

# CONSTRUIRE DES IMMEUBLES EN BOIS CERTIFIÉ DU MASSIF ALPIN ET DU MASSIF CENTRAL

Étude de faisabilité et feuille de route stratégique



© Olivier GAUJARD

**Olivier GAUJARD**

**Consultant expert - Construction Bois et Biosourcée**

Rapport d'étape du 20 novembre 2020

# TABLE DES MATIÈRES

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| <b>AVANT – PROPOS.....</b> | <b>1</b> |
|----------------------------|----------|

|                                                                                                                                                 |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>PREMIÈRE PARTIE CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION BOIS DANS LE MASSIF ALPIN ET LE MASSIF CENTRAL .....</b> | <b>2</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|

|                                                 |   |
|-------------------------------------------------|---|
| ÉLÉMENTS DE CONTEXTE A L'ÉCHELLE NATIONALE..... | 2 |
|-------------------------------------------------|---|

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Contexte et stratégie politique..... | 2 |
|--------------------------------------|---|

|                                          |   |
|------------------------------------------|---|
| Évolutions réglementaires récentes ..... | 4 |
|------------------------------------------|---|

|                                                                                |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|
| LA FILIÈRE BOIS DE CONSTRUCTION DANS LE MASSIF ALPIN ET LE MASSIF CENTRAL..... | 8 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Chiffres clés à fin 2019..... | 8 |
|-------------------------------|---|

|                                                                  |   |
|------------------------------------------------------------------|---|
| La chaîne de transformation de la filière Bois Construction..... | 9 |
|------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>DEUXIÈME PARTIE RETOURS D'EXPÉRIENCE ET BONNES PRATIQUES</b> | <b>10</b> |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| LES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS ACTUELS : RETOURS D'EXPÉRIENCE ET CONSTATS DIVERS..... | 10 |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Les performances de l'ossature bois aujourd'hui..... | 13 |
|------------------------------------------------------|----|

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Les systèmes poteaux-poutres contemporains..... | 16 |
|-------------------------------------------------|----|

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| L'exosquelette, une déclinaison du système poteaux-poutres ..... | 18 |
|------------------------------------------------------------------|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Les constructions modulaires 3D..... | 23 |
|--------------------------------------|----|

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Une technique récente : les panneaux lamellés-croisés (CLT)..... | 25 |
|------------------------------------------------------------------|----|

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| EXIGENCES TECHNIQUES, PERFORMANCES ET GESTION DE PROJET ..... | 29 |
|---------------------------------------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Exigences et performances techniques ..... | 29 |
|--------------------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Gestion de projet et démarche qualité..... | 34 |
|--------------------------------------------|----|

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TROISIÈME PARTIE FEUILLE DE ROUTE STRATÉGIQUE.....</b> | <b>37</b> |
|-----------------------------------------------------------|-----------|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| AXES DE DEVELOPPEMENT ..... | 37 |
|-----------------------------|----|

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Pourquoi privilégier les immeubles multi-étages ?..... | 38 |
|--------------------------------------------------------|----|

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Quels immeubles multi-étages construire ? ..... | 38 |
|-------------------------------------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| STRATÉGIES DE DÉVELOPPEMENT..... | 41 |
|----------------------------------|----|

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Comment répondre à une commande accrue d'immeubles multi-étages en bois ? ..... | 41 |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Optimiser la première transformation pour produire des éléments simples ..... | 42 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Valoriser la haute qualité et la fiabilité des sciages certifiés ..... | 42 |
|------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| BÉNÉFICES DURABLES POUR LES TERRITOIRES DE MONTAGNE.....                                            | 43 |
| Réduction de la vulnérabilité de la filière forêt-bois par la diversification des productions ..... | 43 |
| La dissémination de l'emploi dans les territoires.....                                              | 43 |
| Le déploiement de la production par la garantie d'origine et l'amélioration de la traçabilité ..... | 43 |

## **ANNEXES .....44**

## **DOCUMENTATION ET RESSOURCES .....45**

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| SITES INTERNET DE RÉFÉRENCE..... | 45 |
|----------------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES ..... | 45 |
|---------------------------------|----|

# AVANT – PROPOS

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du Plan d'action trisannuel 2019-2021 élaboré par les associations « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » et « Bois des Territoires du Massif Central<sup>TM</sup> », les Unions Régionales des Associations des Communes Forestières de Provence – Alpes – Côte d'Azur et du Massif Central, en partenariat avec FIBOIS SUD, interprofession de la filière forêt-bois de la Région Provence – Alpes – Côte d'Azur, et l'Établissement Public d'Aménagement Euroméditerranée.

Ce plan d'action intitulé « *Construire des immeubles en bois certifié du Massif Alpin et du Massif Central – Structurer les filières certifiées des massifs pour positionner les bois des Alpes et du Massif central dans les grands projets urbains* » a pour objectif de créer une offre compétitive d'immeubles multi-étages en structure bois certifiée « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » ou « Bois des territoires du Massif central<sup>TM</sup> » et de créer les conditions pour que les aménageurs, les bailleurs sociaux, les promoteurs et les maîtres d'ouvrage publics sollicitent et sélectionnent cette offre.

Atteindre ces objectifs implique que les filières bois du Massif Alpin et du Massif Central progressent sur les sujets suivants :

- l'appropriation des techniques de construction spécifiques aux immeubles multi-étages en bois et l'identification de celles qui sont les plus adaptées aux caractéristiques de la ressource forestière disponible dans le Massif Alpin et le Massif Central et au niveau de développement actuel de la filière bois dans ces régions (AuRA, Occitanie et Sud PACA) ;
- l'identification des moyens organisationnels, techniques, logistiques, financiers, commerciaux à mettre en œuvre pour faire baisser les coûts de production de la filière dans son ensemble, de la forêt à la construction ;
- la mise en place de solutions d'anticipation de production et de stockage de volumes importants de bois sec, de manière à garantir les délais de livraison des ouvrages commandés par les maîtres d'ouvrage tant publics que privés.

# **PREMIÈRE PARTIE**

## **CONTEXTE ET ÉTAT DES LIEUX POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION BOIS DANS LE MASSIF ALPIN ET LE MASSIF CENTRAL**

### **ÉLEMENTS DE CONTEXTE A L'ÉCHELLE NATIONALE**

#### **Contexte et stratégie politique**

Depuis 2009, l'État a constitué un cadre permettant d'identifier et de lever les obstacles et les freins au développement du bois dans la construction. Trois Plans Bois successifs ont permis de financer une série de mesures visant à faire monter la filière en compétence, créer de nouvelles solutions techniques et mettre en cohérence la réglementation avec ces avancées.

En 2013, la filière « forêt-bois » a été reconnue comme l'une des 34 filières industrielles d'avenir de la « Nouvelle France Industrielle », devenue depuis « Industries du Futur ». La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte confirme l'intérêt de l'usage des matériaux biosourcés, dont le bois fait partie, pour des applications dans le secteur du bâtiment en précisant que « l'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles. Elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation des bâtiments » (article 14) et que « la commande publique tient compte notamment de la performance environnementale des produits, en particulier de leur caractère biosourcé » (article 144).

La dynamique du secteur professionnel de la construction bois, les avancées techniques et réglementaires et l'évolution des politiques et de la législation a ainsi amené un contexte favorable à la construction d'immeubles en bois en France.

En 2016, l'Etat et l'Association pour le Développement des Immeubles à Vivre en Bois (ADIVbois) lancent un appel à manifestation d'intérêt qui a permis de sélectionner 24 sites lauréats (7 nationaux et 17 locaux) dans le cadre du PUCA, auxquels sont venus s'ajouter 13 projets dits « partenaires ». A l'issue d'un concours lancé par ADIVbois en septembre 2017, ce sont finalement 13 équipes qui ont été retenues pour la réalisation des projets « démonstrateurs ».

Pour que la construction d'immeubles en bois continue à susciter de l'intérêt auprès des politiques et du public et soit totalement en phase avec sa raison d'être (la transition énergétique), il est impératif que ce marché garantisse le développement des filières locales et la transformation en circuit court.

Un Plan d'Action Interministériel Forêt Bois a été présenté le 16 novembre 2018 par le gouvernement. Ce plan comporte l'action n°10 : « Atteindre 10% de construction bois dans les établissements publics d'aménagement (EPA) à horizon 2022 ». Il y est dit : « Les EPA sont pour la plupart engagés dans les démarches EcoQuartier, qui privilégient les matériaux à faible impact environnemental et issus de filières locales... »

Un nombre grandissant de bailleurs sociaux exprime également sa volonté de recourir à des matériaux locaux, transformés localement et de qualité, dans les marchés dont ils ont la responsabilité.

La feuille de route présentée ici a pour but d'apporter une réponse à ce besoin de valorisation de ressources bois locales, garanties comme telles, dans les opérations de grande envergure. Elle intègre l'ensemble des avancées obtenues lors de la réalisation des Plans Bois et lors du projet « Immeubles à Vivre en Bois » et se situe en cohérence totale avec les actions nationales en cours de réalisation.

En outre, la crise sanitaire de la COVID-19 a conduit les responsables politiques à engager de vastes plans de relance à l'échelle européenne (le « Green Deal ») et nationale (« France Relance ») dans lesquels l'effort financier pour la conversion écologique de l'économie française se traduit par des mesures d'investissement massives dans le domaine de la construction écologique et durable.

Enfin, les difficultés récentes rencontrées par la Papeterie de Tarascon révèlent la dépendance de la filière bois de la région PACA, et dans une moindre mesure, celle des régions Occitanie et AuRA à ce seul donneur d'ordre. La réduction de cette vulnérabilité passe par la diversification des activités de transformation de la ressource forestière de ces régions, notamment par une forte accélération des investissements dans la filière Bois Construction.



## Évolutions réglementaires récentes

Depuis 2018, plusieurs dispositions législatives ont modifié significativement l'environnement réglementaire du secteur de la construction, ouvrant de nouvelles perspectives au processus d'innovation.

### **La loi ESSOC**

La loi du 10 août 2018 pour un État au Service d'une SOciété de Confiance – dite loi ESSOC – donne la possibilité d'utiliser des « solutions d'effet équivalent » pour répondre à certaines exigences réglementaires (article 49).

L'ordonnance du 29 janvier 2020 – dite ESSOC II – réécrit les règles de construction et recodifie le Livre Ier du Code de la Construction et de l'Habitation (CCH).

Cette ordonnance a pour finalité de faciliter la réalisation des projets de construction et le recours à des solutions innovantes.

Elle adopte une nouvelle rédaction des règles de construction applicables permettant d'éclairer les maîtres d'ouvrages et les constructeurs sur les objectifs poursuivis et leur donner le choix de la solution qu'ils souhaitent employer pour les atteindre.

Ce changement de paradigme – passage d'une logique de moyens à une logique de résultat – a pour objet de redonner lisibilité et cohérence aux règles de construction.

Dans le cas où une règle de construction impose une solution au constructeur ou au maître d'ouvrage, ces derniers pourront recourir à d'autres moyens s'ils apportent la preuve qu'ils parviennent, par ces moyens, à des résultats équivalents.

Elle entrera en vigueur à une date fixée par décret et au plus tard le 1<sup>er</sup> juillet 2021.

### **La loi ELAN**

L'article 30 de la loi du 23 novembre 2018 portant Évolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique – dite loi ELAN – crée une nouvelle catégorie de constructions : les « Immeubles de Moyenne Hauteur ».

L'article R 122-30 indique qu'est considéré comme Immeuble de Moyenne Hauteur (IMH) tout immeuble à usage d'habitation dont le plancher bas du logement le plus haut est situé entre 28 m et 50 m au-dessus du sol le plus haut accessible aux engins de secours.

La création de cette nouvelle catégorie d'immeubles a un double objectif :

- faciliter le changement de destination des immeubles bureaux ⇔ logements en harmonisant la réglementation incendie les concernant ;
- renforcer la protection incendie des façades des IMH suite à l'incendie de la tour Grenfell à Londres en 2017.

L'arrêté du 7 août 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation met à jour les exigences de performance contre l'incendie des revêtements de façade et le Guide de l'isolation par l'intérieur. De plus, il supprime la possibilité de construire un duplex ou un triplex dont le plancher bas le plus haut serait à plus de 50 m.

Cette nouvelle réglementation est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2020.

### **Le Guide « Façade » du CSTB et FCBA**

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et l'Institut Technologique Forêt – Cellulose – Bois Construction – Aménagement (FCBA) ont publié en juillet 2016 un document intitulé « Bois construction et propagation du feu par les façades, en application de l'Instruction Technique n°249 – Version avril 2010 » communément appelé « Guide Façade » (*Annexe I*)

Ce guide a valeur d'appréciation de laboratoire, il s'applique :

- aux Etablissements Recevant du Public (ERP) dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau se situe entre 8 m et 28 m au-dessus du sol (selon l'article CO 21) ;
- aux bureaux dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau se situe entre 8 m et 28 m au-dessus du sol ;
- aux bâtiments d'habitation de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> familles.

Les solutions qui y sont décrites permettent de satisfaire aux exigences de l'article 13 de l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, modifié par l'article 1 de l'arrêté du 13 novembre 2019.

La version en cours de validité est la 2.0 en date du 29 mars 2019, une version 3.0 sera publiée fin 2020.

### **L'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu**

Historiquement, les règles de moyens permettant la justification de la résistance au feu des systèmes et procédés constructifs à ossature en bois étaient répertoriées dans la norme française Bois Feu 88. Ces règles étaient toutefois limitées à la justification de performances de parois à ossature bois coupe-feu un quart d'heure et une demi-heure.

L'intégration de règles de moyens supplémentaires dans la nouvelle Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu (NF EN 1995-1-2 NA), publiée en avril 2020, permet maintenant la justification de performances de résistance au feu de parois à ossature bois allant jusqu'à 1h30. Elle propose aussi une méthodologie de calcul de la résistance au feu des parois à ossature bois avec participation des éléments d'ossature.

Elle présente aussi les prescriptions relatives aux matériaux et à leur mise en œuvre intégrant notamment les isolants biosourcés parmi lesquels la fibre de bois, la ouate de cellulose, la laine chanvre ou de lin dont les performances de comportement au feu s'avèrent meilleures que celles de la laine de verre.

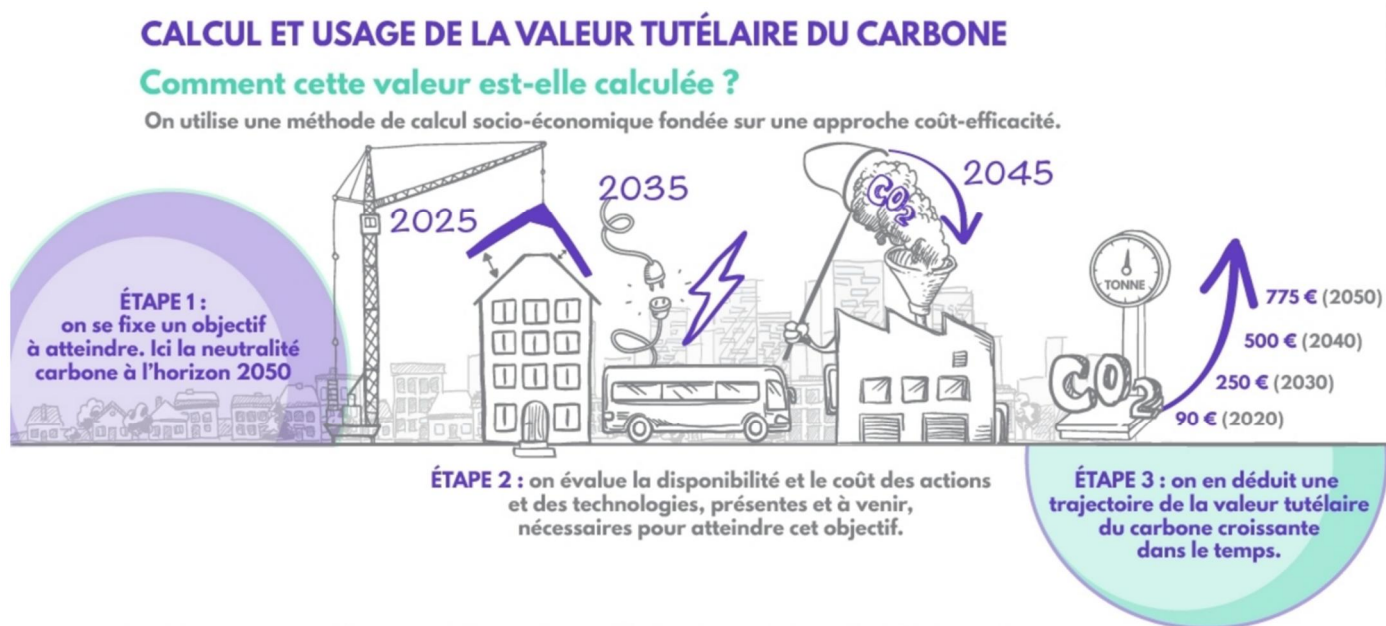
A noter : Les performances au feu de la paille sont démontrées par des essais réalisés par le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP).



## La valeur tutélaire du Carbone

La valeur tutélaire du Carbone a été présentée en avril 2019 dans le rapport « La Valeur de l'Action pour le Climat » commandé par le Premier Ministre à France Stratégie. Cette valeur, exprimée en euros, donne une évaluation :

- du chemin à parcourir pour atteindre un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre, par exemple la neutralité carbone à l'horizon 2050 ;
- de la valeur monétaire que la société doit accorder aux investissements publics et privés pour atteindre cet objectif.



Source France Stratégie - 2019

Extraits de l'Avant-Propos de ce rapport (Annexe 2) :

« Pour décarboner, il faut investir pour réduire les émissions. Le choix des investissements à effectuer doit se faire en fonction d'un coût par tonne d'émissions évitées. C'est ce que fait l'État pour ses propres investissements, en se fixant une règle : prendre en compte une valeur de la tonne de CO<sub>2</sub> évitée (ou équivalent) dans l'analyse socio-économique qu'il effectue. C'est la « valeur tutélaire » du carbone. Ce cas particulier devrait être étendu à toutes les activités engendrant des émissions de gaz à effet de serre, pour pouvoir donner une « valeur de l'action pour le climat » qui leur soit applicable.

(...)

Le rapport d'Alain Quinet dresse un panorama complet des analyses permettant, dans l'état actuel et prévisible des techniques disponibles pour réduire les émissions ou capter le carbone, de définir une trajectoire de valeurs dont la prise en compte permettrait d'atteindre l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050. Compte tenu de l'évolution des objectifs et des techniques, et du retard pris par rapport à la trajectoire souhaitable de nos émissions, elle conduit à réviser nettement à la hausse la valeur tutélaire cible, qui devrait s'établir à 250 € la tonne CO<sub>2</sub>e en 2030, alors que la cible fixée en 2008 pour cette même date était de 100 €.

L'introduction de la notion de valeur tutélaire du Carbone est de nature à modifier significativement l'évaluation du coût global d'une construction et les comparaisons entre les systèmes constructifs.

## **Les travaux de l'association ADIVbois**

L'Association pour le Développement des Immeubles à Vivre en bois (ADIVbois) a été chargée par le Comité Stratégique de la Filière Bois (CSF Bois), dans le cadre des programmes de la Nouvelle France Industrielle, de promouvoir et d'accompagner le développement d'immeubles à vivre en bois, respectueux de l'environnement, durables et évolutifs, économes en matière et en énergie, pour offrir un cadre de vie à la hauteur des attentes des usagers dans les domaines de l'habitat, du tertiaire et de l'hôtellerie.

L'association lance des travaux et des études ; elle édite des guides de référence qui contribuent à partager l'expertise acquise dans ce domaine auprès de la maîtrise d'ouvrage de la maîtrise d'œuvre et des entreprises.

De nombreuses publications sont téléchargeables sur l'extranet d'ADIVbois : <https://extranet-ativbois.org>

Elles couvrent des champs élargis, allant de la qualité architecturale aux domaines les plus techniques.

Voici quelques exemples des publications disponibles :

### **ARCHITECTURE**

- o Plaquette Immeubles à Vivre Bois
- o Manifeste de l'Immeuble Vivre Bois – Architecture et Design
- o Etude des usages – La concept d'habitat

### **MAÎTRES D'OUVRAGES**

- o Vademecum à l'usage des Maîtres d'ouvrage

### **STRUCTURE**

- o Etudes de structures virtuelles : poteaux-poutres, CLT, exo-squelette

### **FAÇADES**

- o Etude « Façades des bâtiments en bois multi-étages »

### **SÉCURITÉ INCENDIE**

- o Notes de préconisations pour la sécurité incendie des habitations, ERP et ERT de hauteur de 8 à 28 m et des bâtiments de moyenne et grande hauteur supérieure à 28 m.
- o Guide pour le traitement des points singuliers et des interfaces entre éléments de construction dans les bâtiments bois vis-à-vis du risque incendie.

### **AUTRES RESSOURCES**

- o Les livrets d'ADIVbois, au nombre de 10 à ce jour, abordent de manière synthétique et accessible au néophyte les principaux sujets sensibles de la construction bois : exploitation de la forêt française, cadre de vie, immeubles à vivre en bois, structure, sécurité incendie, confort d'été, acoustique, durabilité, bois carbone, innovations et avis techniques.

# LA FILIÈRE BOIS DE CONSTRUCTION DANS LE MASSIF ALPIN ET LE MASSIF CENTRAL

## Chiffres clés à fin 2019

Pour les trois régions – Sud PACA, AuRA et Occitanie - qui couvrent la majeure partie des deux massifs, les données statistiques disponibles grâce à la Fédération Nationale du Bois (FNB), aux CERC, FIBOIS et DREAL notamment, permettent de situer les niveaux de production atteints dans chacune de ces trois régions.

### Construction neuve

|                                                                        | AuRA                     | Occitanie                | Sud PACA                 |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Population de la région (estimations au 1 <sup>er</sup> janvier 2020)) | 8 032 000                | 5 925 000                | 5 055 000                |
| Nombre de logements mis en chantier en 2019                            | 56 100                   | 44 300                   | 33 500                   |
| Dont logements collectifs                                              | 60 %                     | 53 %                     | 68 %                     |
| Nombre de m <sup>2</sup> de locaux non résidentiels mis en chantier    | 3 760 000 m <sup>2</sup> | 2 432 000 m <sup>2</sup> | 2 492 000 m <sup>2</sup> |
| Part de démarche environnementale sur la production de logements neufs | 4 %                      | 5 %                      | 15 %                     |
| Part de labellisation énergétique                                      | 1 %                      | 6 %                      | 14 %                     |
| Croissance de certification d'État E+C-                                | + 93 %                   | + 40 %                   | + 57 %                   |

Sources : MTES et CERC AuRA, Occitanie et PACA 2018-2019

### Chiffres-clés de la construction bois régionale

|                                                            | AuRA                     | Occitanie                | Sud PACA               |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| Superficie forestière (milliers d'ha) / taux de boisement  | 2 585 / 36 %             | 2 600 / 36 %             | 1 600 / 51 %           |
| Récolte annuelle de bois d'œuvre (bois ronds sur écorce)   | 3 782 000 m <sup>3</sup> | 1 380 000 m <sup>3</sup> | 148 000 m <sup>3</sup> |
| Volume annuel de sciage de bois d'œuvre                    | 1 890 502 m <sup>3</sup> | 475 026 m <sup>3</sup>   | 34 564 m <sup>3</sup>  |
| Nombre d'entreprises bois en région                        | 371                      | 170                      | 106                    |
| Part de leur CA annuel en construction bois                | 50 %                     | 45 %                     | 41 %                   |
| Part de marché des logements construits en bois            | 7,7 %                    | 4,7 %                    | 1,7 %                  |
| Part de marché des logements collectifs construits en bois | 5,1 %                    | 3,5 %                    | 1 %                    |

Sources : FNB – Données Clés Forêts Françaises 2019, FIBOIS AuRA, Occitanie et Sud PACA

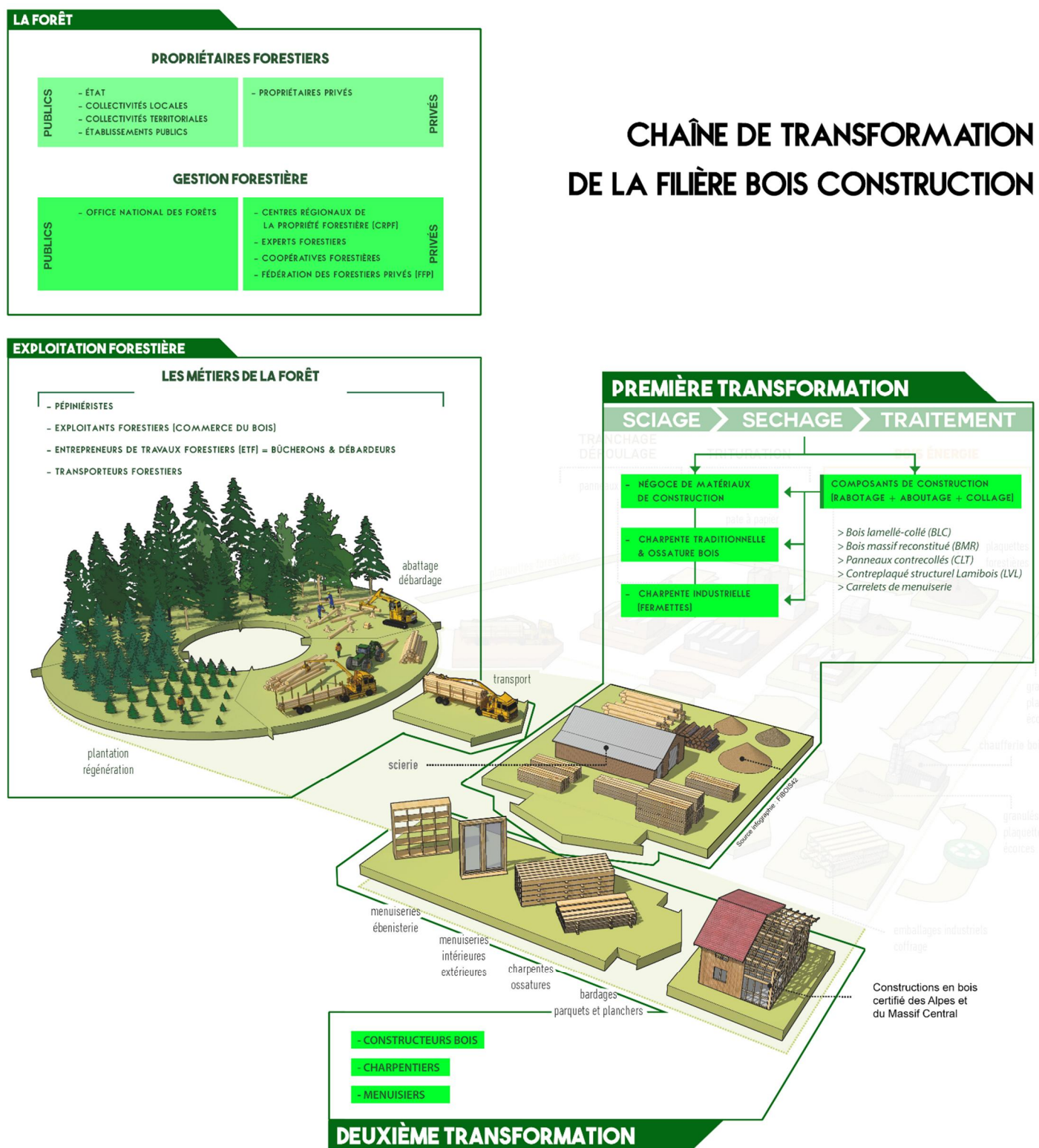
La part de marché des logements construits en bois en France en 2018 s'élève à 6,3 % (25 655 logements), celle des logements collectifs construits en bois s'élève à 4,3 % (10 700 logements collectifs).

Pour que la Région Sud PACA rattrape son retard et atteigne une part de marché des logements construits en bois de 6,3 %, il faut que le nombre de ceux-ci soit multiplié par presque 4 et pour atteindre une part de marché de logements collectifs construits en bois que le nombre de ceux-ci soit lui multiplié par plus de 4 pour passer de 230 à 980 logements collectifs construits annuellement.

Si on prend en compte un ratio de 20 m<sup>3</sup> de bois scié mis en œuvre par logement, cela signifie de passer en PACA de 4 600 m<sup>3</sup> à 19 000 m<sup>3</sup> de consommation annuelle de bois de construction pour le logement collectif.

Si on considère qu'il faut 2,3 m<sup>3</sup> de grumes pour obtenir 1 m<sup>3</sup> de bois de construction scié, il faut que le volume de grumes de bois de construction disponible annuellement en Région Sud PACA pour le logement collectif passe de 10 580 m<sup>3</sup> à 43 700 m<sup>3</sup>.

## La chaîne de transformation de la filière Bois Construction



© Olivier GAUJARD

Le principal bénéfice que peuvent tirer les filières Bois Construction régionales de la mise en œuvre des référentiels des certifications « Bois des Alpes™ » et « Bois des Territoires du Massif Central™ » est d'amener les entreprises certifiées à travailler « en grappe » dans une communauté d'intérêt permettant d'améliorer la productivité et la rentabilité de la chaîne de production depuis la forêt jusqu'aux constructions.



# DEUXIÈME PARTIE

## RETOURS D'EXPÉRIENCE ET BONNES PRATIQUES

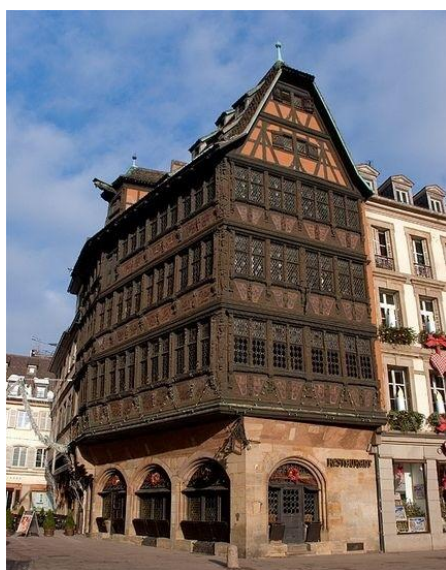
### LES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS ACTUELS : RETOURS D'EXPÉRIENCE ET CONSTATS DIVERS

Il existe dans le monde trois grands systèmes constructifs en bois :

- le système ossature bois (ou plateforme)
- le système poteaux-poutres
- le système avec panneaux lamellés croisés (CLT) plus récent.

Issues de ces grands systèmes, de nombreuses combinaisons selon les époques et les pays ont été développées.

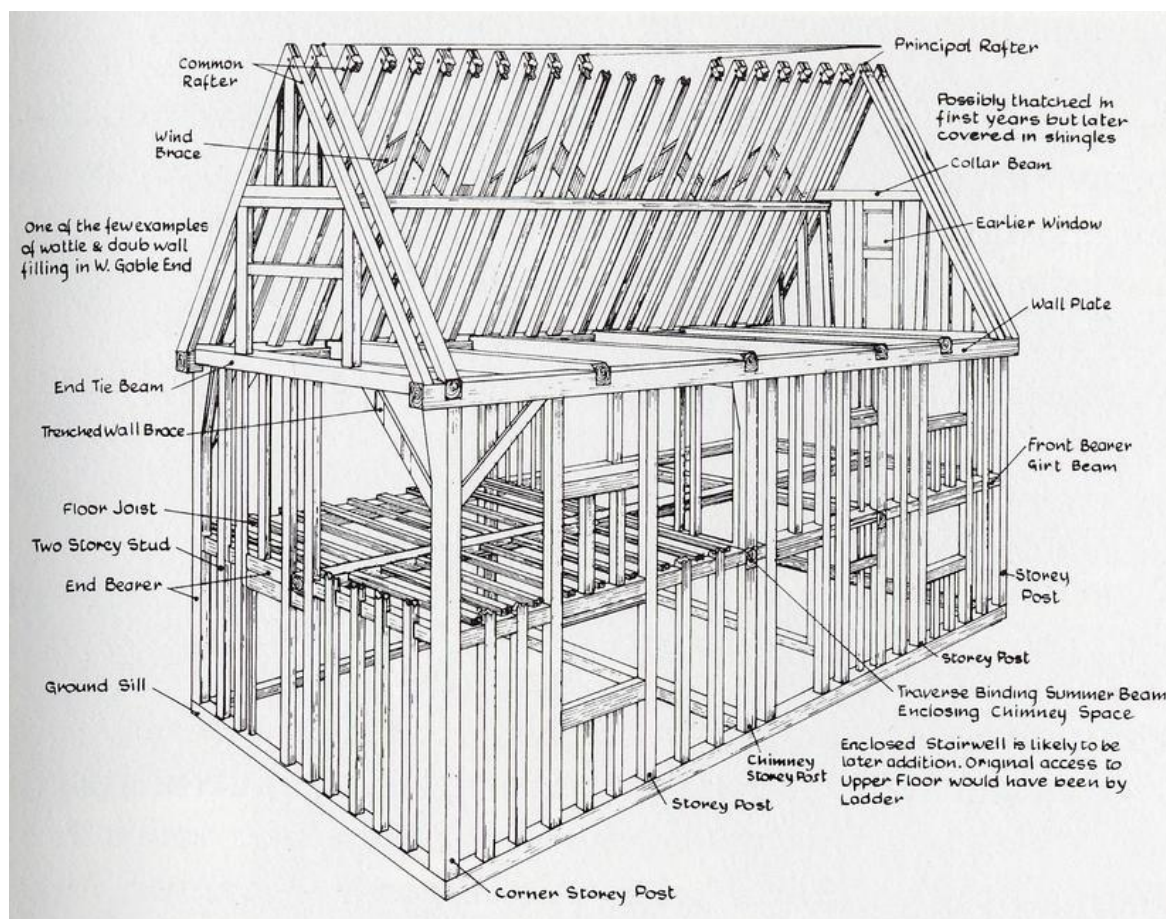
Historiquement, le système constructif médiéval dit « à colombages » a consisté à réaliser une structure porteuse constituée de poteaux, de poutres et de diagonales avec un hourdage en plâtre, en bauge ou en torchis terre-paille.



Maison Kammerzell – Classée Monument Historique, construite en 1427 à Strasbourg (zone sismique 3)

Maisons à pans de bois – Place du Champ Jacquet à Rennes – XVII<sup>ème</sup> siècle

Ce système s'est progressivement standardisé en Amérique du Nord durant la première moitié du XIXème siècle donnant naissance à la technique dite du « balloon-frame ».



La technique de l'ossature en bois, dite aussi « plateforme », est la forme industrialisée de la technique balloon-frame, elle s'est développée dans le monde entier avec l'apparition des panneaux dérivés du bois : contreplaqué, panneaux agglomérés, panneaux de fibre rigides, panneaux OSB (Oriented Strand Board).





La technique « plateforme » s'est largement développée dans les pays anglo-saxons où l'on n'a pas hésité à multiplier les étages et à réaliser des constructions de taille imposante.



La caractéristique fondamentale de ce système est de n'utiliser que des petites sections (« two by four ») assemblées directement sur le chantier.





## Les performances de l'ossature bois aujourd'hui

La technique « plateforme » à ossature en bois ne s'est développée en Europe que depuis une quarantaine d'années, d'abord pour la maison individuelle isolée ou en bande à simple rez-de-chaussée, à un ou deux étages et plus récemment pour des immeubles qui peuvent atteindre 6 niveaux.

C'est le cas de l'immeuble Bois Debout à Montreuil (Annexe 3).



### « BOIS DEBOUT » à MONTREUIL (93) – 2016

Ossature bois intégrale sur 6 niveaux (R+5)

Bâtiment labellisé Passivhaus

Maître d'ouvrage : GRAND PARIS HABITAT

Architectes : A003 Architectes

BET bois : S2t

Entreprise bois : SOCOPA

SHAB + SU : 940 m<sup>2</sup> – SDP : 1030 m<sup>2</sup>

Emprise au sol : 267 m<sup>2</sup>

Cette réalisation est un exemple remarquable d'une construction intégralement en ossature bois atteignant les meilleurs niveaux de performance énergétique et environnementale.

Cet immeuble, classé en 3<sup>ème</sup> famille A, comporte 17 logements sociaux, 2 commerces et un local à vélos.

La performance énergétique est au niveau des exigences du Plan Climat de Paris : 49 kWh/m<sup>2</sup>.an sans recours aux ENR. Il peut devenir BEPOS par l'adjonction de 130 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques produisant 30 kWc.

Les menuiseries sont à triple vitrage avec isolation des dormant par l'extérieur. Le chauffage est assuré par une chaudière centralisée de 24 kW et la ventilation est assurée par une VMC double-flux avec récupération de chaleur sur le réseau des eaux usées.



La construction s'élève depuis le RdC sur 6 niveaux avec des éléments d'ossature bois de section 45/200 sur lesquels sont cloués les panneaux OSB formant voile de contreventement.

Les murs en ossature bois sont livrés fermés en usine, bardés et équipés des menuiseries extérieures et des bavettes.

La construction est intégralement réalisée en filière sèche, y compris les chapes mais hors fondations béton isolées.

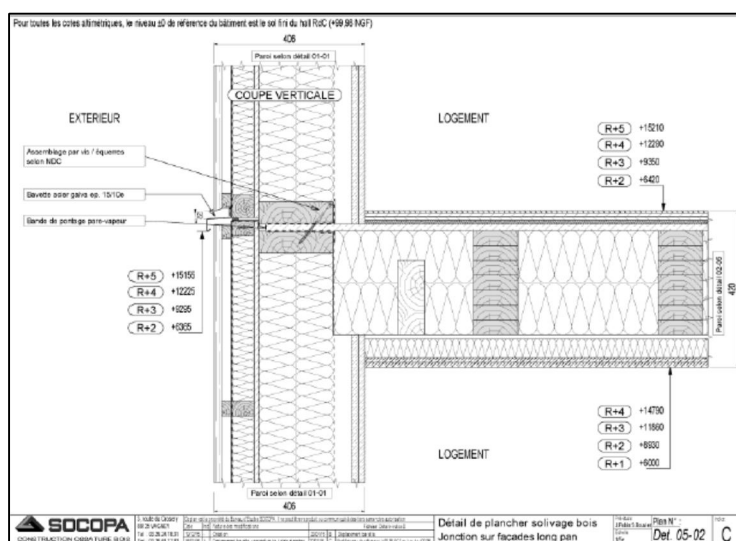
Le volume de bois mis en œuvre est de 350 m<sup>3</sup> soit environ **20 m<sup>3</sup> par logement**.

L'isolation thermique a été réalisée en laine minérale, la réglementation incendie ne permettait pas à l'époque d'utiliser des isolants biosourcés dans les habitations de 3<sup>ème</sup> famille. Depuis le Guide Façade du CSTB et l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu ont précisé les conditions requises pour cette utilisation.

Les simulations thermiques dynamiques (STD) réalisées dans le cadre de la labellisation Passivhaus ont montré que la fréquence des périodes de surchauffe en été n'excède pas 3,4 % du temps grâce à une stratégie incluant les logements traversants, les occultations, la ventilation et la toiture « cool-roof ».

Les planchers sont constitués de 2 solivages dissociés, le solivage porteur en bois lamellé-collé (BLC) supportant le complexe de plancher, le complexe de plafond étant suspendu à l'autre solivage en bois massif.

L'épaisseur totale de ce complexe est de 420 mm.



Il permet d'obtenir d'excellentes performances d'isolement acoustique :

Isolement moyen aux bruits aériens mesuré (V&H) :

$D_{nT,A} = 64 \text{ dB}$  pour 53 dB minimum requis

Isolement moyen aux bruits d'impact mesuré (V&H) :

$L_{nT,w} = 46 \text{ dB}$  pour 58 dB maximum requis

Isolement de façade aux bruits aériens mesuré :

$D_{nT,A,tr} = 33 \text{ dB}$  pour 30 dB minimum requis

Les volées de l'escalier sont en béton préfabriqué pour répondre aux exigences de la sécurité incendie qui exige qu'elles soient constituées de matériaux incombustibles.

Les planchers des loggias sont en structure métallique pour répondre à la fois aux exigences de sécurité incendie et d'exposition aux intempéries.



La gaine d'ascenseur est réalisée en panneaux massifs contrecollés CLT. Elle est intégrée dans le volume étanche et est raccordée à la VMC double-flux.

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe bâtie mesurée est exceptionnelle avec un **Q4 = 0,18 m³/h.m²**.

Les préconisations d'ADIVbois proposées par l'atelier Incendie d'ADIVbois pour les constructions des JOP Paris 2024 conduiraient aujourd'hui à habiller les panneaux CLT d'un écran thermique en plaques de plâtre (dans ce cas pour un degré coupe-feu d'une heure : 2 BA 18 sur chaque face).

La durée du montage du clos-couvert, effectué par 5 compagnons, a été de 8 semaines.

Les nuisances de chantier ont été drastiquement réduites grâce au levage par grue et l'absence de travaux de finition sur échafaudages.

Le montant des travaux est de 1 895 000 € HT, valeur 2014, non compris démolitions et ouvrages mitoyens, soit **un coût final inférieur à 2000 € HT / m² SHAB**.

Les coûts de maintenance et d'entretien P1/P2/P3 sont estimés, sur 30 ans, à 1€/m² SHAB par mois.

L'appel d'offre a été réalisé en lots séparés.

### A RETENIR

Un immeuble en ossature bois multi-étages à très hautes performances en milieu urbain à coûts maîtrisés

Un système constructif n'utilisant quasiment que des petites sections de bois (45/100 – 45/150 – 45/200) et maximisant la préfabrication en atelier.

Le volume de bois mis en œuvre dans cette construction est de **0,336 m³ / m² SDP**.



## Les systèmes poteaux-poutres contemporains

Le premier immeuble de 8 niveaux (R+7) construit en France est l'extension de la Maison de l'Inde à la Cité Universitaire Internationale de Paris, il a été réalisé par avec un système poteaux-poutres en bois lamellé-collé (BLC) rapporté autour d'un noyau vertical en béton abritant les escaliers, les ascenseurs et les cuisines.



### MAISON DE L'INDE à PARIS (75)

72 logements étudiants – 2013

Maître d'ouvrage : État Indien

Architectes : LIPSKY – ROLLET

BET : Gaujard Technologie Scop

Entreprise bois : RUBNER

SHON : 2 821 m<sup>2</sup>

Coût des travaux : 4 370 000 € HT

VRD, fondations profondes comprises

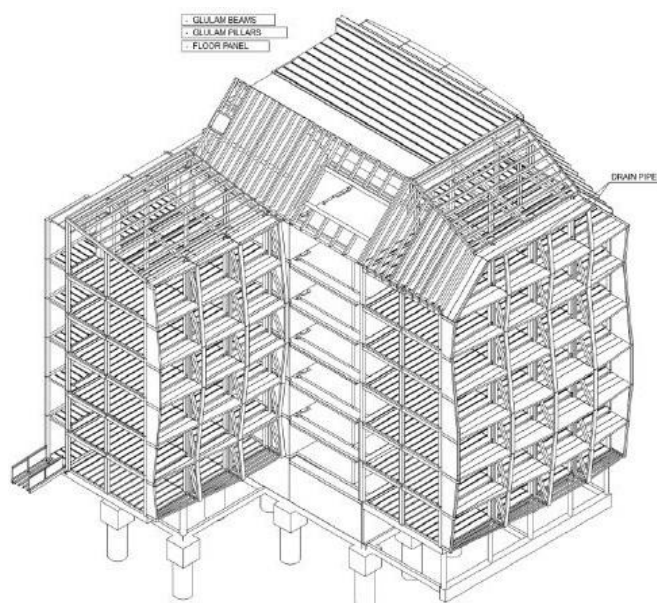
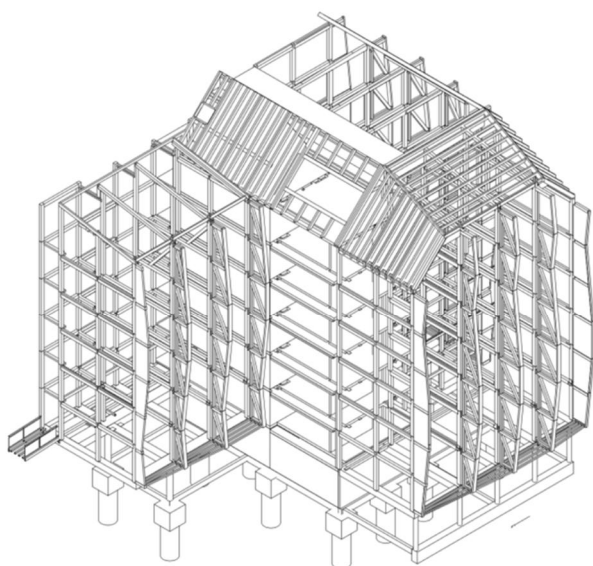
soit 1 550 €/m<sup>2</sup> SHON (valeur 2013)

et 3 970 000 € HT hors mobilier, VRD et espaces verts, soit 1 388 €/m<sup>2</sup>.

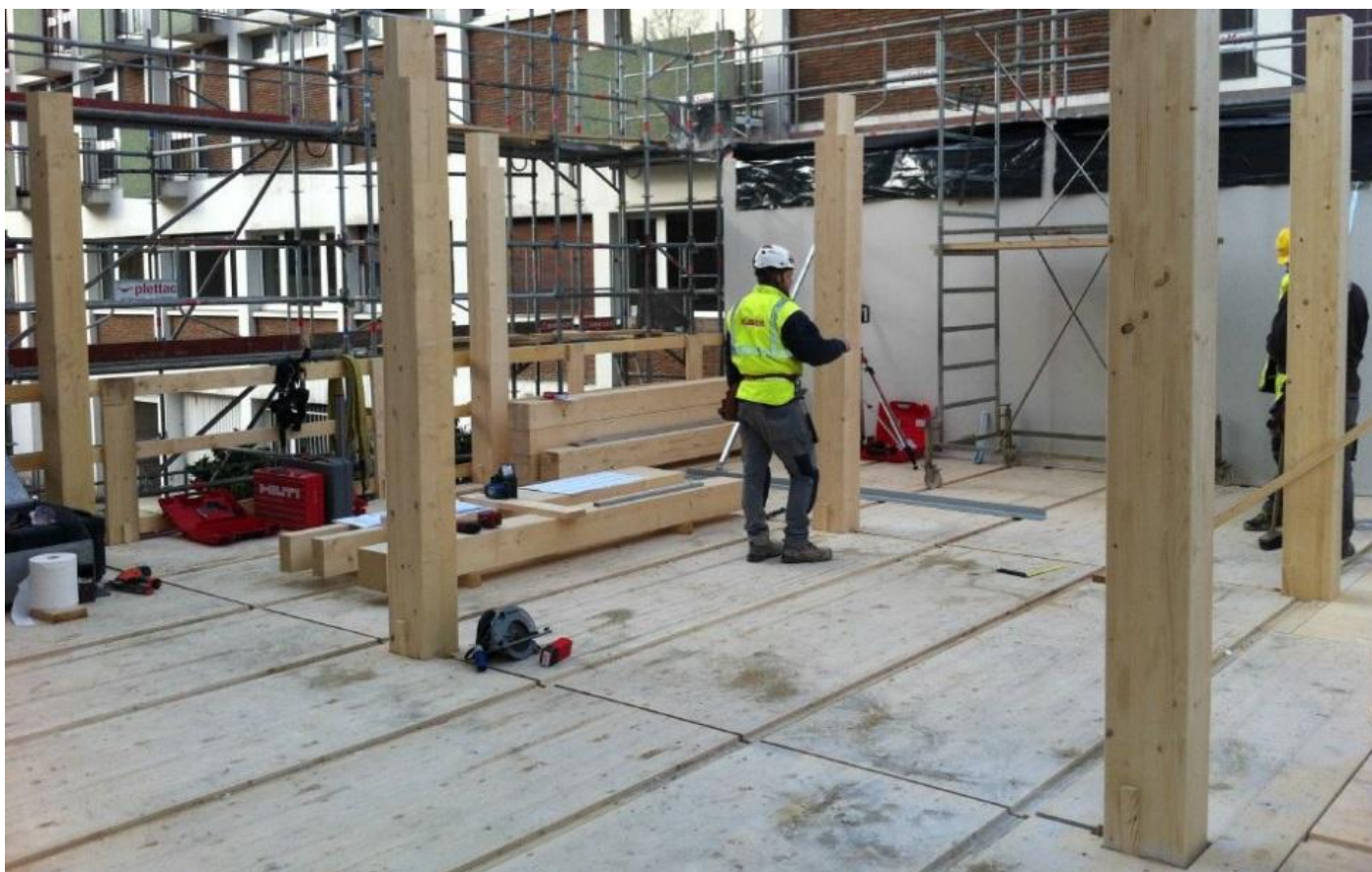
La structure porteuse principale est constituée de poteaux et de poutres en bois lamellé-collé (BLC), supportant des planchers en éléments BLC posés à plat de 1,20 mètre de large et de 95 mm d'épaisseur pour les logements simples et 115 mm pour les logements doubles.

Les mesures acoustiques réalisées in situ ont démontré la conformité des planchers, des parois séparatives entre logements et des façades aux exigences de la réglementation acoustique.

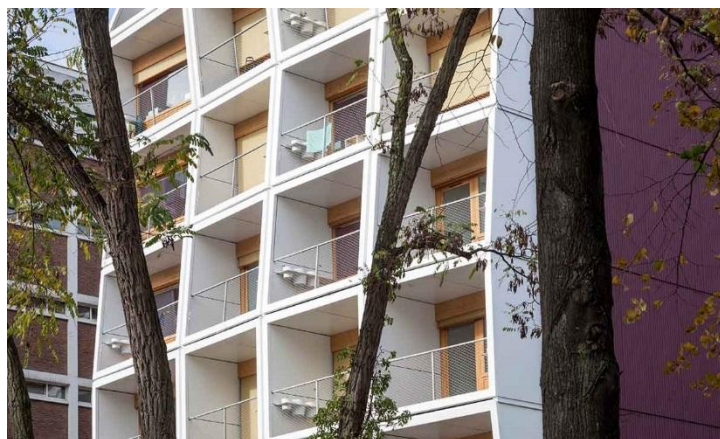
Le volume de bois mis en œuvre a été de 490 m<sup>3</sup>, soit 6,8 m<sup>3</sup> par chambre.







Les façades opaques et la toiture ont été réalisées avec des panneaux ossature bois préfabriqués en atelier et rapportés sur la structure poteaux-poutres. Le revêtement de façade est en bardage métallique laqué M1. Chaque chambre est dotée d'un ensemble menuisé en mélèze ouvrant sur une loggia d'une profondeur variable (1,20 a minima).



### A RETENIR

Un immeuble multi-étages en système-poteaux-poutres de première génération construit sur un site très contraint à coûts maîtrisés.

Un système constructif utilisant des sections 45/200 pour l'ossature des façades et des lamelles de 40 mm pour tous les BLC.

Aucun panneau lamellé croisé CLT dans ce bâtiment.

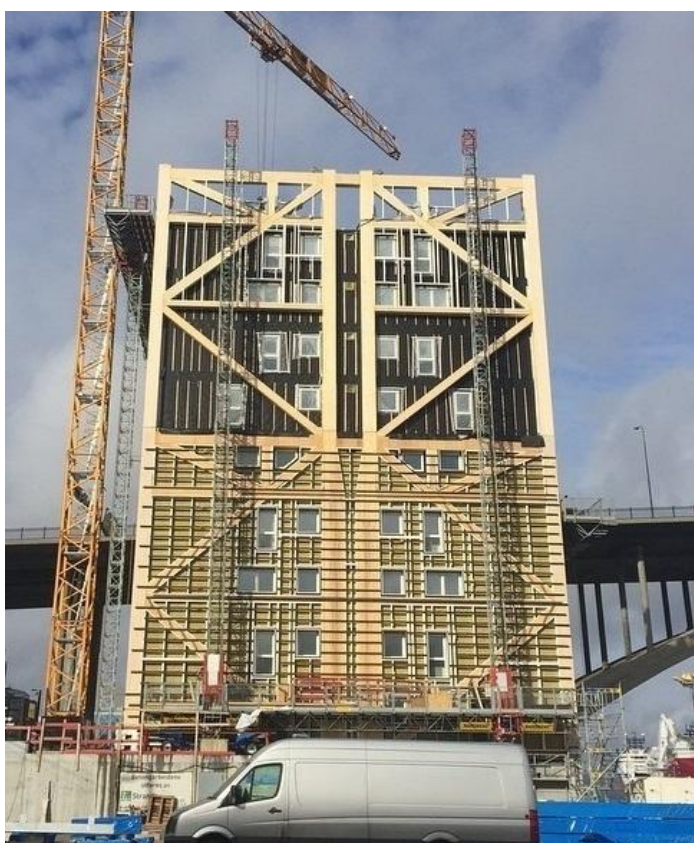


## L'exosquelette, une déclinaison du système poteaux-poutres

Ce type de structure est un système poteaux-poutres dont la stabilisation est réalisée par des diagonales placées dans chacune des façades périphériques.

L'avantage de ce concept est de libérer les planchers de leur rôle de diaphragmes horizontaux et n'ont donc plus besoin d'avoir les caractéristiques techniques nécessaires pour jouer ce rôle.

Les planchers peuvent alors être simplement constitués de solivages traditionnels dimensionnés uniquement pour reprendre des charges verticales de poids propre et d'exploitation.



### IMMEUBLE TREET à BERGEN (Norvège) – EXO-SQUELETTE – 2015

**Maître d'ouvrage : BOB – Architectes : ARTEC – BET : SWECO – Entreprise bois : MOELVEN**

La présence des diagonales dans le plan des façades impacte fortement la disposition des ouvertures et conduit même parfois à ce que ces diagonales filent devant certaines menuiseries, mais les architectes assument ces contraintes et considèrent même que cela constitue la « signature » des immeubles en bois de grande hauteur.



Ce système d'exosquelette a été développé pour la tour intégralement en bois la plus haute du monde à ce jour : la Tour du Lac (Mjøstårnet) construite en 2019 à Brumunddal en Norvège.



**IMMEUBLE Mjøstårnet à BRUMUNDDAL (Norvège) – 2019 – SDP : 11 800 m<sup>2</sup>**

**Maître d'ouvrage : AB Invest – Architectes : VOLL – BET : SWECO – Entreprise : MOELVEN**

Cet immeuble de 18 étages culmine à 85,50 mètres de haut<sup>1</sup>. Le plancher du dernier niveau est à 68 mètres. L'exosquelette et les planchers sont en bois lamellé-collé (BLC) issu des forêts d'épicéas situées dans un périmètre de 60 km autour du bâtiment. Il s'agit de BLC « combiné » dont les lamelles extérieures sont d'une qualité supérieure à celle de la partie centrale – axe neutre (par exemple C24 et C18 pour du GL24). Cette disposition permet de mieux valoriser les bois de qualité inférieure que dans un bois lamellé-collé « homogène » dont toutes les lamelles ont une qualité identique (par exemple C24 pour du GL24).



Sections des éléments de l'exosquelette (en mm) :

- poteaux d'angle 625/1485
- poteaux intérieurs 810/725 et 625/625
- diagonales 625/1250

Ces sections sont réalisées en recollant « par bloc » des sections BLC de largeur courante.

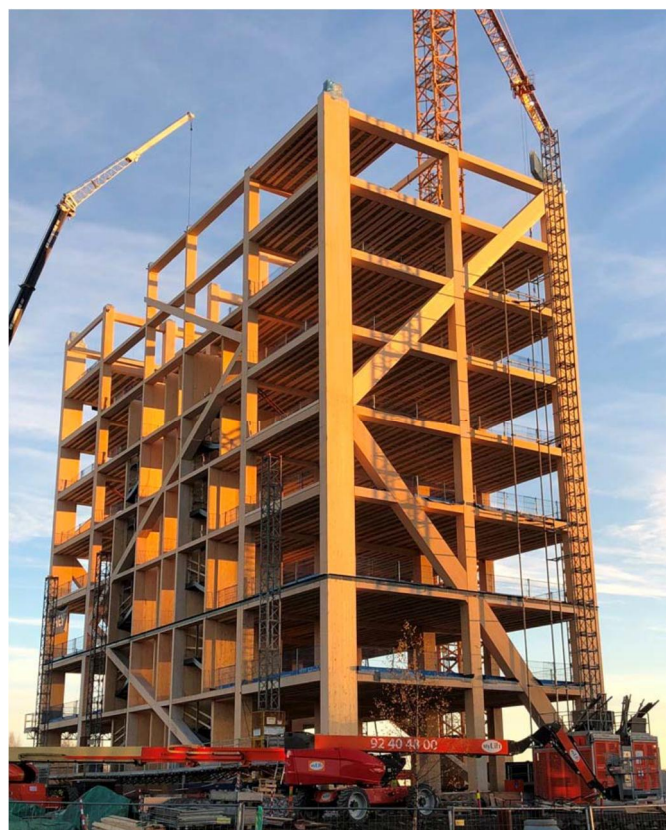
A noter : les lamellistes du Massif Alpin et du Massif Central sont en capacité de réaliser ces sections.

<sup>1</sup> La réglementation française relative à la sécurité incendie ne permet pas de construire en bois des Immeubles de Grande Hauteur (IGH) dont le dernier niveau est à plus de 50 mètres au-dessus du sol le plus haut accessible aux engins de secours.

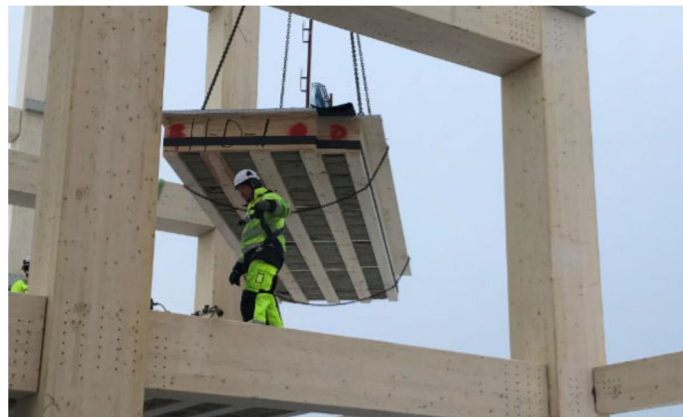
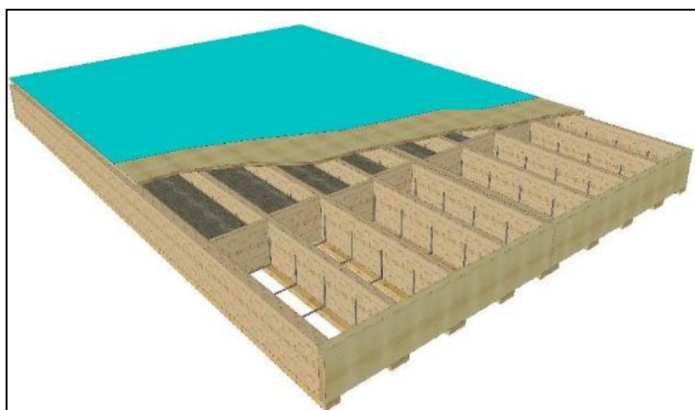
Le bloc des circulations verticales contenant 2 cages d'escalier (dont une est exclusivement réservée aux services de secours) et 3 gaines d'ascenseur est réalisé en panneaux contrecollés CLT pour répondre aux exigences de la sécurité incendie (limitation de la diffusion des gaz chauds à l'intérieur des parois en situation d'incendie).

Ce bloc de circulation n'a aucun rôle dans la stabilité du bâtiment qui a été dimensionnée pour limiter le déplacement en tête à 140 mm.

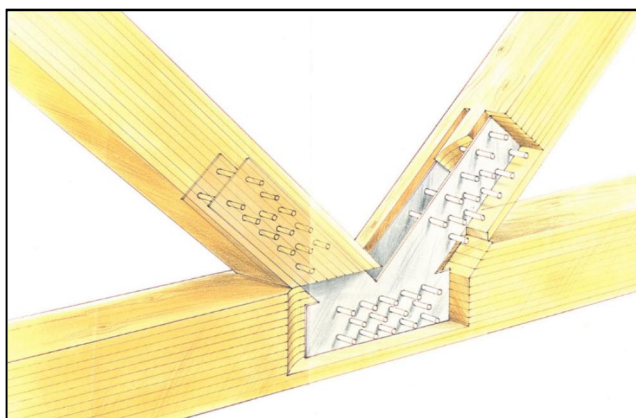
Le volume total de bois mis en œuvre est de 2 600 m<sup>3</sup>.



Les éléments de planchers préfabriqués, qui n'ont pas de rôle structurel, sont constitués de solives en bois lamellé-collé GL30c de 7,50 mètres de portée. Elles supportent un panneau en lamibois (LVL) de type Kerto Q (contreplaqué structural) sur lequel sont posés les revêtements de sol.



Les talonnettes inférieures en bois massif C24 supportent 200 mm de laine de roche permettant au complexe de plancher d'atteindre une résistance au feu de 90 minutes. Les jonctions entre panneaux sont garnies de joints intumescents pour empêcher la diffusion des gaz chauds (cf bandes noires sur photo ci-dessus).



#### TECHNIQUE D'ASSEMBLAGE SIMPLE ET EFFICACE :

Tôles en âme de 8 mm d'épaisseur

Broches de 12mm de diamètre

L'assemblage le plus résistant réalisé par Moelven, d'une capacité de 700 tonnes en traction, comporte 11 tôles en âme et 42 broches.



Les panneaux préfabriqués, rapportés sur les façades, sont constitués d'une ossature bois conventionnelle, remplie d'isolant thermique dans laquelle est intégré en atelier un complexe comprenant menuiseries et stores d'occultation. Le bardage bois lui aussi posé en atelier est en épicéa thermo-chauffé et traité B-s2,d0<sup>2</sup>.



A noter : l'extérieur du bâtiment est équipé sur les deux premiers niveaux de sprinkleurs (système fixe d'extinction automatique à eau) pour maîtriser immédiatement les éventuels départs de feu en pied de façade.

## A RETENIR

Un immeuble en bois multi-étages de dernière génération permettant d'atteindre les grandes hauteurs.

Un système constructif recourant massivement à du bois massif ou du bois lamellé-collé, l'utilisation des panneaux lamellés croisés CLT étant limitée au bloc des circulations verticales.

L'approvisionnement en bois pour l'ensemble des ouvrages structurels et des façades a mobilisé la ressource en épicéa local dans un rayon de 60 km autour du bâtiment.

<sup>2</sup> Ce type de bardage n'est autorisé en France que pour les immeubles dont le plancher du dernier niveau est à moins de 28 mètres au-dessus du sol le plus haut accessible aux engins de secours.

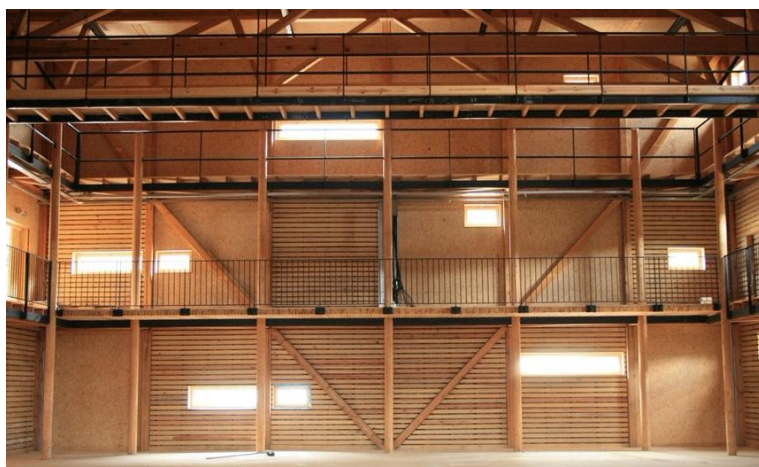




## OUTIL THÉÂTRAL DE PIOGGIOLA (HAUTE-CORSE) – 2008

**Maître d'ouvrage : Syndicat Mixte du Giussani – Architectes : D. VILLA – JM. BATTESTI**

**BET bois : GTS – Entreprises bois : Les Toitures Montiliennes – Les Charpentiers de la Corse**



Les pins lariciu de la forêt de Vizzavone :

Les dimensions (hauteurs 35 à 40 m) et les caractéristiques mécaniques exceptionnelles (C40) de ces pins ont permis de réaliser ce bâtiment intégralement en bois massif.

Ils ont été valorisés de multiples façons :

- Grosses sections hors cœur (jusqu'à 180/480) pour le système structural en exosquelette
- Petites sections 45/10 et 45/120 pour les dalles de plancher en planches clouées à chant
- Parements intérieur (lambris) et extérieur (bardage)

La passerelle a été réalisée en châtaigner de la Castagniccia.



### RESIDENCE POUR ETUDIANTS à STRASBOURG (67) – Modules 3D préfabriqués – 2016

Maître d'ouvrage : CROUS STRASBOURG – Architectes : PATRIARCHE & CO

BET bois : DHOMINO + GTS – Entreprise bois : SOREC



Les cellules de cette importante résidence pour étudiants (200 logements), réparties sur 5 niveaux, sont constituées d'une série de cadres en bois massif sur lesquels sont fixés les panneaux extérieurs en OSB et habillés d'un bardage métallique.



Dans ce type d'ouvrage modulaire, les sections courantes des cadres sont 45/145 en bois massif C24 pour les parois verticales et les plafonds et 45/260 en bois lamellé-collé GL24 pour les planchers.



## A RETENIR

Des opérations de très grande envergure peuvent être réalisées avec une variété très réduite de sections de bois massif de qualité courante.



## Une technique récente : les panneaux lamellés-croisés (CLT)

### RESIDENCE JULES FERRY à SAINT-DIE-DES-VOSGES (88) – 2014

Maître d'ouvrage : Le Toit Vosgien – Architectes : ASP Architecture – BET : Ingénierie Bois  
Entreprise bois : Yves SERTELET



PREMIER IMMEUBLE R+7 ISOLÉ EN PAILLE – SHON : 2 707 m<sup>2</sup> – SDP : 2 090 m<sup>2</sup> – SHAB : 2 078 m<sup>2</sup>

Le programme de cette opération comporte 26 logements sociaux (T3 de 76 m<sup>2</sup> et T4 de 90 m<sup>2</sup>) répartis en 2 bâtiments disposant de caves et de balcons très spacieux, l'un de 3 niveaux (R+2) et l'autre de 8 niveaux (R+7) disposés de façon optimum par rapport à l'ensoleillement.



Le système constructif utilisant des panneaux lamellés croisés CLT (Cross Laminated Timber) se développe en France et en Europe depuis le début des années 2000, avec un jalon remarquable apporté par la réalisation de la résidence Jules Ferry à Saint-Dié des Vosges livrée en 2014.

La structure porteuse de ce bâtiment, située en zone sismique 3 (aléa modéré) est constituée de panneaux lamellés croisés CLT tant pour les parois verticales extérieures, pour les refends intérieurs que pour les planchers. Les seuls éléments en bois lamellé-collé sont les poteaux et les poutres situés à l'intérieur des logements.

Volume de bois mis en œuvre : 1 000 m<sup>3</sup>

Le volume de bois scié mobilisé est de **38 m<sup>3</sup>** par logement, soit 0,478 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> SDP.



L'isolation thermique verticale est constituée de bottes de pailles insérées dans des caissons rapportés par l'extérieur.

Volume de paille mise en œuvre : 600 m<sup>3</sup>

La toiture est isolée par des caissons remplis de ouate de cellulose.

Les menuiseries extérieures à triple vitrage sont en bois avec capotage aluminium.

Les revêtements extérieurs sont des bardages en tuiles de terre cuite sur les parois exposées aux intempéries et des bardages en bois positionnés au fond des loggias et des coursives pour les abriter des pluies battantes. L'escalier et la cage d'ascenseur sont situés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment et ont été réalisés en acier galvanisé tout comme les autres ouvrages soumis aux intempéries que sont les coursives d'accès et les balcons.

Le chauffage est fusionné avec la VMC collective à haut rendement, les apports complémentaires étant assurés par une pompe à chaleur géothermique.

La production d'eau chaude est assurée par 50 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques solaires.



La conception des interfaces entre équipements de CVC et éléments de structure ou d'enveloppe a été particulièrement soignée ce qui a facilité la mise en œuvre, tout en limitant le risque de désordres ou la sinistralité observée régulièrement dans les traversées de parois par des circuits hydrauliques et tout type de réseaux.

Le montant des travaux (hors VRD et espaces verts) s'est élevé à 4 124 430 € HT, y compris la fourniture de cuisines intégrées comprenant hottes, plaques à induction et fours de catégorie A+ et l'instrumentation de suivi d'exploitation de chaque logement.

A noter : les charges locatives d'énergie individuelle et collective s'élèvent à 18,5 € TTC par mois et par logement, pour une température moyenne relevée en hiver dans les logements de 22,8°C. La fourniture d'équipements ménagers dans l'offre locative présentant un haut niveau de performance permet d'accompagner la démarche de maîtrise de l'énergie et des charges par les locataires eux-mêmes.

Cette stratégie de réduction drastique des charges locatives a pour effet d'améliorer le pouvoir d'achat des locataires, ce qui limite significativement le turn-over qui génère des périodes de vacance des logements et les impayés. De ce fait, le bilan de l'opération sur la période de remboursement des emprunts contractés par le bailleur social est meilleur.

### **A RETENIR**

Une opération labellisée Passivhaus, innovante et exceptionnelle en termes de performances environnementale et énergétique, confirmées à l'usage.

Le volume de bois utilisé pour cette construction est de 0,48 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> SDP soit presque 50% de plus que pour une solution constructive en ossature bois (ref : immeuble « Bois Debout » à Montreuil).

## IMMEUBLE « LE HAUT BOIS » à GRENOBLE (38) – Début du chantier : novembre 2019

Livraison prévue en été 2021.

Maître d'ouvrage : ACTIS – Architectes : ASP Architecture et Atelier 17c

BET bois : HV CONSEIL – Entreprise bois : Société Dauphinoise de Charpente Couverture



Une opération du même type que la résidence Jules Ferry de Saint-Dié-des-Vosges est en cours de construction à Grenoble, en zone sismique 4-5 (aléa moyen à fort).

Il s'agit d'un immeuble labellisé Passivhaus comportant 56 logements sociaux répartis sur 9 niveaux.

Les circulations verticales, cages d'escalier et gaines d'ascenseur, sont regroupées dans un noyau central en béton qui est structurellement indépendant des deux corps de bâtiment situés de part et d'autre et réalisés en panneaux lamellés croisés CLT. Les balcons en structure métallique également indépendante sont rapportés contre les façades ce qui permet de ne créer aucun pont thermique.

Le volume de bois mis en œuvre s'élève à 1 500 m<sup>3</sup> dont 165 m<sup>3</sup> de bois certifié « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » soit 11 % du volume de bois global.

Le montant du projet s'élève à 11 340 000 € TDC (toutes dépenses comprises). Le coût de la structure bois représente 28 % du montant des travaux.

### A RETENIR

Dans les zones concernées, la conception parasismique conduit à dissocier les structures en bois au comportement relativement souple en cas de séisme des structures en béton au comportement plus rigide pour éviter les concentrations de contraintes difficiles à gérer aux interfaces entre les deux types de structure.



# EXIGENCES TECHNIQUES, PERFORMANCES ET GESTION DE PROJET

Ce chapitre a pour objet de présenter les dernières avancées techniques et bonnes pratiques par les retours d'expérience récents sur les points sensibles relatifs à la construction d'immeubles multi-étages en bois.

## Exigences et performances techniques

### Le confort d'été

Les enseignements récents, issus notamment des retours d'expérience de BDM et BDO (Bâtiments Durables Méditerranéens et Occitanie), conduisent, quel que soit le système constructif choisi, à organiser la conception des bâtiments selon trois thématiques indissociables (*Annexe 4*) :

- une organisation des aménagements extérieurs végétalisés offrant des sols vivants, des albédos performants pour les revêtements solides, des canopées et des ouvertures aérauliques permettant de maîtriser les vents froids en hiver sans bloquer les brises estivales ;
- une conception bioclimatique soignée des façades (orientations, protections, ouvrants, albédo et nature des vêtues...) et des toitures (isolant adapté, sur-toiture, végétalisation, albédo...) ;
- un approfondissement du comportement hygro-thermique des parois, par nature dynamique, grâce à un travail subtil sur les qualités intrinsèques des matériaux : masse volumique, résistance thermique, capacité thermique, résistance à la diffusion de la vapeur d'eau et hygroscopicité.

De nombreux travaux récents facilitent le recours aux isolants biosourcés, tant au niveau normatif (prochaine intégration de la fibre de bois dans le DTU 31.2 « Construction de bâtiments à ossature en bois ») que réglementaire (intégration de la ouate de cellulose, de la fibre de bois, de la laine de chanvre ou de lin dans la nouvelle Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu parue en avril 2020).

Pour sa part, le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP), qui a publié en 2012 les Règles Professionnelles de la Construction Paille inscrites sur la Liste Verte de la Commission Prévention Produits (C2P) de l'Agence Qualité Construction (AQC), a réalisé en 2019 des essais feu au CSTB qui ont conduit à autoriser, dans des conditions bien définies (enduits intérieurs en plâtre ou en terre de 40 mm d'épaisseur), l'utilisation de la paille comme isolant thermique dans les habitations de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> familles ainsi que dans les immeubles de bureaux et les ERP jusqu'à 28 m de haut.

### RECOMMANDATIONS POUR LES CONSTRUCTIONS BOIS

Recourir systématiquement à des isolants dont la capacité thermique est importante comme la paille, la fibre de bois, la ouate de cellulose, le liège ou au béton de chanvre.

Éviter les panneaux lamellés croisés CLT en parement intérieur du fait de leur faible effusivité qui ralentit fortement les échanges thermiques entre les espaces intérieurs et les autres composants de la paroi.

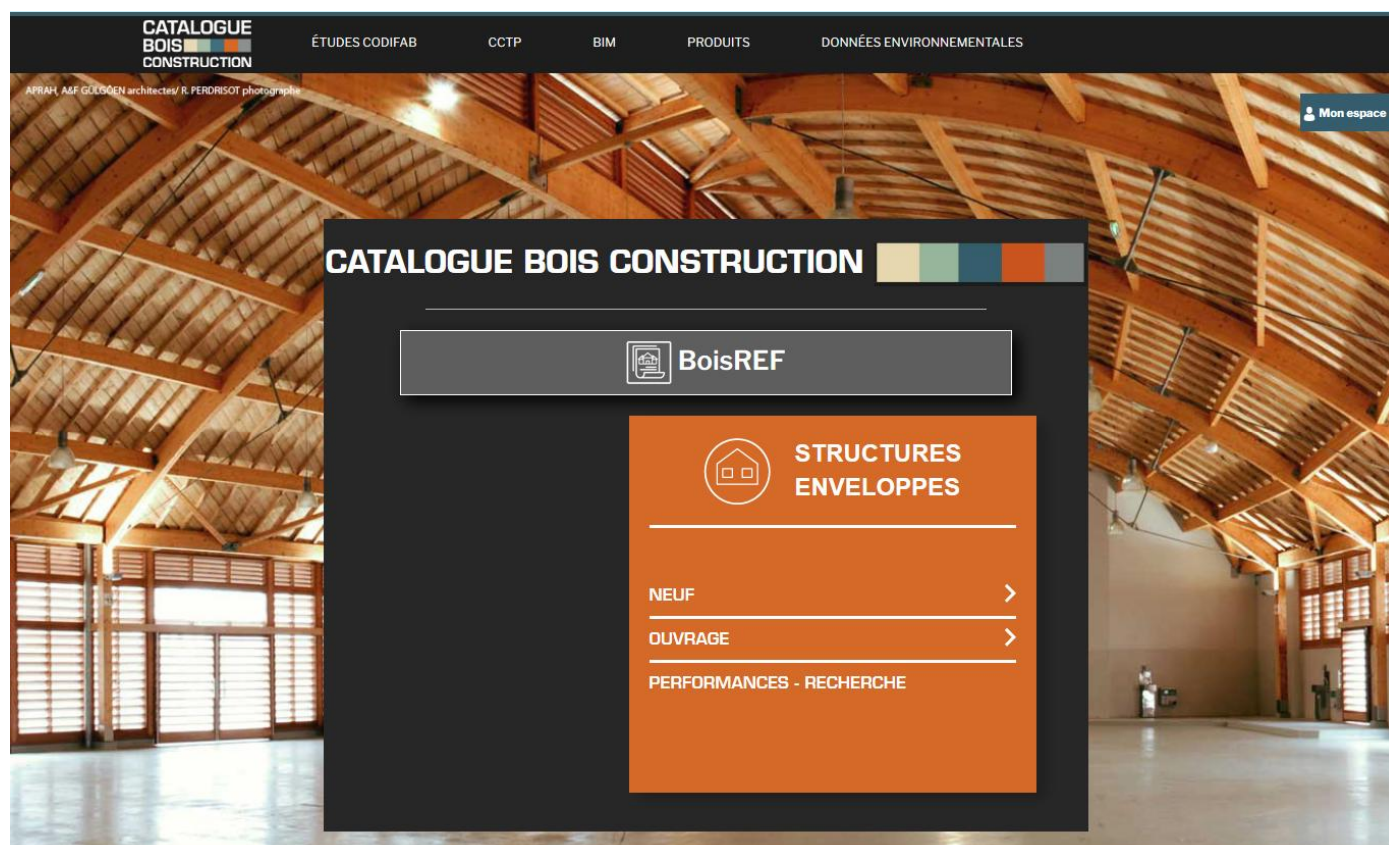
Utiliser des revêtements intérieurs lourds et fortement hygroscopiques comme la terre, le plâtre ou la chaux en épaisseurs importantes (40 mm et plus).

Utiliser les parois séparatives intérieures (entre logements) pour apporter de l'inertie thermique en associant par exemple ossature bois et béton de chanvre ou en utilisant des refends préfabriqués en pisé.

## Le confort acoustique

La performance acoustique des planchers est un point sensible de la construction bois. Cependant, de nombreuses solutions existent dont les performances ont été mesurées aussi bien en laboratoire qu'in situ. Les détails de conception technique de toutes ces solutions, aussi bien pour des façades que pour des planchers performants, sont accessibles grâce à l'outil de diffusion du FCBA « Catalogue Bois Construction », dans l'onglet Performance-Recherche.

<https://catalogue-bois-construction.fr/structures-enveloppes/recherche/>



Elles conduisent toutes à une épaisseur du complexe de plancher relativement importante allant de 400 à 500 mm. Ceci peut conduire à devoir recourir au bonus de constructibilité de la Loi pour la Transition Énergétique et pour la Croissance Verte qui autorise le dépassement des hauteurs limites de construction imposées dans les PLU(i).

Les solutions à doubles solivages décalés sont les plus efficaces (réf : immeuble « Bois Debout » à Montreuil).

### RECOMMANDATIONS POUR LES CONSTRUCTIONS BOIS

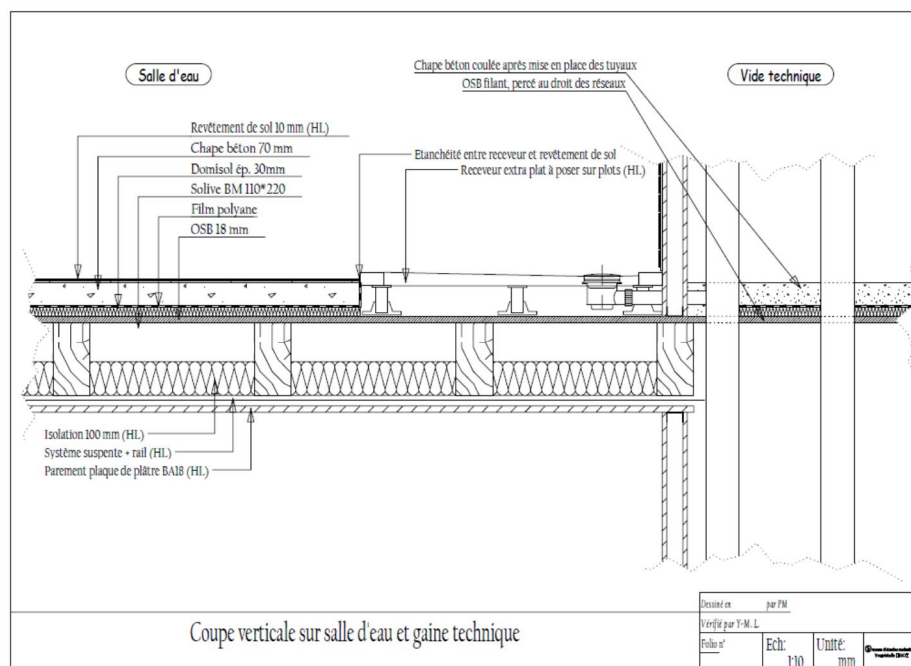
Anticiper l'impact de l'épaisseur parfois importante des planchers sur la hauteur totale du bâtiment et faire appel en amont du dépôt de la demande de PC à un bonus de constructibilité.

Etudier et mettre en œuvre avec soin les détails de l'ensemble des points singuliers relevant de la performance acoustique, notamment l'étanchéité à l'air des liaisons entre éléments de construction et le traitement des transmissions solidiennes.



## Les pièces humides

L'arrêté du 11 septembre 2020 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées aux logements en rez-de-chaussée ou desservis par un ascenseur impose, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2021, la mise en œuvre de douches à l'italienne sans ressaut.



© Yves-Marie LIGOT

Les représentants des corps d'état concernés (constructeurs bois, plombiers, carreleurs, étancheurs) et les fabricants d'équipements élaborent actuellement, dans le cadre du Club des Industriels d'ADIVbois et faisant suite aux travaux du FCBA sur le sujet, des solutions techniques permettant d'atteindre cet objectif et prévenant toute sinistralité.

Cette démarche conduit à réviser les DTU des ouvrages concernés pour les harmoniser de manière à aboutir aux solutions techniques les plus pertinentes.



Dans le cas présenté ci-contre, cette nouvelle exigence réglementaire conduit à augmenter l'épaisseur de la couche résiliente ou celle de la chape qui peut être sèche (plaques de plâtre résistant à l'humidité) ou humide (béton).

A titre d'exemple, dans l'opération « Bois Debout à Montreuil » ci-dessous, il n'y a aucune traversée verticale de plancher par les réseaux humides.

### RECOMMANDATIONS POUR LES CONSTRUCTIONS BOIS

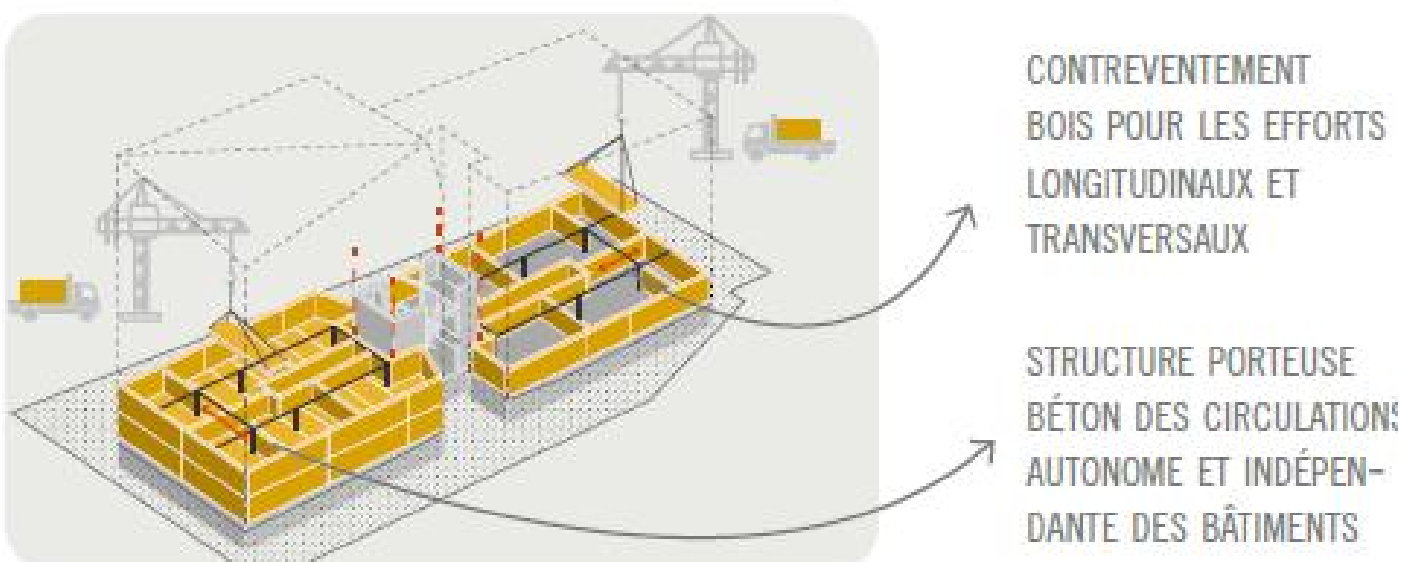
Cette situation conduit à privilégier les solutions qui consistent à superposer les couches de matériaux nécessaires pour atteindre les performances acoustiques attendues (couche résiliente, chape sèche ou humide, revêtement de sol) ; ce qui permet de disposer de l'épaisseur nécessaire à la mise en œuvre des siphons ultra-plats.

## Les noyaux béton

La réglementation incendie impose que les cages d'escaliers et les gaines d'ascenseur dans les Établissements Recevant du Public (ERP) soient construites avec des matériaux incombustibles et, pour les immeubles d'habitation, que les volées d'escaliers soient elles aussi en matériaux incombustibles. Ces dispositions conduisent à la mise en œuvre de blocs de circulations verticales généralement en béton qui sont fréquemment utilisés pour assurer par ailleurs la stabilité structurelle des bâtiments (reprise des efforts horizontaux de vent et de séisme).

Ce choix constructif a deux inconvénients :

- la cohabitation spatiale et temporelle quasi impossible entre l'entreprise de gros-œuvre béton et celle de la structure bois conduit à devoir terminer complètement les élévations maçonnées avant de commencer des élévations en bois, ce qui impacte fortement le planning et la durée du chantier ;
- dans les zones sismiques, la différence de rigidité entre les parties en béton et les parties en bois affecte considérablement le comportement de la construction en cas de séisme ce qui peut conduire à des désordres graves (entrechoquement des parties bois et béton, torsion des parties en bois autour des parties en béton, concentration des contraintes aux interfaces entre bois et béton).



Ainsi, dans le projet « Haut Bois » à Grenoble (zone sismique 4/5), les concepteurs ont été amenés à séparer complètement structurellement les ouvrages en béton et les ouvrages en bois.

Afin d'apporter une solution à cette problématique, l'atelier Incendie d'ADIVbois a proposé dans ses notes de préconisations pour les bâtiments bois multi-niveaux prévus dans le cadre des prochains Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris de 2024, des dispositions techniques permettant de réaliser les cages d'escaliers et les gaines d'ascenseurs avec des panneaux de bois massif (BLC, CLT et LVL), protégés par des écrans thermiques en plaques de plâtre, et répondant aux objectifs de la réglementation incendie.

### RECOMMANDATIONS POUR LES IMMEUBLES MULTI-ETAGES EN BOIS

Quel que soit le système constructif choisi, il est préférable d'éviter les noyaux en béton, particulièrement pour les constructions en zone sismique.



## Les balcons et les coursives extérieures

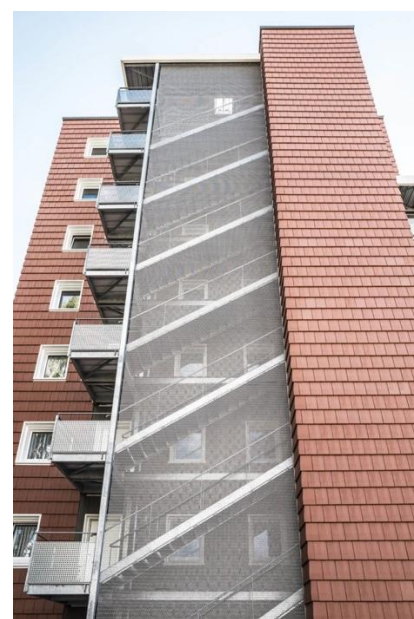
Les balcons et les coursives extérieures posent des problèmes de trois ordres :

- la durabilité des matériaux et des ouvrages
- la résistance au feu des structures
- le confort acoustique

L'exposition permanente aux intempéries de ces ouvrages nécessite un traitement de préservation des bois extrêmement soigné, lorsqu'ils ne sont naturellement durables en classe d'emploi 3b pour les éléments verticaux ou 4 pour des éléments horizontaux, une conception des ouvrages dite « drainante » (voir le fascicule de documentation FD P 20-651), particulièrement pour les assemblages, afin d'empêcher la dégradation des matériaux et d'éventuels désordres.

La résistance au feu de ces ouvrages, qui doit être celle requise pour la structure des immeubles dont ils font partie, est difficile à obtenir pour les éléments en bois extérieurs où l'on ne peut pas utiliser les écrans thermiques usuels en plaques de plâtre, sauf à les ignifuger conformément à la norme NF EN 16755 (durabilité des traitements d'ignifugation). Le calcul des structures « à chaud » (en situation d'incendie) peut s'avérer complexe.

Pour le confort acoustique, les points d'ancrage de ces ouvrages à la structure du bâtiment doivent être réduits au strict minimum et traités avec des tampons anti-vibratiles de manière à empêcher les transmissions acoustiques solidiennes ; les matériaux doivent être choisis de manière à éviter les effets de résonance.



Dans les exemples ci-dessus (Résidence universitaire Lucien Cornil à Marseille et Résidence Jules Ferry à Saint-Dié-des-Vosges), les concepteurs ont choisi d'utiliser des structures intégralement métalliques.

Il est aussi possible de mettre en œuvre des dalles en béton préfabriquées supportées par des structures en métal pour les éléments horizontaux et en bois pour les éléments verticaux.

### RECOMMANDATIONS POUR LES IMMEUBLES MULTI-ETAGES EN BOIS

Il importe d'être très attentif au choix des matériaux et à la conception des éléments structurels.

### La maîtrise des coûts de construction

Une étude menée en juillet 2018 par FCBA pour le compte de SOLIDEO (Société de livraison des ouvrages olympiques de Paris 2024) a mis en évidence les surcoûts moyens d'une construction bois par rapport à une construction conventionnelle en béton (*Annexe 5*) :

- pour une solution intégralement en ossature bois : +2%
- pour une solution intégralement en panneaux lamellés croisés CLT : +6%
- pour une solution mixte poteaux-poutres / CLT / ossature bois : +5%
- pour des immeubles de bureaux en poteaux-poutres et CLT comportant des murs rideaux avec 50% de vitrages : +6%
- pour des façades ossature bois rapportées sur des structures béton : +3%

Par ailleurs, une étude de retours d'expérience (*Annexe 6*) publiée en juillet 2020 par le Comité National pour le Développement du Bois (CNDB) sur 4 immeubles de logements collectifs en bois, fait état d'un coût de construction compris entre 1 330 € et 1 735 € HT /m<sup>2</sup> SHAB (hors aménagements). L'écart est en partie dû à la complexité propre à chaque projet et la performance énergétique de chacun des bâtiments.

### La réduction des charges locatives

Les coûts d'exploitation d'un immeuble multi-étages en bois sont intrinsèquement liés à la performance énergétique globale de l'enveloppe (niveau passif ou équivalent), facilitée par des systèmes constructifs dont les avantages sont les suivants :

- dans une épaisseur donnée de paroi, plus des  $\frac{3}{4}$  de l'épaisseur est composée d'isolant thermique ;
- les ponts thermiques sont fortement limités par le caractère isolant du matériau bois composant la structure porteuse et l'ossature de l'enveloppe ;
- le ressenti des effets de parois froides est bien moins important que dans une construction en béton, ce qui limite la modulation à la hausse de la consigne de chauffage par les occupants.

Ainsi, il a été relevé dans la Résidence Jules Ferry à Saint-Dié des Vosges que, pour un T4 de 90 m<sup>2</sup> occupé par 4 personnes, les charges (chauffage, eau chaude, ventilation et entretien) s'élèvent hors abonnement à 7,50 € par mois. Elles avaient été estimées à 11 € par mois en phase d'étude, le résultat mesuré au final démontre la part active des matériaux biosourcés dans le comportement « économe » des habitants.

Cette réduction du montant des charges améliore de fait la solvabilité des locataires et contribue à fortement limiter le turn-over, la vacance d'occupation des logements et les loyers impayés. La diminution significative de ce risque financier contribue à équilibrer l'investissement du bailleur en seulement 25 ans.

L'étude de faisabilité produite par FCBA pour SOLIDEO (Annexe 5) concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre (EGES) pour les produits de construction et équipements donne les résultats suivants par rapport à une construction conventionnelle en béton:

| Système constructif                                                                             | Réduction des EGES | CO <sub>2</sub> stocké    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Ossature bois intégrale                                                                         | - 48 à 68%         | 112 kg/m <sup>2</sup> SDP |
| Panneaux lamellés croisés CLT intégral                                                          | - 16 à 48%         | 262 kg/m <sup>2</sup> SDP |
| Mixité poteaux-poutres / CLT / ossature bois                                                    | - 16 à 48%         | 262 kg/m <sup>2</sup> SDP |
| Immeubles de bureaux en poteaux-poutres et CLT comportant des murs rideaux avec 50% de vitrages | Jusqu'à - 44%      | 225 kg/m <sup>2</sup> SDP |
| Façades ossature bois rapportées sur des structures béton                                       | Jusqu'à - 21%      | 142 kg/m <sup>2</sup> SDP |

L'utilisation des ressources forestières locales améliore encore ces performances par la réduction des distances de transport et la valorisation de leur transformation avec des ressources énergétiques renouvelables locales telles que l'hydro-électricité (les 3 plus grandes régions hydroélectriques françaises sont AuRA, Occitanie et Sud PACA) ou bien le solaire et l'éolien.

L'évaluation des gains supplémentaires sur le bilan Carbone global induit par l'emploi de bois local a été réalisée dans le cadre de la production des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) de 6 produits bois certifiés « Bois des Alpes™ » qui seront publiées fin 2020.

Il est important de relever ici que le poids « Carbone » des constructions contribuera fortement à la valeur verte des patrimoines immobiliers lors de l'entrée en vigueur de la valeur tutélaire du carbone, évaluée aujourd'hui à 250 € la tonne à l'horizon 2030.

### Les enjeux du cahier des charges du contrôle technique (Annexe 7)

Lors de la consultation pour la mission de contrôle technique d'un projet, qui sera de préférence organisée dès le concours d'architecture, il est primordial que la Maîtrise d'ouvrage sélectionne un Bureau de Contrôle qui présente des compétences avérées en construction bois et biosourcés notamment en matière d'analyse de structure, de sécurité incendie, d'acoustique et de transferts de vapeur d'eau dans les parois.

Il est important que la Maîtrise d'Ouvrage veille à ce que les honoraires négociés avec le chargé d'affaire local assurent des ressources financières suffisantes pour mobiliser l'expertise des référents Construction Bois identifiés au sein de son organisation.

La continuité du suivi de bout en bout d'une opération par le (la) même chargé(e) d'affaire de contrôle technique est également fondamentale. Elle permet d'éviter les variations d'interprétation des référentiels réglementaires et normatifs et de conforter en phase de réalisation les solutions techniques retenues en conception.



## ***Orientations pour la consultation des entreprises***

Le Code de la Commande Publique impose l'allotissement des marchés en corps d'état séparés.

Dans la construction bois, la complexité de la gestion de certaines interfaces peut conduire, pour faciliter l'identification des responsabilités auxquelles doivent faire face les entreprises (tenue du planning et des prix, assurances décennales et responsabilité civile), à la constitution de macro-lots fonctionnels regroupant plusieurs corps d'état usuellement séparés, comme par exemple la structure bois, l'enveloppe, l'étanchéité, la couverture et les menuiseries extérieures.

Dans le cas de marchés dérogatoires de conception-réalisation ou de marchés publics globaux, il est fortement recommandé que l'entreprise de construction bois soit clairement identifiée dès la désignation du groupement adjudicataire du marché.

Le Code de la Commande Publique offre aussi la possibilité de pré-consultations restreintes (le sourçage) permettant une meilleure adéquation entre les solutions conceptuelles envisagées et la capacité d'exécution de ces prestations par les entreprises, tant du point de vue technique que celui du prix.

# TROISIÈME PARTIE

## FEUILLE DE ROUTE STRATÉGIQUE

### AXES DE DEVELOPPEMENT

Créée en 2008 avec pour objectif de permettre à la filière forêt-bois du Massif Alpin de faire face à la concurrence des bois résineux importés sur le marché de la construction, l'association « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » a développé une stratégie visant à rétablir la connexion entre l'amont et l'aval de la filière forêt-bois des Alpes françaises grâce à l'outil de la certification « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » qui garantit la qualité des produits et des services proposés par les adhérents de l'association. Ces entreprises, qui se sont aussi engagées à poursuivre chaque année une démarche de progrès, en particulier sur l'impact environnemental de leurs activités, sont ainsi amenées à travailler « en grappes » de manière à coordonner efficacement leurs actions d'amélioration.

En 2017, des professionnels de la filière forêt-bois du Massif Central, intéressés par cette démarche, ont créé l'association de valorisation des « Bois des territoires du Massif Central<sup>TM</sup> » qui poursuit un objectif analogue.

Au cours des années 2017-2018, l'association « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » a engagé un processus de concertation entre ses adhérents dans le cadre du cycle des « Matinales de Bois des Alpes » qui a fait émerger la nécessité absolue de développer, à l'échelle de l'ensemble du Massif Alpin et plus particulièrement en Région Sud PACA, un outil de première transformation – sciage, séchage, aboutage, collage – très performant qui permette d'améliorer considérablement la fluidité et la qualité des interfaces entre les différents maillons de la chaîne de transformation, gages de productivité et de rentabilité.

Devant les débuts prometteurs de la construction d'immeubles en bois multi-étages, dynamisée depuis 2015 au plan national par l'action d'ADIVbois, la stratégie identifiée au terme des « Matinales » pour atteindre ce nouvel objectif de développement a été d'identifier et de mettre en œuvre les mutations nécessaires dans les filières forêt-bois du Massif Alpin et du Massif Central pour que leurs acteurs soient en mesure de construire ce type de bâtiments, considérant que les progrès réalisés sur ce segment de marché particulier répondront aussi aux besoins de développement nécessaires pour implanter massivement la construction en bois certifié sur les autres segments du marché de la construction : maisons individuelles, bâtiments publics, locaux commerciaux et industriels.

Comme l'a déclaré récemment Luc Charmasson, Président du Comité Stratégique de la Filière Bois :

*« La construction bois se développera en France, non pas par le secteur de la maison individuelle comme on l'a longtemps pensé, mais par le secteur des immeubles multi-étages ».*

## Pourquoi privilégier les immeubles multi-étages ?

La construction d'immeubles multi-étages mobilise des volumes de bois très importants sur un nombre de bâtiments limités, ce qui réduit, dans un premier temps, le nombre des maîtres d'ouvrage à convaincre du bien-fondé économique, environnemental et sociétal de ce mode de construction.

Par exemple, pour un immeuble de 6 ou 7 étages, il faut, selon la technique retenue, de 1 200 à 1 500 m<sup>3</sup> de bois de construction scié, soit de 2 800 à 3 500 m<sup>3</sup> de grumes alors que pour une maison individuelle, on a besoin de 20 à 30 m<sup>3</sup> de bois de construction scié, soit de 45 à 70 m<sup>3</sup> de grumes.

La construction d'un seul immeuble d'une soixantaine de logements nécessite, en ossature bois, autant de bois de construction que celle d'une cinquantaine de maisons individuelles.

L'engagement des acteurs du logement collectif (EPA, bailleurs sociaux et promoteurs) de construire des immeubles en bois aura un impact beaucoup plus rapide et important sur le développement de la filière bois construction que l'expansion du marché diffus de l'habitat individuel ne pourrait l'avoir.

La croissance potentiellement rapide du marché des logements collectifs en bois conduit déjà certaines des entreprises réunies au sein de « Bois des Alpes<sup>™</sup> » et de « Bois des Territoires du Massif Central<sup>™</sup> » à se regrouper et s'organiser afin d'être en capacité de répondre à ce marché dans les meilleures conditions. Ce début de structuration devrait favoriser l'obtention des financements publics et privés nécessaires pour moderniser et adapter les entreprises de chacun des maillons de la chaîne de valeur depuis la forêt jusqu'aux constructions.

## Quels immeubles multi-étages construire ?

**Des immeubles d'habitation de 2<sup>ème</sup> famille jusqu'à R+3** (environ 12 m de haut) en ossature bois intégrale et/ou avec poteaux-poutres massifs pour les bailleurs sociaux et les « petits » promoteurs locaux, réalisés par les charpentiers locaux.



**HABITAT PARTICIPATIF « HABRICO »**

**BRIANÇON (05) – 2016**

**Maîtrise d'ouvrage : Privée**

**Architectes : SOLEA Architectes**

**BET bois : P. MILLET**

**Entreprise bois : CHALETS BAYROU**

**Immeuble à ossature bois intégrale (R+2)**

Voir le calcul E+C- de ce bâtiment en Annexe 8.



Cet immeuble de 8 logements est intégralement construit sur 3 niveaux avec la technique ossature bois (sections 45/200), la surface habitable de 564 m<sup>2</sup>. Le volume de bois certifié « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » mis en œuvre est de 153 m<sup>3</sup>, soit presque 20 m<sup>3</sup> par logement.

Le montant des travaux s'est élevé à 1 081 525 € HT (hors VRD), soit 1 917,60 €/m<sup>2</sup> SHAB. Ce coût relativement élevé s'explique en partie par le choix d'un plancher de type « connecté bois-béton », pour obtenir une excellente performance acoustique, dont la masse a nécessité une densification des montants d'ossature au rez-de-chaussée. Des solutions alternatives, tout aussi performantes, développées dans le cadre d'ADIVbois et proposées sur le site <https://catalogue-bois-construction.fr/>, s'avèrent plus économiques.

Sachant qu'un mètre cube de bois de construction mis en œuvre évite 740 kg de CO<sub>2</sub><sup>3</sup> la quantité de CO<sub>2</sub> évité en construisant cet immeuble en bois, qui a atteint le niveau E2C2 de l'expérimentation E+C-, est de 153 m<sup>3</sup> x 740 kg soit 113 tonnes. A titre indicatif, la valeur tutélaire du carbone sur ce projet serait de 113 tonnes x 250 € = 28 250 € à l'horizon 2030, ce qui représente 2,6 % du coût HT du bâtiment.

**Des immeubles d'habitation de 3<sup>ème</sup> famille et des immeubles de bureaux jusqu'à R+7** (moins de 28 m de haut) avec une structure poteaux-poutres en bois lamellé-collé et des façades rapportées en ossature bois pour les bailleurs sociaux et les promoteurs locaux réalisés par des groupements de charpentiers régionaux.



**IMMEUBLE DE BUREAUX « YWOOD »  
RENNES (35) – 2019**

**Maîtrise d'ouvrage : NEXITY**

**Architectes : Atelier WOA**

**BET Bois : BECB Claude Chauvin**

**Entreprise bois : CCL Construction bois**

**Surface : 2 238 m<sup>2</sup>**

Cet immeuble de bureaux en R+4 est constitué d'une structure poteaux-poutres en BLC (90 m<sup>3</sup>) élevée autour d'un noyau en béton, les planchers sont en CLT (400 m<sup>3</sup>) mais ils auraient pu être en bois lamellé collé posé à plat comme dans la Maison de l'Inde (voir page 17) et l'enveloppe est en ossature bois non porteuse (1 500 m<sup>2</sup>) préfabriqué avec un bardage Protac posé en atelier.

**Quelques Immeubles de Moyenne Hauteur (IMH) jusqu'à R+15** (moins de 50 m de haut) en structure exo-squelette BLC avec façades en ossature bois rapportées construits dans les grandes villes pour les bailleurs sociaux et les promoteurs « pionniers », réalisés par des groupements de charpentiers organisés en entreprises générales spécialisées (Maître Cube, ...).

<sup>3</sup> Source : Document Carbone Forêt-Bois - Des faits et des chiffres - CODIFAB – 2012 (Annexe 9)





**COLLÈGE DE BEAUMONT-LES-VALENCES (26) – INTÉGRALEMENT EN BOIS DES ALPES – 2017**

**Maître d'ouvrage : Conseil Départemental de la Drôme – Architectes : CHABAL Architectes**

**BET bois : GTS – Entreprises bois : SDCC + TRAVERSIER**



Le volume de bois scié certifié « Bois des Alpes<sup>™</sup> » est de 893 m<sup>3</sup> pour une SDP de 5 870 m<sup>2</sup>, soit 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Le montant des travaux s'est élevé à 12 290 000 € HT, dont 3 274 400 € HT pour le lot Bois.

La conception passive de cet important établissement scolaire a notamment intégré une ventilation naturelle assistée et des puits canadiens.

# STRATÉGIES DE DÉVELOPPEMENT

## Comment répondre à une commande accrue d'immeubles multi-étages en bois ?

Pour répondre au développement du marché des immeubles multi-étages en bois dans les délais impartis par les maîtres d'ouvrage, deux options sont possibles :

- en mobilisant les acteurs de la filière jusqu'à l'amont forestier dès le lancement des projets par les maîtres d'ouvrage désireux de d'intégrer du bois certifié dans leurs bâtiments, comme cela a été fait depuis une décennie pour les bâtiments démonstrateurs. Pour gagner en efficacité, ce processus, qui reste pertinent, demande aujourd'hui à être mieux rationalisé, plus formalisé en matière de gestion de projet, avec une organisation mieux coordonnée des acteurs de la prescription de la construction bois en régions que sont les associations des Communes Forestières et les Interprofessions Fibois AuRA et Fibois Sud avec les associations « Bois des Alpes<sup>TM</sup> » et « Bois des territoires du Massif Central<sup>TM</sup> » ;
- en organisant, à l'échelle des massifs, des stocks permanents immédiatement disponibles de bois secs de sections les plus couramment utilisées pour l'ossature bois et la fabrication de bois lamellé-collé.

Les sections les plus souvent employées en ossature bois sont 45/100, 45/120, 45/145, 45/180, 45/200 et 45/220.

Celles qui sont les plus couramment utilisées dans la fabrication du bois lamellé-collé sont 50/100, 50/125, 50/150, 50/175, 50/200 et 50/220.

De l'avis même des acteurs, une convergence vers des sections utilisables indifféremment en ossature et en bois lamellé-collé, en bois sec à 12% est possible, ce serait les sections **50/100, 50/125, 50/150, 50/180, 50/200, 50/220**.

Les longueurs de sciages les plus courantes pour ces usages vont de 2,5 m à 6 m.

Les tolérances de sciage exigées pour le bois lamellé-collé sont telles que plus de 90% des bois livrés doivent avoir une épaisseur en tout point supérieure ou égale à l'épaisseur nominale.

Avec ces six sections, il est possible de construire tous les types d'immeubles multi-étages – en ossature bois intégrale, en poteaux-poutres et en exosquelettes avec façades en ossature bois non porteuse – en ne recourant éventuellement aux panneaux lamellés-croisés CLT que pour les blocs de circulations verticales.

Ces sections pourraient constituer **la gamme des sciages standards certifiés « Bois des Alpes » et « Bois des Territoires du Massif Central »** qui ferait l'objet d'une promotion particulière dans les catalogues produits, chez les négociants et auprès des entreprises.

Les stocks pourraient être répartis chez les différents acteurs de la chaîne de production : scieurs, négociants, charpentiers pour limiter les immobilisations financières trop lourdes à porter par les seuls scieurs. Une solution consistant à constituer des stocks en des lieux dédiés à cet effet avec un financement spécifique pourrait être étudiée mais il reste à trouver quels en seraient l'opérateur et le mode de fonctionnement.

Pour « Bois des Alpes », un lien avec la base de données « traçabilité » pourrait permettre, dans un premier temps, d'identifier les disponibilités en bois tout au long de la chaîne de certification.

L'accroissement progressif du volume des stocks devra être piloté en fonction de la montée en charge de la demande, les observatoires économiques régionaux pourront être mobilisés à cet effet.



## Optimiser la première transformation pour produire des éléments simples

Le lancement de la production de bois sec certifié par une gamme de 6 sections seulement devrait permettre l'adaptation à leur rythme des petites scieries à cette production, pour celles qui le souhaitent, mais aussi le développement ou l'installation d'unités de sciage plus importantes capables de faire face à une évolution rapide de la demande.

Ce développement induit nécessairement le recours aux contrats d'approvisionnement et suppose une mobilisation des propriétaires forestiers publics et privés pour mettre à disposition leur ressource.

## Valoriser la haute qualité et la fiabilité des sciages certifiés

L'une des conditions requises pour l'amélioration de la productivité, et donc de la rentabilité, de la chaîne de production de la gamme des sciages standards certifiés « Bois des Alpes » et « Bois des Territoires du Massif Central », est de limiter drastiquement les rebus, c'est-à-dire les bois non conformes en section, en rectitude ou en siccité. Cette performance suppose que chacun des acteurs dispose des équipements, des rythmes de production et des savoir-faire appropriés.

La rentabilité sur la chaîne de valeur dépend aussi très largement de l'efficacité des coopérations entre chacun des acteurs successifs du processus de production.

On peut citer comme pistes de travail :

- le développement de l'expertise des gestionnaires et des entrepreneurs forestiers pour identifier le bois de construction dans les coupes et trier le bois en conséquence ;
- l'amélioration de la correspondance entre la qualité vendue, donc attendue par l'acheteur, et la qualité livrée et ce, à chaque étape de la chaîne de transformation ;
- l'optimisation de la gestion des livraisons pour mieux correspondre aux capacités maximales des véhicules de transport ;
- l'identification dans les commandes des bois qui seront « vus » (exposés au regard) et de ceux qui ne le seront pas pour mieux valoriser les bois bleus ;
- la production de bois lamellé-collé « combiné » qui permet de valoriser des lamelles de moindre qualité au centre des pièces, par exemple des lamelles classées C24 (66 %) encadrant des lamelles classées C18 (33 %) permettent d'obtenir du lamellé-collé classé GL24.

# BÉNÉFICES DURABLES POUR LES TERRITOIRES DE MONTAGNE

## Réduction de la vulnérabilité de la filière forêt-bois par la diversification des productions

En région Sud PACA, il apparaît urgent aujourd'hui de diversifier la valorisation de la ressource forestière régionale au profit du bois de construction afin de réduire la dépendance de la filière aux secteurs du bois d'industrie (papeterie de Tarascon) et du bois énergie.

Plus généralement, dans chaque massif, il est essentiel de veiller à ce que tous les bois susceptibles d'être utilisés pour la construction soient effectivement affectés à cet usage, en bois massif ou en bois lamellé collé, par l'optimisation du tri en forêt et en scierie, par la généralisation du séchage et du classement mécanique des bois et par le développement des unités de rabotage, aboutage et collage.

## La dissémination de l'emploi dans les territoires

Une des forces actuelles de la filière « bois de construction » est sa capacité, du fait de sa présence possible au plus proche des sites forestiers en zones rurales et montagnardes, à proposer des emplois décentralisés alors que les bâtiments eux-mêmes sont très majoritairement construits en zones urbaines. Comme pourrait le déclarer un maître d'ouvrage public ou un bailleur social :

« Lorsque l'on construit un immeuble de 8 étages à Nice ou à Marseille, on génère des emplois dans plusieurs vallées alpines ».

## Le déploiement de la production par la garantie d'origine et l'amélioration de la traçabilité

L'évolution actuelle de notre société vers plus d'économie circulaire et de circuits courts est une opportunité nouvelle pour les bois certifiés dont l'origine peut être établie grâce à la traçabilité mise en place dans le cadre des certifications « Bois des Alpes » et « Bois des Territoires du Massif Central ».

Bien que l'objectif initial de la certification « Bois des Alpes » de générer le plus possible de valeur ajoutée sur le territoire même du Massif Alpin, tel que défini par la Loi Montagne, et ses alentours reste majeur, la croissance de la demande de traçabilité que l'on retrouve bien au-delà des massifs de montagne jusque dans les grandes métropoles conduira probablement à envisager une évolution des certifications et des marques qui permette de commercialiser du bois dont l'origine est certifiée sur des territoires situés hors des périmètres actuels de transformation des bois certifiés.

Comme le montre le récent Pacte Bois Biosourcés signé en Ile-de-France par 27 acteurs majeurs de la construction (aménageurs, promoteurs, bailleurs sociaux), cette demande, qui se développe largement dans les régions dépourvues de la ressource forestière résineuse encore très largement majoritaire dans les approvisionnements en bois de construction, peut contribuer fortement à la consolidation du marché pour les « bois tracés » dont font partie les bois certifiés. Cet élargissement est de nature à favoriser l'investissement indispensable dans les moyens de production là où ils ont besoin d'être modernisés et là où ils manquent cruellement comme en Région Sud PACA.

# ANNEXES

1. Guide Bois Construction et propagation du feu par les façades en application de l'IT 249 version d'avril 2010 - CSTB - Version 2.0 de mars 2019
2. La valeur de l'action pour le climat - Une valeur tutélaire pour le carbone - France Stratégie - 2019
3. Immeuble Bois Debout - Montreuil - Présentation Stéphane Cochet - 2016
4. Confort d'été et réduction des surchauffes - Agence Qualité Construction - 2019
5. Les systèmes constructifs bois - Faisabilité carbone et économique - FCBA+Solideo - juillet 2018
6. Logements collectifs en bois - Retours d'expérience - CNDB - juillet 2020
7. L'intervention du contrôleur technique - Agence Qualité Construction - 2015
8. Habitat participatif Habrico - Rapport E+C- - OBEC PACA - 2018
9. Le Carbone - Vademecum carbone foret-bois - Des faits et des chiffres - Codifab - 2012



# DOCUMENTATION ET RESSOURCES

## SITES INTERNET DE RÉFÉRENCE

Association « Bois de Alpes<sup>TM</sup> » : <https://www.boisdesalpes.net/>

Association « Bois de Territoires du Massif Central<sup>TM</sup> » : <http://www.boisterritoiresmassifcentral.org/>

Association ADIVbois : <https://www.adivbois.org/demonstrateurs-etudes-ao/>

Association France Bois 2024 : <https://www.francebois2024.com/sites-et-documents-techniques/>  
<https://www.francebois2024.com/recommandations-techniques-de-la-filiere/>

## DOCUMENTS COMPLÉMENTAIRES

### *Les immeubles de grande hauteur en bois dans le monde*

- o Quand les immeubles de grande hauteur sont en bois - Annales du Bâtiment et des TP - 2017
- o Survey of international tall wood buildings - Rapport avec annexes - mai 2014
- o Survey of International Tall Wood Buildings - Retours d'expérience - 2015
- o Les immeubles bois de grande hauteur dans le monde - Tall Buildings in Numbers - 2017

### *Retours d'expérience*

- o Construction bois de plus de 8 m de hauteur - Retours d'expérience - AQC - 2020
- o Evaluation d'opérations de construction de logements sociaux collectifs en bois - USH - mars 2015
- o Livret Construire en Bois - Logements collectifs - Fibois AuRA - 2019

### *Autres documents*

- o Enquête nationale de la construction bois - Activité 2018 - FBF+Codifab - juin 2019
- o Plaquette Grands Projets bois - L'offre des entreprises et de l'ingénierie bois - CNDB - octobre 2017
- o Note de communication filière-bois - Carbone 4 - 2015
- o Rapport de recherche Terracrea - Matériaux de constructions biosourcés - Horizon 2030-2050 - 2015

# REMERCIEMENTS

Ce rapport a été réalisé grâce aux précieuses contributions de :

Gabrielle RAYNAL, Roland GRUNCHEC, Stéphane COCHET & A003 Architectes, Florence LIPSKY & Pascal ROLLET, Yves TRIAS, Dominique VILLA & Jean-Michel BATTESTI, Agence PATRIARCHE & Co, Antoine PAGNOUX & ASP Architecture, David BOSCH, Jérôme VOUTIER & SOLEA Architectes, Atelier WOA Architectes, Enri CHABAL Architectes, GTS, Daniel BIGNON, Olivier CHAUMONTET, Michel GRAMBERT, Damien LOZACH, Marianne DELAPORTE, Jean-Brice CORDIER et tous ceux que j'oublie ...