



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants



CONSTRUCTION BOIS DE PLUS DE 8 M DE HAUTEUR RETOURS D'EXPÉRIENCES

En partenariat avec

envirôbât
OCCITANIE

Avec la collaboration de

energieplus
envirobat
GRAND EST

SOMMAIRE

Avertissement	2
PARTENARIAT AQC / ENVIROBAT OCCITANIE	2
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	3
Présentation générale.....	3
Fonctionnement du dispositif	3
Quelques chiffres.....	4
LE CENTRE DE RESSOURCES ENVIROBAT OCCITANIE	6
LE CENTRE DE RESSOURCES ENVIROBAT GRAND EST	7
INTRODUCTION	8
1. COMPÉTENCES.....	10
1.1. En tant que maître d'ouvrage.....	10
1.2. En tant que mandataire de la maîtrise d'œuvre	10
1.3. En tant qu'entreprise ou artisan, mieux connaître les spécificités de chaque corps d'état.....	12
1.4. Pour tous les acteurs, se tenir informés des évolutions réglementaires et normatives.....	13
2. MÉTHODES ET ORGANISATION	14
2.1. Mettre en place une organisation de travail adaptée à la construction bois.....	14
2.2. Anticiper les sujets susceptibles d'impacter le planning	15
2.3. Protéger temporairement les bois sur chantier	16
2.4. Gérer les interactions avec les corps d'état du 2 nd œuvre.....	19
3. INNOVATION	20
3.1. Analyser la nécessité de recourir à des solutions non traditionnelles et anticiper les délais de justifications techniques.....	20
3.2. Identifier les solutions et produits disponibles sur supports bois.....	21
3.3. Prévoir la réalisation de prototypes.....	21
4. TECHNIQUE	22
4.1. Prendre en compte les spécificités structurelles du bois.....	23
4.2. Maîtriser les caractéristiques vibratoires et acoustiques du bois	23
4.3. Porter une attention particulière à la sécurité incendie.....	23
4.4. Prévenir les dégâts des eaux.....	24
CONCLUSION	25
GLOSSAIRE	26

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'événements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail.

En aucun cas, ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

PARTENARIAT AQC / ENVIROBAT OCCITANIE

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'AQC et ENVIROBAT OCCITANIE. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme PACTE. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'Agence Qualité Construction.

Il a pour but de présenter les enseignements majeurs et de faire des recommandations sur la construction bois d'une hauteur supérieure à huit mètres. Le choix de ces enseignements et recommandations s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur importance et de l'appréciation des spécialistes qui ont participé à ce travail.

Le centre de ressources ENVIROBAT GRAND EST a également apporté sa contribution régionale à ce rapport.

NOUS REMERCIONS POUR LEUR CONTRIBUTION À L'ÉTUDE :

Jean-François BOSC, Katharina BROCKSTEDT, Luc CHARMASSON, Marcel CHOURAQUI, Guillaume DEROMBISE, Jean-Michel DESMEDT, Eric DE TADDEO, Éric DIBLING, Jean-Luc DUNOYER, Anne GALIBERT, Christian GARCIA, Véronique GONTHIER, Marc GRANIER, Thierry LAMADON, Agnès LAURET GREMILLET, Pauline LEFORT, Gilles MARMORET, Rodolphe MAUFRONT, Jean-Marc PAUGET, Laure TRANNOY, Claude VALENTIN

L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se devait donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste, concrètement, à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

COLLECTE SUR LE TERRAIN

ÉTAPE A

- Interview *de visu* et *in situ* d'acteurs précurseurs de constructions performantes
- Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs

CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES

ÉTAPE B

- Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie
- Relecture des données capitalisées par des experts construction

ANALYSE DES DONNÉES

ÉTAPE C

- Extractions de données en fonction de requêtes particulières
- Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques

VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS

ÉTAPE D

- Production de rapports
- Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du Réseau Bâtiment Durable. Les enquêteurs qui collectent les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS EN QUELQUES CHIFFRES

10 ANS

d'ancienneté

74 ENQUÊTEURS

depuis 2010

3 500 ACTEURS
RENCONTRÉS

depuis 2010

610 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
OU RT 2012

labellisés ou non

190 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU PASSIF

labellisés ou non

520 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
RÉNOVATION

labellisés ou non

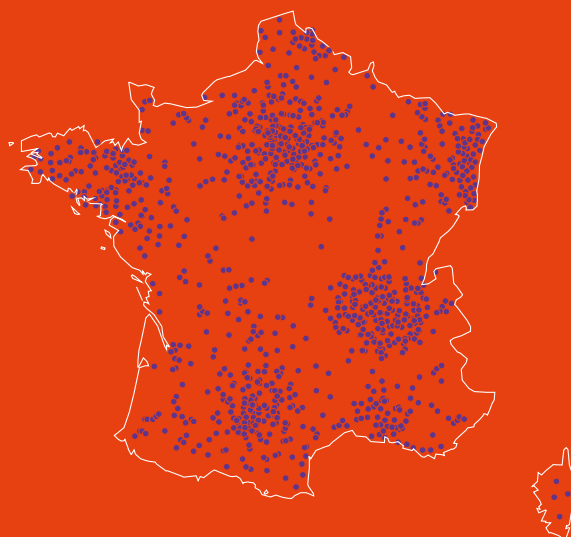
65 BÂTIMENTS
RÉALISÉS À L'AIDE D'OUTILS BIM

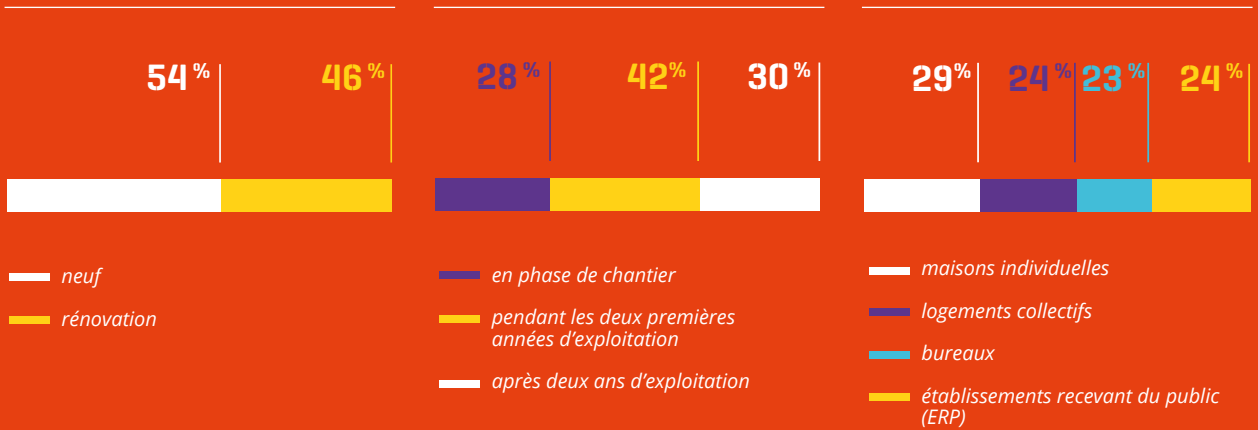
15 BÂTIMENTS
INTÉGRANT LA DÉMARCHE E+/C-

1 400 BÂTIMENTS
VISITÉS depuis 2010

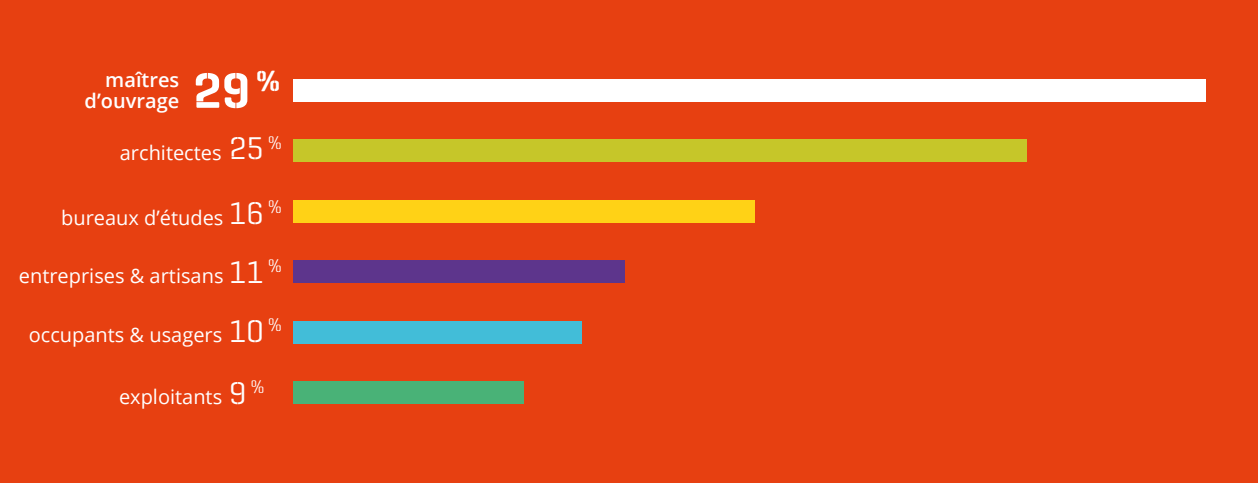
OPÉRATIONS VISITÉES

1 400
VISITES



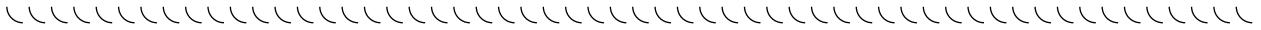


LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS

11 000
CONSTATS



LE CENTRE DE RESSOURCES ENVIROBAT OCCITANIE



Envirobat Occitanie, association loi 1901, est né le 1^{er} janvier 2018 du rapprochement des deux centres de ressources occitans, CeRCAD Midi-Pyrénées et ECOBATP LR.

Envirobat Occitanie a pour mission d'accompagner l'évolution des pratiques des professionnels de la construction et de l'aménagement dans les enjeux de la transition énergétique. Plus spécifiquement, il contribue à l'atteinte des objectifs fixés par le scénario REPOS de la Région Occitanie.

Envirobat Occitanie constitue un véritable centre de ressources, de réflexions et d'actions collaboratives et innovantes, et un réseau d'acteurs de la construction et de l'aménagement durables.

Ses objectifs sont :

- animer le réseau des professionnels en région ;
- travailler à la promotion et la diffusion des bonnes pratiques ;
- accompagner les acteurs ;
- développer des outils pédagogiques d'accompagnement et d'évaluation sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux.

Envirobat Occitanie propose des services multiples, ciblés professionnels, avec comme objectif l'optimisation et la mutualisation des compétences et des ressources pour une meilleure efficacité :

- l'accès à une bibliothèque de ressources en ligne, pour participer à la veille légale et réglementaire et à l'actualité régionale ;
- des rencontres thématiques régulières, des débats d'experts, des conférences techniques ;
- un partage des savoirs et des formations spécifiques en lien avec les retours d'expériences issus des dispositifs d'accompagnement et d'observation pilotés par le centre de ressources ;
- des dispositifs d'accompagnement des maîtres d'ouvrage et des professionnels avec les démarches environnementales Bâtiments Durables et Quartiers Durables en Occitanie, adaptées aux contraintes climatiques locales ;
- des observatoires de la construction et de la rénovation pour évaluer les projets, analyser les pratiques, partager les connaissances et retours d'expériences ;
- une assistance en ligne pour les acteurs de la construction et de la rénovation ;

Envirobat Occitanie, c'est un réseau de 130 adhérents et une équipe de 8 permanents répartis sur les sites de Montpellier et Toulouse.



LE CENTRE DE RESSOURCES ENVIROBAT GRAND EST



Envirobat Grand Est est le réseau des centres de ressources dédiés aux professionnels du bâtiment et de l'aménagement sur la région Grand Est.

Envirobat Grand Est a pour objectifs de faciliter et d'accélérer l'émergence de projets durables, promouvoir la qualité environnementale du cadre bâti, valoriser les retours d'expériences et accompagner les professionnels de la construction (information, sensibilisation, innovation, développement et diffusion des offres de formation, groupes de travail, réseaux régionaux et nationaux).

L'approche globale et systémique des projets, intégrant notamment les impacts environnementaux, la santé, l'efficacité énergétique, l'analyse de cycle de vie et le travail entre acteurs du projet, permettra d'atteindre les objectifs du bâtiment et de l'aménagement durables.

Pour le bâtiment, l'utilisation des matériaux biosourcés, des matériaux de déconstruction, et le développement des filières locales sont, pour le centre de ressources Envirobat Grand Est, des axes de travail forts.

Pour l'aménagement et l'urbanisme, il s'agit des méthodes d'aménagement durable, de consommation raisonnée des espaces, de la reconquête des centres bourgs, des transports, du patrimoine architectural...

Pour y parvenir, les actions à destination des professionnels sont variées : diffusion des bonnes pratiques, de l'offre de formation, organisation d'événements, rédaction de documents...

INTRODUCTION

Pour atteindre la neutralité carbone prévue par le Plan Climat en 2050, un objectif de mobilisation supplémentaire de bois de 12 millions de m³, d'ici 2026, issus des forêts françaises a été fixé par le Programme National Forêt Bois 2016-2026 (PNFB). Cet objectif ambitieux et réaliste a été établi sur la base d'une étude de ressources menée par l'ADEME, l'IGN et le FCBA.

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) accompagnent également cette dynamique. Pour assurer un stockage carbone sur le long terme, la SNBC recommande ainsi de privilégier les usages du bois à longue durée de vie, notamment dans le bâtiment.

Le Plan d'action interministériel Forêt Bois signé en novembre 2018 par 4 ministères (Finances, Agriculture, Écologie et Logement) a identifié 18 actions prioritaires et trois axes, dont l'axe II – « Développer les marchés finaux, soutenir l'innovation et l'investissement ».

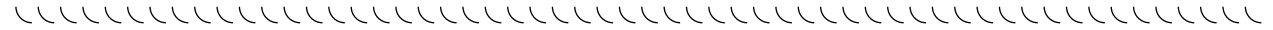
Dans le domaine de la construction, 3 actions issues de cet axe et pilotées par les ministères en charge de l'écologie et du logement visent à :

- développer les solutions de construction bois et biosourcée, notamment en introduisant dans la loi ELAN la préfabrication et en valorisant le stockage carbone dans la future réglementation environnementale RE2020 ;
- atteindre 10 % de construction bois dans les établissements publics d'aménagement d'ici 2022 ;
- mettre en place une évaluation environnementale des constructions neuves de l'État et de ses opérateurs au travers d'analyses de cycle de vie.

Ces actions accompagnent la vision stratégique partagée de la filière et des 4 ministères susvisés, dans le cadre du Comité stratégique de la filière bois, renouvelé pour la période 2018-2022. Le nouveau contrat de filière s'appuie sur 3 projets structurants pour :

1. Renforcer l'innovation collaborative en direction des futurs marchés du cadre de vie ;
2. Réaliser de manière exemplaire les ouvrages des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024 avec les solutions constructives bois et d'aménagements en bois ;
3. Accompagner l'évolution des compétences dans les entreprises de la filière.

Enfin, la filière bois et l'État sont associés depuis 2015 au développement d'immeubles de grande hauteur aménagés et agencés en bois. Ce projet porté par l'association ADIVbois (Association pour le Développement des Immeubles à Vivre bois), a notamment permis de lancer un concours afin de sélectionner les équipes qui réaliseront les Immeubles à Vivre Bois. 13 lauréats ont été retenus en septembre 2017 et ADIVbois accompagne actuellement la réalisation de ces démonstrateurs.



Le développement de la construction bois, en particulier de moyenne et grande hauteur, est un enjeu clef de la transition environnementale du domaine de la construction. Il doit se faire de façon la plus qualitative possible.

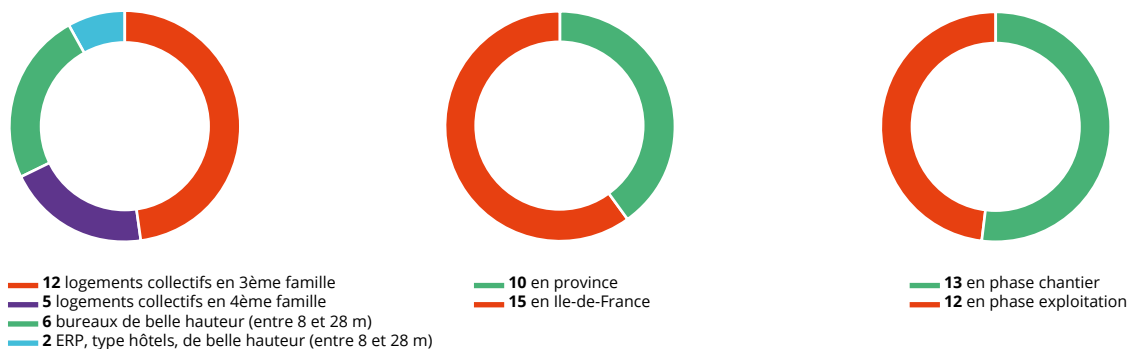
Cela implique un changement des pratiques qui peut bouleverser les habitudes, qu'elles soient techniques ou organisationnelles.

Des opérations de construction bois de moyenne et grande hauteur sont déjà menées par des acteurs précurseurs. Ces constructions doivent être envisagées comme des piliers pour préfigurer les développements à venir.

Capitaliser et valoriser leurs retours d'expériences dans le cadre notamment de la présente étude est un moyen essentiel pour sensibiliser et guider l'ensemble des acteurs de la filière aux enjeux de la construction bois.

Cette montée en compétences par le partage des points de vigilance et des bonnes pratiques est le gage d'un développement à la hauteur des objectifs de qualité, de performance et de confort visés.

Cette étude menée entre mai et septembre 2019 a porté sur 25 opérations en cours de chantier ou livrées depuis moins de 3 ans, d'une hauteur supérieure à 8 m (plancher bas du dernier niveau) et sur l'ensemble du territoire métropolitain dont :



**25 OPÉRATIONS
VISITÉES**

**80 ACTEURS
RENCONTRÉS**

Les échanges ont eu lieu avec 2 acteurs *a minima* par opération et avec plus de 80 acteurs au total.

Cette étude représente ainsi une « photo à l'instant T » basée sur des retours terrain et non une liste exhaustive des difficultés et atouts de la filière bois française, déjà recensés pour certains dans différents travaux réalisés par la filière bois.

1. COMPÉTENCES

1.1. En tant que maître d'ouvrage

1.1.1. S'entourer d'acteurs compétents en construction bois

CONSTAT 1

Concevoir et construire un bâtiment en bois, ce n'est pas « simplement » substituer un matériau à un autre. Cette substitution de matériau, béton par bois, doit se concevoir comme un changement complet d'approche constructive. Or, la majorité des acteurs de la construction, que ce soit au niveau de la maîtrise d'œuvre ou des entreprises, n'a été que peu formée à la construction bois et n'a pas beaucoup d'expérience avec ce matériau.

Le manque de maîtrise de cette technique peut entraîner des difficultés dans les organisations entre acteurs, des incompréhensions et donc par effet induit, des risques de pathologies, de surcoûts et de retards.

CONSTAT 2

Étant confrontés à un vide normatif au-delà d'une certaine hauteur en construction bois, les contrôleurs techniques peuvent parfois juger une même situation de différentes façons. De plus, les chargés d'affaire des contrôleurs techniques peuvent changer fréquemment sur une même opération, avec des niveaux de compétence en construction bois parfois très disparates.

Il peut en résulter des remises en question de choix précédemment validés, entraînant de potentiels retards, surcoûts et situations conflictuelles.

CONSTAT 3

La construction bois de belle hauteur peut nécessiter le recours à des techniques non courantes, entraînant potentiellement une surprime d'assurance dommage-ouvrage ou décennale. En cas d'absence de déclaration et d'accord préalable avec l'assureur, les constructeurs courent le risque de voir leur garantie réduite voire refusée en cas de sinistre.

RECOMMANDATIONS

- S'entourer d'une équipe de maîtrise d'œuvre aux compétences et références avérées ;
- S'entourer d'un contrôleur technique pédagogue et expérimenté qui puisse solliciter le référent bois de

sa société pour tous les sujets complexes ;

- Impliquer son assureur dommage ouvrage le plus en amont possible et le consulter à chaque modification entraînant la mise en œuvre de techniques non courantes, afin de connaître avec précision son niveau de couverture.

1.1.2. Choisir le mode de contractualisation des marchés de travaux en fonction des spécificités du projet

CONSTAT

La construction bois de belle hauteur fait souvent appel à des solutions non traditionnelles développées par les entreprises (brevets, avis techniques, appréciations techniques d'expérimentation). De plus, comme pour toute construction fortement préfabriquée, les contraintes de la réalisation doivent être connues le plus tôt possible. Tout retard dans l'implication des entreprises spécialisées bois ou dans la transmission des prescriptions techniques détaillées peut remettre en cause le rendu architectural, le coût et le délai de construction.

RECOMMANDATION

- Quelle que soit la forme de marché, intégrer le plus tôt possible la compétence en construction bois et ses interfaces dans l'opération. Confier cette compétence à un minimum d'acteurs : en corps d'état séparés, privilégier des macro-lots qui seront définis suivant la solution constructive ; en entreprise générale non spécialisée bois, privilégier la co-traitance avec une entreprise bois pour le lot ou macro-lot bois.

1.2. En tant que mandataire de la maîtrise d'œuvre

1.2.1. S'entourer de l'ensemble des compétences dès le démarrage des études de conception

CONSTAT 1

En construction bois, les corps d'état architecturaux et techniques ne peuvent pas être dissociés du clos et couvert. Si les sujets (techniques, réglementaires et normatifs, esthétiques, d'usage et de confort) sont traités les uns après les autres et non ensemble, cela peut compromettre la faisabilité de l'ouvrage en remettant en question les solutions précédemment étudiées.

CONSTAT 2

D'un point de vue structurel, la construction bois multi-étagée n'est que très rarement exclusivement en bois : elle est fréquemment associée à du béton et de l'acier.

La méconnaissance de l'un ou l'autre de ces procédés constructifs et de la façon dont ils interagissent peut retarder l'achèvement de la phase conception.

CONSTAT 3

L'acoustique est un des enjeux majeurs des constructions bois, or l'acousticien arrive souvent tard dans les projets. Cela peut aboutir à des complexes non optimisés d'un point de vue économique ou environnemental et remettre en question le parti pris architectural, par exemple en ce qui concerne la visibilité du bois dans les locaux intérieurs.

CONSTAT 4

Le percement des éléments de structure ou d'enveloppe en bois doit être anticipé pour des questions de préfabrication mais également pour satisfaire les exigences de résistance au feu et de performance acoustique. Ce n'est pas parce qu'ils sont en bois et donc soi-disant facilement perçables, que ce sujet ne doit pas faire l'objet de toutes les attentions très en amont dans la conception. Tout changement sur chantier étant susceptible de compromettre ces exigences, le dimensionnement et la distribution des réseaux (plomberie, électricité, CVC) doivent donc impérativement être étudiés en conception avant le démarrage du chantier.

CONSTAT 5

Les bâtiments en bois et les bâtiments de belle hauteur génèrent beaucoup d'appréhension vis-à-vis du risque incendie, et *a fortiori* lorsqu'ils sont à la fois hauts et en bois. Pour les bâtiments classés en ERP, des dossiers complémentaires de justification sont quasi-systématiquement demandés par les commissions de sécurité.

Les bâtiments d'habitation, particulièrement ceux en 3^{ème} et 4^{ème} famille, mais aussi les bureaux hors IGH, assujettis au Code du travail, peuvent également faire l'objet de demandes de précisions et d'exigences particulières par les autorités compétentes en sécurité incendie, lors de l'examen de leur permis de construire.

RECOMMANDATIONS

- S'entourer dès le départ d'une équipe compétente et multidisciplinaire connaissant les enjeux réglementaires et normatifs de la construction bois de belle hauteur afin d'être en capacité de justifier les choix techniques

auprès du contrôleur technique et de vérifier la prise en compte de l'ensemble des enjeux par les entreprises ;

- S'entourer d'une équipe qui maîtrise l'ensemble des atouts et contraintes de chaque procédé constructif (bois, béton, acier), vis-à-vis notamment des questions structurelles, acoustiques et de sécurité incendie ;
- Impliquer son assureur en responsabilité civile et décennale, le plus en amont possible et le consulter à chaque modification entraînant la mise en œuvre de techniques non courantes, afin de connaître avec précision leur niveau de couverture. Toujours se laisser la possibilité, en cas de non-acceptation, de se rabattre sur la technique courante à fonctionnalité, économie et rendu architectural les plus proches ;
- Ne pas hésiter à associer le plus en amont possible les autorités compétentes en sécurité incendie pour leur présenter, de façon argumentée et fondée sur des éléments techniques et scientifiques robustes, le projet et connaître leurs éventuelles exigences (voies échelles, accessibilité des façades, etc.) ;
- Pour la distribution des réseaux, privilégier les zones où il n'y a pas de traversée de structure et d'enveloppe et superposer les pièces à contraintes et besoins équivalents comme les salles de bain ;
- Sensibiliser, dès la préparation de chantier, les bureaux d'études des différents corps d'état aux spécificités de la construction bois ;
- Se former régulièrement pour être en mesure de répondre aux marchés avec une compétence technique et réglementaire actualisée.

Références

- Qualifications OPQIBI : <https://www.opqibi.com/>
- Ingénierie Bois Construction (IBC) représentant l'association des BET bois : <http://www.i-b-c.fr/>

1.2.2. Définir dans les marchés de travaux des prescriptions adaptées à la mixité des matériaux**CONSTAT**

Les constructions bois multi-étagées présentent de très nombreuses interfaces bois-béton, du fait de leur recours fréquent à des structures mixtes (noyaux escalier/ascenseur en béton par exemple). L'incompatibilité des tolérances d'exécution de travaux entre ces deux matériaux (cm pour le béton et mm pour le bois) présente un risque vis-à-vis de l'atteinte des performances structurales, acoustiques, thermiques et de sécurité incendie requises.

RECOMMANDATION

- Indiquer dans les prescriptions techniques du marché de travaux pour les différents lots les tolérances acceptables, lorsque celles-ci nécessitent d'être plus restrictives que celles des DTU (maçonnerie par exemple). Le marché de travaux doit également préciser les tolérances spécifiques pour les réservations dans la structure bois et l'entreprise en charge du calfeutrement.

1.2.3. Avoir une définition claire des missions de maîtrise d'œuvre**CONSTAT 1**

La gestion des interfaces - entre procédés constructifs à base de différents matériaux (bois/béton, bois/acier), entre parties d'ouvrage (structure/façade), entre lots (techniques/second œuvre) - est complexe. La mission de synthèse est essentielle à la réussite du projet mais pose souvent des problèmes de responsabilité, entraînant des risques de pathologie, de surcoût, de retard.

CONSTAT 2

De nombreux produits habituellement utilisés en construction maçonnée ne sont pas adaptés sur support bois ou n'ont pas apporté la preuve qu'ils le sont. Le suivi de travaux doit être très rigoureux car tout changement effectué sur chantier, par rapport à la solution technique étudiée en conception, peut compromettre toutes les exigences, dont notamment celles de sécurité incendie et de performance acoustique.

RECOMMANDATIONS

- Identifier un responsable de la mission de synthèse dès le démarrage des études et impliquer l'ensemble des acteurs de la maîtrise d'œuvre dans la gestion des interfaces ;
- En phase appel d'offres, être très vigilant avec les variantes des entreprises : chaque changement de matériau ou de solution doit être soumis à l'approbation de l'ensemble des bureaux d'études vis-à-vis de toutes les exigences, dont notamment celles acoustiques, thermiques, de sécurité incendie etc.
- Faire en sorte que le suivi de travaux soit assuré par la personne qui a fait la conception ou impliquer le plus tôt possible en phase études le maître d'œuvre d'exécution ;
- Éviter au maximum les changements de personnes au sein des équipes.

1.3. En tant qu'entreprise ou artisan, mieux connaître les spécificités de chaque corps d'état**CONSTAT 1**

D'une façon générale, les entreprises bois sont reconnues pour leur technicité mais la culture d'entreprise générale (organisation, coordination, problématique générale du bâtiment) peut leur faire défaut.

CONSTAT 2

Les entreprises de gros œuvre/maçonnerie et du 2nd œuvre peuvent être insuffisamment précautionneuses vis-à-vis des ouvrages en bois dont les exigences, en ce qui concerne les risques eau et incendie, sont supérieures à celles des autres modes constructifs.

De plus, étant encore peu habituées à intervenir sur des constructions bois dans lesquelles certaines parties structurelles restent apparentes, leurs interventions peuvent impacter l'aspect de ces parois livrées quasi-finies en phase gros œuvre, obligeant à des reprises fastidieuses, et seulement lorsque celles-ci sont encore possibles.

RECOMMANDATIONS

- En tant qu'entreprise bois, s'entourer d'une compétence tous corps d'états ;
- En tant qu'entreprise générale non spécialisée bois ou entreprise du second œuvre, suivre des formations sur les spécificités du matériau bois ;
- Prévoir avec la maîtrise d'œuvre des réunions de formation/sensibilisation au démarrage de chaque chantier sur les points de vigilance propres à la construction bois.
- Exemples de points de vigilance :
 - pour les peintres : protéger des projections de peinture les parois en bois qui resteront visibles (bâches en pourtour des plafonds, bas et haut des poteaux etc.) ;
 - pour les électriciens et les plombiers : bannir l'inscription des tracés sur les supports en bois ;
 - pour les maçons et les plombiers : ne pas meuler de métal à proximité du bois, les tâches de projections étant irrémédiables ;
 - pour les couvreurs : ne pas poser les tôles d'acier nervurées sur des bois non protégés, ni découper de tôles d'acier nervurées sur les structures bois sous peine d'y laisser des traces indélébiles ;
 - pour l'ensemble des intervenants :
 - le soir avant de quitter le chantier, repositionner les protections des charpentiers qui ont dû être retirées pour effectuer les travaux, afin de ne pas



exposer les bois aux éventuelles intempéries ;

- déplacer son matériel et ses matériaux avec précaution pour ne pas donner de coups dans les poteaux ou les panneaux ;
- les murs des escaliers et des ascenseurs qui pourraient être utilisés en monte-charge doivent être protégés ;
- pour les cadres de chantier (MOE, MOA, entreprise mandataire, ...) : contrôler régulièrement le chantier, notamment en fin de journée et anticiper les questions de manutention.

Références :

- Ressources pédagogiques dans le domaine bois construction : <https://www.biblio-bois.info/>



Des traces de projections de peinture sont visibles sur le plafond en bois qui a mal été protégé



Des bâches de protection vis-à-vis des projections de peinture sont mises en place sur un plafond en bois destiné à rester visible

1.4. Pour tous les acteurs, se tenir informés des évolutions réglementaires et normatives

CONSTAT

L'activité normative autour des produits de construction s'est principalement organisée après la seconde guerre mondiale. À cette époque, les procédés constructifs étaient majoritairement la maçonnerie et le béton armé, autour desquels la normalisation s'est donc structurée. Bien que le matériau bois ait été utilisé massivement en construction durant des siècles, ce mode constructif s'est peu à peu réduit à la réalisation de charpentes. Du fait de l'apparition de nouvelles approches, de nombreuses évolutions ont eu lieu ces dernières années au sein de la filière pour lever les freins à l'utilisation du bois dans la construction. De nouveaux outils ont été mis gratuitement à la disposition des professionnels.

Pour autant, de nombreux acteurs rencontrent des difficultés à mettre et maintenir à jour leurs connaissances et passent donc à côté de ces évolutions.

RECOMMANDATIONS

- Consulter les ressources en lignes créées et diffusées gratuitement par les représentants de la filière bois et les différencier des nombreuses publications, notamment d'ordre commercial, sur des techniques non courantes ;
- Se rapprocher d'organismes ou d'entreprises qui font de la veille technique et réglementaire et diffusent les informations au sein de leurs réseaux (organisations professionnelles, centres de ressources, etc.).

Références :

- Catalogue Construction Bois – Solutions constructives bois Neuf et Réhabilitation : <https://catalogue-construction-bois.fr/>
- Outil Bois REF de recensement des référentiels normatifs et réglementaires de la construction bois : <https://catalogue-construction-bois.fr/referentiels-techniques/boisref/>
- Travaux CODIFAB : <https://www.codifab.fr/>
- Travaux ADIVbois et en particulier le « Vademecum des immeubles à vivre bois » : <https://www.adivbois.org/>

2. MÉTHODES ET ORGANISATION

2.1. Mettre en place une organisation de travail adaptée à la construction bois

2.1.1. Anticiper les paramètres de la réalisation en vue de la préfabrication

CONSTAT 1

Comme dans toute construction préfabriquée, pour celle en matériau bois, la phase études ne se résume pas à un volume qui sera détaillé ultérieurement : les détails de construction (assemblages, passage des fluides et des réseaux etc.) sont réalisés très en amont - dès la phase esquisse - et sont constamment mis à jour en fonction des évolutions, pour des questions de préfabrication et d'industrialisation. Cela implique beaucoup d'allers-retours entre entreprises, maîtrise d'œuvre et contrôleur technique.

CONSTAT 2

Lorsque les éléments sont visibles, les reprises induites par des erreurs impactent l'esthétique du projet. En ce sens, les erreurs sont beaucoup plus difficiles à corriger sur un chantier bois que sur un chantier béton.

CONSTAT 3

La préfabrication n'est pas synonyme de répétition à l'infini : une façade qui n'est apparemment qu'une répétition d'un motif unique peut s'avérer être composée d'une multitude de motifs différents. Cela peut avoir des répercussions d'exécution pour l'entreprise en matière de fabrication et de pose.

RECOMMANDATIONS

- Prévoir un temps nécessaire à la sensibilisation de tous les acteurs au besoin d'anticiper les détails techniques et leurs impacts en matière de coût et de délai, en lien avec la préfabrication ;
- Échanger fréquemment avec l'entreprise bois.



En phase chantier, une saignée a dû être réouverte pour passer des câbles de désenfumage qui avaient été oubliés



Les saignées pour le passage des câbles électriques ont été effectuées en atelier

2.1.2. Travailler collectivement afin d'accélérer la résolution des problèmes complexes

CONSTAT

Face à la complexité des innovations pouvant être rencontrées dans les constructions bois de belle hauteur, chaque spécialiste est tenté de prioriser les solutions techniques relevant de son champ d'intervention (sécurité incendie, performance thermique, performance acoustique, accessibilité, etc.) au détriment des contraintes techniques rencontrées par les autres spécialistes.

RECOMMANDATIONS

- Organiser des réunions d'interfaces régulières, à toutes les phases de l'opération, et y impliquer le maximum d'acteurs afin d'être en mesure d'envisager les solutions de manière globale ;
- Contractualiser les présences aux réunions clés et instaurer des pénalités pour absence ;
- Utiliser des outils de travail collaboratif plus souples que les mails, afin d'informer et de faire participer l'ensemble des acteurs concernés par la réflexion.

2.1.3. Utiliser des outils de management de projet

CONSTAT 1

Dans la vie d'un projet, chaque choix est une décision multicritère et multiacteur. Le changement fréquent d'intervenants au sein des équipes augmente le risque de perte de la mémoire du projet, avec pour conséquence directe le risque d'étudier à nouveau des solutions préalablement écartées. Ce qui est vrai dans tout projet, l'est d'autant plus dans les constructions bois multi-étagées.

CONSTAT 2

Les questions méthodologiques : gestion de projet, gestion des risques, organisation collective, communication transversale etc. pèsent énormément sur la réussite des projets innovants, or ces compétences sont globalement peu développées au sein des acteurs de la construction qui ont tendance à se concentrer uniquement sur leurs propres objectifs.

RECOMMANDATIONS

- Utiliser des méthodes de gestion de projet qui permettent la traçabilité des décisions et d'identifier clairement la chaîne décisionnelle qui sera en mesure de prioriser les solutions ;
- Former l'ensemble de la chaîne d'acteurs aux méthodes

de conduite de projet utilisées dans les autres secteurs économiques (ex : analyse coûts, forces, faiblesses, opportunités, méthodes agiles etc.).

2.2. Anticiper les sujets susceptibles d'impacter le planning

2.2.1. Anticiper les délais liés à l'innovation

CONSTAT

La conception de bâtiment en bois de moyenne ou grande hauteur peut nécessiter de faire appel à des procédures d'évaluation technique (Appréciations Techniques Expérimentales (ATEX), avis de chantier ou analyses de risques). Le recours à des essais, qu'ils soient effectués en laboratoire ou *in situ*, est fréquent dans ces cas-là. L'absence d'anticipation des délais d'études et/ou d'essais nécessaires à ces justifications peut contrarier le planning de l'opération.

RECOMMANDATIONS

- Identifier dès la phase ESQUISSE, ou APS au plus tard, les solutions technologiques innovantes visées ;
- Intégrer un délai conséquent (entre 6 et 12 mois) dans le calendrier du projet lorsque des solutions innovantes sont envisagées, avec par ailleurs la possibilité de se rabattre sur une alternative déjà évaluée si l'évaluation n'était pas aussi favorable qu'espérée.

2.2.2. Prévoir une durée suffisante pour les phases d'études et de préparation de chantier

CONSTAT

En construction bois, les plans d'exécutions ne peuvent pas être visés au fil de l'eau comme c'est souvent le cas pour les autres types de constructions : la préfabrication notamment implique de tout vérifier en amont avant de démarrer le chantier.

RECOMMANDATION

- Prévoir une durée suffisante pour les études de synthèse et la préparation du chantier.

Référence

- Pour les marchés privés, se référer à la norme NF P03-001

2.2.3. Identifier suffisamment tôt les entreprises susceptibles de répondre au marché de travaux

CONSTAT 1

Les entreprises avec une expertise en construction bois sont relativement peu nombreuses et sont encore de taille relativement modeste (majoritairement des TPE/PME). Elles ne peuvent pas toujours répondre rapidement à la demande du marché.

CONSTAT 2

La construction d'édifices publics et collectifs en bois fait émerger un besoin de main d'œuvre qualifiée pour lever les structures sur chantier, en plus du besoin récurrent de charpentiers, qui peut entraîner un délai dans la réalisation des chantiers.

RECOMMANDATION

- Anticiper les consultations pour s'assurer de la disponibilité des entreprises au moment voulu et laisser assez de temps aux entreprises pour répondre aux appels d'offres.

Référence

- Plaquette « Grands projets bois » : <https://www.codifab.fr/>

2.3. Protéger temporairement les bois sur chantier

2.3.1. Limiter le risque incendie en phase chantier

CONSTAT

La réglementation incendie n'intègre pas d'exigences spécifiques à la phase chantier, en particulier pour les ouvrages bois. Le bois peut ainsi être exposé à diverses sources de chaleur ou de produits sensibles avant que ne soient mis en œuvre les moyens de protection prévus pour le bâtiment.

RECOMMANDATIONS

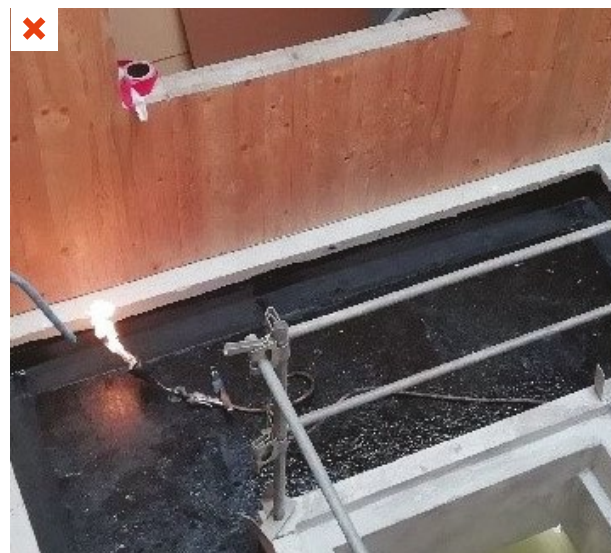
- Privilégier les procédés sans flamme ;
- Éloigner les sources de chaleur des matériaux combustibles comme le bois ;
- Anticiper toutes les sources d'incendie, qui peuvent être multiples et intervenir pendant les différentes phases du chantier : travaux par points chauds (opérations génératrices d'étincelles, flammes ou de surfaces chaudes, tels que les découpages, meulages, soudures, étanchéités bitumineuses à chaud,...) mais aussi les

autres sources de chaleur telles que l'utilisation d'équipements de chauffages ou d'éclairages temporaires ;

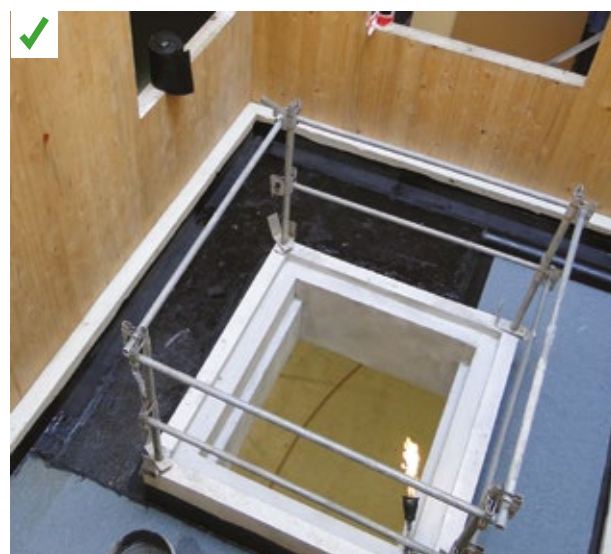
- Mettre en place une procédure de permis feu pour tous les travaux par points chauds ;
- Identifier un responsable qui fasse le tour du bâtiment pour vérifier tous les points chauds après le départ des compagnons.

Référence

- Guide « Les bonnes pratiques en matière de prévention incendie sur les chantiers » : <http://www.btp77.org/>



La flamme du chalumeau utilisé pour étancher la toiture terrasse est orientée vers une paroi en bois



La flamme du chalumeau est positionnée de façon à ne pas détériorer les parois en bois

2.3.2. Maîtriser l'hygrométrie des bois

CONSTAT 1

Le taux d'humidité des bois peut beaucoup varier entre l'atelier (~12-13 %), le chantier (entre ~15-16 % et 19-20 % ou plus suivant son exposition aux intempéries) et la phase d'utilisation du bâtiment (entre ~7-8 % et jusqu'à 3 % au bout de 3 ans). Si cette humidité n'est pas maîtrisée tout au long du chantier et de la vie du bâtiment, il y a un risque de fluage des bois pouvant entraîner des modifications de longueur de plusieurs centimètres. Ce comportement est d'autant plus critique que le bâtiment est haut, en raison du cumul des déformations dans les derniers niveaux.

CONSTAT 2

Le risque intempéries est globalement sous-estimé par la profession or les problèmes de prise d'eau et d'infiltrations sont fréquents sur les chantiers. Les protections adéquates ne sont parfois réalisées qu'une fois l'incident survenu.

CONSTAT 3

Certaines parties des structures bois sont plus sensibles à la prise d'humidité que d'autres : les jonctions entre plafond et linteaux, entre plafond et poutres, entre panneaux, les abouts de dalles, bas de poteaux et appuis de fenêtres. En cas d'infiltrations d'eau en l'absence de protection appropriée, des traces d'efflorescence restent ensuite visibles.

CONSTAT 4

La réalisation d'éléments d'ouvrage en filière humide, comme les chapes humides sur plancher bois, peuvent entraîner une prise d'humidité excessive des bois si le bâtiment n'est pas correctement aéré ou ventilé spécifiquement.

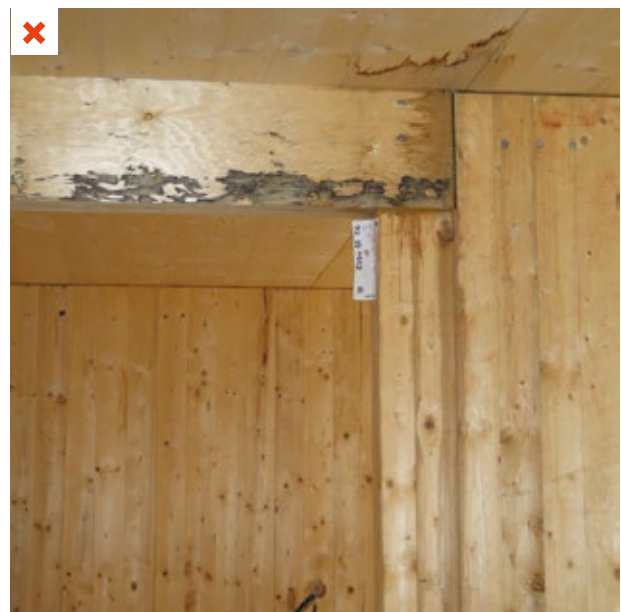
En l'absence de mesures de contrôle d'hygrométrie, le risque de piéger cette humidité par intervention ultérieure sur le complexe est important et peut causer d'importantes pathologies.

CONSTAT 5

Une mise en chauffe trop brutale des constructions en bois peut provoquer une perte d'humidité excessive des bois, à l'origine de fissures et de problèmes structurels.

RECOMMANDATIONS

- Exiger des plans d'assurance qualité de la part des entreprises qui doivent intégrer le traitement en phase chantier d'un certain nombre d'éléments clés avec par exemple : le contrôle de l'humidité des ouvrages bois en sortie d'usine, la description de l'origine présumée de l'humidité, les valeurs de taux d'humidité maximale et minimale, la méthode pour contenir l'humidité dans des plages acceptables, etc ;
- De manière générale, protéger les bois sur chantier, par exemple en :
 - protégeant les rives, abouts de dalles, arêtes de poteaux etc.
 - réalisant des étanchéités à froid sur toutes les jonctions de panneaux ;
 - réalisant des étanchéités complètes (provisoires ou perdues) à certains niveaux d'élévation avec installation de collecteurs d'eaux pluviales ;
 - appliquant des lasures de menuiserie sur tous les éléments de charpente ;
- Contrôler régulièrement l'hygrométrie des bois afin de gérer les variations hygrométriques entre l'état d'origine en sortie d'usine, l'état transitoire en phase chantier et enfin l'état stabilisé en service ;
- Bien aérer le bâtiment après la réalisation d'éléments en filière humide, utiliser des souffleries et des déshumidificateurs si nécessaire ;
- Surveiller la mise en chauffe des bâtiments pour éviter les phénomènes de dessiccation.



Suite à des infiltrations d'eau, des traces d'efflorescences restent visibles à la jonction plafond - linteau - poteau



Des sondes sont positionnées à différentes profondeurs d'une poutre en bois afin de contrôler l'évolution de son humidité

- Protéger systématiquement les parties de bois qui resteront visibles (planchers, panneaux verticaux, parties basses des poteaux, angles de murs etc.) en adaptant la protection au risque encouru (eau, UV, chocs) ;
- Utiliser des pare-pluie anti-UV dont la durée de vie est adaptée.

Référence

- Pour la durée de vie des pare-pluie, se référer à la nouvelle version du DTU 31.2 (mai 2019)

2.3.3. Protéger les bois des rayonnements UV et des chocs

CONSTAT 1

Les bois exposés aux UV, car stockés en extérieur ou exposés aux rayons du soleil à l'intérieur du bâtiment, peuvent changer de teinte en très peu de temps.

CONSTAT 2

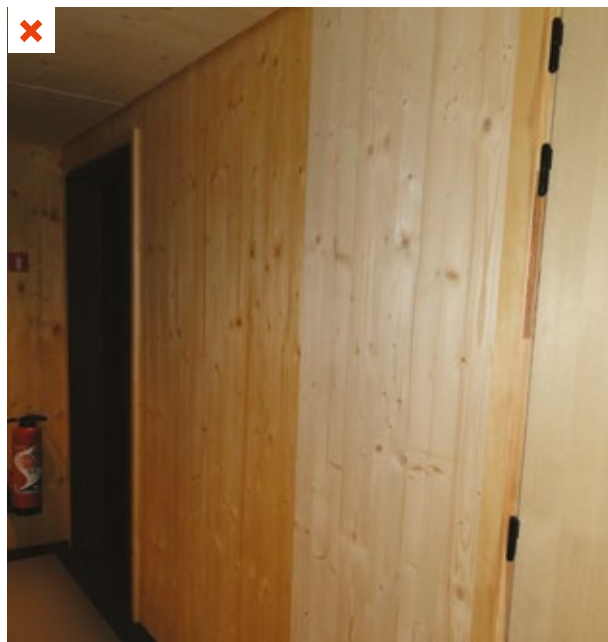
Les pare-pluie ont des durées d'exposition définies (3 mois environ). Si les bardages ne sont pas posés suffisamment rapidement, cela implique de les changer.

CONSTAT 3

Les poteaux et les panneaux en bois peuvent facilement prendre des chocs, ce qui n'est pas souhaitable notamment s'ils sont structurels ou s'il est prévu de les laisser apparents.

RECOMMANDATIONS

- Éviter de stocker les bois en extérieur ; s'ils doivent l'être pour des raisons imprévues, superposer exactement les panneaux pour éviter des décolorations sur les parties non recouvertes par les panneaux supérieurs ;



Des panneaux massifs lamellés-croisés ont changé de teinte suite à leur exposition aux UV, après 2 jours de stockage sans pouvoir être installés



Les poteaux bois sont protégés contre les chocs

2.4. Gérer les interactions avec les corps d'état du 2nd œuvre

CONSTAT 1

Beaucoup de constructions en bois cherchent à rendre le bois visible en intérieur : panneaux de bois structurels, poteaux ou poutres, revêtement intérieur, agencement etc. Quand les entreprises de 2nd œuvre ou d'aménagement intérieur interviennent, elles ne savent pas toujours différencier les parois qui doivent rester en l'état de celles qui sont concernées par leurs travaux. Il peut en résulter des erreurs d'intervention entraînant des reprises qui pénalisent la durée du chantier.

CONSTAT 2

Quand les bois de structure doivent rester visibles, des finitions sont souvent appliquées en usine (lasure de protection vis-à-vis de l'humidité, des UV ou de l'incendie). Durant le chantier, ces finitions sont fréquemment altérées ce qui oblige les charpentiers à réintervenir en fin de chantier.

RECOMMANDATIONS

- Bien définir les limites de prestation pour les lots de 2nd œuvre et d'agencement entre ce qui est en bois fini et ce qui ne l'est pas ;
- Pour les chantiers complexes aux nombreuses interactions entre corps d'état, prévoir les travaux de finition des éléments bois (égrenage, lasure) à la charge, par exemple, du lot peinture.



Alerte à destination de tous les compagnons sur la présence de murs finis en bois apparent

PROVENANCE DES BOIS

Sauf exception, sur les opérations étudiées, la provenance des bois n'est pas une demande forte des maîtres d'ouvrages et/ou maîtres d'œuvre. Celle-ci est la plupart du temps laissée au libre choix des entreprises. Le bois européen est toutefois utilisé et les labels de certification (PEFC et FSC) sont exigés quasi systématiquement.

En France actuellement, la construction bois de belle hauteur fait souvent appel au CLT ; or ce dernier n'est pas encore massivement fabriqué avec du bois français (provenance : Autriche, Scandinavie, Russie) alors qu'une offre CLT en bois français est disponible avec un volume de production en croissance. La construction en ossature bois permet, quant à elle, de recourir plus facilement à du bois français et de favoriser les circuits courts.

La tendance actuelle est cependant à une augmentation de la consommation en bois français avec le développement en cours d'une offre nationale en première transformation notamment pour le CLT, les produits de structure, de revêtement et d'aménagement/agencement.

En parallèle, la Fédération Nationale du Bois (FNB) a mis en place la marque « Bois de France » pour fédérer les démarches locales sous une même bannière et développer plus globalement ces produits, sur le territoire et à l'international : <https://www.bois-de-france.org/>.

Enfin, le site <http://preferez-le-bois-francais.fr/> permet de faire le lien, en circuits courts, entre l'offre et la demande.

3. INNOVATION

3.1. Analyser la nécessité de recourir à des solutions non traditionnelles et anticiper les délais de justifications techniques

CONSTAT 1

La hauteur d'un bâtiment bois est un critère déterminant pour évaluer son degré d'innovation. Par exemple, si la hauteur du bâtiment est supérieure à 28 m, les techniques de construction de l'enveloppe sont souvent hors du champ de la technique courante.

En deçà de 28 m, des solutions en technique courante, voire relevant du domaine traditionnel, existent mais, si certains choix techniques ou architecturaux s'en écartent, il est alors nécessaire de recourir à des justifications techniques au cas par cas. Ces justifications passent généralement par des évaluations techniques et/ou réglementaires de type ATEx, avis de chantier (selon article 18 de l'arrêté du 22/03/2004), et/ou d'analyse de risque avec le contrôleur technique de l'opération. Ce genre de démarches spécifique implique des études et souvent des essais complémentaires et donc des délais et des surcoûts.

CONSTAT 2

L'obtention d'une ATEx semble souvent aléatoire en matière de délai et de coût. Il n'est pas toujours possible d'en connaître l'ampleur avec exactitude (tests qui seront demandés, durée et coût de la procédure), ce qui représente une source d'aléa pour le maître d'ouvrage.

CONSTAT 3

La conception et la réalisation de façades en ossature bois non préalablement évaluées, sur des bâtiments de belle hauteur nécessite de passer par des essais air-eau-vent, et généralement par des procédures d'ATEx. En effet, la plupart des produits et solutions utilisés habituellement dans les bâtiments de faible hauteur ne sont pas suffisamment éprouvés au regard par exemple de l'exposition plus sévère au vent et à la pluie. Les performances des revêtements, des matériaux de jonction entre panneaux, du calfeutrement entre parois opaques et menuiseries, des pare-pluie, des points d'ancrage de divers éléments etc. doivent être assurées et maintenues dans le temps pour éviter toute pathologie ultérieure.

CONSTAT 4

Certains contrôleurs techniques n'acceptent pas de reconnaître les Recommandations Professionnelles RAGE/PACTE comme étant des documents techniques de référence équivalents aux NF DTU.

RECOMMANDATIONS

- Concevoir autant que faire se peut le projet en techniques courantes. Dans le cas contraire, limiter au strict minimum les solutions technologiques innovantes à 1 voire 2, et justifier de leur recours par rapport à des solutions courantes, quant à leur réelle pertinence en terme esthétique et d'usage, en intégrant également dans l'analyse le coût et les délais induits ;
- Associer tous les assureurs (assurance dommage ouvrage et responsabilité civile décennale) en cas de recours à des techniques non courantes. En effet, l'absence de déclaration et d'accord préalables fait peser sur les constructeurs (MOE, contrôleur technique, entreprises) des sanctions liées à l'aggravation du risque en cas de dommage (application règle proportionnelle voire non-garantie) ;
- S'entourer de fortes compétences techniques et réglementaires au sein de la maîtrise d'œuvre et des entreprises, avec de préférence une bonne connaissance des activités normatives (DTU) et des procédures d'innovation (ATEx ou Avis Technique).

Références

- Domaine d'analyse techniques courantes / non courantes : <http://www.qualiteconstruction.com/pole-prevention-produits>
- Recommandations professionnelles RAGE/PACTE : <https://www.programmepacte.fr/catalogue>

3.2. Identifier les solutions et produits disponibles sur supports bois

CONSTAT 1

Le nombre de produits sous ATec avec le domaine d'emploi support bois est relativement restreint. Sont notamment concernés par ce manque d'ATec : les bardages autres que ceux en matériau bois, les enduits sur ITE sur CLT, les isolants acoustiques en sous-face de parquet, etc.

CONSTAT 2

Certains produits couramment utilisés n'ont pas de procès-verbal de classement au feu permettant de les utiliser dans des écrans devant assurer une performance de résistance au feu. Sont notamment concernés : les boîtiers électriques pour contre-cloisons et plafonniers, les huisseries intérieures sur CLT etc.

CONSTAT 3

L'accessibilité des toitures-terrasses est un sujet complexe pour les constructions bois car il existe peu de solutions de référence, la pente à respecter est parfois difficilement conciliable avec le gabarit et la nécessité de passer par une double structure renchérit son coût. Cela entraîne souvent un changement de technique ou de matériau (béton, bacs collaborants).

RECOMMANDATIONS

- S'assurer que les produits envisagés sont bien adaptés aux spécificités du projet bois, en fonction de sa hauteur, des éléments structurels etc.
- Anticiper les solutions alternatives en attendant la disponibilité des produits.

Référence

- Se rapprocher du Club des industriels lancé par ADIVbois : <https://www.adivbois.org/>

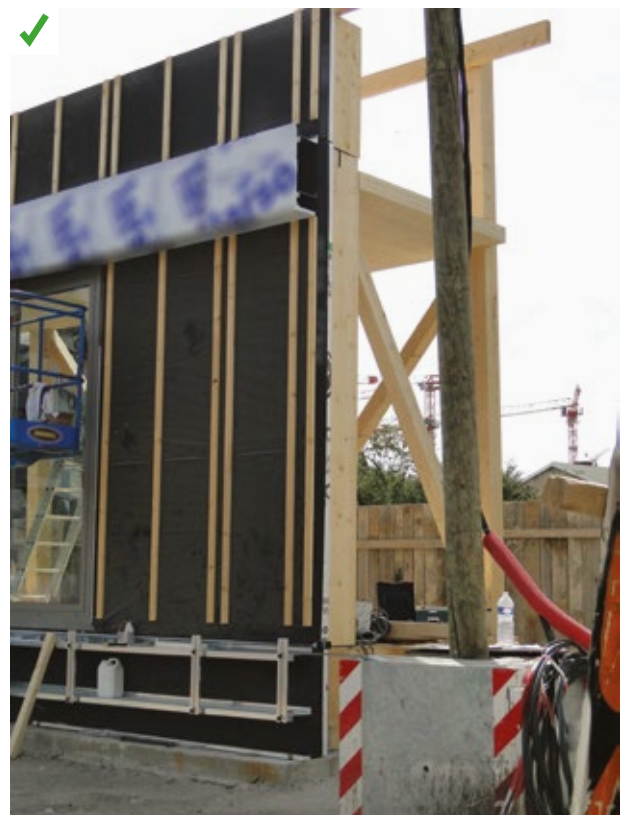
3.3. Prévoir la réalisation de prototypes

CONSTAT

Des prototypes / salles témoins de parties de bâtiment à l'échelle 1 (façades et planchers notamment) sont très fréquemment réalisés pour s'assurer de la conformité de la conception et pour identifier les éventuels problèmes de mise en œuvre technique, de sécurité, d'interfaces, etc. Ils peuvent également servir à la réalisation d'essais de performance *in situ*. Leur réalisation avant la mise en œuvre sur chantier a un fort impact positif sur le phasage et le planning du projet.

RECOMMANDATION

- Bien verrouiller dans les marchés le périmètre du prototype (dimension, localisation sur le chantier, période de réalisation, jalons etc.).



Prototype de mur ossature bois permettant de valider, entre autres choses, le mode de fixation des bandeaux d'habillage en façade

4. TECHNIQUE

4.1. Prendre en compte les spécificités structurelles du bois

4.1.1. Optimiser les complexes de plancher

CONSTAT

L'épaisseur des complexes de planchers est un facteur clé des bâtiments bois multi-étagés car elle impacte la hauteur inter-étages du bâtiment et par là-même sa hauteur totale, qui est limitée par les documents d'urbanisme. Au-delà du dimensionnement structurel, cette épaisseur dépend fortement des exigences de performance acoustique et de résistance au feu. En cas de prise en compte insuffisante de ces contraintes au moment de la conception, les planchers peuvent vite devenir disproportionnés d'un point de vue technico-économique.

RECOMMANDATIONS

- Anticiper les exigences techniques diverses (acoustique, feu, thermique,...) pour optimiser les complexes de plancher et répondre aux enjeux (épaisseur, coût, bilan carbone) ;
- Recourir si possible au bonus de constructibilité pour pouvoir compenser les épaisseurs de planchers par une hauteur supérieure du bâtiment.

Référence

- Décret n° 2016-856 du 28 juin 2016 fixant les conditions à remplir pour bénéficier du dépassement des règles de constructibilité

4.1.2. Maîtriser les déformations dans le temps

CONSTAT

Le tassement différentiel et les phénomènes dynamiques de déformation dans le temps tels que le poinçonnement, le cumul des flèches, le retrait et la dilatation dus à l'humidité, sont des sujets complexes à appréhender dans les constructions bois multi-étagées.

Les bâtiments livrés « bougent » – surtout pendant les 3 premières années – et révèlent quelques défauts (fissures, décalages de cadres de menuiseries intérieures etc.) parfois difficiles à interpréter.

RECOMMANDATIONS

- Lors des études de structure, analyser le comportement dynamique de l'ouvrage ;
- Pour les bâtiments de grande hauteur, se renseigner sur les travaux en cours au niveau de la filière dans le domaine de la structure ;
- Se reporter aux référentiels à disposition dans les corpus réglementaire et normatif (Eurocodes + DTU) pour les critères de flèches qui sont déterminés très souvent par des critères de confort et/ou de compatibilité avec les ouvrages d'enveloppe ou de second-œuvre.

4.1.3. Anticiper les interactions avec les façades

CONSTAT 1

De façon générale, les interactions entre la structure et la façade sont insuffisamment prises en compte en conception. Les tolérances dimensionnelles et d'usage à ajouter aux tolérances de pose ne sont parfois pas en adéquation et les contraintes de déformations ne sont pas suffisamment définies, ce qui entraîne de nombreux allers-retours entre façadiers et charpentiers.

CONSTAT 2

L'accroche d'éléments rapportés de type balcons, acrotères, garde-corps, bacs de végétalisation, sur des façades bois est un sujet complexe vis-à-vis notamment de la tenue à l'arrachement et de la pérennité de l'étanchéité à l'eau.

RECOMMANDATIONS

- Appliquer rigoureusement les référentiels des corpus réglementaire et normatif ;
- Concevoir la façade de façon conjointe à la structure et faire coopérer le plus en amont possible les entreprises en charge de ces travaux ;
- Soigner les détails d'exécution des éléments d'ancrage pour assurer la continuité des performances de l'enveloppe (tenue mécanique, performance thermique, étanchéité à l'eau, sécurité incendie) et bien ordonnancer les tâches entre les différents intervenants sur chantier.

Référence

- B.A. BOIS « Coursives et balcons rapportés » du CODIFAB et CNDB : <https://www.cndb.org/>

4.2. Maîtriser les caractéristiques vibratoires et acoustiques du bois

CONSTAT 1

Sous l'action du vent, du trafic extérieur via la transmission par le sol, de la marche sur un plancher, du fonctionnement d'équipements techniques ou électroménagers, un bâtiment en bois, de par sa légèreté et son élasticité, peut davantage être sujet à des mises en vibration qu'un bâtiment plus lourd.

CONSTAT 2

Un bâtiment conforme aux exigences acoustiques réglementaires n'est pas forcément perçu comme confortable. En effet, les spectres de fréquence conventionnels de la réglementation pour les structures légères, ne tiennent pas suffisamment compte des basses fréquences dans l'appréhension du confort pour les usagers. C'est en particulier le cas de certains bruits d'impacts (les impacts « mous », comme le fait de marcher pieds nus sur un plancher par exemple) ou les bruits des caissons basses fréquences musique/home cinéma, des machines à laver, etc. Des études ont été réalisées ou sont encore en cours et les logiciels de prédiction des performances en phase de mise au point. Des mesures *in situ* sont toutefois souvent nécessaires sur des logements témoins ou des prototypes pour vérifier la conformité réglementaire.

CONSTAT 3

Pour des contraintes de performance acoustique liées aux transmissions latérales, il est difficile de laisser de grandes surfaces en bois apparentes (panneaux de bois massif structurels, poteaux ou poutres filantes). Ces contraintes sont parfois découvertes un peu tard dans la conception du projet, ce qui peut générer des déconvenues.

RECOMMANDATIONS

- S'entourer d'une expertise acoustique qui utilise des logiciels adaptés à la construction bois et qui dispose de retours d'expériences sur les solutions préconisées, dès le démarrage des études de conception ;
- Aller au-delà des exigences réglementaires et effectuer des mesures *in situ* pour assurer un bon confort aux utilisateurs ;
- Si des résilients structuraux sont envisagés, bien vérifier qu'ils disposent de toutes les évaluations nécessaires pour juger de leur aptitude à l'emploi sur tous les critères autres que ceux « simplement » acoustiques (structurels, sécurité incendie, durabilité, etc.)

Référence

- Étude ACOUBOIS « Performances acoustiques des constructions à ossature bois » : <https://www.codifab.fr/>

4.3. Porter une attention particulière à la sécurité incendie

CONSTAT 1

Les bâtiments de logements classés en 4^e famille doivent justifier d'une stabilité au feu de la structure de 1 heure et demie, contre 1 heure pour ceux classés en 3^e famille. La difficulté réside dans le fait que tous les calculs, notamment d'assemblage, ne permettent pas à ce jour d'assurer ce niveau de performance.

CONSTAT 2

La sécurité incendie des bâtiments multi-étagés en bois est un sujet majeur or il suffit d'un espace entre deux éléments pour perdre le degré pare-flamme ou coupe-feu d'une paroi. Cela demande une rigueur d'exécution à laquelle les entreprises sont parfois peu habituées.

CONSTAT 3

En construction bois multi-étagée, les bardages ne sont pas souvent en bois : l'ajout d'une importante masse combustible est difficilement conciliable avec les enjeux de sécurité incendie.

CONSTAT 4

Le bois étant un matériau combustible, il peut être nécessaire de l'encotrer pour des questions de sécurité incendie. Cela peut aller à l'encontre du parti pris architectural de laisser le bois visible et générer de la frustration s'il n'est pas pris en compte suffisamment tôt.

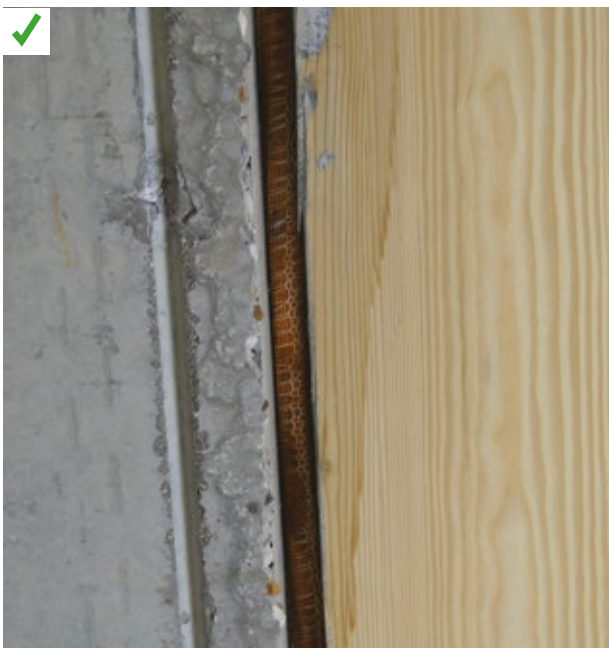
RECOMMANDATIONS

- S'entourer d'une expertise en ingénierie du feu, à jour des évolutions réglementaires et des différents travaux élaborés par la filière bois, dès le démarrage des études de conception ;
- Au-delà d'un certain niveau de résistance au feu requis, privilégier une démarche d'évaluation des risques en faisant appel à l'ingénierie de la sécurité incendie, plutôt que de seulement chercher à répondre à chacune des exigences réglementaires descriptives ;
- Exécuter avec soin les cueillies, nez de dalles, cloisons etc. et calfeutrer l'ensemble des jonctions entre éléments (assemblages bois/métal, bois/béton, espaces entre panneaux bois, pénétrations des réseaux et des

fluides) avec des produits dont les performances en situation d'incendie ont été validées.

Références

- Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages
- Arrêté du 7 août 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation
- Arrêté du 7 août 2019 relatif aux travaux de modification des immeubles de moyenne hauteur et précisant les solutions constructives acceptables pour les rénovations de façade
- Guide « Bois construction et propagation du feu par les façades en application de l'Instruction Technique 249 version 2010 » : <https://www.codifab.fr/>
- Publications de l'atelier incendie d'ADIVbois : <https://www.adivbois.org/>



Un boudin de calfeutrement contre le risque feu a été positionné à la jonction bois - béton

4.4. Prévenir les dégâts des eaux

CONSTAT 1

Un dégât des eaux sur un plancher massif en bois peut être difficile à détecter et peut entraîner des risques de détériorations majeures, par emprisonnement de l'eau dans les couches intermédiaires du complexe, entre le bois et la chape en béton par exemple.

CONSTAT 2

Si la mise en œuvre des douches à l'italienne n'est pas appréhendée et traitée rigoureusement très en amont dans une construction bois, elle peut représenter une source de dégâts des eaux avec des conséquences préjudiciables pour la structure.

RECOMMANDATIONS

- Éviter les systèmes constructifs à risques ;
- Superposer les pièces humides et éviter les réseaux horizontaux longs et les multiples coudes qui masquent l'origine des fuites, en privilégiant l'installation des points d'eau à proximité de gaines verticales ;
- Trouver des moyens détournés pour détecter rapidement les fuites en facilitant l'écoulement de l'eau dans des zones de passage fréquent ;
- Étancher l'ensemble des liaisons murs/sols des pièces d'eau pour éviter toute infiltration en cas de fuite.

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Les acteurs qui travaillent dans le domaine du bois sont en général sensibles à ces enjeux. Certains regrettent néanmoins qu'ils soient peu impliqués dans les objectifs du projet en termes de bilan carbone et que ce dernier soit parfois dégradé pour les constructions bois de belle hauteur, notamment par la nécessité d'encoffrer le bois pour des raisons acoustiques ou de sécurité incendie.

La prochaine réglementation environnementale des bâtiments neufs (RE2020) intégrera une dimension carbone. Le bois qui dispose de capacités de stockage du carbone importante, constituera dans ce cadre un matériau de choix pour la construction de belle hauteur.

Les futurs seuils réglementaires sur le carbone seront réalistes et pragmatiques vis à vis des projets, au regard notamment des risques incendie et des exigences acoustiques, et tiendront compte de la mixité des matériaux de construction employés. Ils s'attacheront donc à dissocier les seuils carbone en fonction des catégories et des usages des bâtiments.

CONCLUSION

La construction bois multi-étagée, parce qu'elle rompt avec les habitudes constructives du marché, appelle une forte implication de la maîtrise d'ouvrage et la mobilisation de compétences spécifiques.

Sur le plan technique, différentes solutions constructives bois sont disponibles. Cependant, la réalisation de bâtiments de moyenne et de grande hauteur demande de choisir les matériaux ou les solutions constructives les plus pertinents ; une mixité structurelle est d'ailleurs de plus en plus privilégiée par les professionnels. La multiplication des interfaces et la nécessité de satisfaire de façon pérenne aux exigences de stabilité, de confort et de sécurité, tout en maîtrisant les risques d'incendie et de dégât des eaux appellent malgré tout une attention particulière.

Au-delà des aspects techniques, c'est pourtant l'organisation du projet et du chantier qui nécessite un réel changement de pratiques : une co-conception en phase études qui intègre les impératifs de la préfabrication, une très bonne coordination des acteurs en amont et sur le chantier, une gestion de projet rigoureuse.

La recherche de hauteur, loin d'être une fin en soi, représente une réelle opportunité pour tester de nouvelles solutions et optimiser les outils pour le marché cible de demain qu'est la construction bois de deux à sept étages.

Les difficultés encore rencontrées aujourd'hui - en lien notamment avec le contexte réglementaire et normatif - sont en passe d'être résolues grâce aux travaux importants menés par la filière et à l'engagement d'acteurs précurseurs.

Dans ce cadre, la diffusion des connaissances et le partage des retours d'expériences sont essentiels et doivent se faire le plus largement possible afin de répondre à la nécessaire acculturation des différents acteurs du secteur de la construction.



GLOSSAIRE

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

ADIVbois : Association pour le Développement des Immeubles à Vivre bois

ATec : Avis Technique

ATEx : Appréciation Technique Expérimentale

CLT : Cross-Laminated Timber (bois lamellé-croisé)

CNDB : Comité National pour le Développement du Bois

CODIFAB : COMité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois

DTU : Document Technique Unifié

ERP : Etablissements Recevant du Public

FCBA : institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

FSC : Forest Stewardship Council (Conseil de Soutien de la Forêt)

IGH : Immeuble Grande Hauteur

IGN : Institut national de l'information Géographique et forestière

ITE : Isolation Thermique par l'Extérieur

Loi ELAN : Loi portant Évolution du Logement de l'Aménagement et du Numérique

MOA : Maîtrise d'Ouvrage

MOE : Maîtrise d'Œuvre

OPQIBI : Organisme de Qualification de l'Ingénierie

PACTE : Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Energétique

PEFC : Programme de reconnaissance des Certifications Forestières

RAGE : Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement

RE2020 : Réglementation Environnementale 2020

LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COLlecte des DÉsordres (Sycodés).

Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.

En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants sur les plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en œuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA)...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

La Commission Prévention Construction (CPC) s'est fixée comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction, les journées destinées aux formateurs et la présence active sur des salons comme BePOSITIVE ou BATI'FRAIS sont l'illustration dynamique de la volonté permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

Le dispositif REX BP

pour des bâtiments vraiment performants

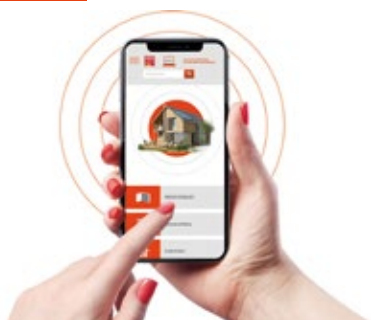
Professionnel de la construction
Le Dispositif REX BP vous aide à éviter les risques pour atteindre les performances énergétiques ou environnementales réellement attendues.

Ressources gratuites en ligne :

Enseignants, formateurs, professionnels de la construction, étudiants... toutes ces ressources sont à votre disposition.



MALLETTE PÉDAGOGIQUE REX BP



DÉCOUVREZ-LA SUR :

[pedagogie-rexbp.
qualiteconstruction.com](http://pedagogie-rexbp.qualiteconstruction.com)

Une mine d'informations enrichie tous les mois ! Études de cas, photos, QCM, vidéos, textes de référence et rapports thématiques...



VIDÉOS YOUTUBE REX BP



RETROUVEZ-LES SUR :

Chaine Youtube : AQC TV

BIM, bois, ventilation, isolation... les retours d'expériences en image présentés par les acteurs et experts de la construction.



RAPPORTS THÉMATIQUES REX BP



TÉLÉCHARGEZ-LES SUR :

rexbp.qualiteconstruction.com

Une collection de rapports techniques et illustrés présentant 12 enseignements à connaître sur des thématiques variées.

Nouveautés, événements, suivez les actualités sur la page Facebook dédiée : Dispositif REX BP

réalisé avec le soutien financier de :

