

Systemes constructifs bois pour la réhabilitation des enveloppes

ENVELOPPE OSSATURE



Crédits photos : FCBA

Réalisation :



©FCBA

Avec le soutien de :



REALISATION



L'Institut Technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement), a pour mission de promouvoir le progrès technique, participer à l'amélioration de la performance et à la garantie de la qualité dans l'industrie. Son champ d'action couvre l'ensemble des industries de la sylviculture, de la pâte à papier, de l'exploitation forestière, de la scierie, de l'emballage, de la charpente, de la menuiserie, de la préservation du bois, des panneaux dérivés du bois et de l'ameublement. FCBA propose également ses services et compétences auprès de divers fournisseurs de ces secteurs d'activité. Pour en savoir plus : www.fcba.fr

Ainsi que :



FINANCEMENT



Le CODIFAB, devenu Comité Professionnel de Développement Economique par décret en conseil d'Etat en 2009, a été créé à la demande des professions de l'ameublement et de la seconde transformation du bois : CAPEB, FIBC, UFC, UFME, UIPP, UMB-FFB, UNAMA, UNIFA.

Le CODIFAB a pour mission de conduire et financer des actions collectives dans le respect de la réglementation européenne et dans le cadre des missions mentionnées à l'article 2 de la loi du 22 Juin 1978 ; ceci par le produit d'une taxe fiscale affectée, créée par l'article 71 de la loi de finances rectificative pour 2003 du 30 Décembre 2003 (modifiée), et dont il assure la collecte.



L'ANR finance la recherche sur projets. Sur un mode de sélection compétitive qui respecte les standards internationaux, elle s'attache à favoriser la créativité, le décroisement, les émergences et les partenariats. Depuis 2010, elle est aussi le principal opérateur des Investissements d'Avenir dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche. Dans ce cadre, elle assure la sélection, le financement et le suivi des projets.

L'utilisation du bois répond parfaitement au respect de l'environnement et aux besoins de qualité thermique et acoustique. Afin d'atteindre l'objectif ambitieux de réduction par 4 des émissions de GES affiché par la France, le programme de recherche industrielle EFFINOV'Bois propose d'apporter une solution technologique intégrée qui permettra de réduire la consommation d'énergie pour les bâtiments existants. Le projet propose d'optimiser des complexes génériques industrialisés multifonctionnels à base de bois, destinés à la réhabilitation des façades par l'extérieur. EFFINOV'Bois apportera des réponses techniques et scientifiques vis à vis des gains énergétiques, des comportements hygrothermiques des systèmes conçus en vue d'une industrialisation et également sur le confort intérieur apporté par cet élément. De plus, seront intégrés, les critères acoustiques, environnementaux, économiques, sociétaux et architecturaux qui doivent être nécessairement pris en compte dans le cadre d'un projet global de réhabilitation.

En premier lieu, le projet s'est basé sur la rédaction d'un cahier des charges technique et réglementaire, permettant d'identifier les exigences à respecter en termes de rénovation par l'extérieur à base de bois, ainsi qu'un rapport bibliographique sur les solutions bois pour la rénovation à travers des exemples de projets européens et un tour d'horizon du marché français dans ce domaine. Nous nous sommes ensuite intéressé à la conception, le choix des solutions ainsi que le domaine d'emploi retenus pour la suite de l'étude, ce travail s'appuie sur la réalisation de simulations à l'échelle paroi ainsi sur l'évaluation multicritère menée par les différents experts du CSTB. Différents essais à l'échelle 1 ont été menés sur les sites de l'INES et de FCBA et nous ont permis d'évaluer les performances des typologies de parois retenues au début de l'étude. A l'échelle bâtiment, différentes simulations ont été entreprises : une évaluation environnementale permettant de quantifier l'impact du bâtiment avant et après rénovation et une évaluation des gains énergétiques comparés de certains bâtiments existants et de leurs solutions rénovées. Enfin, la dernière partie du projet EFFINOV'Bois est dédiée à la synthèse de notre étude et au transfert aux industriels de la filière bois, à travers un guide de conception et un rapport traitant de l'intégration industrielle du projet par OSSABOIS.

Les résultats obtenus via les simulations (échelle paroi et bâtiment), les expérimentations à l'échelle 1 et les discussions entre experts nous ont permis de définir 4 configurations de solutions présentant chacune un intérêt particulier : « low-cost » ; « Haute Performance Thermique » ; « Très Haute Performance Thermique » et « Tout bois ». Des recommandations, des règles de mise en œuvre et une synthèse des performances obtenus tout au long du projet ont pu être compilées dans un « Guide de conception » qui sera dédiée à la diffusion des résultats d'Effinov'Bois au secteur professionnel concerné. De même, le « Recueil d'expériences » présente une synthèse des différentes étapes à mettre en place afin de mener à bien un projet de rénovation à base de solutions bois prenant en compte une industrialisation optimisée, de l'étude de l'existant jusqu'à la pose sur chantier.

Enjeux et problématique, état de l'art

Le bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie en France : plus de 40% de la consommation totale avec 70 millions de tonnes équivalent pétrole, dont 47 millions pour le secteur résidentiel. Il contribue également pour près du quart des émissions nationales de gaz à effet de serre. Sur les 31 millions de logements dénombrés aujourd'hui sur le territoire, 64% d'entre eux ont été construits jusqu'en 1974, année de l'entrée en application de la première réglementation thermique française. En considérant le taux de renouvellement annuel du parc, il restera entre 30 et 40 % de ces constructions en 2050, date à laquelle la France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de GES.

Le marché de la réhabilitation est donc très vaste, puisque l'on peut considérer que sur les 31 millions de logements répertoriés, 60 % concernent l'habitation et 40 % les bâtiments à usage tertiaire qui correspondent à une surface d'environ 840 millions de mètres carrés.

Le développement proposé autour de la mise en place d'une paroi rideau à base de bois utilisée en doublage par l'extérieur pour les façades a pour objectif sur le plan environnemental d'associer à l'économie d'énergie due à l'isolation les atouts écologiques intrinsèques du matériau bois, en particulier pour la lutte contre le changement climatique. Et ainsi de permettre à la profession de se positionner sur un marché émergent, fort et dynamique dans les prochaines années. Cette nouvelle piste de développement doit permettre aux fabricants de construction ossature bois, dont l'axe principal est actuellement, la réalisation de maisons individuelles neuves, de progresser et de dépasser les 4 à 5 % du marché global qu'il représente à ce jour.

EFFINOV'Bois a pu profiter des résultats de différentes études entreprises par certains partenaires du consortium, telles que le projet OPTI-MOB (Réduction des risques liés à l'humidité et aux transferts d'air dans les constructions à ossature bois) qui est une source d'informations afin d'évaluer l'impact de différents composants de l'enveloppe sur les transferts chaleur- humidité sur le comportement des constructions bois ; le projet RENOKIT (kit de rénovation intégrant des MCP et des VIP) ou encore le projet RECOLCI (rénovation des façades avec des systèmes d'ossatures métalliques) auquel le CSTB participe est la contribution française à cette annexe. D'un point de vue européen, le projet « TES EnergyFacade », prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, se focalise sur le process d'industrialisation et de mise en œuvre dans un contexte réglementaire et climatique différent de celui d'EFFINOV'Bois.

Approche scientifique et technique

- Etat des lieux de la rénovation en France et en Europe et cahiers des charges du projet.

Un premier document a été rédigé afin d'étudier les possibilités d'emploi du bois en réhabilitation. Nous avons alors considéré les contextes normatif et réglementaire pour les matériaux, la conception et la mise en œuvre. L'objectif est d'identifier les exigences à respecter en explorant les différentes normes, code de l'urbanisme, code du travail, textes réglementaires, guides pratiques...

Ce cahier des charges répond techniquement et réglementairement à 8 domaines : Stabilité mécanique ; Durabilité des façades rapportées en bois ; Etanchéité à l'eau ; Réglementation incendie ; Réglementation thermique ; Etanchéité à l'air ; Réglementation acoustique et Confort visuel.

Parallèlement à la rédaction du cahier de charges, un état de l'art de la rénovation par l'extérieur en bois a été réalisé, l'objectif est de faire un tour d'horizon du contexte actuel : politique, économique, engagement environnemental ainsi que les différentes aides financières.

Ces deux rapports nous ont permis de poser les bases du programme EFFINOV'Bois.

- Conception et choix des solutions

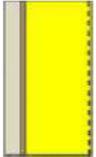
Les travaux effectués par les élèves en Architecture du laboratoire Li2A ont permis de rechercher des propositions esthétiques et pratiques pour l'occupant. L'accent est mis sur l'intérêt de réaliser des solutions de rénovation habitables à travers des notions de perceptions, d'usages et de mise en œuvre. L'étude et l'évaluation de ces solutions techniques polyfonctionnelles nommées « enveloppes habitables » ont permis d'obtenir un complément idéal aux solutions plus classique de type « seconde peau » considérés dans la suite du projet.

La tâche 3 du projet se concentre sur la réalisation de simulations à l'échelle paroi, ont été étudiés :

- L'impact de la rénovation en termes de confort visuel à l'aide du logiciel EnergyPlus et DAYSIM/Radiance.
- Les calculs de transmission thermique surfacique (U_p) et de pont thermique au niveau des encadrements de baies (Ψ) à l'aide du logiciel TRISCO.
- Le comportement hygrothermique des parois réhabilitées et évaluation des risques de pathologies à l'aide du logiciel WUFI.

PRINCIPAUX RESULTATS

Les résultats de ces différentes simulations à l'échelle paroi, une rapide analyse économique ainsi que les divers échanges entre experts nous ont permis d'orienter le choix de la composition de notre première solution, nommée « HPT » (Haute Performance Thermique), celle-ci sera testée sur le site de l'INES sur une année entière. En se basant sur cette première solution, nous avons retenu 3 autres configurations présentant chacune un avantage :

 Low cost	 HPT	 THPT	 Tout bois
Bardage 18 mm posé sur liteaux 25*48 mm – Pare-pluie type film – OSB 12 mm - Ossature de 145 mm remplissage en laine de verre + pare-vapeur	Bardage 18 mm posé sur liteaux 25*48 mm + Sur isolation extérieure pare-pluie en fibre de bois 35 mm + OSB 12 mm + Ossature de 145 mm remplissage en laine de verre + pare-vapeur.	Bardage 18 mm posé sur liteaux 25*48 mm + Sur isolation extérieure pare-pluie en fibre de bois 35 mm + OSB 12 mm + Ossature de 145 mm remplissage en laine de verre + pare-vapeur + Sur isolation intérieure 80 mm	Bardage 18 mm posé sur liteaux 25*48 mm – Pare-pluie type film – Contre ossature de 60 mm remplissage en fibre de bois - OSB 12 mm - Ossature de 145 mm remplissage en fibre de bois + pare-vapeur

- Evaluation expérimentale des performances des systèmes constructifs réhabilités Afin, d'une part, de consolider et de valider les résultats obtenus par modélisation et calculs, et d'autre part, d'évaluer les performances des typologies de parois retenues au début de l'étude, différents essais à l'échelle 1 ont été menés sur les sites de l'INES et de FCBA.

Les essais qui se sont déroulés à l'INES, ont été réalisés sur les cellules PASSYS 1 et 2 situées sur la plateforme d'expérimentation INCAS. Celles-ci permettent de tester une façade, en contrôlant l'ambiance intérieure en température et hygrométrie, et en les exposants aux conditions climatiques du site. Les cellules ont été orientées dans la quasi-totalité des essais au Nord/Nord-est qui représente au Bourget du Lac l'orientation la plus défavorable des points de vue exposition à la pluie et gains solaires. Selon les conditions climatiques nous avons distingué 3 périodes d'études (mi saison, hiver et été). Pour pouvoir étudier les mêmes caractéristiques lors de ces trois périodes, nous avons adapté différents scénarios en fonction des valeurs moyennes de la saison.

Différents capteurs et enregistreurs ont été installés au différentes interfaces des parois (température, humidité...) ou au sein de l'ambiance intérieure (températures sèche, de rayonnement ou de surfaces, humidité, vitesse de l'air, consommation électrique...).

Les essais sur site de FCBA viennent compléter les essais réalisés sur une année entière dans les cellules du CEA-INES. Nous avons utilisé une plateforme expérimentale composée d'une double cellule climatique pour effectuer une étude comparative sur deux types de mur extérieur d'un bâtiment. La régulation des ambiances nous permet la mesure des propriétés de transmission thermique et hygroscopique en régime stationnaire, nous autorisant ainsi à tester multiples configurations. Un scénario d'ambiance dure 3 à 10 jours pour obtenir un régime stationnaire. Ce type d'essai permet, notamment, d'étudier le risque de pathologie due à l'ajout d'une structure sur l'existant.

En complément, des mesures d'indice d'affaiblissement acoustique ont été menées en se focalisant sur la menuiserie et son impact sur la performance acoustique de la rénovation. L'étude s'est portée sur la dépose ou non de la fenêtre dans l'existant, la présence de deux fenêtres ou encore en jouant sur les débits des entrées d'air des menuiseries.

Enfin, une évaluation de l'amélioration de la perméabilité à l'air amenée par la rénovation a été menée à travers différents essais.

- Evaluation énergétique et environnementale de la rénovation à l'échelle du bâtiment

Cette étape concerne la réalisation de simulations à l'échelle du bâtiment ; l'objectif est de comparer les impacts liés au chantier de réhabilitation ainsi que les consommations d'énergie du bâtiment rénové par rapport à la consommation d'énergie du bâtiment non rénové.

Un premier travail consiste à réaliser l'évaluation environnementale des solutions développées afin de mesurer et démontrer les progrès environnementaux réalisés. Pour cela, les impacts liés au chantier de réhabilitation ainsi qu'aux consommations d'énergie de l'utilisation du bâtiment rénové sont comparés aux impacts de la consommation d'énergie de l'utilisation du bâtiment non rénové. Cette évaluation a été menée de façon rigoureuse, quantitative, et globale par une approche de type Analyse de Cycle de Vie. Afin de comparer les impacts des solutions de rénovation développées à ceux du bâtiment non rénové, 27 modélisations ont donc été réalisées en faisant varier divers paramètres (usage du bâtiment, type d'accroche et solution de rénovation retenue).

Concernant l'évaluation énergétique, il s'agit, dans un premier temps, d'étudier les performances thermiques du bâtiment de référence avant application des 4 solutions EFFINOV'Bois. Dans un second temps la mise en place de chacune des solutions techniques envisagées a été simulée. Pour chacun de ces cas une analyse en termes de consommation énergétique, de puissance installée et de confort a été réalisée.

Comme pour l'évaluation environnementale, différentes variantes ont été testées (usage du bâtiment, type d'accroche, rénovation de la toiture et du plancher et valeurs de ponts thermiques). Au vu de ces éléments, on obtient finalement un total de 40 simulations.

- Intégration industrielle et transferts aux professionnels

Toutes les recommandations, les problèmes rencontrés et leurs solutions, identifiées tout au long du projet seront rassemblés dans le guide de conception. Un des objectifs final étant d'avoir un document transférable et vulgarisé à destination des professionnels. Ce dernier a été divisé en 4 chapitres : la description des solutions, le domaine d'emploi visé, une approche performantielle multicritère et le traitement des points singuliers.

Enfin un rapport sur l'intégration industrielle des résultats a été rédigé, celui-ci comprend les phases principales pour la réalisation d'opérations de réhabilitation à l'aide de murs manteaux en ossature bois. Les différents points abordés dans le document cité sont le résultat de retours d'expériences sur différentes opérations. Les différents points abordés dans le guide sont : l'analyse de l'existant, la définition d'une solution, la fabrication, la logistique et enfin la mise en œuvre.

■ Résultats obtenus

Etant donné la multitude de simulations et mesures réalisées, ainsi que le grand nombre de recommandations et conclusions tirées des divers échanges entre experts du domaine, il est difficile de lister ici tous les résultats obtenus. Il est toutefois important de mettre l'accent sur le fait que la mise en œuvre des solutions d'isolation développée dans le cadre du projet conduit à une forte réduction de la consommation énergétique de l'utilisation du bâtiment et à une diminution de l'impact du bâtiment pour la plupart des indicateurs environnementaux considérés. Cependant, l'impact environnemental des composants des différentes solutions reste faible face au gain énergétique apporté et il n'y a pas d'écart significatif de performance environnementale entre les solutions envisagées. Le choix des solutions sera essentiellement conditionné par l'aspect économique et les performances d'un point de vue multicritère.

Afin d'avoir un aperçu plus global des résultats obtenus, il est important de rappeler que le chapitre 3 - « Approche multicritère » du guide de conception regroupe une bonne partie des enseignements et observations relevées au cours du projet.

Exploitation des résultats

L'évaluation multicritère des performances des parois avant et après rénovation confère à la conception technique un degré de complexité assez élevé. Les solutions techniques du projet EFFINOV'Bois ont permis de rendre accessible cette conception aux entreprises du secteur « bois construction », qui ne sont pas spécialisées dans les domaines aussi variés que la mécanique, la thermique, l'acoustique, le confort visuel,...

Le projet a également permis de donner des orientations technico-économiques aux preneurs de décision : l'étude des gains énergétiques et environnementaux à la fois à l'échelle de la paroi mais aussi à l'échelle du bâtiment a permis d'identifier des compromis tout à fait pertinents : le surcoût lié à la fabrication des parois les plus performantes en terme de résistance thermique n'est pas ou peu rentable lorsque les simulations sont menées à l'échelle d'un bâtiment complet.

Discussion

Au sein du partenariat, la complexe évaluation multicritère a été source de difficultés, l'optimisation de certaines performances ne pouvant être atteintes qu'au détriment de certaines autres. Le pilotage du projet a donc été axés sur ces compromis techniques inhérents à la nature même des opérations de rénovation.

Les différentes notes méthodologiques et guides développés par le consortium EFFINOV'Bois ont été produits comme un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages, concepteurs et réalisateurs, permettant d'orienter les choix techniques et économiques très spécifiques pour des bâtiments tels que ceux visés par le projet (logements collectifs, Etablissements Recevant du Public, bâtiments tertiaires), locaux pour lesquels les exigences normatives et réglementaires sont très élevées. Les livrables EFFINOV'Bois fruits de travaux poussés menés tout au long du projet sont les premiers outils produits au niveau national à destination des professionnels dans le domaine de la rénovation thermique des « gros » bâtiments.

■ Conclusions

Grace au projet Effinov'Bois nous avons pu réunir un partenariat hétérogène mais complémentaire avec pour objectif l'optimisation multicritère de solutions industrialisables à base de bois destinées à la réhabilitation de façades par l'extérieur.

A travers les différentes tâches du projet EFFINOV'Bois et afin de positionner au mieux le bois sur le marché émergent de la réhabilitation, il nous a fallu appréhender les différentes exigences liées à ce type de réhabilitation et combler certains manques dans le domaine.

Les outils et guides développés sont complémentaires avec le « Guide de réhabilitations des maisons individuelles – Rénover avec du bois » publié récemment par FCBA. Grâce au projet EFFINOV'Bois, toutes les catégories de bâtiments, de la maison individuelle aux constructions de plusieurs niveaux font ainsi l'objet de documents de référence pour réhabiliter avec du bois.

Les résultats techniques et scientifiques vont faire l'objet d'une valorisation au sein de la commission de normalisation du NF DTU 31.4 – Façades à ossature bois. Ces apports estampillés « EFFINOV'Bois » permettront un gain de temps important pour ces travaux de normalisation, de nombreux verrous techniques et scientifiques ayant été levés au cours du projet.

- Les résultats du projet EFFINOV'Bois ont également été transmis au comité de pilotage « Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement » (RAGE) de l'Agence Qualité Construction. Ainsi de nombreuses Recommandations Professionnelles ou Guides « RAGE » traitant de la problématique de la rénovation du bâti existant pourront utiliser l'apport scientifique d'EFFINOV'Bois, comme par exemple la caractérisation acoustiques ou les simulations hygrothermiques.

- Le CEA participe avec la ville de Grenoble au projet Européen ZenN, où le démonstrateur choisi pour la France est la rénovation du quartier de l'Arlequin à Grenoble, pour une 1^{ère} tranche de 433 logements. Deux types de constructions se retrouvent sur ce quartier, l'une avec des façades légères qui doivent être changées, et l'autre avec des façades lourdes préfabriquées en béton.

Pour la 1^{ère} typologie de bâtiment, les façades existantes seront remplacées soit par des façades en ossature bois du même type que celles du projet Effinov'Bois, soit par des façades en ossature acier. La consultation des travaux prévue cet automne donnera le choix arrêté.

Le domaine d'application des solutions techniques EFFINOV'Bois ne concerne que les bâtiments dont la proportion est la plus importante en France, c'est-à-dire ceux construits entre 1948 et 1975. Le bâti plus ancien, datant d'avant 1948 et beaucoup plus complexe à aborder, présentant d'une part une diversité très importante et d'autre part des caractéristiques techniques peu ou mal connues : caractéristiques mécaniques, charge d'humidité, ... Des travaux spécifiques seraient à mener sur ces bâtiments beaucoup plus « sensibles » en termes de rénovation, les solutions à base de bois étant potentiellement compatibles avec le bâti ancien.

Une des contraintes réglementaires renforcée ces dernières années est celle de la stabilité des éléments structuraux ou non structuraux en zones sismiques, les façades rapportées sur les bâtiments anciens étant visées par ces contraintes. C'est au niveau des ancrages que la filière bâtiment dans son ensemble, manque de références particulièrement sur les ancrages des éléments rapportés au bâti existant, dont les caractéristiques sont souvent méconnues. Des travaux de recherche restent à mener dans ce domaine particulier des fixations et ancrages en zone sismique sur des parois existantes d'avant 1948 ou encore certaines typologies de parois plus récentes (corps creux).