidité

Un contrôle pourra être prévu avant le chargement.

III.4.3. Lors du transport

Lors du transport il sera vérifié si des détériorations de la protection apparaissent, le cas échéant les parties abîmées seront réparées comme décrit précédemment.

III.4.4. Lors du stockage sur chantier / Abords du chantier

III.4.4.1. Dispositifs de stockage sur chantier

Les méthodes de stockage sur chantier peuvent être très variées du fait des nombreux paramètres à prendre en compte, notamment la vitesse de pose, les quantités livrées, leur fréquence de livraison, les moyens de manutention, les autres particularités du chantier, etc.

Ainsi, de façon à permettre à l'utilisateur d'identifier quelles dispositions peuvent être prises pour prévenir d'une humidification excessive des éléments bois stockés, ce chapitre introduit plusieurs principes généraux allant dans ce sens.

Les dispositifs de stockage et les abords du chantier :

Quel que soit le dispositif de stockage retenu, les éléments bois ne devront pas être stockés à même le sol mais à minima sur des chevrons (voir la Figure 24). Cette disposition est également valable pour les éléments stockés temporairement sur les étages (voir la Figure 25).

Ces chevrons devront ménager un espace entre le sol et les éléments bois suffisamment grand pour s'assurer : d'une part qu'il y a une ventilation naturelle dans cet espace et d'autre part qu'en cas de pluie importante, l'eau ruisselante sur le sol ne viennent pas en contact des éléments de bois.



Figure 24 – Exemple de stockage sur chantier sur chevrons dans zone de stockage (source Arbonis)



Figure 25 – Exemple de stockage provisoire d'éléments de planchers nervurés, stockés en étage sur cales (Source MATHIS)

Pour des éléments de mur préfabriqués (à ossature bois, CLT, ou autre) il faudra privilégier des moyens de stockage, tels que par exemple des chevalets, permettant de maintenir ces éléments à la verticale.

Par ailleurs, les abords des chantiers seront traités de façon propre et stabilisée en fonction des besoins identifiés en termes de stockage, circulation et manutention.

Enfin, les circulations entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments seront organisées pour éviter les dégradations des protections des ouvrages bois ou des apports en humidité non souhaités.



Figure 26 – Exemple de stockage vertical sur chantier de murs CLT (Source ARBONIS)



Figure 27 – Exemple de stockage sur chevalet de panneaux de murs (Source MATHIS)

La protection des éléments bois pendant le stockage :

Outre les éventuels risques d'humidification liés à l'activité sur le chantier, le principal risque d'humidification est dû aux événements climatiques tels que la pluie ou la neige.

Ainsi, afin d'assurer la protection des éléments bois lors du stockage, il sera nécessaire d'anticiper ces événements, la mise en place de cette protection pourra alors être réalisée avant que ceux-ci n'interviennent. Il sera d'ailleurs préférable d'appliquer une protection sur les éléments bois en chaque fin de journée de travail afin de prévenir de toute précipitation survenant en dehors des périodes de travail.

L'objectif de cette protection est d'éviter tout contact direct entre des éléments bois et l'eau liquide, c'est à l'entreprise de retenir le produit le plus adaptée tout en sachant que ce choix se fera en prenant en compte la saison, donc les conditions climatiques du chantier, et de la durée de stockage, puisque :

- En période hivernale, l'air extérieur étant plus humide, il faudra pour éviter les risques de confinement : soit privilégier des matériaux laissant passer la vapeur d'eau (type pare-pluie par exemple), soit s'assurer que l'air puisse circuler librement de façon à assurer un renouvellement d'air. Par ailleurs, il sera préférable de retenir des matériaux de couleur sombre afin d'assurer un séchage plus rapide des eaux liées à la condensation par exemple.
- A l'inverse, en période estivale, les matériaux sombres pourraient tendre à faire sécher le bois plus rapidement lorsque celui-ci reste recouvert pendant une longue période d'ensoleillement. Pour ces périodes, des matériaux de couleur claire sont alors plus appropriés.

La mise en place de cette protection devra :

- être soignée ;
- être suffisamment fixée ou lestée de façon à s'assurer qu'elle ne soit retirée en cas de fortes bourrasques ;
- Permettre d'éviter tout risque de stagnation de l'eau notamment l'apparition de poche d'eau de façon à éviter que les éléments bois ne soient mouillés lorsque la protection est retirée.

Les photos ci-dessous représentent différentes bonnes pratiques de protection d'éléments bois stockés sur chantier.



Figure 28 - Photo d'une protection d'éléments stockés sur chantier (Source Arbonis)



Figure 29 - Photo d'une protection de poutres et poteaux en bois lamellé collé stockés provisoirement en étage (Source MATHIS)



Figure 30 - Photo d'une protection de murs à ossature bois préfabriqués stockés verticalement (Source Arbonis)

III.4.4.2. Mesures d'humidité

Au moment de la livraison et tout au long du stockage, dès lors qu'il est constaté une dégradation de la protection des éléments bois, ou qu'il y a des traces apparentes de reprises en humidité de ceux-ci, un contrôle de l'humidité au droit de ces endroits sera à effectuer. Si cette mesure démontre une dérive par rapport à la valeur cible, il faudra prévoir d'autres contrôles à intervalles réguliers de façon à pouvoir rapidement appliquer des actions correctives en cas de persistance de cette dérive.

Pour les pièces livrées, qui seront stockées sur chantier à plus long terme, il est conseillé de prévoir des mesures selon un cycle défini par analogie aux grands principes développés dans le présent document.

III.4.4.3. Action corrective

Une stratégie de mise en place d'actions correctives devra être prévue de façon à pouvoir remédier à des problèmes d'humidité sortant de l'intervalle prévu.

L'élément excessivement humide doit être identifié. Si la qualité intrinsèque du matériau dans l'emploi visé, n'est pas atteinte, une procédure de séchage doit être mise en œuvre en le protégeant de l'eau liquide et en assurant un renouvellement d'air.

III.5. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE PENDANT LE MONTAGE

Les sources d'humidité présumées pour cette phase sont :

- De nature exogène :
 1. La pluie
 2. La rosée du matin
 3. La neige et sa fonte
- De nature endogène, à savoir : Matériaux de la filière humide :
 4. Dalle du rez-de-chaussée,
 5. Béton armé de la cage d'escalier et d'ascenseur

A noter que l'ensemble de ces origines a une incidence sur l'humidité de l'air ambiant, ce qui, comme déjà décrit, est un élément important. De cette façon, ces sources d'humidité induisent un certain nombre de dispositions communes, à savoir :

- Le bois ne devra pas être en contact direct et de façon prolongée avec l'eau ;
- L'eau devra être correctement évacuée ;
- Le renouvellement d'air devra être suffisant pour limiter l'augmentation de l'humidité dans l'air ambiant.

Parmi les méthodes existantes de protection de l'ouvrage, il a été retenu de présenter dans le chapitre du présent guide une méthode de protection locale de type écran souple rapporté aux emplacements et moments stratégiques du chantier.

III.5.1. Protection locale de type écran souple rapporté

Cette protection locale doit reposer sur une réelle stratégie de protection dont l'application permettra de gérer au mieux l'humidité pendant la phase de montage sans qu'il n'y ait nécessairement une mise en place systématique d'une protection de tous les éléments bois.

Le présent chapitre s'attelle ainsi à proposer une stratégie type et à présenter des exemples de pratiques qui sont considérées comme ayant déjà donné satisfaction. L'utilisateur du présent document pourra alors adapter cette stratégie à son projet tout en ayant une base de ce qui pourrait être mis en place.

A noter que l'ensemble de la méthodologie proposée a un caractère général, cela de façon à couvrir un large panel de cas, ainsi, en pratique son application en reste relativement simple puisqu'après une première application, les dispositions/moyens pris (par exemple : les plages d'humidité escomptées pour un produit donné) pourront à priori être réutilisés pour d'autres chantiers.

Dans la suite de ce chapitre, il sera successivement développé :

- ❖ La méthodologie en elle-même ;
- ❖ Les caractéristiques requises pour les éléments de protection ;
- ❖ Exemples de mise en œuvre/bonnes pratiques de prévention ;
- ❖ Les contrôles de l'humidité pouvant à priori être prévus pendant la phase de montage ;
- ❖ Les actions à mener en cas de dérive de l'humidité par rapport aux valeurs cibles escomptées.

III.5.1.1. Proposition d'une stratégie de protection locale

La stratégie de protection locale proposée se traduit par l'application des deux étapes suivantes :

- ❖ Définition des moyens de prévention contre les augmentations excessives d'humidité lors du montage
- ❖ Application de la prévention contre les augmentations excessives d'humidité pendant le montage

Ces deux étapes sont données dans les logigrammes ci-dessous.

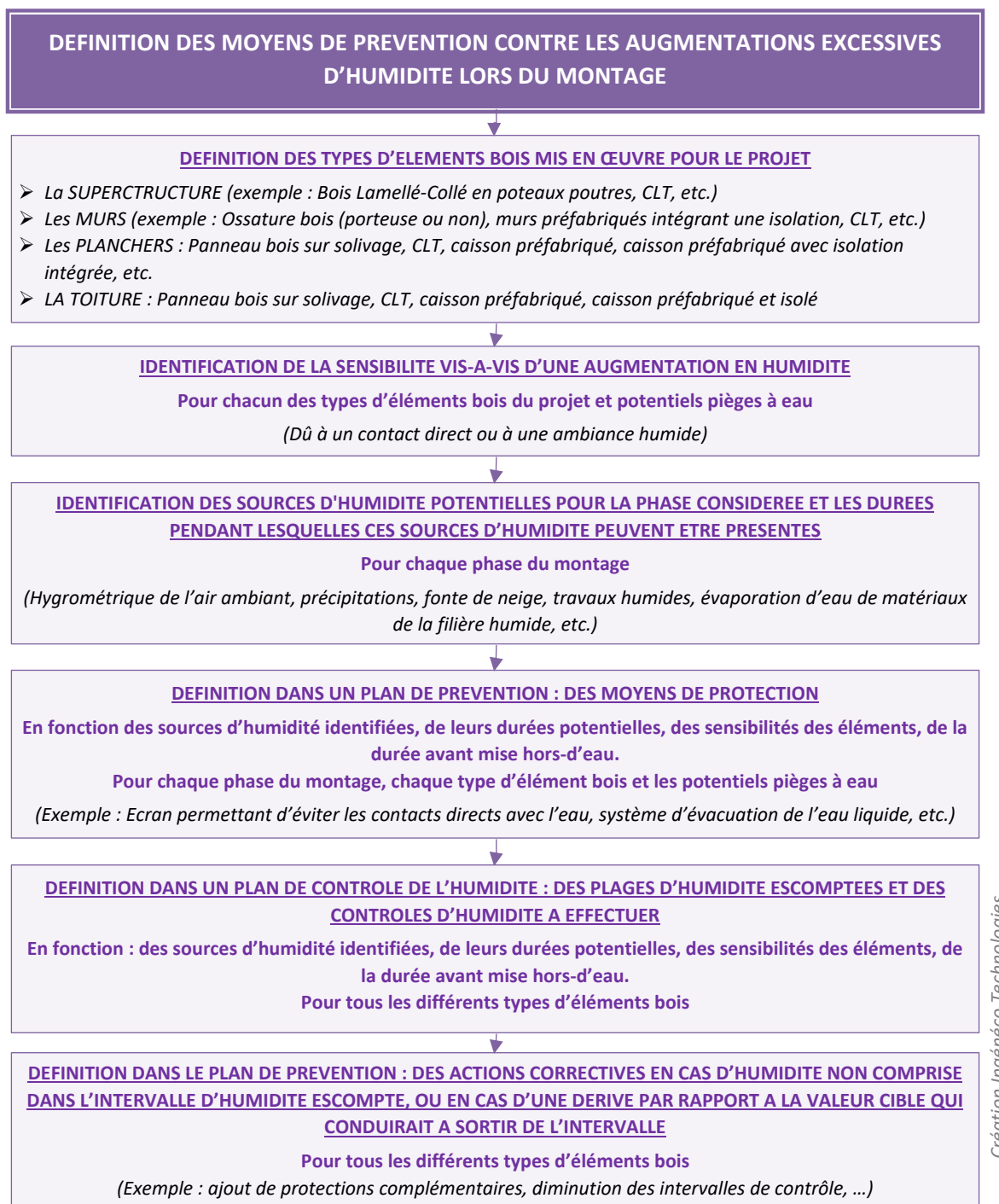


Figure 31 - définition des moyens de prévention contre les augmentations excessives d'humidité lors du montage

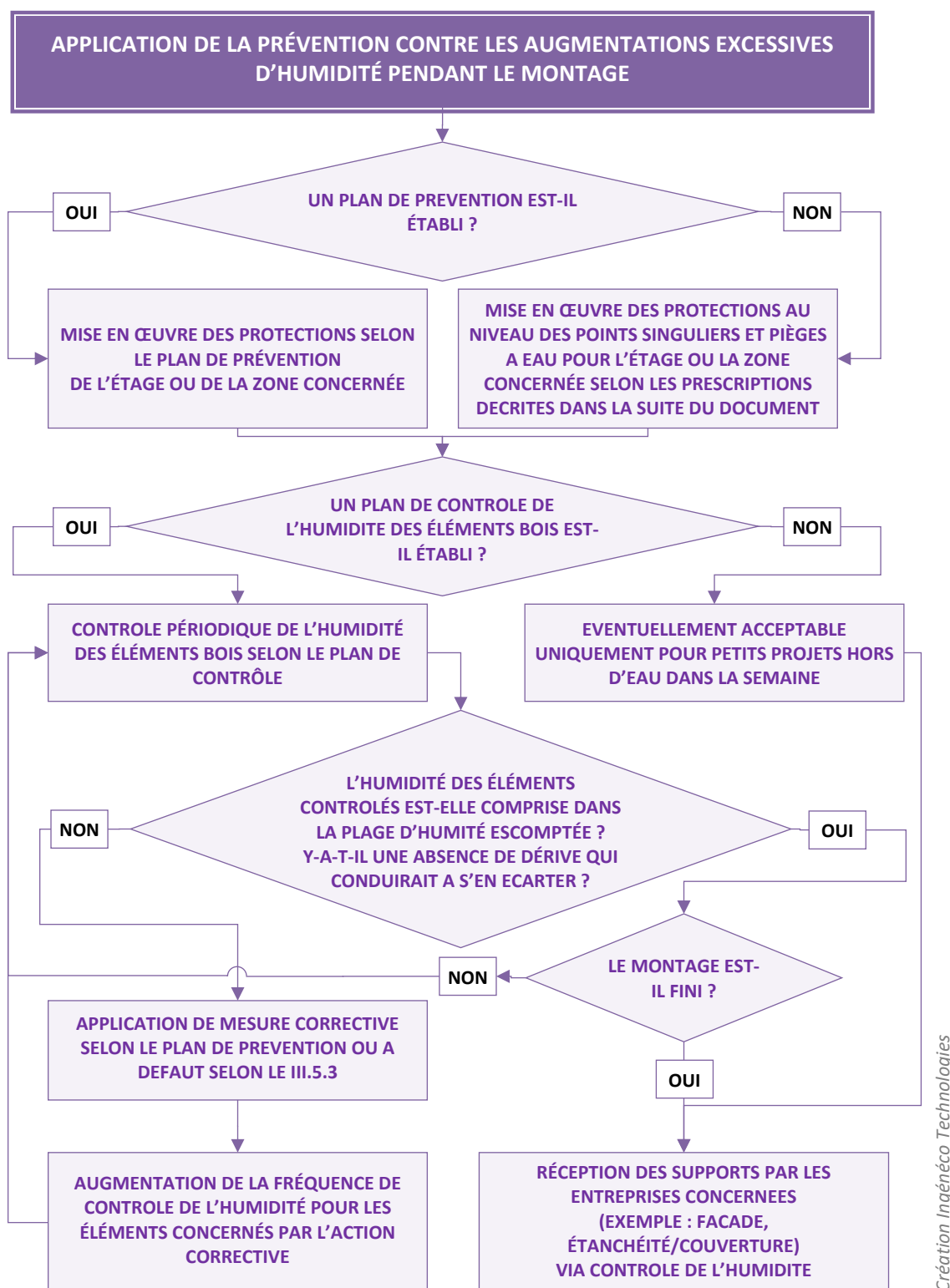


Figure 32 - application de la prévention contre les augmentations excessives d'humidité pendant le montage

III.5.1.2. Eléments de protection

Il est proposé de retenir deux types de protections se distinguant principalement sur des notions de temps, et plus précisément de durée potentielle d'exposition à un contact direct avec de l'eau. Ces protections sont écrites dans les sous-chapitres suivants.

III.5.1.2.1. Les protections dites ponctuelles de courte durée (≤ 3 jours)

Elles sont destinées à répondre à une problématique d'exposition lors d'événements périodiques de courte durée, répétés ou non, pendant lesquels une évacuation de l'eau manuellement ne peut être réalisée. Cela peut par exemple être le cas le temps d'un weekend lorsqu'il n'y pas d'ouvrier sur le chantier, ou entre deux journées de travail lorsque des événements pluvieux sont annoncés.

Ces protections peuvent par exemple être du type bâche.

Du fait du caractère occasionnel de leur application, la mise en œuvre et la caractérisation de ces protections ne seront pas développées dans la suite du document. Elles devront cependant, bien évidemment être appliquées de façon soignée, afin d'éviter tout piège à eau et solidement arrimées.

III.5.1.2.2. Les protections dites spécifiques

Ce sont les protections prévues par le plan de prévention lorsque les durées potentielles plus longues.

Elles pourront être appliquées spécifiquement aux points singuliers (pièges à eau) mais aussi sur des parties courantes, par exemple sur les surfaces complètes de plancher.

Les caractéristiques des protections dites spécifiques doivent en particulier répondre aux caractéristiques suivantes :

- Etanchéité à l'eau adaptée aux durées d'exposition potentielles, c'est-à-dire une étanchéité suffisante pour un contact direct avec de l'eau pendant la durée d'exposition ;
- Résistance mécanique vis-à-vis des sollicitations de vent et humaines (par exemple piétinement des éléments de protection de plancher, ou résistance à la déchirure) ;
- Conservation des performances vis-à-vis des expositions aux UV pour la durée de protection requise ;
- Perméabilité à la vapeur d'eau, elle doit être adaptée pour éviter les risques de confinement en hiver, et les risques de dessiccation en été. Pour éviter les risques de confinement, le produit sera respirant, c'est-à-dire avec un facteur Sd proche d'un écran pare-pluie HPV (Haute Perméabilité à l'Air), soit inférieur ou égal à 0.18 m ;
- La couleur de la protection, pour les mêmes problématiques que la puce précédente, c'est-à-dire de couleur claire en été pour éviter les risques de dessiccation et de couleur sombre en hiver pour faciliter le séchage rapide des infiltrations éventuelles.
- Pour les écrans de protection appliqués sur des zones horizontales telles qu'en plancher, ils seront de type non glissant afin de ne pas générer de risque d'accident.

Les pare-pluies conformes à la partie 1-2 du NF DTU 31.2 et les écrans de sous-toiture conformes aux DTUs de couverture de la série 40, présentent des propriétés suffisantes pour répondre à ces caractéristiques, si ce n'est peut-être sur le critère non-glissant.

Par ailleurs, parmi les procédés présents sur le marché, il existe des produits du type pare-pluie qui ont spécifiquement été développés pour cette application en protection en phase chantier. Leur application est simplifiée par la présence d'une sous-face autocollante, leur mise en œuvre se fait alors par marouflage.

Les fabricants de ces produits fournissent les notices de mises en œuvre associées, il n'est ainsi pas nécessaire de les développer dans le présent document. De ce fait, ce seront les solutions d'écran sans sous-face autocollante devant être fixées via d'autres systèmes qui seront présentées.

La fixation de l'écran de protection se fait :

- En partie courante avec des clous ou agrafes à pastille plastique (Figure 13). Ces fixations seront entraxées de façon à ce que l'écran de protection soit solidement fixé et puisse résister aux effets du vent. Les pastilles auront un diamètre minimum de 2,5 cm.
- Sur les bords avec des bandes adhésives capable de résister aux intempéries, cela permet d'ailleurs d'assurer l'étanchéité au niveau de la liaison entre les bords des écrans de protection et les éléments bois.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas lorsque la protection de l'ouvrage concerné est couverte par le référentiel, par exemple, pour les murs à ossature bois, le NF DTU 31.2 traite de la protection des murs en partie courante en phase chantier.

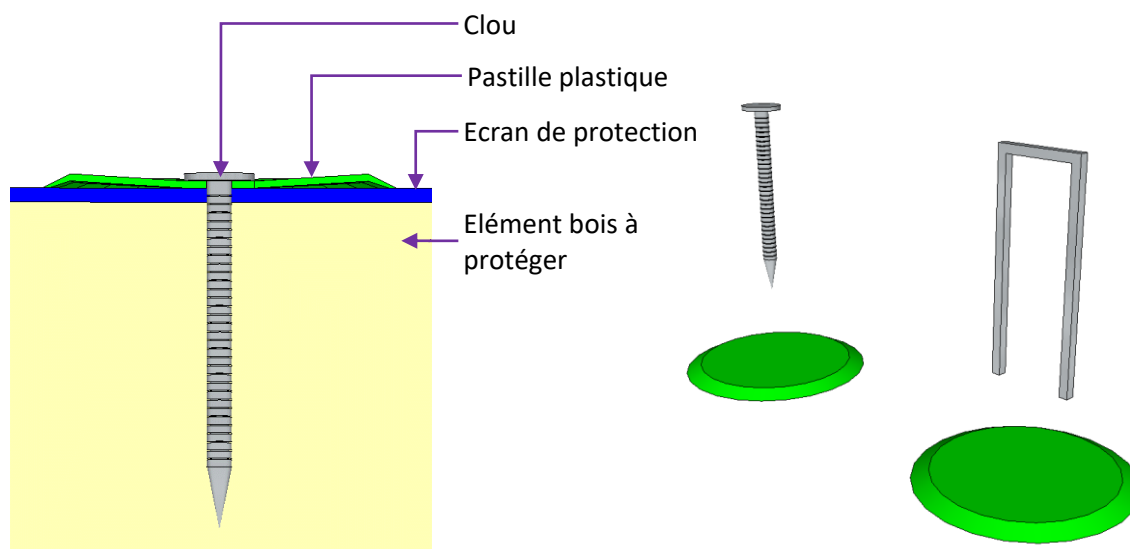


Figure 33 - Aperçu de fixations par agrafes ou clous avec pastilles

Les bandes adhésives devront :

- Être résistantes aux intempéries et aux UV ;
- Être compatibles avec les différentes surfaces sur lesquelles elles seront appliquées. Cela peut être vérifié avec des tests de pelage ;
- Présenter une largeur suffisante afin d'assurer une surface d'adhésion d'au moins 2 cm sur chacune des 2 surfaces sur lesquelles elles seront appliquées.

Les produits conformes au paragraphe 11.4 de la partie 1-2 du DTU 31.2 (version de mai 2019) présentent des caractéristiques à priori suffisantes pour cet emploi.

III.5.1.2.3. Gestion des détériorations de la protection

En cas d'endommagement de cet écran de protection, une réparation ponctuelle sera réalisée :

- soit avec une bande adhésive (répondant aux critères ci-dessus) lorsqu'il s'agit d'une petite déchirure,
- soit par empiècement.

Les conditions suivantes sont à respecter pour une réparation par empiècement :

- Il n'y a pas eu d'infiltration d'eau au droit de cette détérioration (dans le cas contraire un protocole sera défini) ;
- Elle est faite d'un écran de protection ayant les mêmes propriétés que celui utilisé en partie courante ;
- Elle est suffisamment grande pour qu'il y ait un recouvrement satisfaisant (supérieur ou égal à 10 cm) ;
- Elle est fixée avec des bandes adhésives (répondant aux critères du III.5.1.2.2).

La figure ci-dessous illustre un empiècement d'une protection sur un élément de plancher.

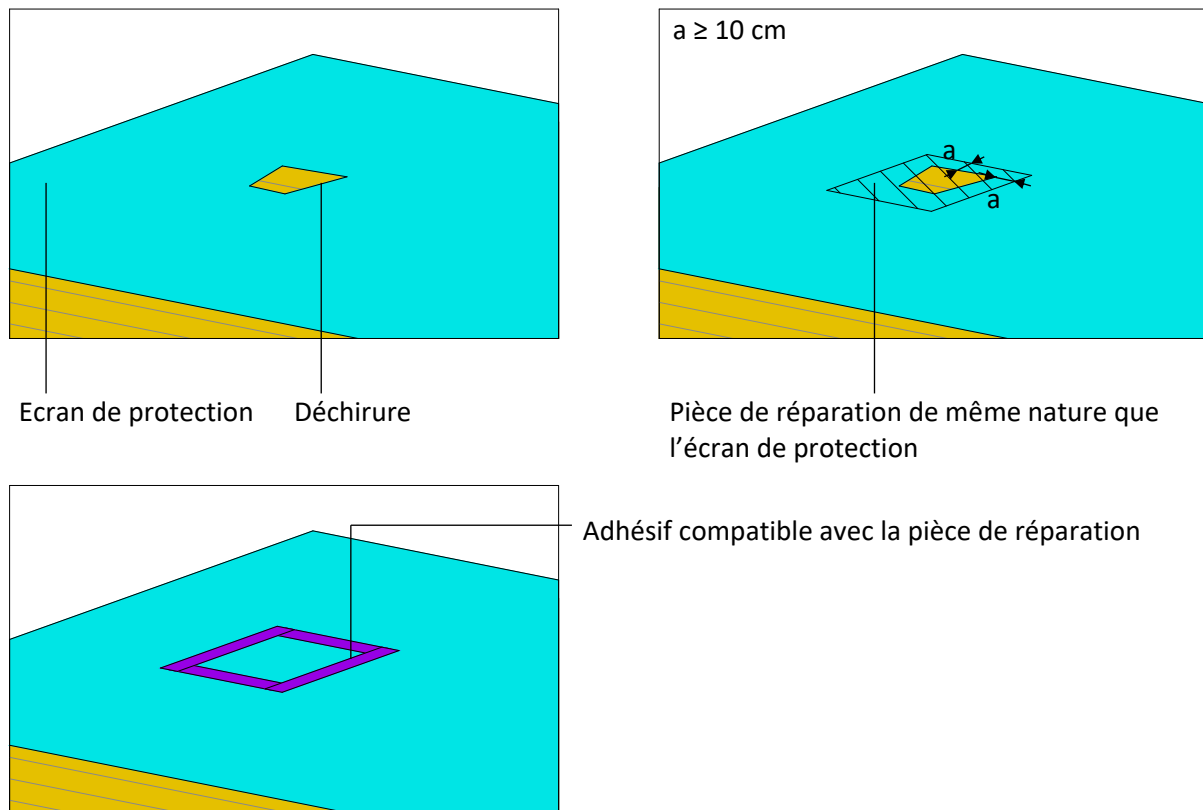


Figure 34 - Réparation d'une protection par empiècement (Source MATHIS)

III.5.1.3. Exemples de mise en œuvre / bonnes pratiques de prévention

Les exemples donnés dans le présent chapitre, sont synthétisés dans les fiches dites de protection données en ANNEXE C.

III.5.1.3.1. Evacuation de l'eau

L'eau doit être convenablement évacuée, pour ce faire il sera possible d'utiliser les réservations prévues pour les différents réseaux ou de faire des trous complémentaires dédiés à cette évacuation.

Ce dernier cas sera possible uniquement sous réserve d'une validation par le bureau d'étude sur leur position et dimensions.

Les jonctions entre murs et planchers étant plus particulièrement sensibles aux stagnations d'eaux, prévoir des évacuations en plusieurs points le long de jonction peut être un bon moyen de s'assurer que l'eau soit convenablement évacuée.

Les évacuations respecteront les points suivants :

- Evacuations du type « *Évacuation d'eau pluviale pour toit plat* ».
- Fixées sous l'écran de protection, lui-même cloué au travers de l'évacuation. Le raccord entre les deux sera complété par une bande adhésive.
- L'évacuation est raccordée à un réseau horizontal de tuyaux d'évacuation d'eau de pluie débouchant sur un réseau vertical, ou, à défaut, l'eau sera rejetée en façade avec un débord suffisant.

Les figurent suivantes illustrent des exemples de mise en œuvre de ces évacuations.

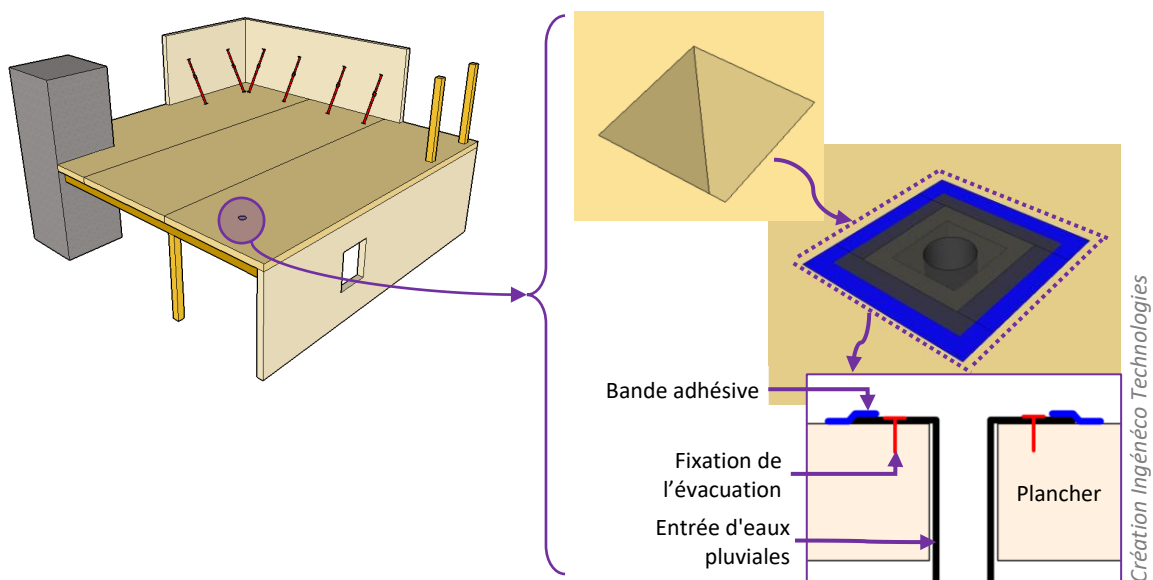


Figure 35 - Exemple d'évacuation en partie courante de plancher au niveau d'une réservation

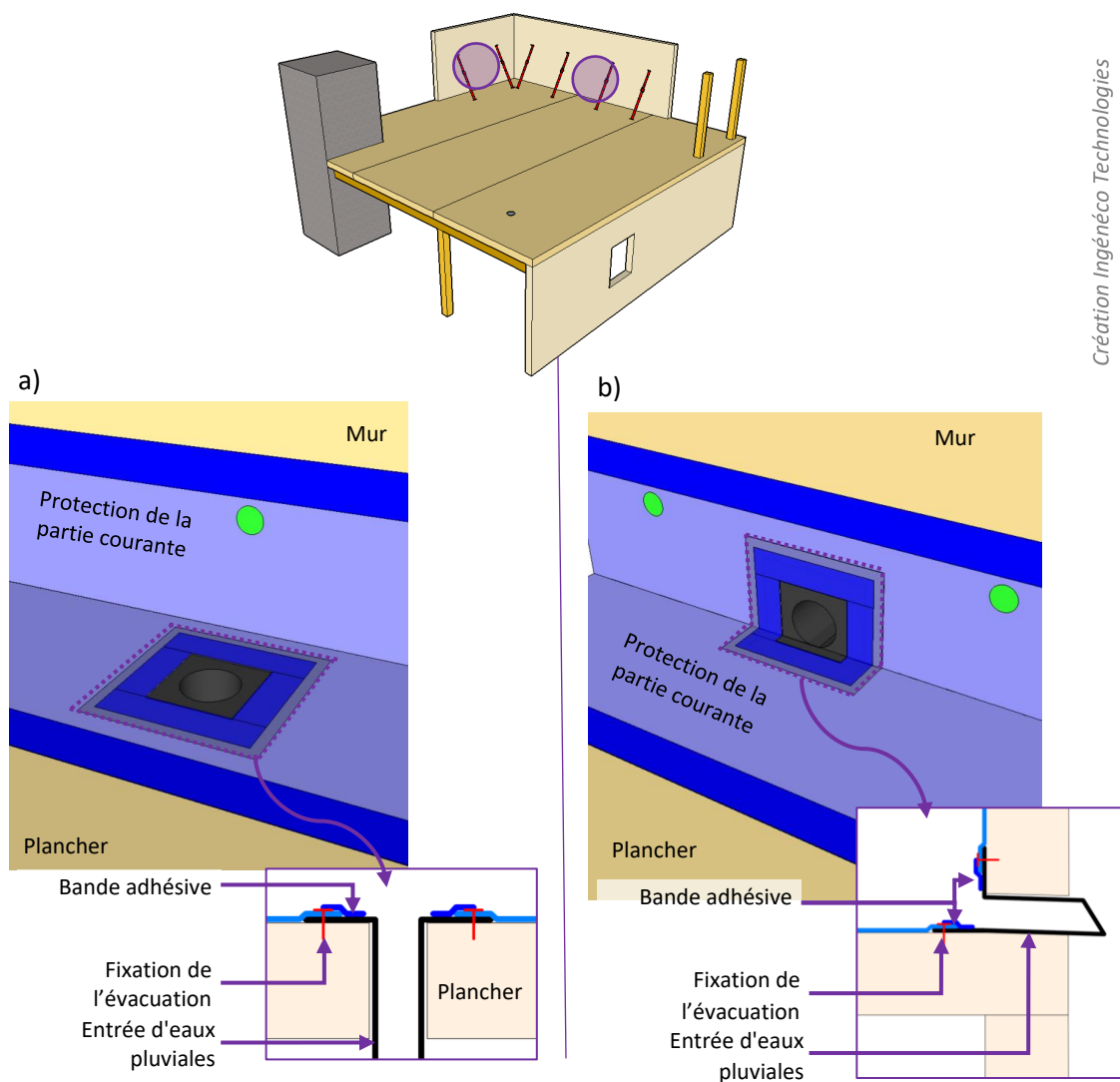


Figure 36 - exemple d'évacuation pour les jonctions entre murs et planchers (a – évacuation au travers du plancher / b – évacuation au travers du mur)

III.5.1.3.2. Protection des potentiels pièges à eaux

Les pièges à eaux ont été identifiés au paragraphe III.3.3 et rappelés dans les sous-chapitre ci-dessous.

III.5.1.3.2.1. Nez de dalle des planchers

Il est conseillé de mettre en œuvre la protection dès lors que :

- La durée d'exposition est supérieure à :
 - 2 semaines pour les planchers en panneaux dérivés du bois
 - 1 mois pour les plancher CLT
- Il est constaté une dérive de l'humidité des éléments bois vis-à-vis de la valeur cible escomptée.

La protection est alors un écran souple de type pare-pluie, appliqué sur une largeur minimale D, où :

$D=H/2.5$ avec H la hauteur entre deux niveaux (voir Figure 37).

L'écran retombera en façade d'au moins l'épaisseur de la dalle + 30mm et afin d'éviter les infiltrations sous l'écran, la jonction entre celui-ci et le plancher sera réalisée avec une bande adhésive.

Lorsque la protection n'est pas autoadhésive, elle est fixée :

- Avec des clous ou agrafes avec pastille plastique ;
- Sur les faces horizontales et verticales ;
- Avec un entraxe de 60 cm maximum.

L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

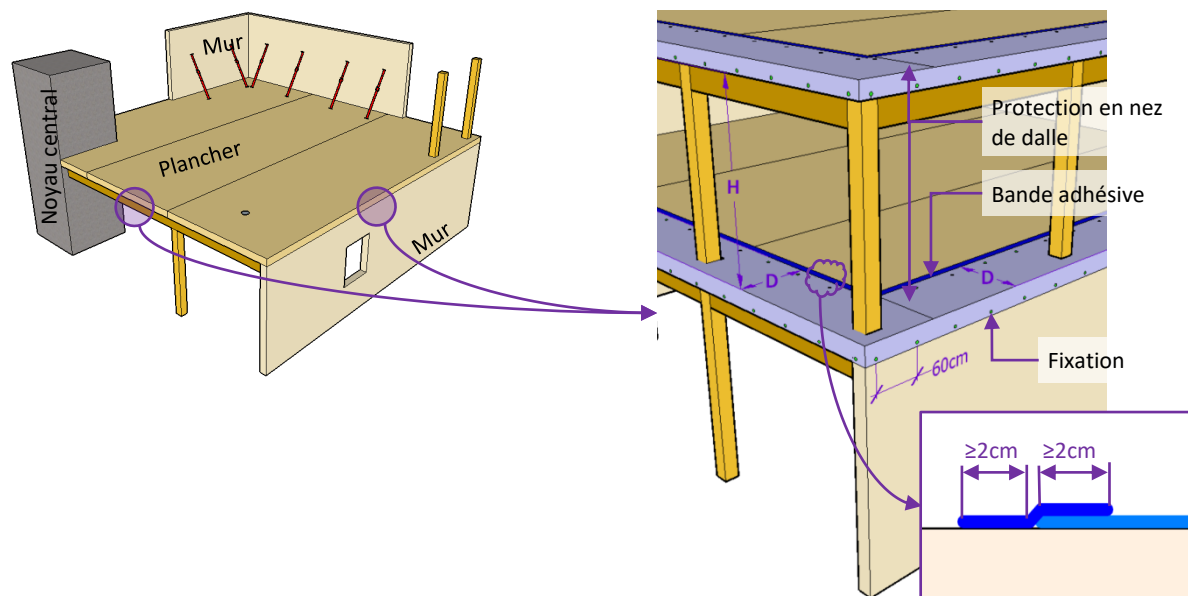


Figure 37 - Exemple de protection en nez de dalle

III.5.1.3.2.2. Entre éléments de plancher

Il est conseillé de mettre en œuvre la protection dès lors :

- Qu'il existe un jeu (espace) entre les éléments de plancher supérieur à 3 mm
- La durée d'exposition est supérieure à :
 - 2 semaines pour les planchers en panneaux dérivés du bois
 - 1 mois pour les plancher CLT
- Une dérive de l'humidité des bois vis-à-vis de la valeur cible est constatée.

La protection sera du type bande adhésive conforme au 50III.5.1.2.2 et sera mise en œuvre sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

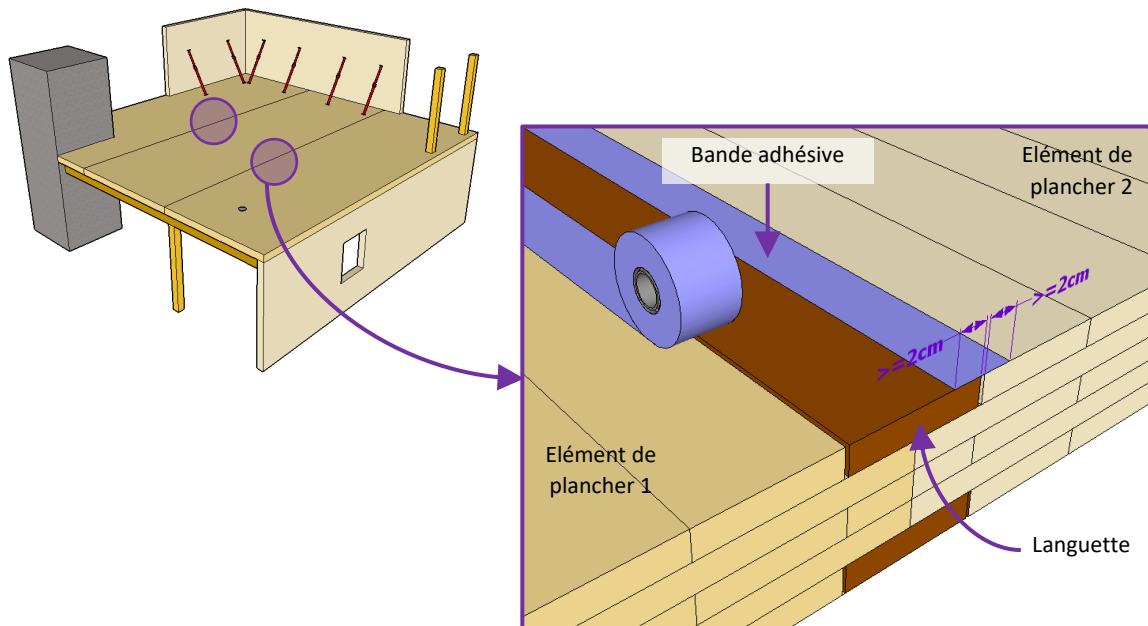


Figure 38 - Exemple de protection pour une jonction entre deux planchers CLT assemblés avec languette rapportée

III.5.1.3.2.3. Entre planchers et éléments verticaux

Il est conseillé de mettre en œuvre la protection dès lors que :

- La durée d'exposition est supérieure à :
 - 2 semaines pour les planchers en panneaux dérivés du bois
 - 1 mois pour les planchers CLT
- Il est constaté une dérive de l'humidité des éléments bois vis-à-vis de la valeur cible escomptée.

La protection est alors un écran souple de type pare-pluie auto-adhésif ou non, appliquée sur une largeur minimale de 20 cm minimum contre le mur et de 30 cm sur le plancher. A noter qu'une largeur supérieure peut être nécessaire pour l'intégration de l'évacuation d'eau.

Lorsque la protection n'est pas autoadhésive, elle est appliquée avec :

- En tête de la face verticale : des clous ou agrafes avec pastilles plastiques. Un espace suffisant avec le bord est ménagé pour permettre l'application continue de la bande adhésive.
- Au bord de la face verticale : une bande adhésive assurant l'étanchéité de la jonction écran/mur.
- Au bord de la face horizontale : une bande adhésive assurant l'étanchéité de la jonction écran/plancher.

L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

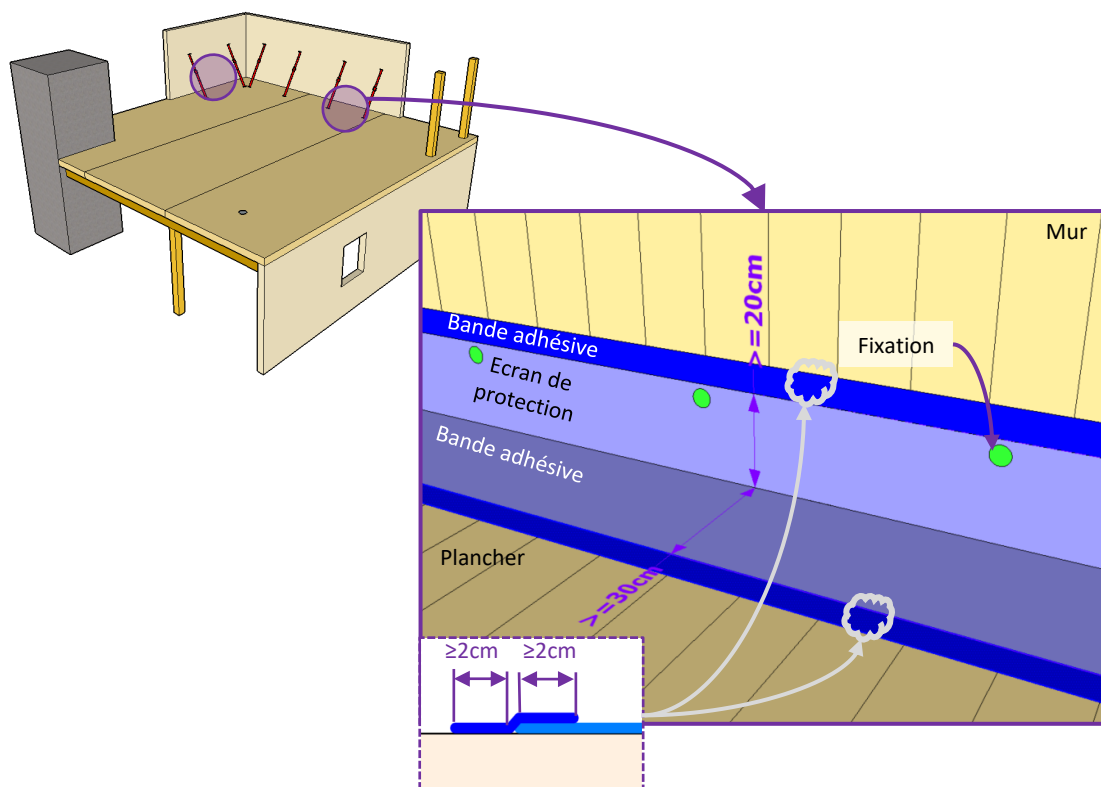


Figure 39 - Représentation d'une protection à la jonction entre un plancher et des éléments verticaux

Pour éviter tout risque d'accumulation d'eau au niveau de cette jonction, il faudra veiller à ce que des évacuations d'eau soient prévues, voir chapitre III.5.1.3.1 Elles pourront être placées soit dans l'élément vertical, soit dans le plancher.

Ces évacuations pourront être raccordées à un réseau temporaire le temps de la mise hors d'eau et hors d'air.

III.5.1.3.2.4. Au niveau des réservations

Toutes les réservations ne servant pas à l'évacuation des eaux seront recouvertes par une plaque de sécurité rigide fixée sur le plancher. Cette plaque pourra par exemple être en panneau dérivé du bois ou en métal.

Dans le cas d'une plaque en panneau dérivé du bois, celle-ci elle sera protégée par un film protecteur conforme aux prescriptions du paragraphe III.5.1 et fixé avec des bandes adhésives de largeur suffisante pour assurer une adhérence d'au moins 2 cm sur la pièce de protection d'une part et sur le plancher d'autre part.

Les dimensions de l'écran de protection doivent être supérieures à celles de la réservation et de la plaque de sécurité d'au moins 5cm.

Enfin, l'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

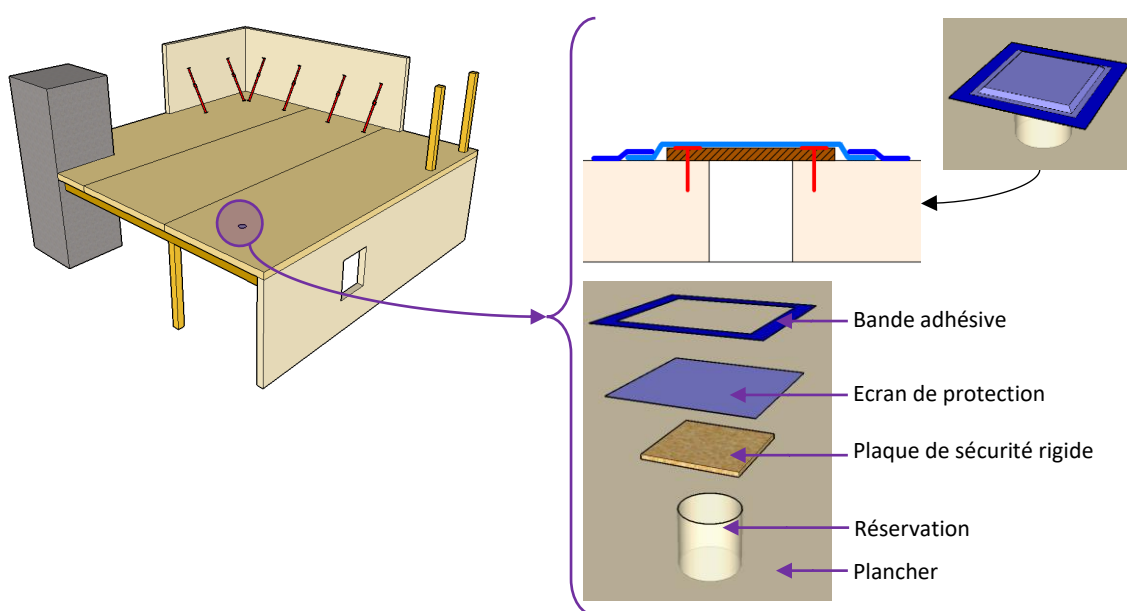


Figure 40 - Représentation d'une protection de réservation par plaque rigide de sécurité en panneau dérivé du bois

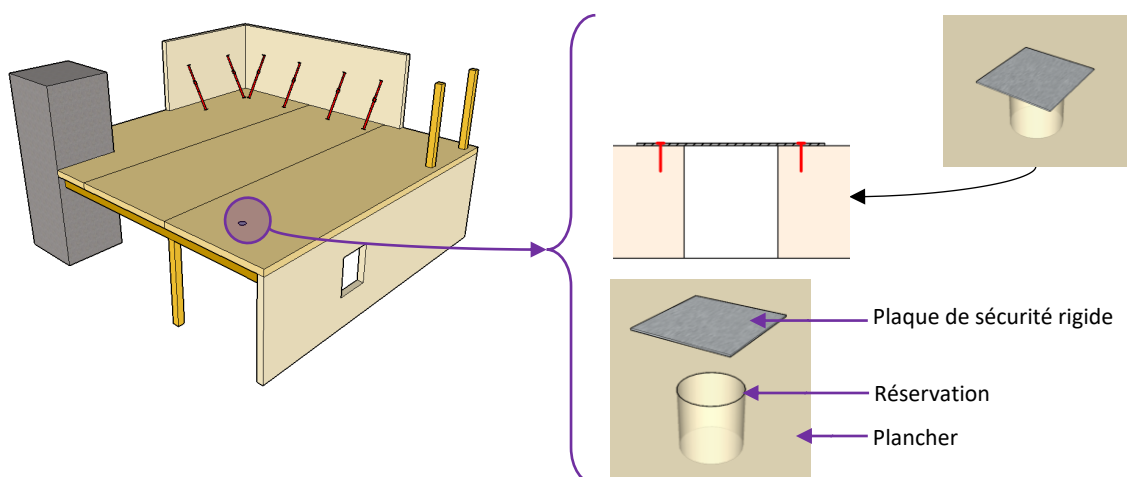


Figure 41 - Représentation d'une protection de réservation par plaque rigide de sécurité en métal

III.5.2. Plan de mesures de l'humidité des éléments

Les mesures décrites dans ce chapitre ont pour objectif de contrôler l'humidité du bois au regard des plages d'humidité escomptées tout au long de la phase de montage.

La localisation et la fréquence des mesures à effectuer pourront être définies dans un plan de mesure d'humidité établi sur la base :

- Des différents éléments bois à monter
- Leur emplacement et leur quantité
- Le phasage du chantier (durée)
- Les conditions climatiques
- Les protections prévues
- Etc.

Il est proposé dans la suite de ce chapitre des exemples de bonnes pratiques de mesures (positions et fréquences) pouvant être effectuées et intégrées au plan de mesure.

Un résumé de ces exemples et un rappel des bornes minimales et maximales acceptées est donné en Tableau 6.

Dès lors que les éléments bois présentent des traces d'humidité excessive apparentes, un plan d'action spécifique est à prévoir, telles que les actions correctives proposées en III.5.3.

III.5.2.1. Mesure de l'humidité de poteaux

Les mesures seront réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3 avec en complément les prescriptions suivantes :

- Echantillonnage : les mesures seront réalisées sur les poteaux exposés, avec à minima :
 - Pour les poteaux en façade : 1 poteau par façade et par tranche de 20 ml à chaque étage
 - Pour les poteaux intérieurs s'ils sont exposés aux intempéries : 1 poteau par étage et par tranche de 100 m² de plancher ;
- Position : L'humidité sera prise en au moins 1 point sur les poteaux : à 30 cm minimum du bas
 - ➔ Privilégier la réalisation des mesures sur des faces qui ne resteront pas apparentes ;
- La fréquence de mesure : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, une mesure mensuelle peut sembler adaptée pour des projets multiétages.

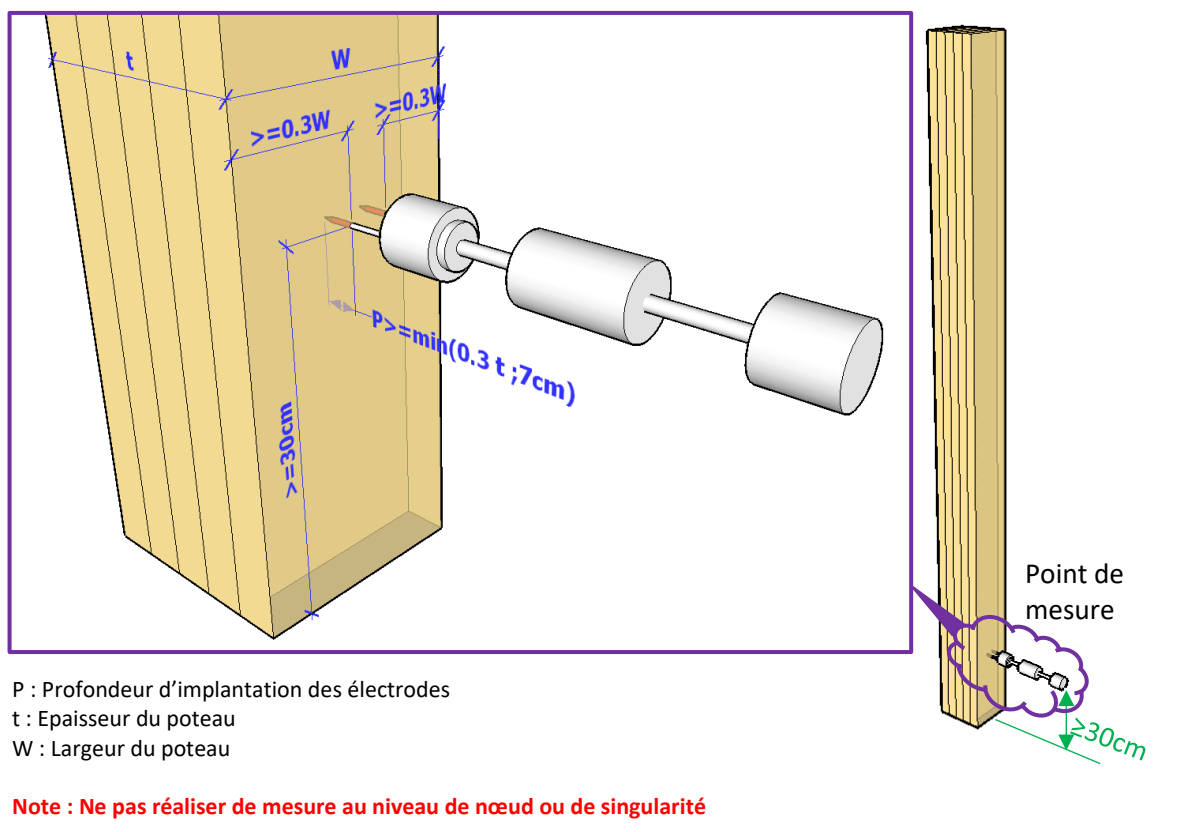


Figure 42 - Aperçu de mesure sur un poteau

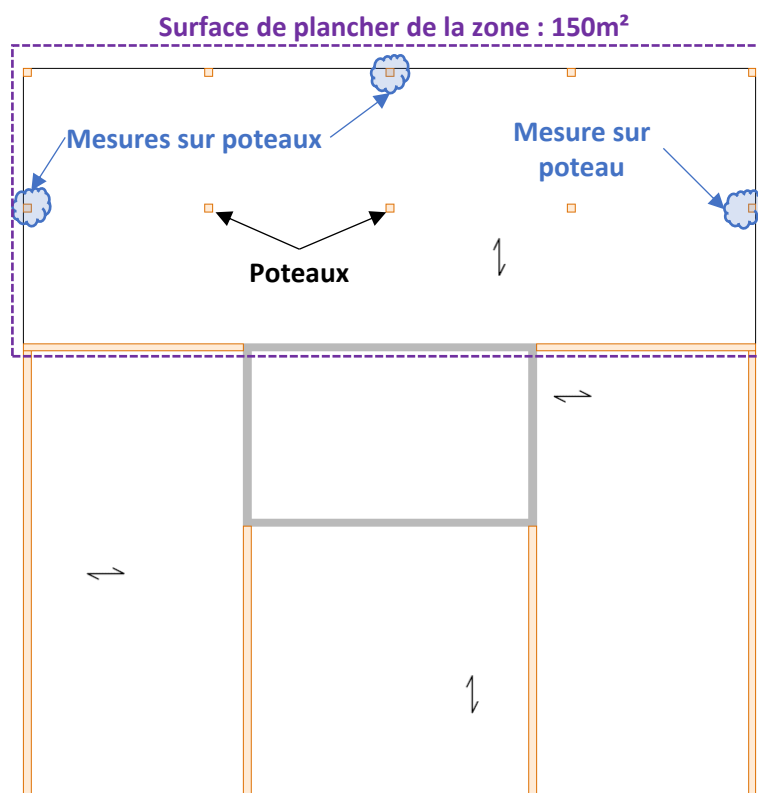


Figure 43 – Exemple d'échantillonnage sur un plan d'étage quelconque pour le contrôle de l'humidité des poteaux (poteaux intérieurs considérés non exposés)

III.5.2.2. Mesure de l'humidité des murs à ossature bois

III.5.2.2.1. Murs à ossature bois préfabriqués ou non sans isolant

La mesure de l'humidité des murs à ossatures bois préfabriqués ou non sans isolant consiste à vérifier l'humidité des pièces de bois massif et des panneaux dérivés du bois. Les mesures seront respectivement réalisées selon les méthodes décrites dans les chapitres II.3.1 et II.3.2 avec en complément les prescriptions suivantes :

- **Bois massif**
 - Echantillonnage : les mesures seront réalisées sur les murs exposés, avec à minima :
 - Pour les murs extérieurs : 1 mesure par façade et par tranche de 20 ml à chaque étage
 - Pour les murs intérieurs s'ils sont exposés aux intempéries : 2 mesures par étage et par tranche de 100m² de plancher
 - Position : 1 mesure sur la lisse basse et 1 mesure en pied d'un montant, ces mesures sont réalisées à au moins 30cm de l'extrémité de la pièce contrôlée.
 - La fréquence de mesure : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure mensuelle.
- **Panneau dérivé du bois :**
 - Echantillonnage : les mesures seront réalisées sur les murs exposés, avec à minima :
 - Pour les murs extérieurs : à chaque étage, 3 carottages par façade par tranche de 50 m² de surface apparaissant comme homogène
 - Pour les murs intérieurs s'ils sont exposés aux intempéries : 3 carottages par tranche de 50 m² de surface apparaissant comme homogène
 - Position : au droit d'un montant
 - Fréquence de mesure : 1 seule mesure en fin de montage.
 - Prescriptions particulières : dans le cas où le panneau est recouvert par un écran de protection ou un pare-pluie :
 - Avant carottage du panneau dérivé du bois, procédé à un découpage de la membrane sur un carré de 8cm de côté.
 - Une fois le carottage réalisé et l'échantillon mesuré, revisser l'échantillon, et procéder à une réparation de la membrane par empiècement avec une pièce de 20*20cm fixée par bandes adhésives adaptées.

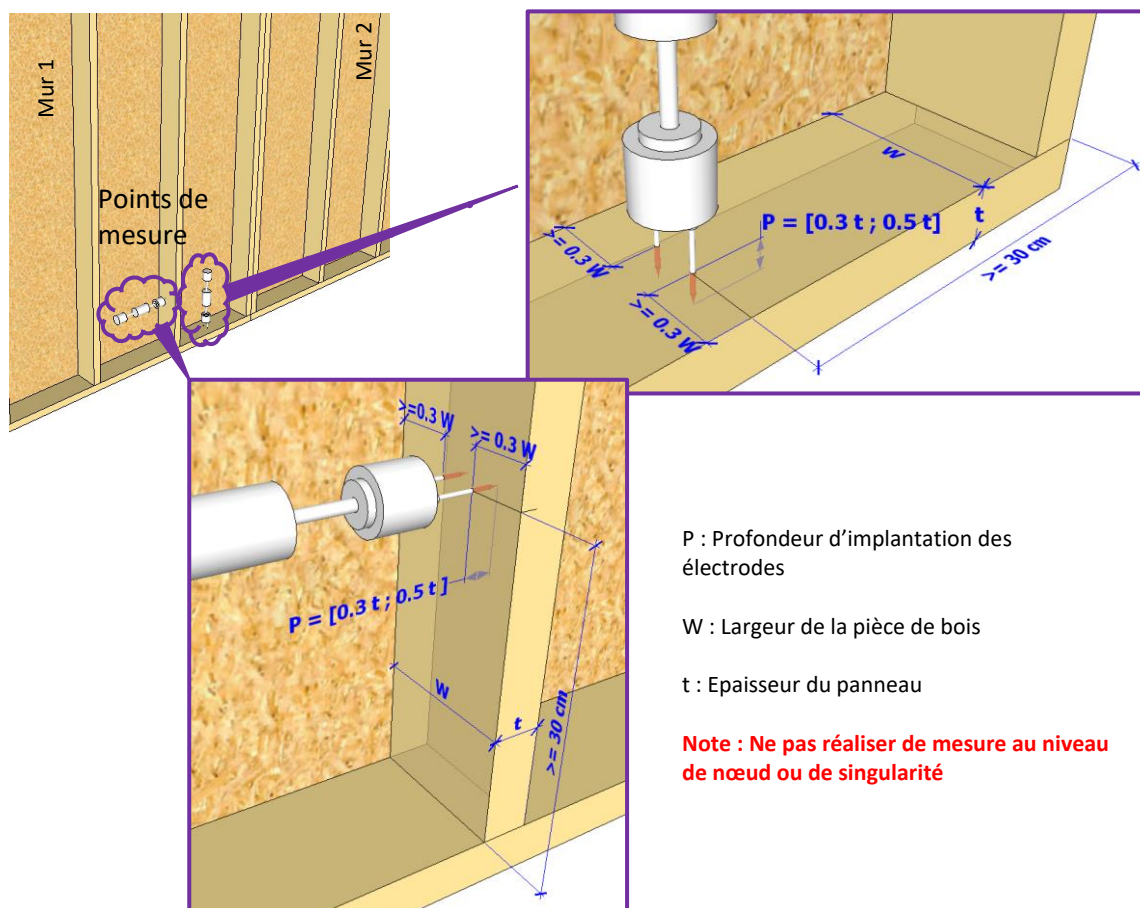


Figure 44 - Aperçu du principe de mesure de l'ossature d'un mur à ossature bois non isolé

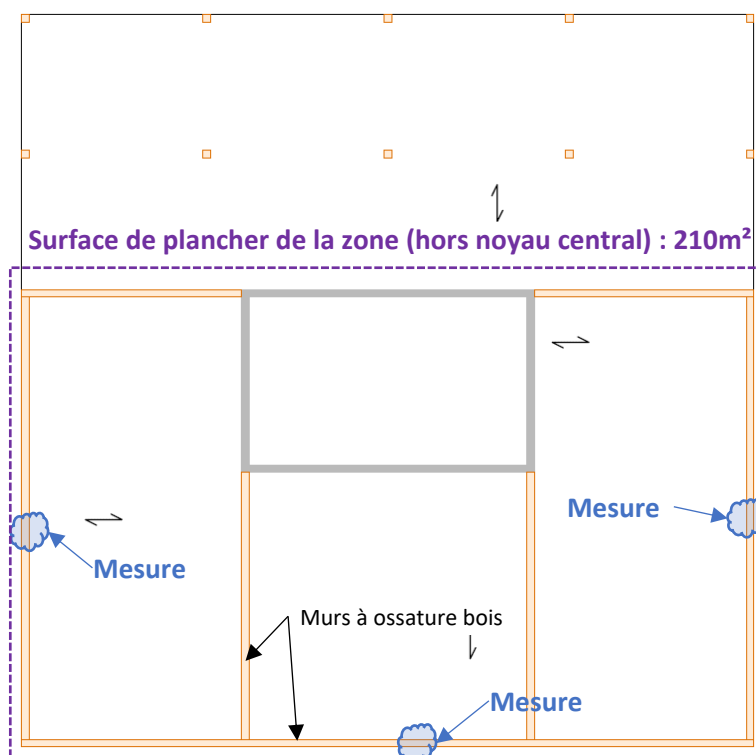


Figure 45 - Exemple d'échantillonnage sur un plan d'étage quelconque pour le contrôle de l'humidité de l'ossature des murs à ossatures bois (murs intérieurs considérés non exposés)

III.5.2.2.2. Murs à ossature bois préfabriqué avec isolation entre montants

La mesure des murs à ossature bois préfabriqués avec isolation entre montants est particulièrement délicate en ce que la mesure ne doit pas conduire à une dégradation des membranes d'étanchéité à l'eau et à l'air. Il est ainsi proposé de limiter ces contrôles et de suivre des dispositions particulières afin d'assurer le maintien des performances d'étanchéité.

Pour assurer un suivi tout au long du montage il pourra être possible d'intégrer dans la paroi en atelier des appareils de mesures, ou tout autre système pour lesquels le système d'acquisition permet de ne pas avoir à intervenir sur les membranes d'étanchéité une fois le matériel de mesure intégré à la paroi.

A défaut, étant donné que le NF DTU 31.2 exige systématiquement une protection pour éviter toute reprise en humidité, il est admis d'effectuer un contrôle d'humidité dans les 2 cas décrits dans les sous-titres ci-dessous.

a) Mesures suites à une constatation de traces apparentes d'humidification non souhaitées

Cela peut par exemple correspondre à une condensation visible à l'arrière du pare-vapeur.

Les points ci-dessous reprennent les prescriptions liées à ces mesures :

- **Bois massif** : les mesures sont réalisées avec la méthode décrite dans le II.3.1, avec en complément les prescriptions suivantes :
 - Echantillonnage : un contrôle par panneau de mur à ossature bois présentant des traces de réhumidification excessive.
 - Position : Le contrôle est effectué au travers du pare-vapeur avec 1 mesure sur la lisse basse et 1 mesure en partie basse d'un montant (à plus de 30cm de l'extrémité de la pièce de bois).
 - La fréquence de mesure : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure hebdomadaire jusqu'à stabilisation à une valeur comprise dans l'intervalle d'humidité escomptée.
 - Prescriptions particulières :
 - Pour ces mesures, il sera préférable de laisser en place les sondes pour éviter des percements excessifs du pare-vapeur
 - Une fois les sondes retirées, les trous laissés dans le pare-vapeur par ces sondes seront rebouchés avec une bande adhésive ayant la même valeur S_d que le pare-vapeur.
- **Panneau dérivé du bois** : les mesures sont réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3.2, avec en complément les prescriptions suivantes :
 - Echantillonnage : 3 carottages par panneau de mur à ossature bois présentant des traces d'humidification non souhaitées
 - Position : au droit d'un montant
 - Fréquence : 1 mesure à date de constatation de la présence d'humidité, 1 seconde mesure à la fin du montage.
 - Prescriptions particulières :
 - Avant carottage du panneau dérivé du bois, procéder à un découpage de la membrane d'étanchéité sur un carré de 8 cm de côté.
 - Une fois le carottage réalisé et l'échantillon mesuré, revisser l'échantillon, et procéder à une réparation de la membrane d'étanchéité par empiècement avec une pièce de 20*20 cm fixée par bandes adhésives adaptées.

b) Mesure en fin de montage

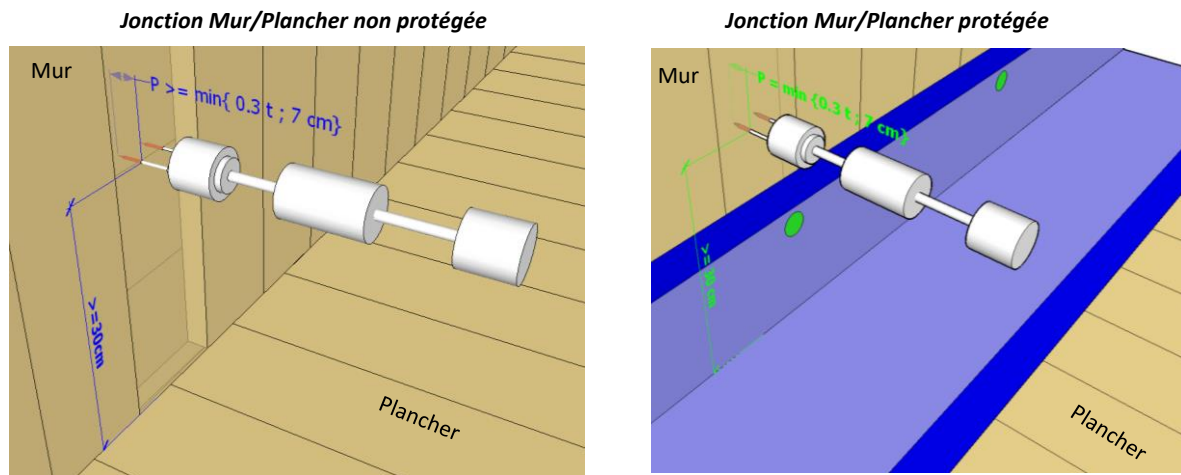
Les points ci-dessous reprennent les prescriptions liées à ce cas :

- **Bois massif** : les mesures sont réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3.1, avec en complément les prescriptions suivantes :
 - Echantillonnage : à minima 1 mesure par étage
 - Position : La mesure est effectuée au travers du pare-vapeur au droit de la lisse basse (à plus de 30cm de l'extrémité de celle-ci).
 - La fréquence de mesure : Mesure unique en fin de montage
 - Prescriptions particulières :
 - Une fois la mesure effectuée, les trous laissés dans le pare-vapeur par les sondes seront rebouchés avec une bande adhésive ayant la même valeur Sd que le pare-vapeur.
- **Panneau dérivé du bois** : les mesures sont réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3.2, avec en complément les prescriptions suivantes :
 - Echantillonnage : à chaque étage, à minima 3 carottages par façade par tranche de 50 m² de surface apparaissant comme homogène
 - Position : au droit d'un montant
 - Fréquence : Mesure unique en fin de montage
 - Prescriptions particulières :
 - Avant carottage du panneau dérivé du bois, procéder à un découpage du pare-pluie sur un carré de 8cm de côté.
 - Une fois le carottage réalisé et l'échantillon mesuré, revisser l'échantillon, et procéder à une réparation du pare-pluie par empiècement avec une pièce de 20*20cm fixée par bandes adhésives adaptées.

III.5.2.3. Mesure de l'humidité des murs CLT

Les mesures seront réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3.1 et selon les prescriptions suivantes :

- Echantillonnage : les mesures seront réalisées sur les poteaux exposés, avec à minima :
 - Pour les murs en façade : 1 mesure par façade par tranche de 20 m² à chaque étage
 - Pour les murs intérieurs s'ils sont exposés aux intempéries : 1 mesure par étage et par tranche de 100 m² de plancher ;
- Position : partie basse du panneau du mur (à au moins 30 cm du plancher bas du niveau)
- Fréquence : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure mensuelle.



P : Profondeur d'implantation des électrodes / t : Epaisseur du panneau

Note : Ne pas réaliser de mesure au niveau de nœud ou de singularité

Figure 46 - Aperçu de mesure sur mur CLT avec jonction mur/plancher protégée

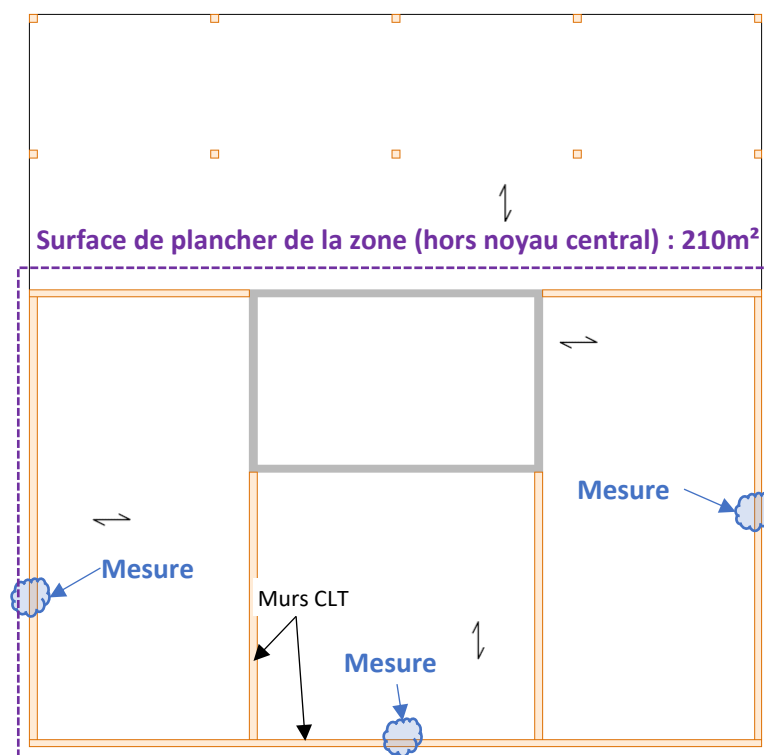


Figure 47 - Exemple d'échantillonnage sur un plan d'étage quelconque pour le contrôle de l'humidité des murs CLT

III.5.2.4. Mesure de l'humidité des planchers en panneaux dérivés du bois sur solivage

La mesure de l'humidité des planchers en panneaux dérivés du bois sur solivage consiste à vérifier l'humidité des solives et des panneaux dérivés du bois. Les mesures seront respectivement réalisées selon les méthodes décrites dans les chapitres II.3.1 et II.3.2 avec en complément les prescriptions suivantes :

- **Solives**
 - Echantillonnage : à minima 2 mesures par étage par tranche de 100 m²
 - Position : les mesures sont effectuées en sous-face du plancher :
 - 1 mesure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher / mur.
 - 1 mesure en milieu de portée de plancher
 - La fréquence de mesure : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure mensuelle.
- **Panneau dérivé du bois :**
 - Echantillonnage : à minima 3 carottages par étage par tranche de 50 m²
 - Position : milieu de portée du plancher
 - Fréquence de mesure : 1 seule mesure en fin de montage.
 - Prescriptions particulières : dans le cas où le panneau est recouvert par un écran de protection ou un pare-pluie :
 - Avant carottage du panneau dérivé du bois, procédé à un découpage de la membrane sur un carré de 8cm de côté.
 - Une fois le carottage réalisé et l'échantillon mesuré, revisser l'échantillon, et procédé à une réparation de la membrane par empiècement avec une pièce de 20*20cm fixée par bandes adhésives adaptées.

III.5.2.5. Mesure de l'humidité des planchers CLT

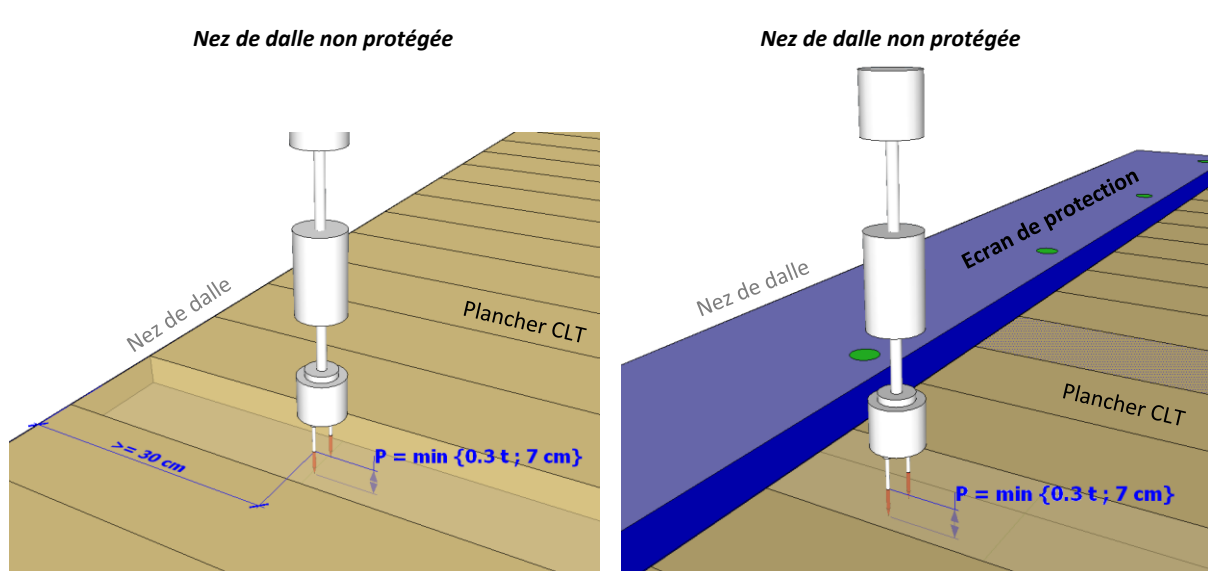
Les mesures seront réalisées avec la méthode décrite dans le chapitre II.3.1 et selon les prescriptions suivantes :

❖ **Pour les planchers CLT non protégés en partie courante :**

- Echantillonnage : à minima 2 mesures par étage par tranche de 100 m²
- Position : les mesures sont effectuées sur la face supérieure du plancher :
 - 1 mesure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher/mur.
 - 1 mesure en milieu de portée de plancher
- Fréquence : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure toutes les quinze semaines.

❖ **Pour les planchers protégés intégralement avec un écran de protection type pare-pluie :**

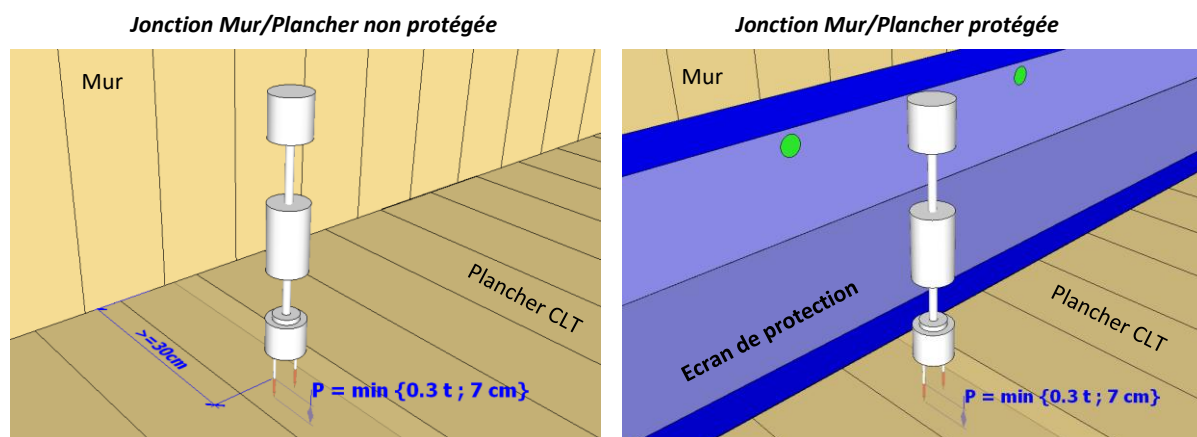
- Echantillonnage : à minima 2 mesures par étage par tranche de 200 m²
- Position :
 - 1 mesure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher/mur.
 - 1 mesure en milieu de portée de plancher
- Fréquence : il est difficile de fixer une fréquence de mesure sans connaître les caractéristiques du chantier, néanmoins et à défaut, il semble adapté d'effectuer une mesure mensuelle.
- Dispositions particulières : les mesures devant être réalisées au travers de l'écran de protection, elles laisseront des trous, il sera ainsi nécessaire de les reboucher en appliquant une bande adhésive adaptée au droit de ces mesures.



P : Profondeur de la mesure / t : Epaisseur du panneau

Note : Ne pas réaliser de mesure au niveau de nœud ou de singularité

Figure 48 - Aperçu de mesure sur plancher CLT en nez de dalle



P : Profondeur de la mesure / t : Epaisseur du panneau

Note : Ne pas réaliser de mesure au niveau de nœud ou de singularité

Figure 49 - Aperçu de mesure sur plancher CLT à la jonction plancher / Mur

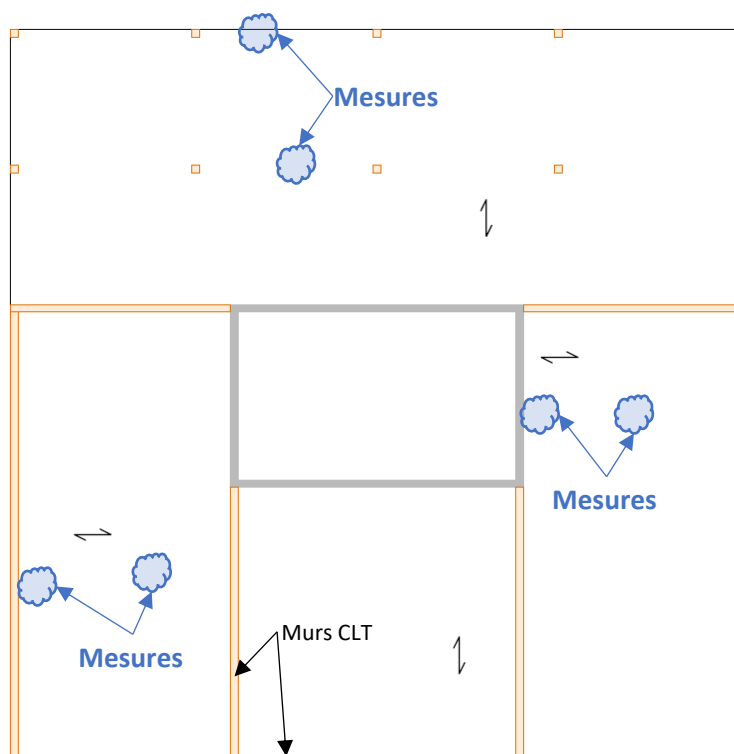


Figure 50 - Exemple d'échantillonnage sur un plan d'étage quelconque pour le contrôle de l'humidité des planchers CLT

III.5.2.6. Résumé de la localisation et de la fréquence des mesures d'humidité à effectuer lors de la phase chantier

Tableau 6 : Résumé de la localisation et de la fréquence des mesures d'humidité à effectuer lors de la phase chantier

ELEMENT	COMPLEMENT	SOUS ELEMENT	MESURE			HUMIDITE ESCOMPTEE EN PHASE CHANTIER (SELON VALEURS DU II.2)		
			ECHANTILLONNAGE (A MINIMA)	POSITION DE LA MESURE SUR L'ELEMENT	FREQUENCE	CLASSE DE SERVICE	CIBLE	HAUTE
Poteaux	En façade	-	1 par étage et par tranche de 20ml de façade	Pied de poteau	Mensuelle	2	12%	20%
	Intérieur (si exposé aux intempéries)	-	1 par étage et par tranche de 100m ² de plancher	Pied de poteau	Mensuelle	1	12%	18%
Murs à ossature bois non isolés	En façade	Ossature	1 par étage et par tranche de 20ml de façade	- 1 mesure sur la lisse basse - 1 mesure en pied d'un montant	toutes les 2 semaines	2	12%	20%
		Panneau dérivé du bois	A chaque étage 3 carottages par façade par tranche de 50 m ²	Au droit des montants	A la fin du montage des façades	2	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2	
	Intérieur (si exposé aux intempéries)	Ossature	2 par étage et par tranche de 100m ²	- 1 mesure sur la lisse basse - 1 mesure en pied d'un montant	Toutes les 2 semaines	1	12%	18%
		Panneau dérivé du bois	3 carottages par tranche de 50 m ²	Au droit des montants	A la fin du montage des façades	1	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2	
Murs à ossature bois préfabriqués avec isolation intégrée ⁽¹⁾	Mur pour lequel il y a constatation de traces apparentes d'humidification non souhaitées	Ossature	1 mesure par panneau de mur à ossature bois présentant des traces d'humidification non souhaitées	- 1 mesure sur la lisse basse - 1 mesure en pied d'un montant	Hebdomadaire jusqu'à stabilisation à l'intervalle d'humidité escomptée	2	12%	20%
		Panneau dérivé du bois		Au droit des montants	- 1 à date de constatation de la présence d'humidité - 1 seconde à la fin du montage	2	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2	
	En façade	Ossature	1 mesure par façade	- 1 mesure sur la lisse basse - 1 mesure en pied d'un montant	En fin de montage	2	12%	20%
		Panneau dérivé du bois	A chaque étage 3 carottages par façade par tranche de 50 m ²	Au droit des montants	En fin de montage	2	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2	

Tableau 6 (fin) : Résumé de la localisation et de la fréquence des mesures d'humidité à effectuer lors de la phase chantier

ELEMENT	COMPLEMENT	SOUS ELEMENT	MESURE			HUMIDITE ESCOMPTEE EN PHASE CHANTIER (SELON VALEURS DU II.2)		
			ECHANTILLONNAGE (A MINIMA)	POSITION DE LA MESURE SUR L'ELEMENT	FREQUENCE	CLASSE DE SERVICE	CIBLE	HAUTE
Murs CLT	En façade	-	1 par étage et par tranche de 20ml de façade	Pied de mur	Mensuelle	2	12%	20%
	Intérieur (si exposé aux intempéries)	-	1 par étage et par tranche de 100m² de plancher	Pied de mur	Mensuelle	1	12%	18%
Planchers CLT	Non protégé intégralement	-	2 par étage par tranche de 100 m²	- 1 mesure en face supérieure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher/mur. - 1 mesure en face supérieure en milieu de portée de plancher	Toutes les 2 semaines	1	12%	18%
	Protégé intégralement par un écran de protection	-	2 par étage par tranche de 200 m²	- 1 mesure en face supérieure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher/mur. - 1 mesure en face supérieure en milieu de portée de plancher	Mensuelle	1	12%	18%
Planchers en panneaux dérivés du bois sur solivage	-	Solives	2 mesures par étage par tranche de 100 m²	- 1 mesure en bord de plancher au plus proche d'un nez de dalle ou d'une jonction plancher / mur. - 1 mesure en milieu de portée de plancher	Mensuelle	1	12%	18%
		Panneau dérivé du bois	3 carottages par étage et par tranche de 50m² de plancher	Milieu de portée du plancher	en fin de montage	1	Contrôle spécifique à ce type de produit à réaliser selon le chapitre II.3.2	

(1) La mesure de ces éléments nécessite de prendre des dispositions particulières, voir le chapitre dédié à cet élément.

III.5.3. Actions correctives

Ce chapitre traite plusieurs cas, il n'est cependant pas exhaustif, l'ensemble des possibilités devront être prévues dans des plans d'actions correctives, de façon à pouvoir remédier à des humidités sortant des intervalles prévus, dites humidités excessives.

III.5.3.1.1. Actions correctives pour les panneaux dérivés du bois

Le contrôle de l'humidité des panneaux dérivés du bois se fait par une mesure de leur épaisseur conformément aux indications données dans le chapitre II.3.2.

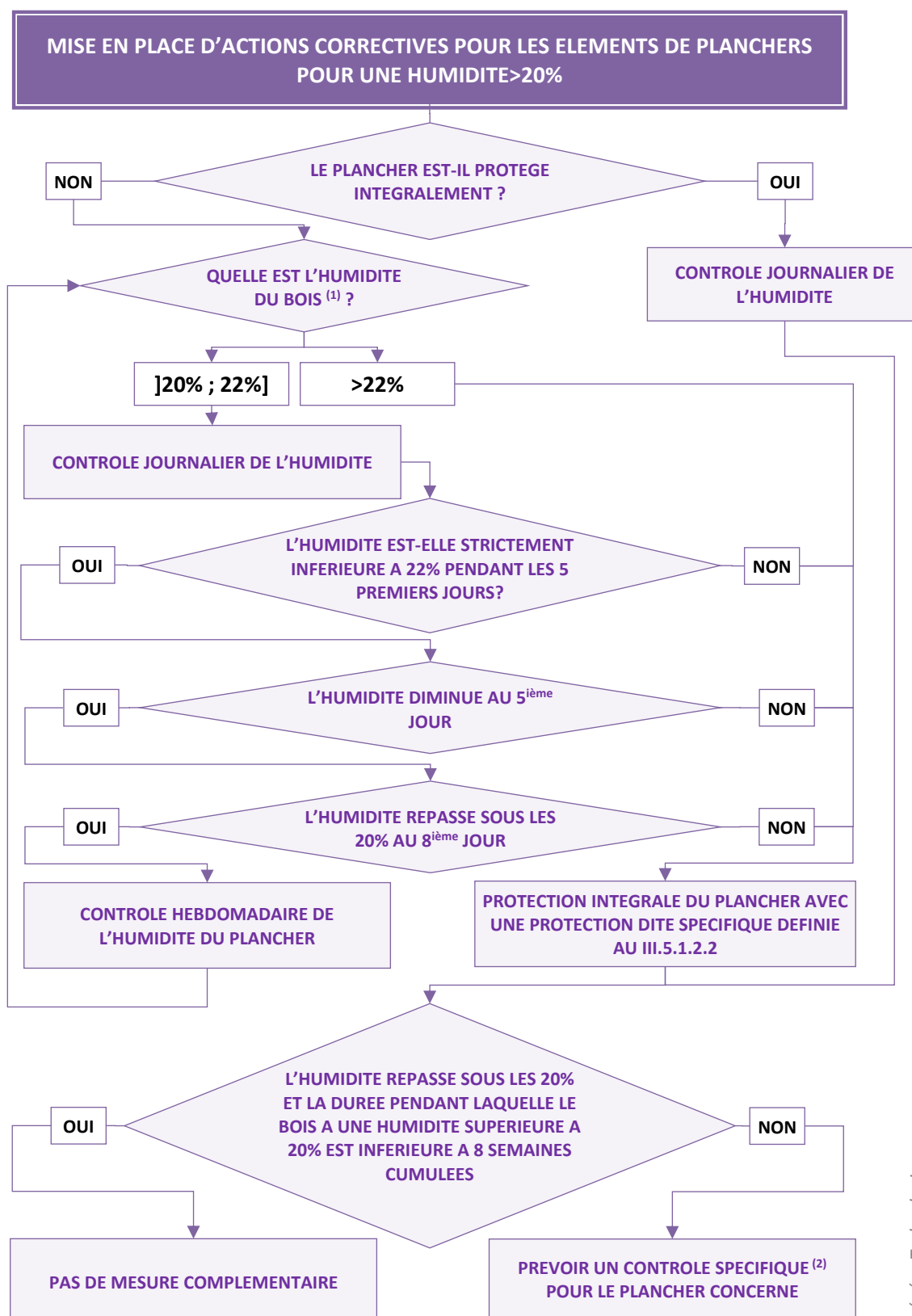
Pour que les panneaux soient considérés dans une humidité satisfaisante, l'épaisseur mesurée ne doit pas représenter une augmentation par rapport à l'épaisseur nominale déclarée de plus de 10%.

Dans le cas contraire il faudra :

- Lorsque la variation d'épaisseur est comprise entre 11 et 15% (inclus) :
 - Immédiatement procéder à une protection de la partie d'ouvrage concernée ;
 - Réduire les intervalles de temps entre les contrôles de l'épaisseur ;
 - Réaliser des prélèvements pour une analyse mécanique des panneaux selon la NF EN 310 et la NF EN 322.
- Suite à ces dispositions, les critères d'acceptabilité cumulatifs deviennent alors :
- Variation en épaisseur : suite à la mise en place de la protection, la variation d'épaisseur s'est stabilisée à une valeur strictement inférieure à 15%
 - Propriétés mécaniques :
 - Soit les valeurs obtenues via les essais montrent que les valeurs sont identiques à celles déclarées et alors aucune disposition n'est à priori à prendre ;
 - Soit les valeurs obtenues via les essais sont prises en compte dans des calculs réalisés pour démontrer que la stabilité est toujours assurée. Ces calculs pourront aussi conduire à des prescriptions sur un renforcement des panneaux.
 - Lorsque la variation d'épaisseur est strictement supérieure à 15%, procéder à un remplacement des panneaux concernés.

III.5.3.1.2. Actions correctives pour les éléments de planchers

Le logigramme ci-dessous donne les actions correctives à appliquer pour des planchers présentant des humidités excessives.



(1) Tous élément bois constitutif du plancher hors panneaux dérivés du bois couverts par le III.5.3.1.1.

(2) Le contrôle spécifique consiste à vérifier qu'il n'y a pas eu d'une part de développement fongique et que d'autre part la résistance mécanique n'a pas été altérée (Exemple : essai de cisaillement sur carottage d'un plancher CLT).

Figure 51 - Logigramme de mise en place d'actions correctives pour les éléments de planchers

III.6. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE ENTRE LA FIN DU MONTAGE ET LA MISE HORS-D'EAU DU BATIMENT

La prévention contre les augmentations excessives d'humidité pour cette étape consiste à protéger les façades et les toitures entre le moment où le montage est achevé et le moment où ils sont recouverts respectivement par les revêtements de façade et l'étanchéité ou la couverture.

Les dispositions données dans les référentiels techniques (DTU, AT/DTA, ATex) des ouvrages concernés (Façade, Toiture/Couverture, etc.) permettent à priori d'assurer cette prévention puisqu'il précise quels sont les éléments devant être protégés. Par ailleurs, les critères de réception des supports vis-à-vis de leur humidité y sont également donnés.

Ainsi, comme le sujet est déjà traité dans d'autres documents, le lecteur se référera, pour cette étape, directement aux prescriptions faites dans les référentiels technico-réglementaires dont dépendent les revêtements de façade, les complexes d'étanchéité et procédés de couverture.

On précise toutefois, que concernant les CLT, procédés qui relèvent encore à date de la procédure d'Avis Technique/Document Technique d'Application/ATEx, c'est l'Avis Technique/Le Document Technique d'Application/l'ATEx de chaque procédé, qui décrit directement les dispositions de protection et de réception avant la mise en œuvre des ouvrages de revêtement de façade et d'étanchéité ou de couverture. Pour les toitures étanchées, l'Avis Technique/Le Document Technique d'Application/l'ATEx de chaque procédé de CLT peut faire référence au Cahier des Prescriptions Techniques des GS 3 et GS 5.2 n°3814 du 24 septembre 2019, qui lui, les détaille.

III.7. PREVENTION CONTRE LES AUGMENTATIONS EXCESSIVES D'HUMIDITE LORS DU SECOND ŒUVRE

III.7.1. Contrôles et dispositifs avant intervention du second œuvre

Une fois un niveau du bâtiment hors d'eau et hors d'air, le lot second œuvre peut intervenir :

- Plaques de plâtre éventuelles sur les façades
- Refends éventuels
- Chape liquide ou sèche sur le plancher
- Faux plafond sous le plancher
- ...

Avant d'encapsuler les éléments structuraux bois, il est nécessaire de vérifier que leur humidité se situe dans l'intervalle d'humidité escompté avant second œuvre défini au chapitre II.2 dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Cette vérification sera effectuée lorsque les complexes des parois seront arrêtés.

Ainsi, avant la mise en place des éléments de second œuvre, l'entreprise en charge du lot bois, fournira des bons à fermer (voir l'exemple donné en ANNEXE D) après avoir vérifié que l'humidité des éléments structuraux soit dans la plage définie dans le chapitre II.2.

Le protocole de mesure de l'humidité est le même que celui décrit au paragraphe II.3.

Au stade du montage de la superstructure, une aération et un brassage convenable de tous les espaces semblent suffisants pour atteindre les objectifs du chapitre II.2. Cependant si les relevés prévus démontrent que cette dernière n'est pas suffisante, un système permettant l'aération forcée (de ventilation) et non chauffée pourra être mis en place de façon à assurer un renouvellement d'air plus conséquent.

III.7.2. Prévention contre les augmentations excessives d'humidité lors du second œuvre

Les ouvrages de second œuvre font intervenir l'utilisation d'un certain nombre de matériaux de la filière humide tels que les ravaillages, les chapes, les enduits, etc. Ces travaux interviennent une fois que le hors d'eau et le hors d'air sont réalisés, il en découle que les origines présumées d'humidité sont principalement dues à l'utilisation des matériaux de la filière humide pour ces procédés de second œuvre.

Cette phase peut être qualifiée de critique car elle réunit de nombreux éléments risquant d'engendrer des confinements d'humidité.

A ce stade d'avancement des travaux et si aucune disposition n'est prise, le renouvellement d'air n'est généralement pas assuré. Ceci engendre à un rapport W/n (décrit en I.1.2.1.3) tendant vers l'infini, ce qui a pour conséquence une importante augmentation de l'humidité.

Pour pallier ce problème prévoir une aération des locaux, ou, si elle n'est pas suffisante, mettre en place un système de ventilation mécanique, ce qui permettra de ramener le rapport W/n à une valeur inférieure à $5g/m^3$ et ainsi obtenir une ambiance de chantier satisfaisante.

Il sera primordial que pour toute la durée du chantier, l'ambiance intérieure soit contrôlée et surveillée particulièrement lors de la première mise en chauffe du bâtiment. Etape pour laquelle le renouvellement d'air sera un élément clé.

Dans tous les cas un dispositif d'acquisition et de consignation sera mis en place, celui-ci permettra la mise en œuvre d'actions correctives permettant à tout moment de maintenir les conditions d'ambiances fixées d'avance.

A noter que le second œuvre peut être réalisé avant que l'ensemble du bâtiment ne soit hors d'eau et hors d'air. Il peut être en effet envisagé que le second œuvre soit réalisé tous les 2 à 5 niveaux. Dans ce cas, les étages où les finitions seront mises en œuvre, devront être entièrement hors d'eau et hors d'air. Ainsi, les menuiseries extérieures des étages seront mises en place, et le plancher haut de l'ensemble des étages où les finitions sont réalisées, devra être intégralement protégé des intempéries conformément au paragraphe III.5.

BIBLIOGRAPHIE

Documentation normative

- [1] **FD P20-651** : Durabilité des éléments et ouvrages en bois
- [2] **NF DTU 26.2 P1-1 (avril 2008)** : Travaux de bâtiment - Chapes et dalles à base de liants hydrauliques - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types + Amendement A1 (Mai 2015) (Indice de classement : P14-201-1-1)
- [3] **NF DTU 26.2 P1-2 (avril 2008)** : Travaux de bâtiment - Chapes et dalles à base de liants hydrauliques - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux + Amendement A1 (Mai 2015) (Indice de classement : P14-201-1-2)
- [4] **NF DTU 31.1 P1-1 (juin 2017)** : Travaux de bâtiment - Charpente en bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (Indice de classement : P21-203-1-1)
- [5] **NF DTU 31.1 P1-2 (juin 2017)** : Travaux de bâtiment - Charpente en bois - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (Indice de classement : P21-203-1-2)
- [6] **NF DTU 31.1 P2 (juin 2017)** : Travaux de bâtiment - Charpente en bois - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (Indice de classement : P21-203-2)
- [7] **NF DTU 31.2 P1-1 (mai 2019)** : Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) (Indice de classement : P21-204-1-1)
- [8] **NF DTU 31.2 P1-2 (mai 2019)** : Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P21-204-1-2)
- [9] **NF DTU 31.2 P2 (mai 2019)** : Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS) (Indice de classement : P21-204-2)
- [10] **PrNF DTU 31.4 P1-1** : Travaux de bâtiment - Façades à ossature bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT)
- [11] **PrNF DTU 31.4 P1-2** : Travaux de bâtiment - Façades à ossature bois - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM)
- [12] **PrNF DTU 31.4 P2** : Travaux de bâtiment - Façades à ossature bois - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS)
- [13] **NF DTU 43.4 P1-1 (octobre 2008)** : Travaux de bâtiment - Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) (Indice de classement : P84-207-1-1)
- [14] **NF DTU 43.4 P1-2 (octobre 2008)** : Travaux de bâtiment - Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P84-207-1-2)
- [15] **NF DTU 43.4 P2 (octobre 2008)** : Travaux de bâtiment - Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS) (Indice de classement : P84-207-2)
- [16] **DTU 51.3 (NF P63-203-1-1) (novembre 2004)** : Travaux de bâtiment - Planchers en bois ou en panneaux à base de bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P63-203-1-1)

- [17] **DTU 51.3 (NF P63-203-1-2) (novembre 2004)** : Travaux de bâtiment - Planchers en bois ou en panneaux à base de bois - Partie 1-2 : Critères Généraux de choix des Matériaux (CGM) + Amendement A1 (janvier 2015) (Indice de classement : P63-203-1-2)
- [18] **DTU 51.3 (NF P63-203-2) (novembre 2004)** : Travaux de bâtiment - Planchers en bois ou en panneaux à base de bois - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales (Indice de classement : P63-203-2)
- [19] **NF DTU 51.4 P1-1 (décembre 2018)** : Travaux de bâtiment - Platelages extérieurs en bois - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) (Indice de classement : P63-205-1-1)
- [20] **NF DTU 51.4 P1-2 (décembre 2018)** : Travaux de bâtiment - Platelages extérieurs en bois - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P63-205-1-2)
- [21] **NF DTU 51.4 P2 (décembre 2018)** : Travaux de bâtiment - Platelages extérieurs en bois - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS) (Indice de classement : P63-205-2)
- [22] **NF DTU 53.2 P1-1 (avril 2007)** : Travaux de bâtiment - Revêtements de sol PVC collés - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques (Indice de classement : P62-203-1-1)
- [23] **NF DTU 53.2 P1-2 (avril 2007)** : Travaux de bâtiment - Revêtements de sols PVC collés - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P62-203-1-2)
- [24] **NF DTU 53.2 P2 (avril 2007)** : Travaux de bâtiment - Revêtements de sol PVC collés - Partie 2 : Cahier des clauses spéciales (Indice de classement : P62-203-2)
- [25] **NF EN 13183-1 (Juin 2002)** : Teneur en humidité d'une pièce de bois scié - Partie 1 : détermination par la méthode par dessiccation
- [26] **NF EN 13183-2 (Juin 2002)** : Teneur en humidité d'une pièce de bois scié - Partie 2 : estimation par méthode électrique par résistance
- [27] **NF EN 1995-1-1 (novembre 2005)** : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (octobre 2008) + Amendement A2 (juillet 2014) (Indice de classement : P21-711-1)
- [28] **NF EN 1995-1-1/NA (mai 2010)** : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-1 (Indice de classement : P21-711-1/NA)

Recommandations Professionnelles RAGE

- [29] **Façades ossatures bois non porteuses** – NEUF – Juillet 2013
- [30] **Toitures-terrasses accessibles aux piétons avec éléments porteur en bois et panneaux à base de bois avec revêtement d'étanchéité** – NEUF/RENOVATION – Mai 2019

Documents Généraux utilisés dans la formulation d'AT/DTA et ATEx (Cahier du CSTB, CPT, etc.)

- [31] **Cahier 3729_V2 de décembre 2014 des GS 2 et GS 7** : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant appliqués sur parois de constructions à ossature en bois
- [32] **Cahier des Prescriptions Techniques n°3814 du 24 septembre 2019 des GS 3 et GS 5.2** : Étanchéité de toitures terrasses sur élément porteur en panneaux structural bois faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application relevant de l'une des deux familles : Panneau bois à usage structurel ; mur et plancher ; Plancher à caisson en bois

Documentation technique / autre

- [33] **CLT HANDBOOK** – 2013 – FPIInnovations

- [34] **Construction bois de plus de 8m de hauteur** – Retours d'expériences – Février 2020, AQC
(<https://qualiteconstruction.com/actu-rapport-rex-bp-construction-bois-8-metres-hauteur/>)
- [35] **Guide de conception des assemblages pour les charpentes en bois** - deuxième édition – 2020
– CECOBOIS
- [36] **Guide RAGE** : Panneaux massifs bois contrecollés – Neuf
- [37] **MANUEL DU BOIS LAMELLÉ** – Adaptation française du GLULAM HAND BOOK – 2018, SNBL,
SWEDISH WOOD, CODIFAB, ACERBOIS
- [38] **Ouvrages publics - Une approche actuelle pour les constructions publiques & Coût Global** –
2006, Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques (MIQCP)
- [39] **STRUCTURES EN BOIS LAMELLÉ - Recommandations pour la réparation de bois lamellé
structural présentant des fissures ou des fentes** – Note 1 du SNBL – Février 2016

Sources Web spécifiques

<http://www.upbrella.com/fr/accueil>

ANNEXE A. THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ET MISSIONS DE MAITRISE D'ŒUVRE

De façon à accompagner la Maîtrise d'Ouvrage dans l'identification des éléments de missions de la Maîtrise d'Œuvre appelant à traiter la thématique d'humidité en phase chantier, le tableau de la présente Annexe apporte des précisions dans ce sens. Lesdits éléments de mission sont issus de l'arrêté du 21 décembre 1993 modifié, précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'œuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé.

En complément des éléments de missions définis dans l'arrêté précité, et afin d'accompagner les maîtrises d'ouvrage dans l'identification des éléments les concernant à priori, le tableau intègre également une étape programmation.

La phase chantier étant déjà largement décrite dans le reste du guide, les éléments de missions propres à l'intervention des entreprises ne sont pas repris dans le tableau.

Note dans la suite de l'Annexe, l'expression « lots techniques » regroupe tous les lots traités par les BET de la MOE, à savoir les lots Structure, Enveloppes, Fluides et tous les autres lots spécialisés (Cuisines, ascenseurs, etc.)

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
PROGRAMMATION	PROGRAMMATION - PROG					
	Réflexion sur les partis constructifs type envisagés et projection vis-à-vis des incidences de chacun en termes :		Peut amener à intégrer une solution de protection de type générale	X	X	NON RECRUTÉE A CE STADE
	-de mode de consultation (Conception puis réalisation ou Conception et Réalisation, Marché Global de Performances, etc.)	OUI		X	X	NON RECRUTÉE A CE STADE
	-d'Allotissement (Entreprise Générale, Macro-Lots ou Lots séparés, etc.)	OUI		X	X	NON RECRUTÉE A CE STADE
	-de stratégie globale de gestion d'un chantier à faible nuisance, peu vulnérable et assurant une maîtrise optimum de la qualité	OUI		X	X	NON RECRUTÉE A CE STADE
CONCEPTION	ESQUISSE - ESQ					
	Programme et données					
	Analyse du programme proposé par le MOA	NON				
	Vérification de la faisabilité au regard des contraintes :	OUI	Impact d'une solution de protection globale: sur les fondations, VRD etc.			X
	Règles d'urbanisme-limites de propriété-Héberges	OUI				X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?			
				MOA	AMO	MOE	
CONCEPTION	Contraintes architecturales particulières-voisinage	OUI				X	
	Nuisances (Air, eau, bruit)	OUI				X	
	VRD adjacent	OUI				X	
	Sol	OUI				X	
	Documents graphiques (1 ou plusieurs solutions d'ensemble)						
	Volumétrie d'ensemble	NON	SO				
	Façades significatives au 1/200ième	NON	SO				
	Plan de situation et de masse	NON	SO				
	Plans de niveaux significatifs au 1/500ième	NON	SO				
	Plans de détails et de façades significatifs au 1/200ième	OUI	Les systèmes plateformes peuvent par exemple être à exclure			X	
	Notice architecturale et technique						
	Notice architecturale traitant de l'insertion dans le site et du parti fonctionnel	NON					
	Notice technique traitant des dispositions générales techniques envisagées	OUI	Parti constructif de type exosquelette, CLT, etc. et impact des stratégies de protection lors de la phase chantier			X	
	Délais de réalisation	OUI	Impact d'une solution de protection globale			X	
	Synthèse avec éventuellement proposition de campagnes de reconnaissances complémentaires sur le plan géologique, environnemental ou urbain	OUI				X	
	Notice économique avec vérification de la compatibilité du projet avec l'enveloppe financière programme	OUI				X	
	AVANT PROJET (APS et APD)						
	Programme et données (choix définitifs)						
	Vérification de la conformité aux différentes réglementations	OUI	Impact d'une solution de protection globale			X	
	Adaptation ou compléments définitifs de programme	NON	SO				
	Programme de reconnaissance de sol	OUI	Impact d'une solution de protection globale			X	
	Finalisation des enquêtes administratives et techniques	NON	SO				
	Documents graphiques Architecturaux						
	Plans de masse et de situation	NON	SO				
	Traitement des espaces extérieurs	NON	SO				
	Plans des différents niveaux au 1/100ième	NON	SO				

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTec INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Coupes générales, longitudinales et transversales Ech 1/100ième	NON	SO			
	Plans des façades Ech 1/100ième	NON	SO			
	Détails significatifs au 1/50ième	OUI	Les systèmes plateformes peuvent par exemple être à exclure			X
	Plans des dispositions générales de sécurité (compartimentage, sorties et unités de passage, ...)	NON	SO			
	Documents graphiques Techniques					
	Principe de structure, coupes et zones type	OUI	- Parti constructif de type exosquelette, CLT, etc. - Prise en compte des variations dimensionnelles et dispositions associées - Définition des humidité limites escomptées pour les éléments bois			X
	Principe de fondation, coupes et zones type	OUI	Impact d'une solution de protection globale			X
	Schémas généraux de fonctionnement des installations techniques	NON	SO			
	Tracés unifilaires de réseaux et terminaux sur zones type Ech 1/100ième :	OUI	Réseaux provisoires d'évacuations des EP en phase chantier			X
	Plomberie					X
	Chauffage ventilation	NON	SO			
	Electricité	NON	SO			
	Tracé de principe des réseaux extérieurs	OUI	Réseaux provisoires d'évacuations des EP en phase chantier			X
	Coordination spatiale	NON	SO			
	Tableaux détaillés des surfaces	NON	SO			
	Notice descriptive	NON	SO			
	Présentation générale	NON	SO			
	Lots architecturaux	NON	SO			
	Lots techniques	NON	SO			
	Estimation définitive du coût prévisionnel des travaux décomposés en lots	OUI				X
	Lots architecturaux	OUI	- Dispositions liées aux variations dimensionnelles (jeux, joints de dilatation, joints de fractionnement, etc.) - Moyens de contrôle des ambiances intérieures (renouvellement d'air, température, hygrométrie, etc.) lors de la mise en œuvre du second œuvre			X
	Lots techniques	OUI	Impact de la gestion des évacuations des EP en phase chantier			X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTec INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Consolidation		• Impact/validation de la stratégie de protection aux intempéries lors de la phase chantier (générale de type chapiteau ou intégrale tous les 3 niveaux ou autre)			X
	Procédure administrative et technique.					
	Relation avec les compagnies concessionnaires	NON				
	Autres relations administratives dont permis de construire	OUI	Dispositions liées à une solution de protection globale (si retenue)			X
	Programme de reconnaissance de sol					X
	Dispositions de sécurité incendie :	NON	SO			
	architecturales	NON	SO			
	techniques	NON	SO			
	Notice de sécurité et de lutte contre l'incendie	NON	SO			
	Notice accessibilité handicapés	NON	SO			
	Constitution du dossier de PC/PD	OUI	Dispositions liées à une solution de protection globale (si retenue)			X
	PROJET – PRO					
	Documents graphiques Architecturaux					
	Plans de masse et de situation	NON	SO			
	Plan des aménagements extérieurs (voiries-espaces verts)	NON	SO			
	Plans des aménagements des divers niveaux Ech 1/50ième	NON	SO			
	Plan des toitures Ech 1/50ième	NON	SO			
	Plan des façades Ech 1/50ième	NON	SO			
	Détails architecturaux (1/20ième et 1/2)	NON	SO			
	Coupes générales transversales et longitudinales Ech 1/50ième	NON	SO			
	Documents graphiques Techniques					
	<u>Plan des terrassement généraux</u>	OUI	Impact sur les fondations d'une protection de type générale (si retenue)			X
	<u>Structures :</u>	OUI				X
	Fondations avec dimensionnements principaux Ech 1/100ième	OUI	Impact sur les fondations d'une protection de type générale (si retenue)			X
	Différents niveaux, avec dimensionnements Ech 1/100ième	OUI	• Prise en compte des variations dimensionnelles et dispositions associées • Confirmation des humidité limites escomptées pour les éléments bois			X
	<u>Fluides :</u>					

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTec INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Tracés unifilaires des principaux réseaux et gaines Ech 1/100ième	OUI	Si les futurs réseaux d'évacuations d'EP servent pour la phase chantier			X
	Schéma général et bilan des puissances	NON	SO			
	<u>Electricité :</u>					
	Tracé des principaux chemins de câbles	NON	SO			X
	Implantation des tableaux et appareillages Ech 1/100ième	NON	SO			X
	Schéma général et tableau des puissances	NON	SO			X
	<u>VRD</u> : Plans des réseaux extérieurs sur fond de plan masse	OUI	Impact des fondations d'une protection de type générale (si retenue) sur les réseaux			X
	<u>Lots architecturaux</u> : repérage des ouvrages et tableaux de finition	NON	SO			
	<u>Plan des dispositions générales de sécurité (compartimentage, UP, SAS, etc.)</u>	NON	SO			
	Coordination spatiale comprenant coupes et détails (structures, fluides, électricité, etc.)					
	Planning à barre par lot	OUI	- Impact de la protection en phase chantier retenue - Prise en compte d'éventuelles phases de stabilisation des humidités - Définition de temps de mise en chauffe avec contrôle d'ambiances afin d'éviter les phénomènes de séchage trop rapide ou de condensation anarchique			X
	Descriptif détaillé par lots	OUI				X
	Lots architecturaux	OUI	- Description des dispositions liées aux variations dimensionnelles (jeux, joints de dilatation, joints de fractionnement, etc.) - Description des moyens de réception des supports vis-à-vis de leur humidité - Description des moyens de contrôle des ambiances intérieures (renouvellement d'air, température, hygrométrie, etc.) lors la mise en œuvre du second œuvre et de la mise en chauffe			X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Lots techniques	OUI	- Description des dispositions liées aux variations dimensionnelles (jeux, joints de dilatation, joints de fractionnement, éventuelles spécifications particulières sur les assemblages, etc.) - Description des dispositions d'une solution de protection de type générale (si retenue)			X
	Cadre de devis quantitatif par lots					
	Lots architecturaux	OUI	Prise en compte de toutes les dispositions en lien avec l'humidité pour les lots architecturaux			X
	Lots techniques	OUI	Prise en compte de toutes les dispositions en lien avec l'humidité pour les lots techniques			X
	Coût prévisionnel des travaux par corps d'état sur la base d'avant métrés					
	Lots architecturaux	OUI	Prise en compte de toutes les dispositions en lien avec l'humidité pour les lots architecturaux			X
	Lots techniques	OUI	Prise en compte de toutes les dispositions en lien avec l'humidité pour les lots techniques			X
	Consolidation	OUI				X
	Hypothèses permettant au MOA d'estimer les coûts d'exploitation	NON	SO			
	ASSISTANCE POUR LA PASSATION DES CONTRATS DE TRAVAUX - ACT					
	Analyses et sélection des candidatures	NON	SO			
	Conseil sur le mode de consultation, proposition éventuelle d'entreprises à consulter	OUI	-			X
	Lots architecturaux	NON				
	Lots techniques	OUI	PAQ Humidité de l'entreprise			X
	Constitution du dossier de consultation des entreprises à partir :					
	<u>Des éléments produits par la Maîtrise d'œuvre durant les phases précédentes:</u>					
	Lots architecturaux	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	Lots techniques	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	<u>Des éléments d'ordre administratif et juridique produits par le Maître de l'ouvrage</u>					

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Regroupement des documents de projet	NON	SO			
	Pièces administratives : cadre d'acte d'engagement et de CCAP (si non fournis par le maître d'ouvrage)	NON	SO			
	<u>Annexes au CCAP :</u>					
	Organisation de chantier / plans d'installation de chantier	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	Prorata	NON	SO			
	Désignation de l'auteur des études d'exécution	NON	SO			
	Pénalités	NON	SO			
	Plannings enveloppe	OUI	Idem que le "Planning à barre par lot" de la phase PRO			X
	'''					
	Analyse des offres d'entreprise :					
	<u>Conformité technique :</u>					
	Lots architecturaux	OUI				X
	Lots techniques	OUI				X
	<u>Analyse économique :</u>					
	Lots architecturaux	OUI				X
	Lots techniques	OUI				X
	<u>Etude des variantes entreprises :</u>					
	Lots architecturaux	OUI	Impact de la variante sur les dispositions prises pour la thématique humidité			X
	Lots techniques	OUI	Impact de la variante sur les dispositions prises pour la thématique humidité			X
	<u>Analyse des méthodes d'entreprises</u>	OUI	- Réponse de l'entreprise pour le contrôle d'ambiance lors de son intervention - PAQ Humidité de l'entreprise bois			X
	<u>Rapport d'analyse sur solutions de bases et variantes proposées</u>	NON	SO			
	<u>Proposition de choix d'entreprises</u>	NON	SO			
	Mises au point des dossiers marché pour permettre la passation des contrats de travaux					
	Documents graphiques Architecturaux	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	Pièces écrites architecturales	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	Documents graphiques Techniques	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X
	Pièces écrites Techniques	OUI	Selon dispositions prises/identifiées dans les phases précédentes			X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CONCEPTION	Coordination technique et architecturale sur la prise en compte des variantes d'entreprises et actualisation du calendrier général					
	Suivant émetteur du document à modifier	NON	SO			
CHANTIER	VISA DES PLANS D'EXECUTION ENTREPRISE - VISA					
	Organisation du circuit des plans et notes produites par l'entrepreneur	OUI	Communication sur les dispositions dues à chaque corps d'état pour la prise en compte des variations dimensionnelles et pour éviter les reprises en humidité en phase chantier			X
	Visa des plans d'exécution au vu de la conformité au projet (PRO)					
	Lots architecturaux	OUI				X
	Lots techniques	OUI				X
	Suivi des visas des plans	NON	SO			
	Arbitrage architecturaux et techniques relatifs aux études de synthèse	OUI	Validation de la stratégie de protection et des plages d'humidité escomptées			X
	DIRECTION DE L'EXECUTION DES CONTRAT DE TRAVAUX - DET					
	DIRECTION DU CHANTIER					
	<u>Directives aux entreprises :</u>					
	Organisation et direction des réunions de chantier	NON	SO			
	Etablissement des comptes rendus et diffusion	NON	SO			
	Etablissement des Ordres de Service	NON	SO			
	Etat d'avancement général des travaux à partir du planning général	NON	SO			
	Information du MOA : avancement, dépenses et évolution notables	NON	SO			
	<u>Contrôle de la conformité de la réalisation.</u>					
	Conformité aux contrats, aux règles de l'art, au schéma directeur éventuel de la qualité – Comptes rendus correspondants d'observations	NON	SO			
	Vérification de la conformité de l'exécution des travaux au projet architectural	NON	SO			
	Vérification de la conformité par la direction de chantier	OUI				X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTec INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CHANTIER	Vérification par visites techniques de spécialistes	OUI	Contrôle de l'humidité lors des visites			X
	Lots architecturaux	OUI	Respect des dispositions prescrites par rapport aux variations dimensionnelles (jeux, joints de dilatation, etc.)			X
	Lots techniques	OUI	Respect des dispositions prescrites par rapport aux variations dimensionnelles (jeux, joints de dilatation, etc.)			X
	Gestion financière :					
	<u>Vérification des décomptes mensuels et finaux.</u> <u>Etablissement des états d'acomptes :</u>	NON	SO			
	Lots architecturaux	NON	SO			
	Lots techniques	NON	SO			
	Consolidation	NON	SO			
	<u>Examen des devis de travaux modificatifs et mémoires en réclamation, examen du bien fondé :</u>	NON	SO			
	Lots architecturaux	NON	SO			
	Lots techniques	NON	SO			
	<u>Examen matériel et économique :</u>					
	Lots architecturaux	NON	SO			
	Lots techniques	NON	SO			
	Etablissement du décompte général	NON	SO			
	ASSISTANCE AUX OPERATIONS DE RECEPTION - AOR					
	<u>Organisation des opérations préalables à la réception, diffusion des états</u>					
	Etat des réserves et suivi des levées de réserves (compte-rendu):	OUI	En cas d'humidité excessive avérée			X
	Les lots architecturaux	OUI	En cas d'humidité excessive avérée			X
	Les lots techniques : terminaux	NON	SO			
	Les lots techniques : locaux techniques, réseaux,	NON	SO			
	Fonctionnement des installations	NON	SO			
	<u>Regroupement des dossiers des ouvrages exécutés :</u>					
	Documents graphiques Architecturaux	NON	SO			
	Pièces écrites architecturales	NON	SO			
	Documents graphiques Techniques	NON	SO			
	Pièces écrites Techniques	OUI	Pièces spécifiques à la thématique			X

ETAPE	ELEMENTS DE MISSIONS DE MOE EN MOP D'APRES ARRETE DU 21/12/1993 + COMMENTAIRES SYNTEC INGENIERIE, CICF, UNTEC, UNAPOC	CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER OUI / NON?	EXEMPLE DE SUJETION LIEE	QUI EST CONCERNE PAR LA THEMATIQUE HUMIDITE EN PHASE CHANTIER ?		
				MOA	AMO	MOE
CHANTIER	Examen des désordres signalés par le MOA pendant la période de garantie :					
	Lots architecturaux	OUI	Selon désordre constaté			X
	Lots techniques	OUI	Selon désordre constaté			X

ANNEXE B. FICHES D'AUTOCONTROLES TYPE

FICHE D'AUTOCONTROLE N°1 : A L'EXPEDITION DES ELEMENTS BOIS

INFORMATIONS GENERALES DU CHANTIER

Coordonnées : (Nom, adresse)	..... ..... ..... .....
Donneur d'ordre :	.....
Maître d'œuvre :	.....
Bureau de contrôle :	.....
Autres informations :	..... ..... ..... .....

CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS CONTROLES

Type d'élément :	☐ BM / ☐ BLC / ☐ OB / ☐ MOB / ☐ CLT / ☐ CLT NERVURE / ☐ AUTRE :
Caractéristiques (dimensions, épaisseur, etc.) :	..... ..... .....
Plage d'humidité acceptable pour les éléments en sortie d'atelier et lors du transport :	..... ..... .....

CONTROLE

HUMIDITE

Nombre d'éléments contrôlés :	.....
Nb point de contrôle par élément :	.....
Emplacement des points de contrôle :	..... ..... .....
Valeur obtenue :	.....

PROTECTION AUX INTEMPERIES ET A LA REPRISE EN HUMIDITE	
Disposition de protection intégrée à l'élément :	☐ OUI / ☐ NON Si OUI description :
Disposition de protection complémentaire pour le transport :	☐ OUI / ☐ NON Si OUI description :
Etat des protections lors du contrôle :	☐ RAS / ☐ Détériorée
Pour une protection détériorée, moyens de reprise utilisé pour rétablir la protection :	..... ..... .....

Date de remise en main propre : Nom et prénom signataire : Signature et cachet de l'entreprise :

FICHE D'AUTOCONTROLE N°2 : RECEPTION DES ELEMENTS BOIS SUR LE CHANTIER

INFORMATIONS GENERALES DU CHANTIER

Coordonnées : (Nom, adresse)	..... ..... .....
Donneur d'ordre :	.....
Maître d'œuvre :	.....
Bureau de contrôle :	.....
Autres informations :	..... ..... .....

CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS CONTROLES

Type d'élément :	☐ BM / ☐ BLC / ☐ OB / ☐ MOB / ☐ CLT / ☐ CLT NERVURE / ☐ AUTRE :
Caractéristiques (dimensions, épaisseur, etc.) :	..... ..... .....
Plage d'humidité acceptable pour les éléments en sortie d'usine et lors du transport :	..... ..... .....

CONTROLE A LA RECEPTION

Date de réception :

HUMIDITE	
Nb éléments contrôlés :	.....
Nb point de contrôle par élément :	.....
Emplacement des points de contrôle :	..... ..... .....
Valeur obtenue :	• Min : • Max : • Moyenne :
Conformité par rapport à l'intervalle acceptable :	☐ OUI / ☐ NON

PROTECTION AUX INTEMPERIES ET A LA REPRISE EN HUMIDITE	
Disposition de protection intégrée à l'élément :	☐ OUI / ☐ NON Si OUI description :
Disposition de protection complémentaire pour le transport :	☐ OUI / ☐ NON Si OUI description :
Etat des protections lors du contrôle :	☐ RAS / ☐ Détériorée
Pour une protection détériorée, moyens de reprise utilisés pour rétablir la protection :	..... ..... .....

STOCKAGE	
La plateforme de stockage est-elle en place sur le chantier ?	☐ OUI / ☐ NON Si NON quelles dispositions de protections des éléments reçus sont prises :
De quelle manière sont stockés les éléments reçus (horizontalement sur chevron, sur rack de stockage, sur chevalet, etc...) ?	..... ..... ..... ..... .....
Description de la protection mise en place pour le stockage des éléments réceptionnés :	..... .....
Quelle est la durée prévue pour le stockage des éléments reçus ?	..... ..... .....
Y-a-t-il un plan de contrôle de l'humidité prévu tout au long du stockage ?	☐ OUI / ☐ NON Si OUI description :

Date de remise en mains propres :

Nom et prénom signataire :

Signature et cachet de l'entreprise :

FICHE D'AUTOCONTROLE N°3 : AU MONTAGE ET AVANT MISE HORS-D'EAU / HORS-D'AIR

INFORMATIONS GENERALES DU CHANTIER

Coordonnées : (Nom, adresse)	..... ..... ..... .....
Donneur d'ordre :	.....
Maître d'œuvre :	.....
Bureau de contrôle :	.....
Autres informations :	..... ..... ..... .....

CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS A MONTER

Type d'élément :	☐ BM / ☐ BLC / ☐ OB / ☐ MOB / ☐ CLT / ☐ CLT NERVURE / ☐ AUTRE :
Caractéristiques (dimensions, épaisseur, etc.):	..... ..... .....
Plage d'humidité acceptable pour les éléments en sortie d'usine et lors du transport :	..... ..... .....

CONTROLE AU MONTAGE

HUMIDITE

Nb éléments contrôlés :	.....
Nb point de contrôle par élément :	.....
Emplacement des points de contrôle :	..... ..... .....
Valeurs obtenues :	.....

PROTECTION AU MONTAGE

PARTIE COURANTE

Protection mise en œuvre en partie courante pour :	• Les murs : ☐ OUI / ☐ NON (Si oui, description)
	• Les planchers : ☐ OUI / ☐ NON (Si oui, description)
	• Les toitures : ☐ OUI / ☐ NON (Si oui, description)
	
	
	

POINTS SINGULIERS POUVANT REPRESENTER UN RISQUE VIS-A-VIS D'UNE HUMIDIFICATION EXCESSIVE

POINT SINGULIER POUVANT REPRESENTER UN RISQUE DE PIEGES A EAUX OU DE REPRISE EN HUMIDITE	LOCALISATION ET NOMBRE DE POINTS SINGULIERS DE CE TYPE	PROTECTION MISE EN PLACE
En tête de poteaux		
En tête de mur		
Jonction entre les planchers et les éléments verticaux (poteaux, murs, etc)		
Jonction entre les planchers et le noyau central		
Jonction entre éléments de plancher		
Jonction entre la toiture et les éléments verticaux		
Réservations dans les planchers		

POINT SINGULIER POUVANT REPRESENTER UN RISQUE DE PIEGES A EAUX OU DE REPRISE EN HUMIDITE	LOCALISATION ET NOMBRE DE POINTS SINGULIERS DE CE TYPE	PROTECTION MISE EN PLACE
Réservations dans les murs		
Réservations en toiture		
Autres		

EVACUATION DE L'EAU PENDANT LE MONTAGE

Moyen d'évacuation de l'eau :	_____
Réseau d'évacuation de l'eau présent :	☐ OUI / ☐ NON Si oui, joindre plan du réseau à la fiche d'autocontrôle.

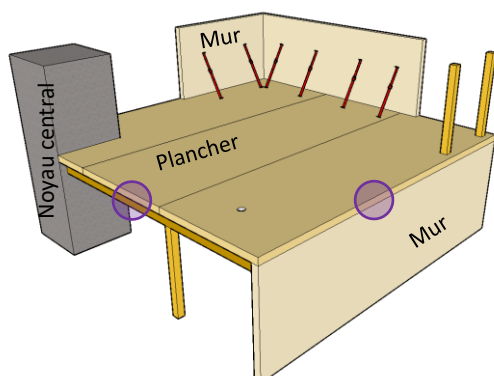
Date de remise en mains propres :

Nom et prénom signataire :

Signature et cachet de l'entreprise :

ANNEXE C. FICHES DE PROTECTION

FICHE PROTECTION EN NEZ DE DALLE



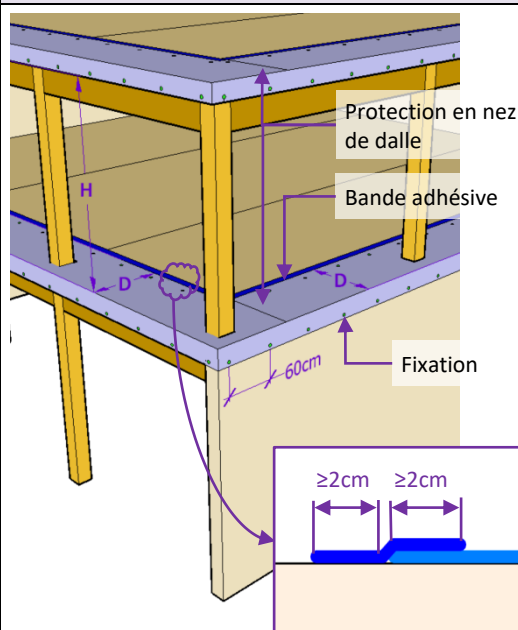
La protection est appliquée quand :

- La durée d'exposition/de chantier est supérieure à 1 mois
- Il est constaté une dérive de l'humidité des éléments bois vis-à-vis de la valeur cible escomptée.

Éléments pour la protection :

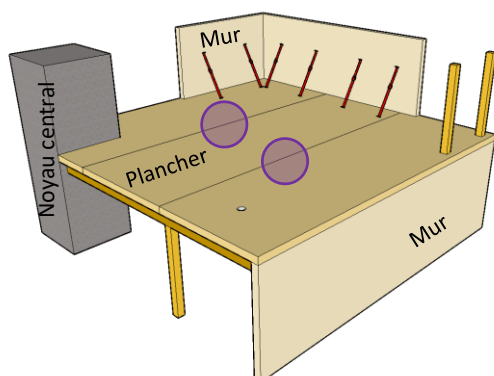
- Ecran souple de type pare-pluie non auto-adhésif + Bandes adhésives
- Fixations ou agrafes avec pastille plastique
- Ou écran souple spécifique auto-adhésif

APPLICATION DE LA PROTECTION :



- ❖ La protection est appliquée sur une largeur minimale D, où :
 $D = H/2.5$ avec H hauteur entre deux niveaux
- ❖ La protection retombera en façade d'au moins l'épaisseur de la dalle
- ❖ Afin d'éviter les infiltrations sous l'écran, la jonction entre celui-ci et le plancher sera réalisée avec une bande adhésive.
- ❖ Lorsque la protection n'est pas autoadhésive, elle est fixée :
 - Avec des clous ou agrafes avec pastille plastique.
 - Sur les faces horizontales et verticales
 - Avec un entraxe de 60 cm
- ❖ L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

FICHE PROTECTION ENTRE ELEMENTS DE PLANCHER



La protection est appliquée quand :

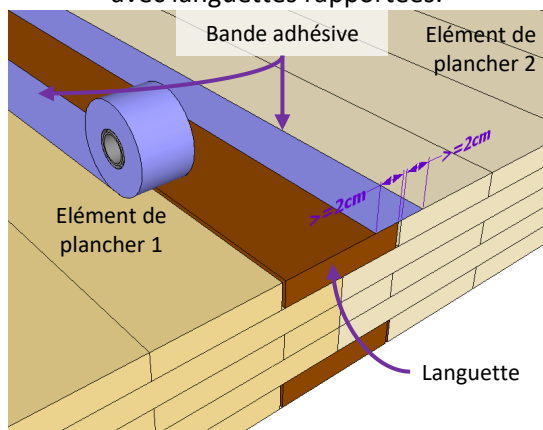
- Qu'il existe un jeu (espace) entre les éléments de plancher supérieur à 3 mm
- La durée d'exposition est supérieure à :
 - 2 semaines pour les planchers en panneaux dérivés du bois
 - 1 mois pour les planchers CLT
- Une dérive de l'humidité des bois vis-à-vis de la valeur cible est constatée.

Eléments pour la protection :

- Bandes adhésives

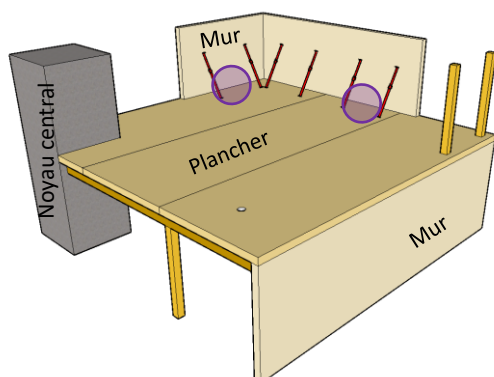
APPLICATION DE LA PROTECTION :

Exemple : Assemblage de 2 panneaux CLT avec languettes rapportées.



- ❖ La largeur de bande adhésive doit être suffisante pour assurer une adhérence d'au moins de 2 cm de part et d'autre de l'espace recouvert.
- ❖ L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

FICHE PROTECTION JONCTION ENTRE PLANCHERS ET ELEMENTS MURS



La protection est appliquée quand :

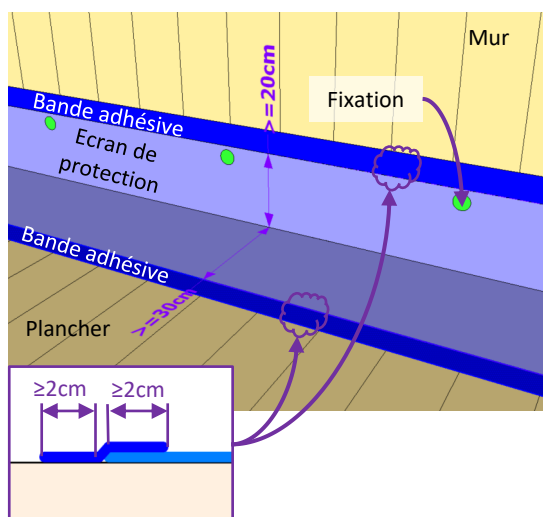
- La durée d'exposition est supérieure à :
 - 2 semaines pour les planchers en panneaux dérivés du bois
 - 1 mois pour les plancher CLT
- Il est constaté une dérive de l'humidité des éléments bois vis-à-vis de la valeur cible escomptée.

Eléments pour la protection :

- Ecran souple de type pare-pluie non auto-adhésif + Bandes adhésives
- + Fixations ou agrafes avec pastille plastique
- Ou écran souple spécifique auto-adhésif

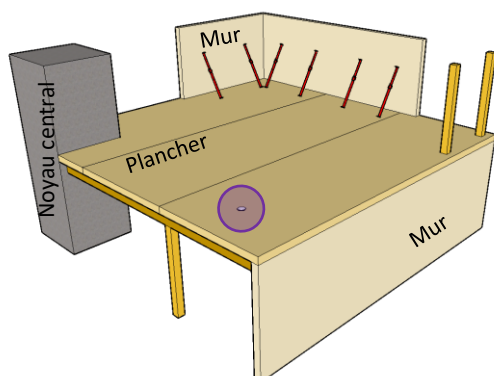
APPLICATION DE LA PROTECTION :²

PARTIE COURANTE DE LA JONCTION



- ❖ La protection doit être appliquée sur une largeur minimale de 20 cm contre le mur et de 30 cm sur le plancher.
- ❖ Une largeur supérieure peut être nécessaire pour l'intégration de l'évacuation d'eau
- ❖ Lorsque la protection n'est pas autoadhésive, elle est appliquée avec :
 - En tête de la face verticale : des clous ou agrafes avec pastilles plastiques. Un espace suffisant avec le bord est ménagé pour permettre l'application continue de la bande adhésive.
 - Au bord de la face verticale : une bande adhésive assurant l'étanchéité de la jonction écran/mur
 - Au bord de la face horizontale : une bande adhésive assurant l'étanchéité de la jonction écran/plancher
- ❖ L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

FICHE PROTECTION AU NIVEAU DES RESERVATIONS

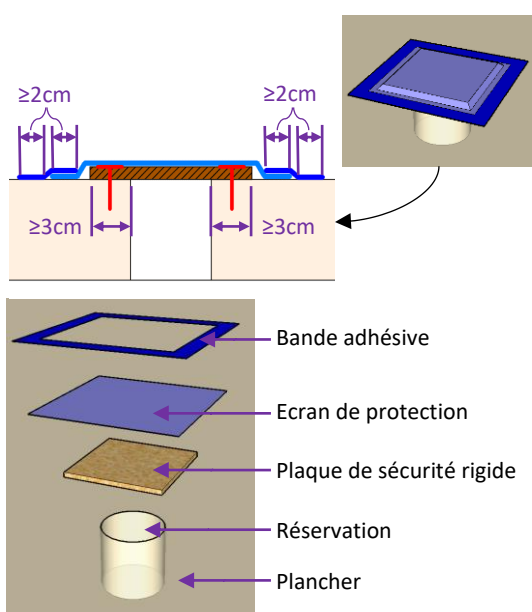


La protection est appliquée quand :

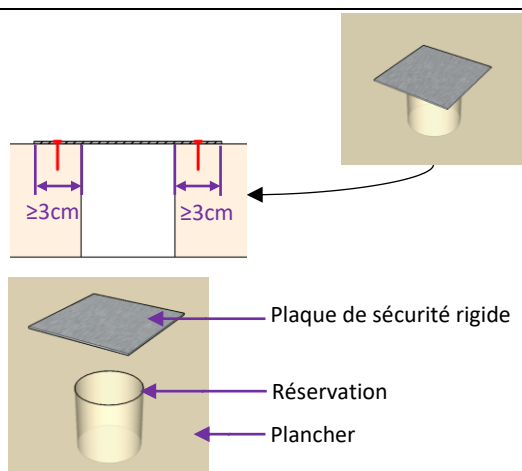
- La durée d'exposition est supérieure à 1 mois
- La réservation n'est pas utilisée pour l'évacuation des eaux de pluie ou de la neige fondue.

Éléments pour la protection :

- Plaque de sécurité rigide métallique ou en panneau dérivé du bois
- Pour les plaques de sécurité rigides en panneau dérivé du bois :
 - Ecran souple de type pare-pluie non auto-adhésif
 - Bandes adhésives



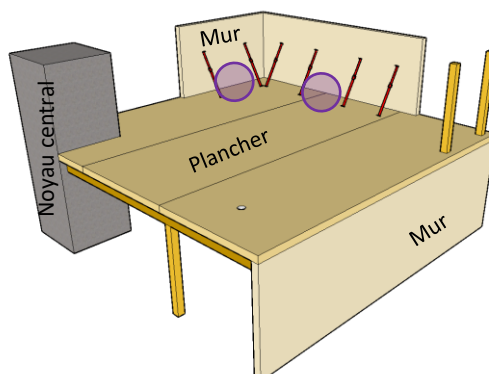
- ❖ La réservation devra être recouverte par une plaque de sécurité rigide (exemple : panneau dérivé du bois ou plaque métallique), fixée sur le plancher. Les dimensions de cette plaque doivent être supérieures à celles de la réservation de façon à assurer un recouvrement minimum du support de 3cm.
- ❖ L'écran de protection rapporté est fixé avec des bandes adhésives dont la largeur est suffisante pour assurer une adhérence d'au moins 2 cm sur la pièce de protection d'une part et sur le plancher d'autre part.
- ❖ Les dimensions de l'écran de protection doivent être supérieures à celles de la réservation et de la plaque de sécurité d'au moins 5cm
- ❖ L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.



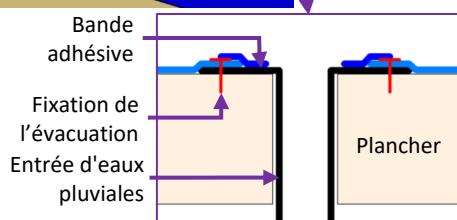
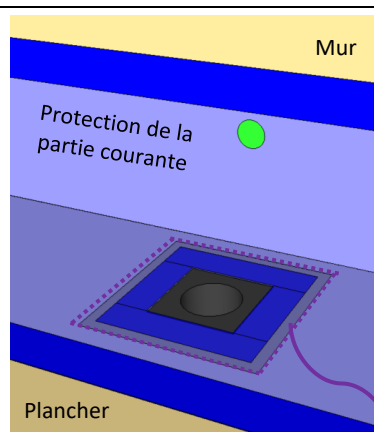
- ❖ La réservation devra être recouverte par une plaque de sécurité rigide (exemple : panneau dérivé du bois ou plaque métallique), fixée sur le plancher. Les dimensions de cette plaque doivent être supérieures à celles de la réservation de façon à assurer un recouvrement minimum du support de 3cm.
- ❖ L'application se fait sur un support exempt de sciure, copeau, salissure, trace apparente d'humidité, etc.

EVACUATION DES EAUX DE PLUIE OU DE NEIGE FONDUE

EVACUATION DES EAUX AU NIVEAU D'UNE JONCTION MUR / PLANCHER

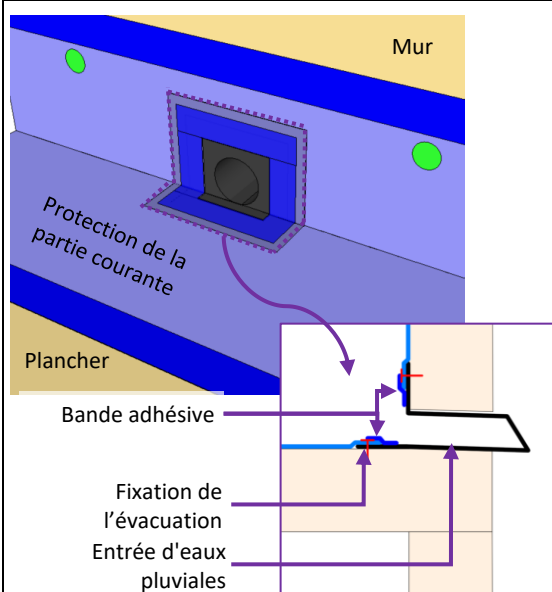


EVACUATION VIA LE PLANCHER



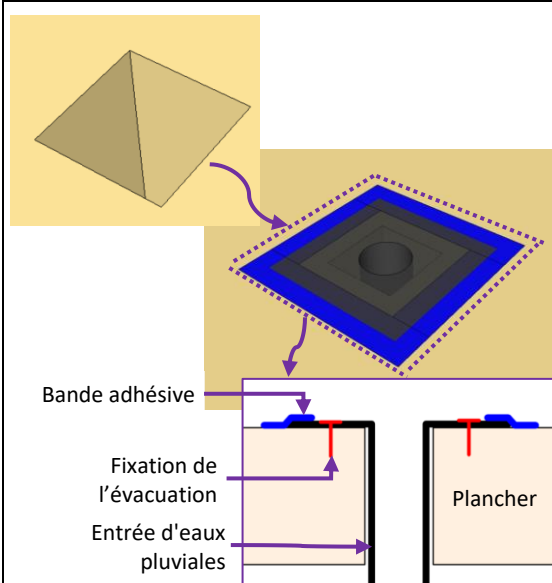
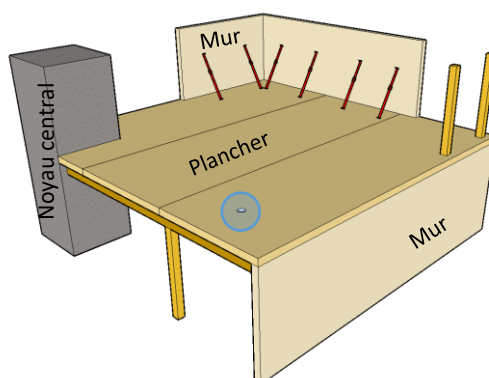
- ❖ Evacuation du type « Évacuation d'eau pluviale pour toit plat »
- ❖ Elle est fixée sous l'écran de protection, lui-même cloué au travers de l'évacuation. Le raccord entre les deux sera complété par une bande adhésive.
- ❖ L'évacuation est :
 - Soit raccordée à un réseau horizontal de tuyaux d'évacuation d'eau de pluie débouchant sur un réseau vertical.
 - Soit raccordé à un rejet en façade dépassant d'au moins 5cm par rapport au nu fini extérieur

EVACUATION VIA LE MUR



- ❖ Evacuation du type « Évacuation d'eau pluviale pour toit plat »
- ❖ Elle est fixée sous l'écran de protection, lui-même cloué au travers de l'évacuation. Le raccord entre les deux sera complété par une bande adhésive.
- ❖ L'évacuation débouche en façade avec un débord d'au moins 5cm.

EVACUATION DES EAUX AU NIVEAU D'UNE RESERVATION



- ❖ Evacuation du type « Évacuation d'eau pluviale pour toit plat »
- ❖ Elle est fixée sur le plancher, le raccord entre le plancher et l'évacuation est complété par une bande adhésive.
- ❖ L'évacuation est raccordée à un réseau horizontal de tuyaux d'évacuation d'eau de pluie débouchant sur un réseau vertical.

ANNEXE D. EXEMPLE DE BON A FERMER

Le bon à fermer a vocation de donner le top départ pour les travaux de second œuvre. L'émission d'un bon à fermer signifie que pour les zones concernées par le bon, l'humidité du bois est comprise dans une plage permettant de débiter les travaux de second œuvre sans qu'il n'y ait un risque de confinement d'une humidité excessive.

INFORMATIONS GENERALES DU CHANTIER

Coordonnées : (Nom, adresse)	
Donneur d'ordre :	
Maître d'œuvre :	
Bureau de contrôle :	
Autres informations :	

ZONE(S) CONCERNEE(S)

Etage :	
Partie concernée :	☐ Structure / ☐ Mur / ☐ Plancher / Autre (préciser) :

CONTROLE DE L'HUMIDITE

Date et heure du contrôle :	
Contrôle effectué par (Nom Prénom, société) :	
Méthode de contrôle utilisée :	☐ Humidimètre à pointe / ☐ Mesure d'épaisseur (uniquement pour les panneaux dérivés du bois, par exemple : OSB/panneau de particules / contreplaqué / etc.) / ☐ Autre (préciser) :
Nombre de points de contrôle :	

Emplacement des points de contrôle : <i>(joindre : plan annoté)</i>	
Valeurs obtenues (en %) :	
Conformité par rapport à l'intervalle acceptable :	☐ OUI / ☐ NON

Fait à

Le

Nom prénom responsable

Signature du responsable + cachet entreprise

(précédés de la mention « Bon pour fermeture »)